

Міністерство освіти і науки України  
Чорноморський державний університет  
імені Петра Могили

Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов,  
В. І. Андрєєв, В. Ю. Голдун

# ЕЛЕМЕНТИ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ

*Навчальний посібник*



УДК 629.3.072.2:629.331

ББК 39.3

К 49

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (лист № 1/11-11847 від 22.07.2013).*

**Рецензенти:**

**Тимошевський Б. Г.**, доктор технічних наук, професор, Національний університет кораблебудування ім. адм. С. О. Макарова;

**Євдокимов В. Д.**, доктор технічних наук, професор, Одеський національний університет;

**Мусієнко М. П.**, доктор технічних наук, професор, Чорноморський державний університет імені Петра Могили.

**К 49 Клименко Л. П.**

Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов, В. І. Андреев, В. Ю. Голдун. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. – 132 с. – ISBN 978-966-336-289-2.

Навчальний посібник містить інформацію про конструкцію, функціональні параметри та взаємозв'язки між усіма елементами електронних систем керування двигунами внутрішнього згоряння. Окрім того, надаються відомості про основні види несправностей елементів та способи їх усунення.

Призначено для студентів, що навчаються за спеціальністю «Приладобудування» при вивченні дисципліни «Електронні елементи систем керування двигунами». Посібник може бути корисним для працівників СТО, а також для широкого кола автолюбителів.

УДК 629.3.072.2:629.331

ББК 39.3

© Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю., 2013

© ЧДУ ім. Петра Могили, 2013

ISBN 978-966-336-289-2

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ДИНАМІКА АВТОМОБІЛЯ</b> .....	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ</b> .....	<b>10</b>
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО БОРТОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ</b> .....	<b>14</b>
<b>РОЗДІЛ 4. ЕЛЕКТРОННЕ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ДВИГУНОМ</b> .....	<b>26</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ПАЛИВНА СИСТЕМА АВТОМОБІЛЯ ТА СИСТЕМА ГАЗОВИПУСКУ</b> .....	<b>36</b>
5.1. Система подачі палива .....	36
5.2. Паливний насос .....	44
5.3. Регулятор тиску палива .....	50
5.4. Форсунки паливної системи .....	53
5.5. Каталізатор системи газовипуску .....	56
<b>РОЗДІЛ 6. СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА</b> .....	<b>59</b>
<b>РОЗДІЛ 7. ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ (ЕСКД)</b> .....	<b>72</b>
7.1. Контролер (ЕБК) .....	72
7.2. Датчик виміру витрати повітря.....	75
7.3. Датчик положення дросельної заслінки.....	90
7.4. Датчик положення колінчастого вала .....	94
7.5. Датчик фаз .....	96
7.6. Датчик концентрації кисню у випускних газах ( $\lambda$ -зонд) .....	99
7.7. Датчик температури охолоджувальної рідини .....	106
7.8. Датчик швидкості автомобіля.....	111
7.9. Датчик детонації .....	113
7.10. Регулятор холостого ходу .....	117
<b>РОЗДІЛ 8. ДІАГНОСТИКА ЕСКД</b> .....	<b>121</b>
8.1. Виявлення несправностей у роботі ЕСКД.....	121
8.2. Використання діагностичного тестера.....	124
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	<b>129</b>

# ВСТУП

Початок XXI століття характеризується подальшим розвитком автомобілебудування в багатьох країнах світу. Провідні фірми розміщують свої виробництва у країнах, що розвиваються, в Європі, Азії та на інших континентах. Ведеться жорстка конкурентна боротьба за надійність, довговічність, економічність та екологічність автомобілів. Тому конструктори постійно приділяють увагу удосконаленню деталей, вузлів, агрегатів та систем із метою задоволення все більш зростаючих потреб до об'єктів виробництва. Широко використовуються найновіші досягнення науки й техніки в галузі матеріалів та технологій, котрі, у першу чергу, забезпечують якість та технічні параметри практично всіх вузлів та деталей автотранспортного засобу.

У зв'язку з потужним розвитком електроніки та мікропроцесорної техніки відбувається зміна та удосконалення конструкцій багатьох систем автомобіля, і в першу чергу це стосується систем керування двигуном. На заміну традиційним механічним системам живлення та запалювання (карбюратор, переривач-розподільник та ін.) прийшли нові системи безпосереднього упорскування палива та безконтактного запалювання, робота яких забезпечується електронними блоками керування та різноманітними датчиками, що контролюють складні процеси, які протікають при роботі двигуна та його систем. Окрім того, електронні блоки керування проводять самодіагностування, що полегшує пошук несправностей та їх усунення.

Використання електроніки в системах керування двигуном забезпечує отримання оптимального сумішоутворення (паливо-повітря) на всіх режимах його роботи, підвищуючи при цьому динаміку, економічність, а також знижуючи кількість шкідливих викидів у навколишнє середовище, що є пріоритетним на сьогодні.

Необхідно відзначити, що практично всі фірми-виробники автомобільної техніки перейшли на використання електронних систем керування двигунами, хоча ще досить велика кількість транспорту, що має старі системи живлення та запалювання, експлуатується на дорогах багатьох країн.

Посібник дає можливість ознайомитися з конструкцією, функціональними параметрами та взаємозв'язками між усіма елементами електронних систем керування двигунами внутрішнього згоряння. Окрім того, надаються відомості про основні види несправностей елементів та способи їх усунення.

Призначено для студентів, що навчаються за спеціальністю «Приладобудування» при вивченні дисципліни «Електронні елементи систем керування двигунами». Посібник може бути корисним для працівників станцій технічного обслуговування, а також для широкого кола автолюбителів.

Автори висловлюють вдячність усім, хто дав критичні зауваження та корисні поради при написанні посібника, а також групі студентів, які брали активну участь у підборі матеріалів та оформленні цієї роботи.

# РОЗДІЛ 1

## ДИНАМІКА АВТОМОБІЛЯ

---

Під час руху автомобіля (колісного транспортного засобу) на нього діють сили, які описуються рівнянням тягового (силового) балансу [2].

$$P = P_B \pm P_h \pm P_a + P_{mp}, \quad (1)$$

де  $P$  – сила тяги автомобіля,  $P_B$  – сила опору повітряного середовища,  $P_h$  – сила опору при русі на підйом,  $P_a$  – сила опору при розгоні (уповільненні),  $P_{mp}$  – сила опору коченню колес.

$$P_B = k \times F \times V^2, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт опору повітря (залежить від обтічності автомобіля, для легкових 0,2 – 0,35 Нс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>, для вантажних 0,6-0,7 Нс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>),  $F$  – лобова площа автомобіля (м<sup>2</sup>) – площа проекції автомобіля на перпендикулярну до його повздовжньої вісі площину, для легкових  $F = 0,8 \times B_j \times H$ , для вантажних  $F = B \times H$  ( $B_j$  – максимальна ширина легкового автомобіля,  $B$  – колія вантажного автомобіля,  $H$  – висота автомобіля),  $V$  – швидкість руху автомобіля (м/с).

При наявності вітру сила опору повітря дорівнює:

$$P_B = k \times F \times (V + VB \pm \cos \varphi)^2, \quad (3)$$

де  $V_b$  – швидкість вітру (м/с),  $\varphi$  – кут, під яким дує вітер стосовно повздовжньої вісі автомобіля.

$$P_h = G \times \operatorname{tga}, \quad (4)$$

де  $G$  – сила тяжіння автомобіля,  $\alpha$  – кут підйому дороги.

$$P_a = m \times \beta \times J, \quad (5)$$

де  $m$  – маса автомобіля,  $\beta$  – коефіцієнт, який враховує маси, що обертаються,  $j$  – прискорення руху автомобіля.

$$\beta = 1,05 + 0,07 \times ik^2, \quad (6)$$

де  $ik$  – передавальне число коробки передач відповідно розгону.

$$P_{mp} = f \times G, \quad (7)$$

де  $f$  – коефіцієнт опору коченню, який при швидкостях менше 50 км/год вважається постійним та дорівнює 0,014-0,018 – для асфальтних та бетонних доріг, 0,02 – 0,025 – для доріг покритих гравієм, 0,025-0,035 – для ґрунтових доріг, 0,07 – 0,1 – по уторваному снігу.

Рівняння руху автомобіля, яке пов'язує всі діючі на автомобіль сили, може бути записане через потужності. Віднесене до двигуна, воно має вигляд (кВт):

$$N_e - N_T = (P_B \pm P_h \pm P_a + P_{mp}) \times V / 3600, \quad (8)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність двигуна,  $N_T$  – потужність, що втрачається в трансмісії.

$$N_T = (1 - \eta_T) \times N_e, \quad (9)$$

де  $\eta_T$  – к.к.д. трансмісії.

При рушанні з місця та розгоні автомобіля до швидкості 30-40 км/год найбільше значення має складова сил опору – сила  $P_a$ . При швидкості більше 40 км/год головним опором руху є опір повітряних мас, причому наявність вітру або зменшує необхідну потужність двигуна, якщо він має попутній напрямок, або збільшує, якщо має зустрічний напрямок. На крутих спусках (підйомах) та на гірських дорогах суттєвого значення набуває сила  $P_h$ , яка або допомагає двигуну здійснювати необхідну роботу, або змушує його розвивати додаткову потужність. Складова  $P_{тр}$  – має невелику величину і залежить від стану дорожнього покриття, тиску в шинах та швидкості автомобіля.

Таким чином, рух автомобіля пов'язаний із постійною зміною ефективної потужності його двигуна, оскільки дорожні умови руху змінюються (напрямок руху, ухили тощо).

Для двигунів внутрішнього згоряння ефективна потужність може бути підрахована з виразу [10]:

$$N_e = 0,095 \times i \times z \times n \times V_s \times \frac{Q_H}{L_o} \times \frac{\eta_i}{a} \times \eta_H \times \eta_M \times \gamma_o, \quad (10)$$

де  $i$  – кількість циліндрів,  $z$  – тактність,  $n$  – кількість обертів,  $V_s$  – об'єм камери згоряння,  $Q_H$  – кількість теплоти, що підведена з паливом,  $L_o$  – теоретично необхідна кількість повітря для згоряння одного кілограма повітря,  $\eta_i$  – індикаторний к.к.д циклу,  $a$  – коефіцієнт надлишку повітря,  $\eta_H$  – коефіцієнт наповнюваності циліндру,  $\eta_M$  – механічний к.к.д двигуна,  $\gamma_o$  – питома вага повітря.

Таким чином, для вироблення двигуном необхідної потужності треба в циліндрах отримувати тепло  $Q_H$ , яке утворюється при згорянні певної кількості палива:

$$G_T = \frac{Q_H}{\rho}, \quad (11)$$

де  $\rho$  – теплотворна здатність палива.

Однак для згоряння 1 кг органічного палива необхідна певна теоретична кількість повітря  $L'_o$ . Кількість повітря, яка поступає в циліндр двигуна відрізняється на величину  $\alpha$ , яка називається коефіцієнтом надлишку повітря. Для забезпечення економічної та стійкої роботи двигуна треба, щоб  $\alpha$  дорівнював одиниці, або був дуже близький до неї.

Паливні системи двигунів внутрішнього згоряння повинні забезпечувати, на різних режимах роботи, якісне утворення робочої суміші з  $\alpha \approx 1$  та подачу суміші до циліндрів у необхідній кількості.



# ПИТАННЯ

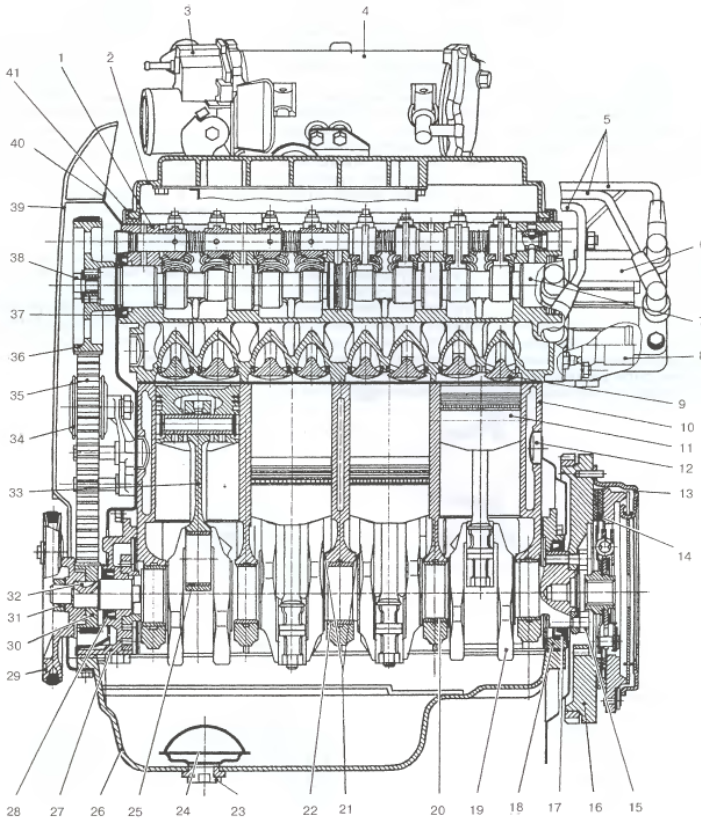
---

1. Які сили діють на автомобіль під час його руху?
2. Чому дорівнює сила опору повітря?
3. Чому дорівнює сила опору при розгоні та уповільненні руху автомобіля?
4. Як підрахувати необхідну потужність двигуна автомобіля?
5. Як визначити кількість палива, що необхідна для отримання певної потужності двигуна автомобіля?

## РОЗДІЛ 2

# КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

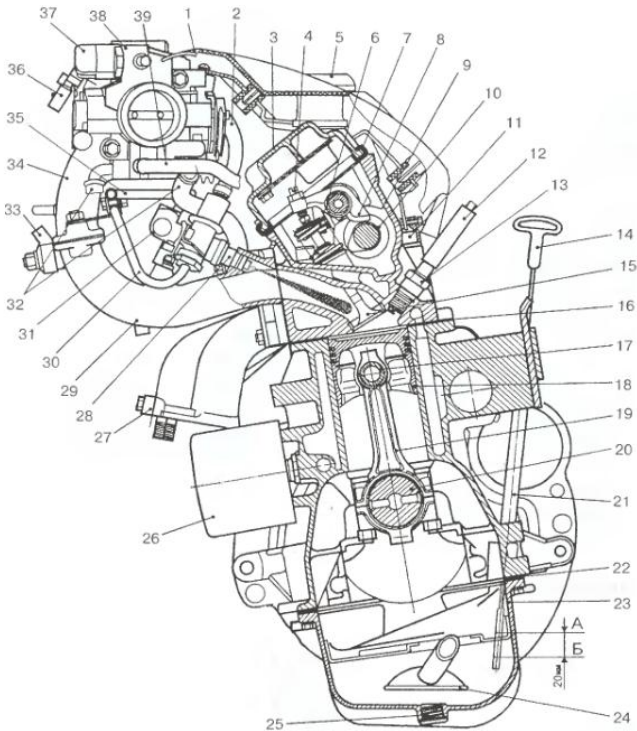
На рис. 2.1 і 2.2 подано повздовжній та поперечний розрізи вітчизняного двигуна МеМЗ-307, який встановлюється на автомобілях, що виробляються на підприємстві ЗАЗ [5; 15; 18].



**Рис. 2.1.** Повздовжній розріз двигуна МеМЗ-307:

*1 – голівка циліндрів; 2 – кришка голівки циліндрів; 3 – дросельний патрубок; 4 – ресивер; 5 – високовольтні дроти; 6 – модуль запалення; 7 – розподільний вал; 8 – відвідний патрубок системи охолодження; 9 – клапан; 10 – блок циліндрів; 11 – поршень; 12 – пробка*

системи охолодження; **13** – нажимний диск зчеплення; **14** – ведений диск зчеплення; **15, 38** – болти; **16** – маховик; **17, 28, 37** – манжети; **18** – утримувач манжета; **19** – колінчастий вал; **20** – вкладиші корінних підшипників; **21** – упорні півкільця; **22** – вкладиші середнього корінного підшипника; **23** – пробка для зливу масла; **24** – маслоприймач насоса; **25** – вкладиші нижньої головки шатуна; **26** – масляний картер; **27** – масляний насос; **29** – шків привода генератора; **30** – ведучий шків колінчастого вала; **31** – гайка; **32** – шпонка; **33** – шатун; **34** – натяжний ролик; **35** – привідний ремінь; **36** – шків привода розподільного вала; **39, 40** – зовнішній та внутрішній кожухи приводного ременя; **41** – прокладка кришки блока циліндрів



**Рис. 2.2.** Поперечний розріз двигуна MeMZ-307:

**1** – облицювання двигуна; **2** – трубка розрідження від ресивера до регулятора тиску; **3** – кришка головки циліндрів; **4** – гвинт регулюючого клапана; **5** – кришка маслозаливної горловини; **6** – пружина клапана;

*7 – прокладка кришки головки циліндрів; 8 – коромисло; 9 – головка циліндрів; 10 – розподільчий вал; 11 – болт кріплення головки циліндрів; 12 – наконечник свічки запалення; 13 – свічка запалення; 14 – масловимірювальний стрижень (щуп); 15 – клапан впускний; 16 – прокладка головки циліндрів; 17 – палець поршня; 18 – поршень; 19 – шатун; 20 – колінчастий вал; 21 – трубка масловимірювального стрижня; 22 – прокладка масляного картера; 23 – масляний картер; 24 – маслоприймач насоса; 25 – маслозливна пробка; 26 – масляний фільтр; 27 – впускний колектор; 28 – форсунка; 29 – впускний колектор; 30 – трубка зливу палива; 31 – рампа форсунок; 32 – шланги обігріву дросельного патрубку; 33 – датчик детонації; 34 – ресивер; 35 – трубка підвода палива до рампи; 36 – датчик абсолютного тиску і температури повітря; 37 – регулятор холостого ходу; 38 – дросельний патрубок; 39 – трубка системи вентиляції картера; А і Б – відповідно верхній і нижній рівень масла*

Його конструкція являє собою чотирициліндровий чотиритактний бензиновий двигун, що має сучасну паливну апаратуру з розподільним упорскуванням та систему запалення, яка управляється електронним блоком (ЕБУ). Крім того, двигун оснащений системою випуску відпрацьованих газів з каталітичним нейтралізатором, яка забезпечує норми викиду шкідливих речовин відповідно до Євро-4.

Застосування в конструкції двигуна сучасних електронних систем його управління забезпечує достатньо високі динамічні, економічні, екологічні характеристики та характеристики потужності.

Слід відзначити, що на сьогодні всі підприємства, що випускають автомобільну техніку, давно вже перейшли від традиційних карбюраторних методів створення суміші до інжекторних, де знайшли застосування найпрогресивніші рішення в області електроніки та мікропроцесорної техніки. Розробники двигуна Мелітопольського машинобудівного заводу з успіхом застосували ці рішення в конструкції свого двигуна. Поруч із деталями та виробами вітчизняного виробництва знайшли застосування, як комплектуючі деталі, і вироби фірм ближнього та дальнього зарубіжжя. Найбільш відповідальні елементи (форсунки, деякі датчики) купуються у відомих фірм: «Bosch», «Siemens» та ін., і забезпечують надійну та довговічну роботу паливної системи.

## ПИТАННЯ

---

1. Покажіть на повздожньому та поперечному розрізах двигуна його головні елементи.
2. Надайте загальну характеристику конструкції сучасних автомобільних двигунів.
3. Які тенденції розвитку автомобільних двигунів існують на сьогодні?

# РОЗДІЛ 3

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

### АВТОМОБІЛЬНОГО БОРТОВОГО

### ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА

### ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ

---

Сучасний автомобіль складається з чотирьох основних агрегатів: двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), кузова, шасі та ходової частини. Ці агрегати складаються з різних функціональних систем, які забезпечують виконання головної функції автомобіля – перевезення вантажів і пасажирів. Для того щоб перевезення були безпечними, а для пасажирів і комфортними, щоб агрегати, вузли, блоки, системи працювали безвідмовно, на автомобілях широко використовуються електротехнічні пристрої та засоби електронної автоматики [21].

В останні роки технічна оснащеність автомобілів електронною бортовою автоматикою значно зростає. Зовсім недавно мікропроцесорні системи запалювання, електронні системи управління гідравлічними гальмами, системи упорскування бензину, бортова самодіагностика вважалися останніми досягненнями в області автомобільного приладобудування. Тепер їх відносять до класичних систем і встановлюють майже на кожен серійний автомобіль.

У наші дні на знову розроблювальні моделі автомобілів додатково починають встановлювати абсолютно нетрадиційні бортові автоматичні системи, до яких належать: інформаційна система водія з мікропроцесорним забезпеченням; супутникова навігаційно-пошукова система; радарні й ультразвукові системи захисту автомобіля від зіткнень і угону; системи підвищення безпеки і комфорту людей у салоні; система круїз-контролю; система «електронна карта»; мультиплексна електропроводка.

Паралельно проводяться пошуки більш ефективних комп'ютерних технологій для обробки інформації в бортових електронних системах. Розроблено і вже знаходять застосування так звані мовні функціональні перетворювачі, що працюють із нечіткими підмножинами лінгвістичних змінних, виражених окремими словами або цілими реченнями природною (англійською) або штучною (комп'ютерною) мовою. При деякому ускладненні логічних і арифметичних операцій в мікро ЕОМ це дозволяє підвищити точність і швидкість обробки сигналів. Як

наслідок, значно ускладнився інтерфейс і виникла необхідність у введенні CAN-протокола в мультиплексну систему.

На базі електронних систем автоматичного керування двигуном (Есау-Д) і гальмами (Есау-Т) розроблена і вже застосовується гіроскопічна система VDC для підвищення курсової стійкості автомобіля на дорозі в складних умовах руху. Система VDC працює за принципом запрограмованого під нештатні умови руху спільного впливу на крутний момент ДВС (за допомогою системи ASR) і на антиблокувальну систему гальм ABS, ніж виключається бічне відведення (знос) автомобіля при поворотах на великій швидкості або на слизькій дорозі. Водієві в такому випадку відводиться роль активного спостерігача, який контролює поведінку автомобіля.

Інтенсивно ведуться наукові дослідження можливості застосування електро-магнітних клапанів з електронним управлінням у газорозподільному механізмі (ГРМ) поршневого ДВС. Ідею замінити класичні механічні клапани електромагнітними ще в 50-х рр. ХХ ст. запропонував професор Московського автомобільно-дорожнього інституту (МАДІ), доктор технічних наук Володимир Митрофанович Архангельський. Що це дає поршневому ДВС, добре відомо теоретично. Але практична реалізація ідеї виявилася виключно трудомістким завданням, над вирішенням якої працюють фахівці багатьох зарубіжних фірм і вітчизняні розробники. Теоретичні та експериментальні дослідження вже завершені. Тепер здійснюються розробки конструкторських варіантів виконання ГРМ з електромагнітними клапанами.

Поряд з удосконаленням автомобільних бензинових ДВЗ усе більш активізуються роботи зі створення екологічно чистих силових установок для електромобілів. Вважають, що гідною заміною міському автомобілю може стати гібридний електромобіль, електронні системи керування яких також належать до сучасних новацій у галузі автомобілебудування.

У сучасних умовах глобальною вимогою до новітніх автомобільних електричних та електронних систем є неухильне виповнення міжнародних стандартів ОВЕ-П (США) і ЕОВЕ-П, які також продовжують удосконалюватися.

Крім специфіки виконуваних функцій, новітні системи автомобільної бортовий автоматики кардинально відрізняються від класичних, суто електронних систем, широкою різноманітністю принципів дії вхідних у них складових підсистем. Залежно від розв'язуваної задачі, в нову систему як основні компоненти можуть входити не тільки електричні й електронні вузли та блоки, а також і механічні, гідравлічні, оптичні, ультразвукові та будь-які інші пристрої, що мають неелектричну

природу функціонування. Їх роль у реалізації заданої функції управління головна, хоча всі інформаційні процеси в системі реалізуються на рівні електронних блоків управління (ЕБУ), а в новітніх системах – у бортових мікропроцесорах. Такі великі складові комплекси управління не можуть ставитися ні до механічних, ні до електричних, ні до електронних систем. У цьому зв'язку новітні системи автомобільної бортової автоматика, що встановлюються на концептуальні автомобілі, отримали нову назву – автотронні системи [21].

Автотронна система, керуючи неелектричними процесами через неелектричну периферію на виході, сама управляється від сигналів, що мають неелектричну природу, які формуються неелектричною вхідною периферією.

Наприклад, автотронна система VDC (управління курсовою стійкістю руху автомобіля), функціональні взаємозв'язки якої з водієм і дорогою показані на рис. 3.1, як вхідну інформацію використовує швидкість руху, кути нахилу кузова, різницю частот обертання коліс, кут повороту керма, атмосферні умови, а в деяких варіантах – тиск у шинах і стан дорожнього покриття.

Опис умовних позначень, прийнятих на рис 3.1:

I. Географічні умови: звивистість дороги, спуски, підйоми, повороти, перехрестя доріг, переїзди.

II. Дорожні умови: тип дорожнього покриття (гравій, бетон, асфальт); асфальт сухий, мокрий, зледенілий. Щільність транспортного потоку.

III. Кліматичні умови: атмосферні – температура, вологість, тиск, температура асфальту.

IV. Техногенні умови: зчеплення коліс із дорогою або станом протекторів шин; швидкість обертання коліс; швидкість рискання; бічне відведення автомобіля, бокове відведення коліс, бічне прискорення.

A. Блок датчиків: кута повороту керма; кута повороту кузова автомобіля навколо вертикальної осі (гіроскоп); бічного прискорення.

B. УВР – керуючі реакції водія, є відгуком суб'єктивного мислення на дорожні умови руху; проявляються індивідуально залежно від фізичного і психічного стану людини.

C. Блок датчиків: температури, тиску, вологості в атмосфері, температури асфальту (по тиску в шинах).

D. Блок колісних датчиків (ДК) ABS і обчислюваних в ЕБУ системи VDC неелектричних вхідних параметрів.

E. Центральний комп'ютер (мікропроцесор МП), у який інтегровані всі логічні й обчислювальні функції чотирьох автоматичних систем управління VDC, ADS, ASR, ABS. Містить оперативну (ОЗУ) і постійну



(ПЗУ) пам'яті, а також вхідні аналогово-цифрові (АЦП) і вихідні цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі.

Ф. Блок кінцевих перетворювачів електричних сигналів неелектричного впливу:

а) ДІС / ВП – драйвери інформаційної системи водія (ДІС) і візуальний перетворювач (ВП) електричного сигналу в оптичне зображення;

б) ЕДД / КД – електродвигун (ЕДД) і клапан (КД) демпфування активної підвіски (системи ADS);

в) ЕДН / НД – електродвигун (ЕДН) і нагнітач (НД) високого тиску в системі VDC;

г) ЕДТ / ГК – електродвигун (ЕДТ) і гідроклапани (ГК) системи ABS;

д) ШЕД / ДР – кроковий електродвигун (ШЕД) і дросельний заслон (ДР) системи ASR.

Г. Блок дорожніх органів управління: ВІ – візуальні індикатори (стрілочні, електронні, дисплейні); РК – рульове колесо; ПГ – педаль гальма; ПА – педаль акселератора (газу).

Усе це – неелектричні прояви умов руху автомобіля, які за допомогою вхідних неелектричних перетворювачів перетворюють у неелектричні інформаційні сигнали: швидкість руху – в кругову частоту обертання коліс; кути вертикального способу – в механічне переміщення інерційних елементів у гіроскопічних пристроях; кут повороту керма – в рух (поворот) світло-модельючого (кодує) диска; тиск у шинах – у прогин пружної мембрани.

Отримані таким чином неелектричні інформаційні сигнали завдяки вхідним датчикам (рис. 3.1, поз. А, С, D) перетворюються в електричні сигнали: поворот диска на кермі кодує в цифровий електричний код; кругова частота обертання коліс – у послідовність електричних імпульсів із змінною частотою прямуювання; переміщення інерційних елементів гіроскопа, пружної мембрани датчика тиску – в аналогові електричні орієнтовані сигнали, які далі за допомогою аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП) переробляються в цифрові електричні сигнали, придатні для подачі на вхід мікропроцесора МП.

Мікропроцесор – це центральний орган управління (мозок) автотронної системи. Його головна функція полягає в перетворенні електричних інформаційних сигналів про умови руху автомобіля, отриманих від вхідної периферії, в електричні сигнали управління, які несуть інформацію про інтенсивності і послідовності неелектричних впливів на неелектричні органи управління. Така інформація формується в мікропроцесорі у вигляді кодових послідовностей електричних імпульсів, які для безпосереднього управління неелектричними органами непридатні.

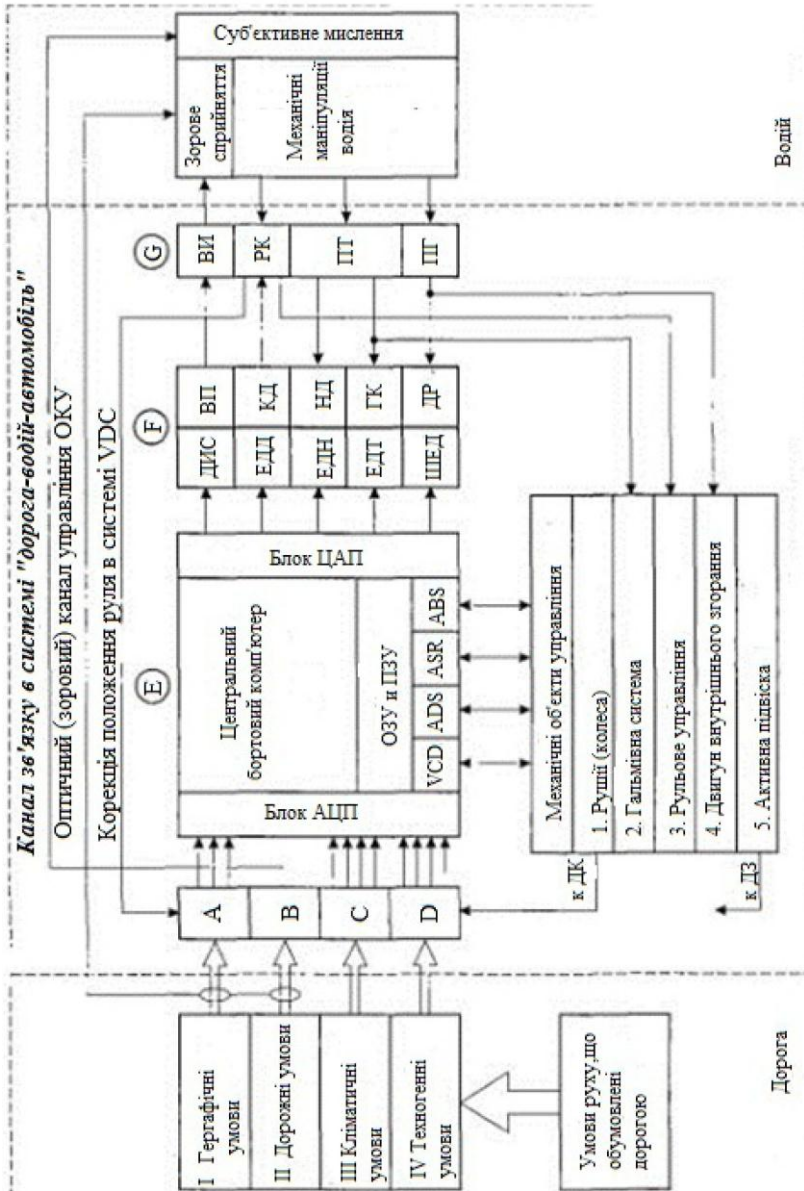


Рис 3.1. Система VDC як складова частина системи «дорога – водій – автомобіль»

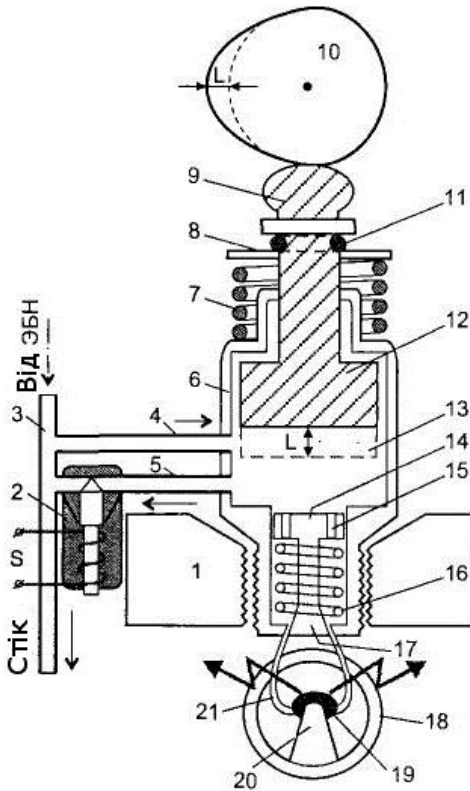
Для узгодження енергетичних рівнів без порушення інформаційного змісту на виході мікропроцесора реалізується зворотне перетворення інформаційних сигналів із цифрової в аналогову форму. Цю функцію виконують цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), які одночасно є підсилювачами потужності аналогових електричних сигналів.

Щоб виконати керований неелектричний вплив на неелектричні органи управління, слідом за ЦАПами встановлюються кінцеві перетворювачі електричних сигналів у механічні або будь-які інші. Кінцеві перетворювачі (блок F на рис. 3.1) є вихідними виконавчими пристроями автотронної системи, але не є її інформаційним закінченням. На відміну від електронної системи автотронна включає до свого складу і неелектричні об'єкти управління, які і є кінцевими споживачами інформації. Стосовно роботи в системі управління стійкістю руху автомобіля кінцевими споживачами інформації є: система подачі палива у двигун, гальмівна система автомобіля та інформаційна система водія з візуальними індикаторами й оптичним (зоровим) каналом управління. Ці три системи являють собою вихідну виконавчу периферію автотронної системи, яка (периферія) під автоматичним управлінням мікропроцесора, при вкрай обмеженій (за допомогою корекції положенні керма) участі водія, забезпечує найбільш оптимальний режим руху автомобіля в складних дорожніх умовах або в аварійній ситуації.

Інший приклад автотронного управління – керування насос-форсунками, які використовуються в системах упорскування бензину під великим тиском безпосередньо в камеру згорання для реалізації внутрішнього сумішоутворення. Починаючи з 2000 року такі форсунки стали встановлюватися в двигунах експериментальних легкових автомобілів фірмою TOYOTA (Японія).

Насос-форсунка (рис. 3.2), будучи гідромеханічним пристроєм, приводиться в дію від кулачка (10) розподільного вала ДВЗ, а управляється від електронної системи Б автотронного управління уприскуванням (Есау-В) шляхом швидкодіючого електрогідравлічного клапана (2).

Насос-форсунка є яскравим прикладом складеного компонента автотронної системи. Вхідними неелектричними сигналами тут є: частота обертів і кутове положення розподільного вала; абсолютний тиск (розрідження) у впускному колекторі; температура двигуна і положення педалі газу. Ці неелектричні величини за допомогою відповідних датчиків і АЦП перетворюються в число імпульсних послідовностей електричних сигналів і подаються на вхід мікропроцесора Есау-В. У мікропроцесорі шляхом математичної обробки вхідних сигналів відбувається формування послідовності керуючих імпульсів для електрогідравлічного клапана насос-форсунки.



**Рис. 3.2.** Насос-форсунка системи упорскування бензину:

1 – фрагмент блоку циліндрів у зоні камери згоряння; 2 – магніто-електричний гідроклапан у зливному каналі; 3 – головна бензомагістраль; 4 – подаюча бензомагістраль; 5 – зливний канал (зворотна бензомагістраль); 6 – корпус насос-форсунки; 7 – поворотна пружина плунжера; 8 – опорна тарілочка пружини плунжера; 9 – штовхач плунжера; 10 – кулачок; 11 – запірне кільце опорної тарілочки; 12 – поршень плунжерного насоса; 13 – робоча порожнина насос-форсунки; 14 – гідромеханічна форсунка закритого типу високого тиску (100-150 бар); 15 – перепускний канал із порожнини плунжерного насоса в порожнину форсунки; 16 – пружина; 17 – запірний клапан форсунки; 18 – свічка запалення; 19 – електрод; 20 – ізолятор; 21 – струмень

У цьому випадку ЦАП на виході мікропроцесора не застосовується, але управляючі імпульси посилюються в підсилювачі потужності і подаються на обмотку електромагніту гідроклапана (2). Гідроклапан являє собою вихідний пристрій автотронної системи. Однак об'єктом управління є не гідроклапан, а точно відміряний за масою і розподілений за часом струмінь (21) розпиленого бензину, що надходить в об'єм циліндра через дисковий запірний клапан форсунки (17). Управління струменем дозволяє отримати так зване пошарове уприскування бензину, суть якого полягає в строго дозованій подачі палива окремими порціями і в строго визначений час. При цьому за один цикл уприскування бензин подається не суцільним однорідним струменем, як у звичайній форсунці з електронним управлінням, а декількома частинами, кожна з яких утворює «свій» коефіцієнт надлишку повітря. В об'ємі циліндра утворюється пошарова структура ТВ-суміші з різною концентрацією компонентів. Перевага прямого пошарового уприскування бензину полягає в тому, що в перший момент займання в зоні центрального електрода (19) свічки запалення (18) має місце стехіометрична (нормальна) ТВ-суміш, яка легко запалиться. Далі процес горіння бензину при надлишку кисню підтримується за рахунок «відкритого вогню», що утворився в перший момент займання.

Такий процес згоряння ТВ-суміші дозволяє отримати значну економію бензину (до 35 %), знизити викид в атмосферу чадного газу СО і вуглеводнів СН, а також збільшити питому потужність двигуна.

Із наведених прикладів очевидно, що автотронна система є сукупністю різних за принципом дії пристроїв, об'єднаних у єдиний комплекс із метою виконання необхідної специфічної функції управління, регулювання або поточного контролю на борту автомобіля. Сучасні підходи автомобілебудівників до комплексного вирішення завдань автоматичного контролю, управління і регулювання призводять до того, що переважна більшість новітніх автомобільних систем бортової автоматики є автотронними, вхідними впливами для яких є неелектричні прояви режиму роботи, умов руху, дорожніх ситуацій та інших факторів, а вихідними споживачами інформації (об'єктами управління) – неелектричні вузли, блоки, пристрої, газоподібні й рідинні середовища, що мають місце в автомобілі, і сам водій. Це принципові відмінності автотронних систем від суто електронних та електричних.

Говорячи про тенденції та перспективи розвитку автомобільних бортових пристроїв, слід зазначити, що традиційно найбільш інтенсивно удосконалюються вузли, агрегати і схеми класичного електрообладнання. Вже скоро в бортмережі автомобіля буде впроваджено робочу напругу 42 вольт. Це пов'язано з необхідністю підвищення напруги

електроживлення для новітніх енергосмних споживачів, таких як силові електромагнітні гідроклапани, електромагнітні соленоїди силових виконавчих пристроїв, потужні електродвигуни, силові електронні комутатори, мультиплексна електропроводка і т. п. Зрозуміло, що при підвищенні напруги електропостачання відповідно зменшуються струми в ланцюгах споживачів, що призводить до більш надійної й економічної їх роботи. Але відразу переводити всі електро-споживачі на нову напругу, як це було зроблено при переході з 6 до 12 вольт, на сьогодні нераціонально.

Причина тому – випуск 12-вольтних споживачів величезними серіями, технологічна оснащеність виробництва і, головне, всі експлуатовані нині автомобілі обладнані 12-вольтовими споживачами (електролампи, електродвигуни, електронне і мікрокомп'ютерне оснащення, аудіо-, радіо-, відеоапаратура, бортова самодіагностика тощо).

Єдиної стратегії перекладу бортмережі автомобіля на більш високу напругу поки немає. Вважають, що деякий час в автомобілі буде дві напруги: 12 вольт – для класичного електрообладнання, і 42 вольт – для новітніх потужних споживачів. Такий підхід широко використовується на багатотонних грузових автомобілях, де потужні електро-споживачі 24-вольтні, а освітлення – від 12 вольт. Ще більш яскравий приклад – електромобілі. Тут головна тягова акумуляторна батарея, керуючий контролер і тяговий розраховані на напругу 120 ... 380 В і з'єднані між собою окремими ланцюгами. При цьому бортмережа залишається 12-вольтовою.

Із наведених прикладів зрозуміло, що функціональне різноманіття бортових електричних пристроїв неминуче призводить до необхідності застосування на автомобілі декількох первинних джерел електроенергії з різними робочими напругами. При цьому не виключено, що буде використовуватись і змінна синусоїдальна напруга для спеціальних споживачів.

Під нові напруги в першу чергу будуть модернізовані бортові електромашини. Уже в наші дні значно видозмінений електростартер. У ньому не застосовується послідовне збудження, яке замінене збудженням від постійних магнітів. Жорстка механічна характеристика електродвигуна такого стартера узгоджується з пусковим моментом ДВС допомогою планетарного редуктора (редуктора Джеймса). Давно немає колекторних генераторів постійного струму, їх замінили багатофазні синусоїдальні генератори з напівпровідниковими випрямлячами й електронними регуляторами напруги. Але й такі генератори

можуть значно видозмінитися при появі другої робочої напруги або якщо необхідність у високовольтній змінній напрузі стане реальною.

Ведуться також розробки зі створення універсальної електричної машини, так званого «стартер-генератора», яка зможе виконувати дві функції: запуск ДВС і подачу електроенергії в бортмережу після запуску ДВС.

Сучасна мікропроцесорна система запалювання з низькорівневим багатоканальним розподілом енергії по свічках [21] є найбільш досконалим вирішенням проблеми примусового електроіскрового займання ТВ-суміші в циліндрах поршневого ДВС. Але і це не межа досягнень. Уже випробовані лазерні свічки запалювання, які працюють безпосередньо від електронної схеми управління без проміжного енергоносія. Це дозволить значно підвищити надійність і ККД системи запалювання, а також позбавити її від високочастотних електроіскрових перешкод на інші вузли і блоки бортової електронної автоматики. Електронною схемою управління може стати магнітний модулятор стиснення, що працює на феромагнітних сердечниках насичення. Схема такого модулятора показана на рис. 3.3, основним елементом якої є високовольтний трансформатор із насичуючими сердечниками.

Якщо магнітопровід трансформатора внести в режим насичення, то його коефіцієнт трансформації різко падає і енергія з первинної обмотки на вторинну не трансформується.

Вихідний трансформатор має два ізольовані один від одного магнітопроводи – M1 і M2, охоплені загальною первинною обмоткою. Кожен магнітопровід оснащений окремою обмоткою управління й окремою двовивідною вторинною обмоткою .

Коли по керуючій обмотці протікає струм, достатній для насичення сердечника M1, а обмотка знеструмлена, то висока напруга буде наводитися тільки у вторинній обмотці. Якщо знеструмити керуючу обмотку і пропустити струм насичення по обмотці Wв", то насититься сердечник M2, і висока напруга буде трансформована тільки в обмотку W2'.

Система запалювання з трансформатором насичення володіє високою надійністю, малими габаритами і вагою.

На закінчення слід зазначити, що не всі відомі розробки бортових систем вийшли зі стадії експериментальних досліджень. Вони використовуються в основному на фірмових моделях спортивних та концептуальних автомобілів.

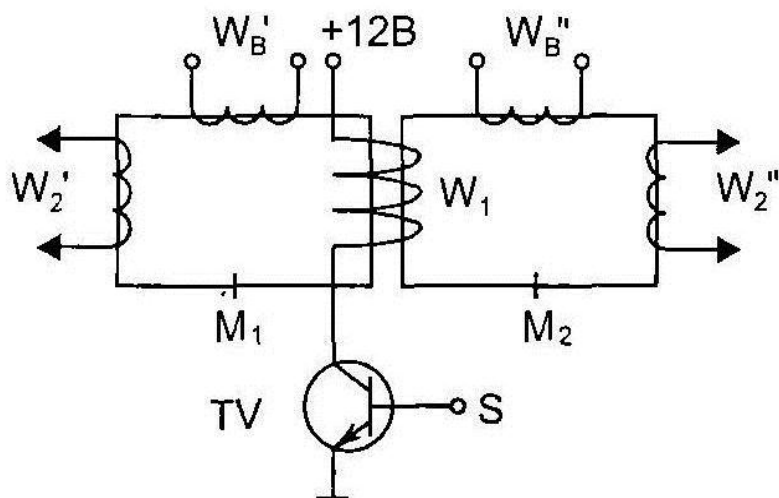


Рис 3.3. Магнітний модулятор системи запалення

Але, як і колись, майже всі новації, випробувані на концепт-карах, рано чи пізно починають застосовуватися на серійних автомобілях.

Такими є тенденції розвитку автомобільної техніки і, зокрема, систем бортового електричного, електронного та автотронного обладнання.



## ПИТАННЯ

---

1. Які нетрадиційні бортові автоматичні системи встановлюють на сучасні автомобілі?
2. Що таке автотронна система?
3. Яку напругу в бортовій мережі автомобіля намагаються ввести в майбутньому?
4. Які перспективи розвитку систем запалювання автомобільного двигуна?
5. Опишіть роботу нососа-форсунки від електронної системи автотронного управління?

## РОЗДІЛ 4

# ЕЛЕКТРОННЕ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ДВИГУНОМ

---

Електронна система автоматичного управління двигуном (ЕСАУ-Д) складається з датчиків для постійного контролю за його параметрами і параметрами навколишнього середовища, електронного блоку керування (ЕБК) на основі мікропроцесора і виконавчих пристроїв, за допомогою яких ЕБК керує двигуном по закладеній у його пам'ять програмі та у відповідності з інформацією від датчиків.

Електронне управління необхідно для задоволення високих вимог щодо екологічності, паливної економічності, експлуатаційних характеристик, зручності обслуговування і діагностики, що висувуються до сучасних автомобільних двигунів законодавчо і споживачами.

У вихлопних газах містяться залишки вуглеводневого палива (СН), окис вуглецю (СО), двоокис вуглецю (СО<sub>2</sub>), оксиди азоту NO<sub>x</sub>, азот (N) і кисень (O<sub>2</sub>). Вміст вуглеводнів вимірюється в частинах на мільйон за обсягом. Нормально працюючий двигун спалює в циліндрах практично все паливо.

Окис вуглецю – нестійка хімічна сполука, легко вступає в реакцію з киснем, у результаті якої утворюється двоокис вуглецю СО<sub>2</sub>. СО – отруйний газ, вступаючи в легенях людини в реакцію з киснем, викликає сильне отруєння (можливий летальний наслідок). Рівень СО у вихлопних газах вимірюється у відсотках і не повинен перевищувати 0,5 %.

Двоокис вуглецю СО<sub>2</sub> – результат з'єднання вуглецю із палива з киснем повітря. Допустимий вміст 12 ... 15 %. Високі значення свідчать про хорошу роботу двигуна. Низький рівень СО<sub>2</sub> свідчить про те, що паливно-повітряна суміш (ПП-суміш) багата чи бідна. Підвищення концентрації СО<sub>2</sub> в атмосфері сприяє розвитку парникового ефекту.

Кисень – у повітрі його 21 %, і більша частина вступає в реакцію з паливом. Рівень кисню у вихлопних газах повинен бути низьким, менше 0,5 %. У камері згорання двигуна утворюється група оксидів азоту, для стислості позначуваних NO<sub>x</sub>.

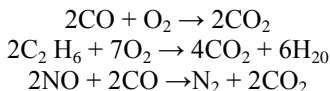
Окис азоту NO<sub>x</sub> – безбарвний газ без смаку і запаху. Двоокис азоту NO<sub>2</sub> – рудуватий газ із кислим їдким запахом, слабо токсичний. Оксиди азоту NO<sub>x</sub> формуються в камері згорання двигуна при температурі вище 1370 °С (2500 °F) або при великому тиску. При з'єднанні оксидів азоту з вуглеводнем СН в атмосфері під впливом

сонячних променів утвориться фотохімічний смог, шкідливий для органів дихання людини.

На роботу бензинового двигуна сильно впливає співвідношення між масою повітря і палива в горючій суміші.

В ідеальному випадку при повному спалюванні 1 кг (1 л) бензину в 14,7 кг (10 м<sup>3</sup>) повітря утворюються нетоксичні речовини вода та двоокис вуглецю. Співвідношення між масою повітря і палива, рівне 14,7:1, називається стехіометричним. Якість ПП-суміші визначається коефіцієнтом надлишку повітря  $\lambda$ , який дорівнює відношенню фактичного складу ПП-суміші до її стехіометричного складу. Повне згоряння палива в циліндрах ДВС має місце при  $\lambda = 1$ . Але, у зв'язку з низкою причин, навіть при стехіометричному складі ПП-суміші згорання здійснюється не повністю й утворюються токсичні речовини. Згоряння багатой ПП-суміші ( $\lambda < 1$ ) призводить до появи надлишкової кількості CO, H<sub>2</sub> і CH. Бідні ПП-суміші ( $\lambda = 1$ ) згоряють з утворенням NO<sub>x</sub> і призводять до пропусків запалення.

У каталітичному газонейтралізаторі, що встановлюється на сучасному автомобілі, відбуваються хімічні реакції, які зменшують концентрацію токсичних речовин у вихлопних газах:



У сучасних газонейтралізаторах як каталізатори хімічних реакцій використовують благородні метали, наприклад платину. Для нормальної експлуатації каталітичного газонейтралізатора необхідна підтримка стехіометричного складу ПП-суміші з високою точністю – менше 1 %. В іншому випадку нейтралізатор поступово деградує. Така точність дозування без електронного управління недосяжна. У справному каталітичному нейтралізаторі до 90 % токсичних речовин переробляється в нетоксичні.

Неоптимальні значення кута випередження запалювання призводять до збільшення концентрації CH і NO<sub>x</sub> у вихлопних газах. Точне завдання кута випередження запалювання для всіх режимів роботи двигуна можливе тільки з допомогою електронної системи управління.

У дизелях паливо вприскується безпосередньо в циліндри і запалюється за рахунок розігріву повітря, яке стискається. У дизелях  $\lambda$  завжди більше одиниці. При оптимальних значеннях  $\lambda = 1,1 \dots 1,2$  у вихлопних газах міститься мінімальна кількість сажі, CH і CO. На дизелях працюють двокомпонентні окислювальні каталітичні нейтралізатори, що перетворюють CH і CO в CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O. Застосування трикомпонентного каталітичного нейтралізатора неможливе через

надлишок повітря. На процес згоряння палива сильно впливає точність синхронізації його вприскування. Наприклад, похибка початку вприскування в 1° оберту колінчастого вала веде до збільшення вмісту у вихлопних газах  $\text{NO}_x$  на 5 % і  $\text{CH}$  на 15 %.

Для зменшення концентрації  $\text{NO}_x$  на дизелях, як і на бензинових двигунах, застосовується система рециркуляції вихлопних газів.

Економія палива в двигунах з електронним управлінням досягається за рахунок його більш точного дозування у всіх режимах роботи і відключення подачі палива, коли це припустимо, наприклад, при гальмуванні двигуном. Збіднення горючої ПП-суміші з метою економії палива призводить до необхідності збільшувати кут випередження запалювання, тому бідна суміш горить повільно, але при цьому зростає токсичність вихлопних газів.

Управління кутом випередження запалювання здійснюється електронною автоматикою шляхом компромісу між кількістю споживаного палива та вмістом токсичних речовин у вихлопних газах за складним алгоритмом.

ЕБК у фоновому режимі постійно контролює справність підключених до комп'ютера датчиків і виконавчих механізмів, а також справність систем, вихід із ладу яких веде до збільшення забруднення навколишнього середовища (каталітичний газонейтралізатор, система подачі палива і т. д.).

Функції електронних систем керування бензиновим двигуном:

### **1. Визначення необхідної кількості палива.**

Маса, що подається у двигун палива  $F_M$ , пов'язана з масою повітря  $A_M$  і необхідним значенням коефіцієнта надлишку  $\lambda$  співвідношенням [21]:

$$F_M = \frac{A_M}{\lambda * 14,7}, \quad (12)$$

Маса повітря може бути виражена через його об'єм  $A_V$  і щільність  $A_D$ .

$$A_M = A_V * A_D, \quad (13)$$

Щільність повітря  $A_D$  визначається за його тиском і температурою у впускному колекторі за допомогою відповідних датчиків. У простому випадку об'єм повітря  $A_{VRPM}$  розраховується за кількістю обертів двигуна за хвилину  $N$ :

$$A_{VRPM} = \frac{N}{60} * \frac{D}{2} * V_E, \quad (14)$$

де –  $D$  об'єм двигуна,  $V_E$  – коефіцієнт використання об'єму, залежний від обертів.

Якщо у двигуні застосовується рециркуляція вихлопних газів, їх об'єм  $A_{VEGR}$  також враховується:

$$A_V = A_{VRPM} - A_{VEGR}, \quad (15)$$

$A_{VEGR}$  залежить від положення клапана системи рециркуляції вихлопних газів.

У датчиках витрати повітря з вимірювальною заслінкою по відхиленнях заслінки визначають безпосередньо об'єм повітря  $A_V$ . Обсяг вихлопних газів  $A_{VEGR}$ , якщо вони подаються в камеру згоряння, системою рециркуляції враховувати не потрібно. Для визначення щільності повітря у впускному колекторі встановлюються датчики температури і тиску.

У сучасних системах керування двигунами встановлюються, як правило, датчики масової витрати повітря. Визначивши необхідну масу палива  $F_M$ , контролер за відомою продуктивності форсунок обчислює для них базові значення часу включення. Для того щоб маса палива, яка подається через форсунки, залежала тільки від тривалості їх включення, в рампі форсунок щодо впускного колектора спеціальним регулятором підтримується постійний тиск палива.

Базові значення тривалості включення форсунок-контролер коригує залежно від режиму роботи двигуна. Так реалізуються компенсація змін електромеханічних характеристик форсунок при варіаціях напруги бортової мережі, корекція по сигналу від датчика кисню, збагачення паливної суміші при прогріванні двигуна і т. д.

У двигунах із розподіленим вприскуванням, залежно від складності та досконалості системи, управління подачі палива проводиться таким чином:

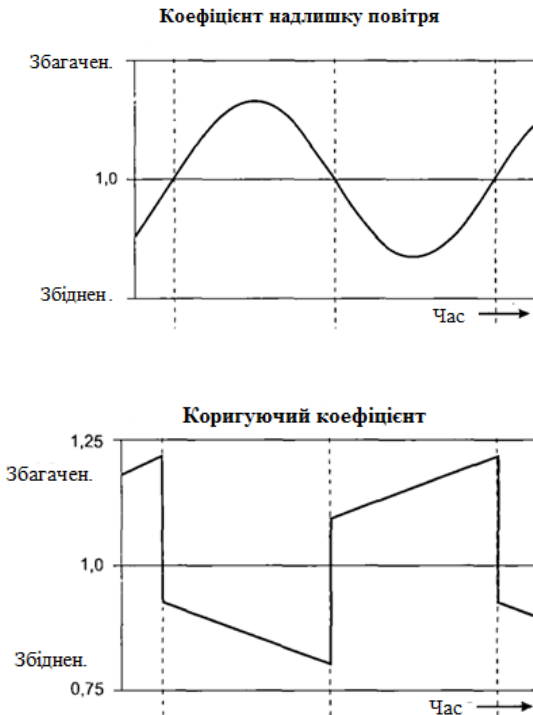
- усі форсунки включаються одночасно один раз за один оборот колінчастого валу;
- форсунки включаються групами, наприклад, парами для 4-циліндрового двигуна, один раз на 4 такти. Групи управляються роздільно;
- форсунки управляються незалежно, тобто подача палива на відповідному такті впуску ПП-суміші в кожен циліндр регулюється індивідуально.

## **2. Управління за сигналом датчика кисню.**

Сигнал із датчика кисню надходить в ЕБК двигуна, де порівнюється з опорною напругою  $V_S = 0,45 \text{ В}$ . Ця напруга знаходиться приблизно посередині між рівнями сигналів для збідненої і збагаченої ТВ-суміші для цирконієвого датчика.

Коли сигнал із датчика кисню перевищує опорний рівень, програмне забезпечення ЕБК двигуна визначає робочу ПП-суміш як збагачену й ЕБК починає поступово зменшувати тривалість імпульсу відмикання форсунок. Датчик реагує на зміну складу паливо-повітряної суміші з

деякою затримкою. Чим довше датчик кисню індикує збагачений склад ПП-суміші, тим більше зменшується тривалість імпульсу відмикання форсунок і тим бідніше стає ПП-суміш. У результаті таких дій вихідний сигнал датчика кисню перейде на рівень нижче опорного і ЕБК зафіксує збіднений склад суміші. Далі починається поступове збільшення тривалості імпульсу відмикання форсунок, і збагачення ПП-суміші буде продовжуватися до тих пір, поки датчик кисню знову не переключиться. Таким чином, склад ПП-суміші постійно коливається між збідненим і збагаченим станами навіть при роботі справного датчика кисню при постійному навантаженні двигуна (рис 4.1). У такому випадку має місце релейна стабілізація при коливання щодо граничного циклу.





**Рис. 4.1.** Сигнали в системі стабілізації стехіометричного складу ПП-суміші

Частота перемикання сигналів датчика (збіднений склад суміші – збагачений склад суміші) визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{4 t_L}, \quad (16)$$

де  $t_L$  – час, за який паливо проходить шлях від форсунки впрыскування через впускний колектор циліндра і випускний колектор до датчика кисню.

Для більшості двигунів при роботі на холостому ході частота  $f$  лежить у діапазоні 0,5 ... 2,0 Гц. У новітніх ДВС – до 1 Гц.

Відзначимо, що дана релейна система стабілізації підтримує стехіометричний склад ПП-суміші з похибкою 1 ... 5 %. Каталітичний газонейтралізатор має деякий робочий об'єм для вихлопних газів, що виконує функцію ресивера, демпфуючого коливання в складі відпрацьованих газів. Таким чином, у ресивері каталізатора продукти згоряння перемішуються й усереднений їх склад стає близьким до складу продуктів згоряння стехіометричної ПП-суміші. Це сприяє більш ефективній роботі газонейтралізатора, і кількість токсичних речовин на його виході стає мінімальною.

Відзначимо також, що через затримку спрацювання системи управління складом ПП-суміші за сигналом датчика кисню не має необхідної швидкодії. Наслідком інерційності може бути збільшення викиду токсичних речовин із вихлопними газами при роботі двигуна на перехідних режимах. На практиці контролер для керування подачею палива використовує не тільки сигнал із датчика кисню, але й калібрувальні діаграми в осях «обороти – навантаження двигуна», що зберігаються в пам'яті ЕБК.

### **3. Управління кутом випередження запалювання.**

Правильна установка поточного значення кута випередження запалювання оптимізує обертовий момент на валу двигуна, мінімізує вміст токсичних речовин у вихлопних газах, зменшує витрату палива, покращує їздові характеристики, виключає детонацію. Базові значення для визначення кута випередження запалювання залежно від навантаження і обертів двигуна закладені в постійній пам'яті контролера. Їх отримують під час експериментальних досліджень знову розроблюваного двигуна на стендовому динамометрі. Базові значення коригуються залежно від режиму роботи двигуна: перегрів, прискорення, включення системи рециркуляції вихлопних газів і т. д. У деяких системах, змінюючи кут випередження запалювання, стабілізують оберти холостого ходу й регулюють оберти двигуна при перемиканні швидкостей в автоматичній коробці перемикання передач.

У сучасних системах запалювання первинний струм котушки запалювання регулюється часом її підключення до напруги живлення. ЕБК визначає тривалість тимчасового інтервалу підключення за рахунок калібрувальних діаграм, що зберігаються в постійній пам'яті, і в залежності від оборотів двигуна та напруги бортової мережі виконує коригування. Робота ключа (комутатора запалювання) синхронізується так, щоб необхідне значення струму первинної обмотки котушки запалювання досягалось безпосередньо перед моментом іскроутворення.

Значення кута випередження запалювання, що забезпечують найбільш ефективну роботу двигуна, близькі до граничних, на яких виникає детонація. При виявленні детонації датчиком детонації кут випередження запалювання відповідно зменшується. У сучасних системах управління кут випередження запалювання регулюється роздільно по циліндрах.

#### ***Режими роботи системи управління двигуном:***

##### ***1. Запуск двигуна***

Двигун при прокрутці стартером повинен швидко запускатися при будь-якій температурі охолоджувача і зовнішнього середовища. При запуску паливо подається з надлишком (багата ПП-суміш), тому погано випаровується в холодному двигуні й конденсується на стінках впускного колектора. Але свічки запалювання заливатися не повинні, інакше іскроутворення погіршиться. Під час запуску ЕБК управляє подачею палива по калібрувальних діаграмах, що зберігаються в постійній пам'яті, і коригують склад ПП-суміші за температурою охолоджувальної рідини. Датчик кисню в цей час ще не працює, тому що не прогрітий, а ПП-суміш збагачена. Кількість палива, що подається, починає зменшуватися, після того як швидкість обертання колінчастого вала перевищить граничне значення для цього типу двигуна. У деяких



системах управління при прокрутці ДВС усі форсунки відкриваються одночасно і тільки після запуску починають працювати синхронно з тактами впускання своїх циліндрів.

Кут випередження запалювання при прокрутці визначається ЕБК за обертами і температурою двигуна. Для холодного двигуна і низької швидкості прокрутки кут випередження запалювання майже дорівнює нулю. У будь-якому випадку при прокрутці ДВС значення кута випередження запалювання обмежується, тому спалах у камері згорання до верхньої мертвої точки може повернути колінчастий вал у зворотному напрямку і пошкодити стартер.

## *2. Прогрівання двигуна*

Відразу після запуску холодного ДВС під час його прогріву система управління двигуна повинна забезпечувати:

- стійку роботу двигуна;
- швидкий нагрів датчика кисню і каталітичного нейтралізатора для ведення їх у робочий стан;
- мінімальне споживання палива та забруднення навколишнього середовища.

Для стійкої роботи холодного двигуна в нього подається збагачена ПП-суміш. Ступінь збагачення залежить від температури двигуна і всмоктуваного повітря. У деяких системах під час прогріву в каталітичний газонейтралізатор подається додаткове повітря. Утворені в циліндрах надлишки СО і СН (через збагаченої ПП-суміші) доокисляються в каталітичному нейтралізаторі. Хімічна реакція окислення прискорює розігрівання нейтралізатора.

В іншому варіанті під час прогріву двигуна збільшуються оберти холостого ходу і зменшують кут випередження запалювання, що підвищує температуру вихлопних газів і прискорює розігрівання каталітичного газонейтралізатора й датчика кисню.

Застосовується і електричний розігрів датчика кисню і нейтралізатора.

## *3. Робота в перехідних режимах*

У перехідних режимах, тобто при швидкому збільшенні або зменшенні навантаження або обертів ДВС, система управління повинна забезпечувати плавну стійку роботу двигуна.

При прискоренні автомобіля дросельна заслінка різко відкривається, у впускний колектор надходить більше повітря. Система управління повинна швидко відреагувати, щоб не тільки не допустити збіднення робочої суміші, а й встигнути збагатити її так, щоб двигун штатно відпрацював навантаження, яке зросло. При цьому не повинно помітно збільшуватися забруднення навколишнього середовища вихлопними газами. Для забезпечення максимального обертового моменту на валу двигуна кут випередження запалювання встановлюється на межі детонації.

При гальмуванні, їзді під гору, гальмуванні двигуном подача палива різко обмежується або повністю відключається до тих пір, поки оберти двигуна залишаються вище заданого значення (трохи більше обертів холостого ходу). Система управління двигуном стежить за тим, щоб при відключенні подачі палива не перейшли в неробочий стан датчик кисню і каталітичний нейтралізатор. Зазвичай це реалізується додатковим електропідігрівом.

#### *4. Повне навантаження*

При їзді автомобіля під повним навантаженням, наприклад угору, двигун повинен розвивати максимальну потужність. ЕБК управляє складом ПП-суміші і кутом випередження запалювання за калібрувальними таблицями. Двигун має найкращі тягові характеристики при  $\lambda = 0,9 \dots 0,95$ , у цьому діапазоні датчик кисню не працює. Кут випередження запалювання має значення, що забезпечує максимальний обертовий момент на валу, при необхідності проводиться корекція по детонації. Екологічні показники двигуна трохи погіршуються.

#### *5. Робота на холостих обертах*

У режимі холостого ходу система управління двигуном із метою економії палива підтримує мінімальні стійкі оберти. У міському циклі руху на холостому ході автомобіль споживає близько 30 % палива. Система регулювання холостих обертів повинна відпрацьовувати як стрибкоподібно, так і плавно мінливі навантаження.

Оберти двигуна на холостому ході автоматично регулюються зміною кількості повітря, що подається, або кута випередження запалювання.

Повітря в режимі холостого ходу зазвичай потрапляє через байпасний канал, перетин якого регулюється кроковим двигуном за командами ЕБК. Є варіанти, коли кількість повітря, яке подають, регулюється автоматично керованим електропроводом дросельної заслінки. Недоліком системи управління оборотами холостого ходу шляхом зміни пропускнуго перетину повітряного каналу є її інерційність, особливо при стрибкоподібних змінах навантаження. Більш високу швидкодію має система, що працює із зміною кута випередження запалювання в заданих межах. У сучасних ЕБК для управління оборотами холостого ходу використовуються обидва ці варіанти управління.

Щоб двигун, що працює на холостих обертах, не зупинявся при підключенні до нього потужного навантаження (наприклад, компресора кондиціонера), спочатку від вимикача навантаження на ЕБК надходить сигнал про майбутнє збільшення навантаження, по якому ЕБК збільшує оберти двигуна, і лише потім включається навантаження.

## ПИТАННЯ

---

1. Головні завдання електронного управління автомобільним двигуном?
2. З яких елементів складається електронна система управління двигуном?
3. Які речовини містяться у вихлопних газах автомобільного двигуна?
4. Які функції виконують каталічні нейтралізатори?
5. Функції електронних систем керування бензиновим двигуном?

## РОЗДІЛ 5

# ПАЛИВНА СИСТЕМА АВТОМОБІЛЯ ТА СИСТЕМА ГАЗОВИПУСКУ

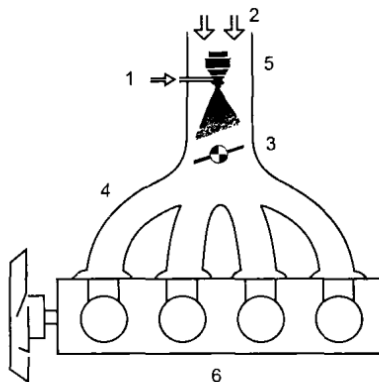
---

### 5.1. Системи подачі палива

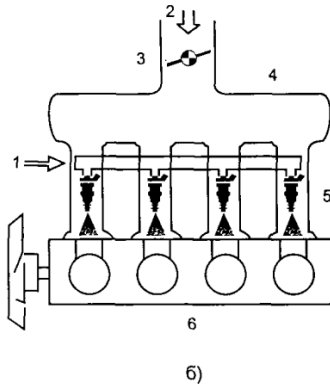
Робота системи подачі палива в циліндри двигуна полягає у формуванні складу ПП-суміші, її дозуванні, транспортуванні та розподілі по циліндрах. Водій керує оборотами двигуна за допомогою дросельної заслінки, яка дозує кількість повітря що надходить у циліндри. Система управління вимірює об'єм або масу повітря, яке всмоктується, і за результатами вимірювання формує найбільш оптимальний склад ПП-суміші.

#### *Класифікація систем*

Системи подачі палива бувають одноточкові (карбюратор або центральне вприскування, рис. 5.1, а) і багатоточкові (розподілене вприскування, рис. 5.1, б). У системах з одноточечною подачею палива формування ПП-суміші виробляється поблизу дросельної заслінки. Транспортування та розподіл суміші по циліндрах покладається на конструкцію патрубків впускного колектора. Задовільної роботи системи у всіх режимах добитися важко.



а)



**Рис. 5.1.** Патрубки впускного колектора:

**а)**– для центрального впорску; **б)** для розподіленого впорску:

*1 – паливо; 2 – повітря; 3 – дросельна заслінка; 4 – впускний колектор; 5 – форсунки; 6 – двигун*

У багатоточечних системах подачі палива і зовнішнє сумішоутворення виробляються в безпосередній близькості від впускних каналів. Паливо краще випаровується, мінімізовано вплив конструкції впускного колектора на рівномірність розподілу суміші по циліндрах, патрубки впускного колектора транспортують тільки повітря.

#### **Карбюратор з електронним управлінням**

При використанні найпростішого поплавкового карбюратора чим більше повітря засмоктується в циліндри, тим більше палива надходить для утворення ПП-суміші. Основний недолік такої системи сумішоутворення – нелінійний зв'язок між масою повітря і кількістю розпиленого палива, тобто не витримується стехіометричний склад ПП-суміші при різних обертах двигуна. Для компенсації цього недоліку доводиться вводити в конструкцію карбюратора електронне управління. Такий карбюратор називають електронним.

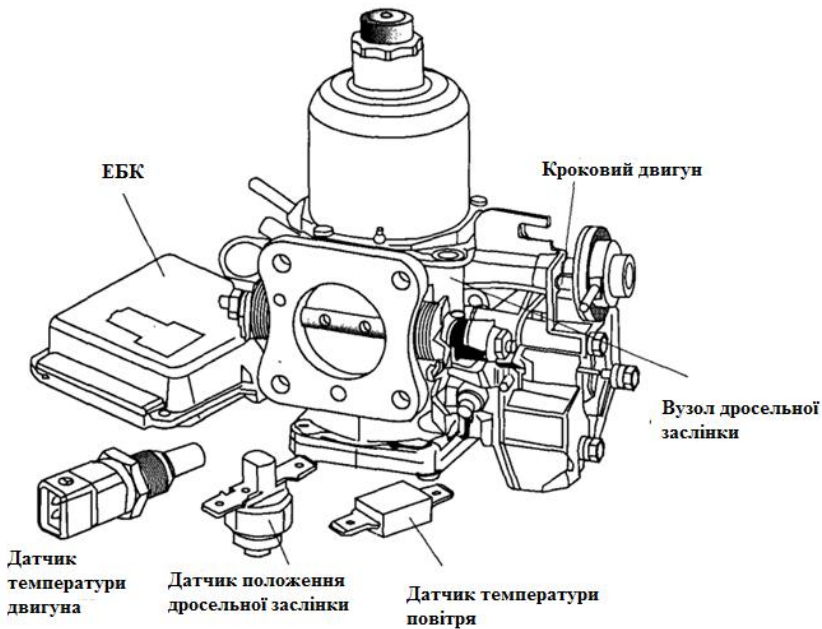
Електронний карбюратор дозволяє більш якісно реалізувати наступні функції:

- стабілізація обертів холостого ходу. Оберти ДВС на холостому ході підтримуються постійно на досить низькому рівні з метою економії палива і зменшення токсичності вихлопних газів. При цьому двигун не повинен глухнути. Регулювання проводиться кроковим двигуном. Оберти холостого ходу можуть бути змінені за сигналом від автоматичної коробки перемикачів передач від реле включення муфти кондиціонера й іншим сигналом про збільшення навантаження;

– прогрів двигуна. При прогріванні двигуна обороти холостого ходу підтримуються збільшеними до тих пір, поки відповідний сигнал не надійде від датчика температури охолоджувальної рідини

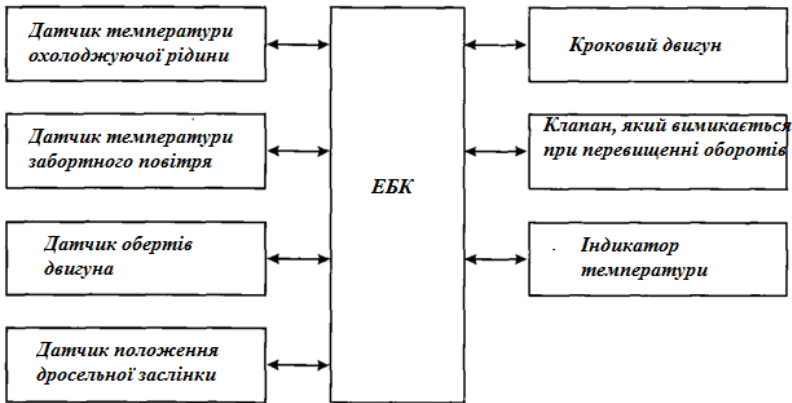
– збагачення ПП-суміші при прогріванні. Використовується обертова повітряна заслінка чи інший тип клапана для збагачення суміші залежно від режиму роботи двигуна і температури навколишнього середовища;

На рис. 5.2 показані основні компоненти карбюратора з електронним управлінням, використовувані на деяких ранніх моделях автомобілів фірми Rover.



**Рис. 5.2.** Основні компоненти карбюратора з електронним керуванням

На рис. 5.3 показана блок-схема системи управління карбюратором. Зазвичай до системи управління входить набір необхідних датчиків, пристроїв обробки інформації, виконавчі механізми.



**Рис. 5.3.** Блок схема системи керування електронним карбюратором

У такій системі обороти двигуна визначаються за частотою імпульсного сигналу, що надходить із негативного затиску первинної обмотки котушки запалювання, як і в багатьох інших системах.

Датчик температури охолоджувальної рідини (термістор) розміщений в сорочці водяного охолодження двигуна, цей же датчик використовується в системі управління запалювання

Температура навколишнього повітря визначається термістором, розташованим під переднім бампером або за фарею. У більш пізніх системах температура всмоктуваного повітря вимірюється датчиком, встановленим у впускному колекторі.

Датчик закритого положення дросельної заслінки поміщений під педалью акселератора і спрацьовує, коли педаль відпущена, тобто дросельна заслінка закрита.

Основним виконавчим механізмом в електронному карбюраторі є кроковий електродвигун. Кроковий двигун змінює положення дросельної заслінки відповідно до команд, які формуються в ЕБУ з урахуванням режиму роботи двигуна, температури охолоджувальної рідини і всмоктуваного повітря.

Коли оберти двигуна перевищують допустиме значення, ЕБУ за допомогою електроклапана зрівнює тиск у поплавковій і змішувальній камерах і подача палива припиняється.

ЕБУ видає також сигнал на показчик температури двигуна, який встановлено на щитку приладів для водія.

Електронне управління карбюратором виявилось неефективним у порівнянні з системами уприскування палива, які знайшли широке застосування на сучасних автомобілях.

#### **Системи з центральним уприскуванням палива**

У цих системах використовуються одна або дві форсунки, встановлювані у впускному трубопроводі перед дросельною заслінкою (6) (рис. 5.4). Електробензонасос постійно перекачує паливо через форсунку (2). Регулятор тиску паливом (1) підтримує постійний тиск палива на рівні 0,71 бар. Паливо подається через введення (7) і зливається назад у бак по зворотній лінії (3). По команді ЕБУ форсунка вмикається зазвичай один раз за два обороти колінчастого вала. Сопло сконструйовано так, щоб розпилюване паливо проходило між стінками трубопроводу і краями дросельної заслінки. На холостому ходу ТВ-суміш подається у впускний колектор через байпасний канал (5), перетин якого регулюється кроковим двигуном (4).

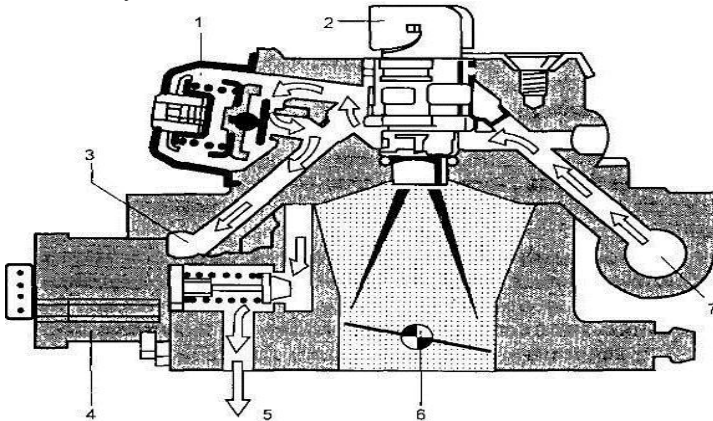


Рис. 5.4. Форсунка центрального впорскування

#### **Системи з розподіленим уприскуванням палива**

Паливо подається поблизу впускних клапанів кожного циліндра за допомогою механічних або електромеханічних форсунок. Переваги розподіленого уприскування в порівнянні з центральним:

1) економія палива за рахунок його більш рівномірного розподілу по циліндрах. У системах із центральним уприскуванням подача палива регулюється під циліндр, який одержує найбільш бідну суміш, у результаті сумарне споживання палива зростає;

2) у системах із розподіленим уприскуванням є можливість оптимізувати конструкцію впускного колектора під подачу максимальної кількості повітря, у результаті з двигуна знімається велика потужність;



3) за рахунок подачі палива безпосередньо в зону впускних клапанів зменшується транспортне запізнювання, двигун швидше реагує на зміну положення дросельної заслінки;

4) за рахунок скорочення транспортного запізнювання в системі стабілізації стехіометричного складу паливо-повітряної суміші по сигналу з датчика кисню підвищена частота перемикачів «бідна суміш – багата суміш». Це покращує роботу каталітичного нейтралізатора, зменшується вміст токсичних речовин у вихлопних газах.

У системах розподіленого постійного упорскування, наприклад K-Jetronic фірми BOSCH, кількість підведеного повітря безперервно вимірюється витратоміром, а маса палива, що впорскується, пропорційна обсягу повітря, що надходить. Система підтримує стехіометричне співвідношенн 1:14,7 у ТВ-суміші, крім перехідних режимів і роботи двигуна з повним навантаженням. Паливо впорскується постійно, його кількість регулюється дозатором-розподільником, керованим витратоміром повітря та регулятором керуючого тиску. У свою чергу, вплив регулятора керуючого тиску визначається величиною підведеного до нього розрідження у впускному колекторі і температурою охолоджувальної рідини. У цій суто механічній системі використовуються датчики температури на основі біметалічних пластин. Датчики керують роботою дозатора-розподільника через систему діафрагм і патрубків.

У системах розподіленого постійного упорскування з електронним управлінням, наприклад в K-Jetronic, використовується більше датчиків, інформація з яких обробляється в мікропроцесорному ЕБУ. Керуючий тиск у дозаторі-розподільнику змінюється електрогідравлічним регулятором за командами ЕБУ. За рахунок електронного управління краще оптимізовано дозування палива.

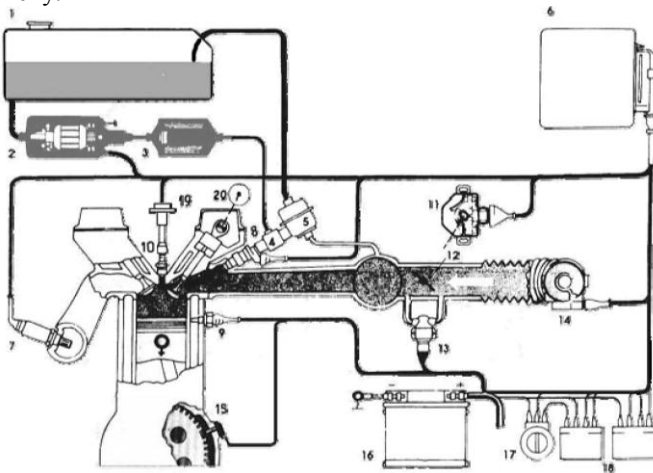
Найбільш досконалыми на сьогодні є системи уривчастого розподіленого уприскування палива. У них тиск підводиться до форсунок палива, підтримується постійним щодо впускного колектора. Кількість поданого палива регулюється часом включення електромагнітних форсунок, керованих безпосередньо від ЕБУ, чим досягається висока швидкодія і точність дозування. Невід'ємними частинами сучасних систем подачі палива з переривчастим уприскуванням є:

- датчик масової витрати повітря, зазвичай термоанемометричний;
- система дозування палива: електробензонасос, паливний фільтр, рампа форсунок, електромагнітні форсунки, регулятор тиску палива. Бензонасос подає паливо в рампу під тиском 250 ... 350 кПа. Регулятор тиску підтримує постійний перепад тиску між впуском і нагнітаючої магістраллю рампи, надлишки палива повертаються в бензобак по лінії зливу. Соленоїди форсунок управляються силовими транзисторами ЕБУ.

У деяких системах є додаткова пускова форсунка, яка встановлюється за дросельною заслінкою і включається при холодному пуску двигуна;

– датчик кисню, сигнал якого використовується ЕБУ для роботи в замкненому режимі стабілізації стехіометричного складу паливоповітряної суміші.

Система подачі палива (рис. 5.5) призначена для подачі необхідної кількості палива у двигун при різних режимах роботи [4; 5; 18]. Для цього бензин нагнітається електробензонасосом (2) з паливного бака (1) через паливний фільтр (3) до розподільника (4) з електромагнітними форсунками (8), керованими контролером (6). При установці ключа запалювання в положення «Запалювання» або «Стартер» з положення «Вимкнено», контролер подає напругу на реле бензонасоса для його включення. Якщо через дві секунди після включення насоса прокрутка колінчастого вала не починається, контролер вимикає реле і «чекає» початку прокручування. Після початку прокрутки контролер знову включає реле і, відповідно, бензонасос. Упорскування палива здійснюється індивідуально для кожного циліндра. Форсунки, під впливом імпульсів напруги, впорскують паливо дозованими порціями у впускний колектор. Частина палива через регулятор тиску (5) надходить назад у бак, який підтримує постійною різницю тиску на форсунках (зазвичай 300 кПа). Іноді в паливну систему вбудовується демпфер для гасіння небажаних пульсацій тиску.

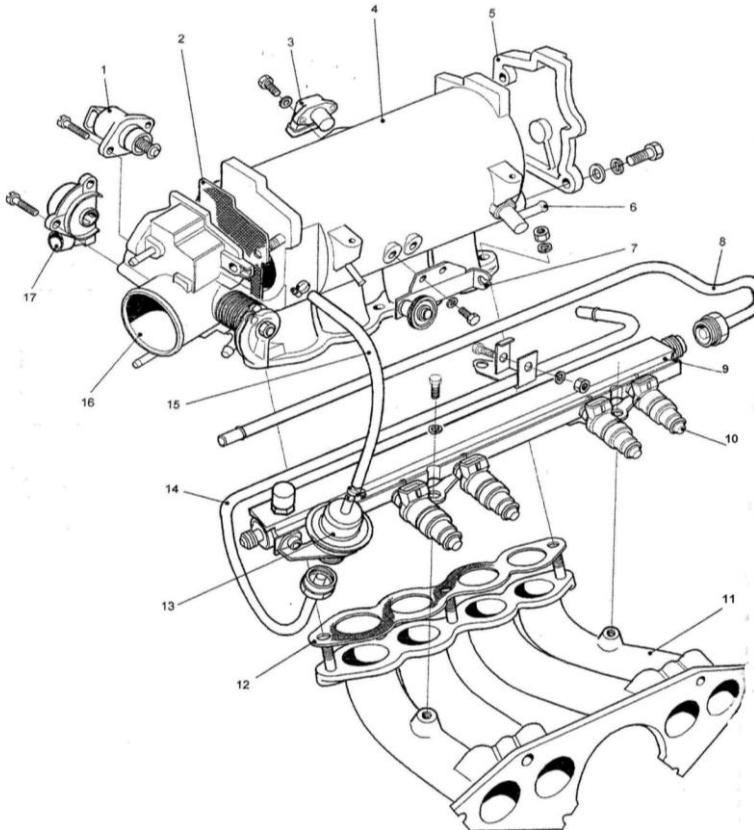


**Рис. 5.5.** Схема інжекторної паливної системи:

1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – паливний фільтр; 4 – розподільна магістраль; 5 – регулятор тиску палива; 6 – контролер; 7 – лямбда-зонд; 8 – форсунка; 9 – датчик температури охолоджувальної

рідини; **10** – свічка запалювання; **11** – датчик положення дросельної заслінки; **12** – дросельна заслінка; **13** – регулятор холостого ходу; **14** – вимірювач маси повітря; **15** – імпульсний датчик; **16** – акумуляторна батарея; **17** – замок запалювання; **18** – головне реле і реле паливного насоса; **19** – індивідуальна котушка запалювання; **20** – датчик верхньої мертвої точки першого циліндра

На рис. 5.6 зображено основні вузли системи подачі повітря та палива.



**Рис. 5.6.** Основні вузли системи подачі повітря та палива:

**1** – регулятор холостого ходу; **2** – прокладка дросельного патрубку; **3** – датчик абсолютного тиску і температури повітря; **4** – ресивер; **5** – кришка ресивера; **6** – штуцер шланга вакуумного підсилювача гальм; **7** – кронштейн приводу дросельної заслінки; **8** – трубка підведення палива; **9** – рампа форсунок; **10** – форсунка; **11** – впускний

*колектор; 12 – прокладка ресивера; 13 – регулятор тиску палива; 14 – трубка відведення палива; 15 – трубка повітряна, 16 – дросельний вузол; 17 – датчик положення дросельної заслінки*

## **5.2. Паливний насос**

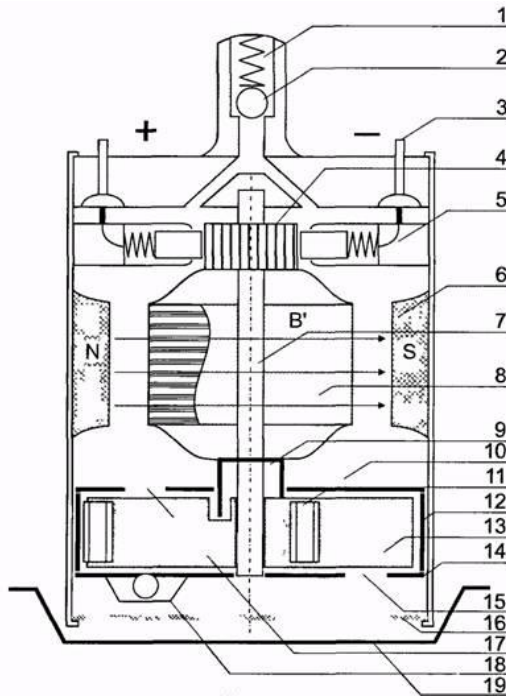
Паливний насос високого тиску з електричним приводом безперервно нагнітає бензин із паливного бака [1; 6; 12]. Він може бути вбудований безпосередньо в паливний бак (занурювальний) або розташований зовні (магістральний). Для нормального функціонування інжекторних систем живлення бензонасос повинен подавати до форсунки необхідну кількість палива й одночасно підтримувати його тиск, достатній для ефективного упорскування на всіх режимах роботи двигуна. Звичайний бензонасос діафрагмового типу від карбюраторних двигунів непридатний у системах упорскування, оскільки його продуктивність і робочий тиск у кілька разів менше необхідних. Крім того, такий насос має механічний привід від двигуна і починає подавати паливо тільки після включення стартера й запуску мотора. В інжекторних системах робочий тиск, у паливній магістралі форсунок, повинен бути забезпечений безпосередньо перед моментом запуску двигуна. Цих протиріч вдалося уникнути в конструкції, де насос не залежить від двигуна. Він приводиться в дію електродвигуном постійного струму, що живиться від бортової електромережі автомобіля.

За принципом дії електробензонасоси діляться на об'ємні та відцентрові. Робота насосів об'ємного типу заснована на циклічній зміні обсягів всмоктуючої та нагнітальної порожнин. Відцентрові насоси діляться на турбінні і вихрові, а нагнітальним елементом у них служать крильчатка з лопатями різної конфігурації. Турбінні насоси мають плоскі лопаті. Максимальний тиск, що розвивається цими насосами, не перевищує 0,4 МПа, а ККД – 10-15 %, проте вони відрізняються стабільним потоком і працюють практично без пульсацій тиску. Турбінні насоси використовуються зазвичай як перша ступінь багатоступеневих насосних систем розподіленого та центрального упорскування. Вихровий насос має крильчатку з виймками сферичної форми – така конструкція лопатів при обертанні створює додаткові завихрення рідини. За один оберт крильчатки одна і та ж кількість палива, під дією відцентрової сили, багаторазово відкидається від центру до периферії, в результаті чого послідовно нарощується його кінетична енергія. Вихрові насоси розвивають тиск у 4-9 разів вище, порівняно з турбінними, а їх ККД становить 30-45 %. Такі насоси використовуються для перекачування не тільки бензину, але й інших малов'язких легколетючих рідин – спирту, ефіру тощо. Проте при

перекачуванні сумішей з абразивними включеннями, наприклад неякісного бензину, вони швидко виходять із ладу. Від поломки не рятує навіть сітчастий фільтр на вході впускного патрубку.

Як приклад розглянемо будову та принцип дії заглибленого об'ємного електробензонасоса серії 0580254 фірми BOSCH, який використовується у всіх модифікаціях системи упорскування палива «K-Jetronic».

На рис. 5.7 наведено схематичне зображення конструкції електробензонасоса.



**Рис. 5.7.** Схема конструкції електробензонасоса BOSCH-0580254:

1 – вихідний штуцер; 2 – зворотний клапан; 3 – електроклема; 4 – колектор; 5 – щіткотримач із пружиною і щіткою; 6 – статорний постійний магніт; 7 – нерухома вісь для якоря ЕДВ (електродвигун) і для ротора насоса; 8 – якорь ЕДВ; 9 – зчіпна вилочка; 10 – відцентровий ролик; 11 – кришка нагнітача з випускною щільною; 12 – статір нагнітача з ексцентричною циліндричною порожниною; 13 – ротор нагнітача з п'ятьма відцентровими роликками; 14 – донце нагнітача із вхідною щільною; 15 – вхідна щільна; 16 – сітка фільтра грубої очистки

палива; 17 – випускна щілина; 18 – клапан скидання; 19 – виймка в днищі бензобака

Його приводною частиною є ЕДВ постійного струму з двома постійними магнітами (6), розташованими на статорі, і з дванадцятисекційною робочою обвиткою, намотаною на 12-пазному якорі (8). Якірна обвитка петляста, короткозамкнена, стосовно зовнішнього електричного ланцюга – розділена щітками на дві паралельні гілки. Усього в обмотці 288 витків мідного дроту діаметром 0,6 мм, по 24 витки в кожній секції. Два статорних магніти створюють постійне магнітне поле (В) з полюсами N і S, яке пронизує магнітні маси і витки якоря ЕДВ. Колектор (4) має 12 ламелей, які попарно з'єднані з бортовою електричною мережею напругою 12 В за допомогою пружинних щіток (5) і двох зовнішніх електроклем (3). Щітки до клем приєднані багатожильним гнучким мідним дротом. Клеми виведені за межі корпусу бензонасоса (позначені відповідно «+» і «-») і мають герметичне ущільнення.

Електробензонасос встановлюється на перехідну площадку, за допомогою якої він кріпиться до бензобака. При цьому приймальний торець електробензонасоса з сітчастим фільтром (16) грубої очистки палива опускається точно у виймку (19) днища бензобака. Робоче положення електробензонасоса BOSCH-0580254 вертикальне.

Електродвигун розрахований на робочу напругу 12 В і в навантаженому режимі споживає струм до 6 А. Потужність електродвигуна приблизно 80 Вт.

Принцип дії ЕДВ можна пояснити за допомогою рис. 5.8.

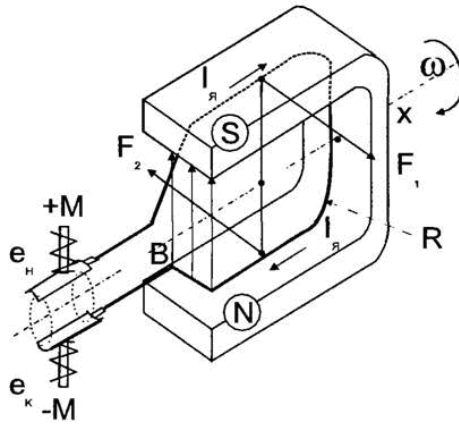


Рис. 5.8. Принцип дії ЕДВ

Під дією бортової напруги 12 В по витках рамки R якоря ЕДВ починає протікати пусковий струм. Цей струм, відповідно до закону Ома, дорівнює:

$$I_{я} = U_c \times R_r, \quad (17)$$

де  $U_c$  – напруга бортової мережі,  $R_r$  – омичний опір обмотки якоря, вступає в електромагнітну взаємодію з магнітним полем В постійного магніту статора. Як наслідок, на рамку R починають діяти дві механічні сили F1 і F2, кожна з яких, відповідно до закону електромагнітної індукції, визначається за формулою:

$$F = B \times L \times I_{я} \times \cos \alpha, \quad (18)$$

де  $L$  – сумарна активна довжина витків рамки R;  $B$  – індукція магнітного поля;  $I_{я}$  – сила струму;  $\alpha$  – кут повороту рамки R щодо направлення поля В. Напрямок дії сили F легко визначається за правилом лівої руки.

Сили F<sub>1</sub> і F<sub>2</sub>, прикладені в протилежних напрямках до осі обертання якоря, утворюють обертаючий момент М, який за допомогою зчпної вилочки передається ротору бензонасоса. Момент визначається за формулою:

$$M = (F_1 + F_2) \times r, \quad (19)$$

де  $r$  – приведений радіус якоря.

Слід зауважити, що зчпна вилочка виконана з жорсткої, але ламкої пластмаси, і при заклинюванні ротора бензонасоса (наприклад, при замерзанні взимку) повинна зламуватися, запобігаючи тим самим короткому замиканню ЕДВ насоса.

Після пуску електродвигуна струм якоря  $I_{я}$  значно зменшується. Це явище має місце тому, що, по-перше, якір сам стає обертовим постійним магнітом і силою цього магніту послаблює магнітне поле (В) статора електродвигуна (реакція якоря), по-друге, струм  $I_{я}$  при роботі електродвигуна послаблюється протиелектрорушійною силою і постійно перемикається по витках якоря колекторно-щітковим механізмом (КЩМ), за рахунок чого його середнє значення стає меншим ніж струм загальмованого якоря.

Частота обертання якоря ЕДВ, а отже, і ротора насоса, не регулюється, тому що залежить тільки від прикладеної до клем ЕДВ напруги і незначною мірою від механічного навантаження на вісь.

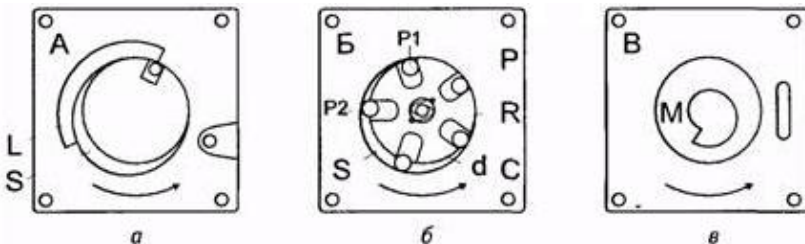
Новий електробензонасос BOSCH-0580254 при напрузі 12 В може розвивати тиск на заглушеному вихідному штуцері (рис. 5.7) до 7,8 бар. Клапан скидання (рис. 5.7) відтарований на 6,8 бар. При цьому електродвигун насоса обертається з частотою до 100 об/с. Продуктивність

насоса близько  $1,8 \text{ дм}^3/\text{хв}$ , що значно вище споживання палива двигуном внутрішнього згоряння у форсованому режимі.

Для підтримки необхідного тиску в системі і для скидання зайвого бензину назад у бензобак всі системи живлення сучасних ДВЗ обладнані зворотним бензопроводом і регулятором тиску в робочій паливній магістралі, завдяки чому тиск, що розвивається бензонасосом, підтримується постійним (для BOSCH-0580254 близько 6 бар).

Пристрійм електробензонасоса, який забезпечує подачу палива, є відцентровий гідронагнітач, який працює за принципом проштовхування окремих порцій бензину відцентровими роликками через ексцентричну насосну порожнину.

Основні складові частини шибєрного гідронагнітача (рис. 5.9) такі: ротор (R) з роликками (P), статор (C) з ексцентричною насосною порожниною (S), донце (A) з впускною щілиною (L) і кришка (B) з впускним отвором (M).



**Рис. 5.9.** Основні складові частини відцентрового гідронагнітача:  
*а* – донце; *б* – головна насосна порожнина; *в* – кришка

У зібраному вигляді відцентровий гідронагнітач являє собою тришаровий пакет, у середній частині якого між кришкою (B) і донцем (A) утворена головна насосна порожнина (S), ексцентрично зміщена щодо центра обертання ротора (R), в якій і обертається ротор (R) з роликками (P).

Працює відцентровий гідронагнітач таким чином. При обертанні ротора нагнітача під дією відцентрових сил усі роликки нагнітача щільно притискаються до стінки ексцентричної статорної порожнини і починають котитися по стінці. Ця порожнина є головною насосною порожниною нагнітача. Там, де ротор нагнітача впритул підходить до стінки насосної порожнини (рис. 5.9, б), роликки P1 майже повністю утоплюються в направляючі пази. Там, де зазор між ротором і статором нагнітача максимальний (рис. 5.9, б), відцентрові роликки P2 виступають із пазів майже на половину свого діаметра. Таким чином через впускну щілину (L) (рис. 5.9, а) насосної порожнини (S)



відбувається всмоктування порції бензину черговим набіглим роликком. Ця порція інтенсивно проштовхується у випускний отвір (М) (рис. 5.9, в) кришки нагнітача і звідти вгору, через всі деталі електродвигуна, до вихідного штуцера електробензонасоса (рис. 5.7).

Бензин не проводить електричний струм, але безперешкодно пропускає магнітні силові лінії. Тому на електромагнітні процеси в ЕДВ бензин ніякого впливу не має. В'язкість бензину дуже низька, і тому гідромеханічний опір шарів бензину, що протікають через робочий «повітряний» зазор ЕДВ, також незначний.

Прокачування бензину через електродвигун підвищує його надійність. Має місце постійна й ефективна промивка КЦМ (колекторно-щітковий механізм) і змащення проточним бензином вісі обертання, на якій обертаються ротор нагнітача і якір ЕДВ.

У конструкції електробензонасоса немає підшипників кочення. А втулки ковзання зі щільною посадкою на вісь краще працюють із рідким мастилом, яким у даному випадку є бензин. Бензин інтенсивно охолоджує електродвигун, який ніколи не перегрівається. Як наслідок, електробензонасос із прокачуванням бензину через внутрішню порожнину електродвигуна забезпечують роботу ДВС до 200 тис. км пробігу.

Слід зауважити, що розташування електродвигуна бензонасоса в бензобаку на перший погляд викликає подив. Дійсно, добре відомо, що в КЦМ електродвигуна може виникнути інтенсивне іскріння. Це може стати причиною вибуху бензобака, коли він порожній, а концентрація парів бензину відповідна. Однак фірма BOSCH випускає заглибні електробензонасоси більше 30 років і випадків вибухів бензобака не зареєстровано. Пояснюється цей феномен так: електроконтактна пара «щітка-ламель» не іскрить, тому що, по-перше, працює в режимі перемикача малих енергій, по-друге, її компоненти виготовлені зі спеціально підібраних електропровідних матеріалів, і по-третє, в ЕДВ з короткозамкнутою петлястою обвиткою на якорі іскріння в КЦМ обмежено зустрічно-паралельним з'єднанням робочих гілок якірної обвитки на щітках. Крім цього, бензонасос і його ЕДВ при роботі постійно наповнені бензином, іскріння в якому практично неможливе. За рахунок герметичності в системі паливного живлення, в бензонасосі бензин або його надмірно багата суміш присутня навіть тоді, коли бензобак порожній.

Таким чином, імовірність вибуху бензобака від присутності в ньому електробензонасоса практично зведена до нуля.

Основні характеристики будь-якого бензонасоса – продуктивність бензонасосу та тиск палива, який він створює. Для гарантованого прокачування бензину через фільтр тонкого очищення бензонасос

повинен забезпечувати тиск, в 1,3-2 рази більший від необхідного робочого тиску в системі упорскування (0,25-0,55 МПа). Продуктивність насоса повинна істотно перевищувати потреби двигуна навіть на режимах максимальної потужності і, залежно від об'єму двигуна, складати 1-2 л/хв. Незалежно від режиму роботи мотора, бензонасос постійно включений. У результаті електродвигун насоса споживає від АКБ машини однакову потужність (близько 60 Вт) і при незмінній кількості обертів перекачує бензин. Продуктивність бензонасоса не залежить від того, чи працює мотор на холостих обертах чи на максимальних – у будь-якому випадку потрібна подача палива до форсунки забезпечується регулятором тиску, а зайвий бензин повертається в бензобак.

### **5.3. Регулятор тиску палива**

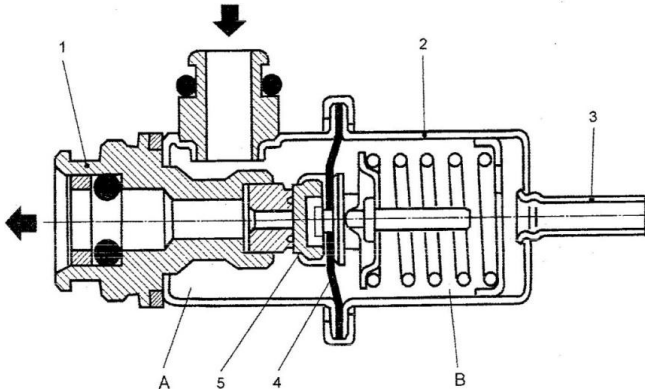
Регулятор тиску палива (РТП) служить для регулювання тиску палива в рампі залежно від навантаження і режиму роботи двигуна. РТП розташований на рампі форсунок і для своєї роботи використовує розрядження в ресивері [11; 16; 18].

Регулятор тиску подачі палива (5) (рис. 5.5) є мембранним перепускним клапаном і встановлений на кінці паливної розподільної магістралі (4). На діафрагму регулятора з одного боку діє тиск палива, а з іншого – тиск пружини регулятора і тиск (або розрядка) у впускній трубі. Функція регулятора полягає в підтримці постійного перепаду тиску на форсунці (8).

Регулятор тиску палива зв'язаний через шланг із корпусом дросельної заслінки і реагує на зниження тиску у впускній трубі. При зменшенні тиску у впускній трубі (менше відкриття дросельної заслінки) регулятор зменшує тиск подачі палива. При цьому клапан регулятора відкривається, і надмірне паливо по зливній магістралі зливається назад у паливний бак. При збільшенні частоти обертання колінчастого валу тиск у впускній трубі збільшується і регулятор збільшує тиск подачі палива.

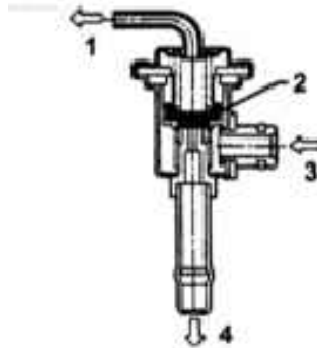
Регулятор тиску палива складається з клапана (5) (рис. 5.10) з діафрагмою (4), підтиснутою пружиною до сідла в корпусі регулятора. При працюючому двигуні регулятор підтримує тиск у рампі форсунок в певних межах (типове значення 284-325 кПа). На діафрагму регулятора з одного боку діє тиск палива, а з іншого – тиск (розрідження) у впускній трубі. При зменшенні тиску у впускній трубі (дросельна заслінка закривається) клапан регулятора (5) відкривається при меншому тиску палива, перепускаючи надмірне паливо по зливній магістралі назад у бак. Тиск палива в рампі знижується. При збільшенні тиску у впускній трубі (при відкритті дросельної заслінки) клапан регулятора (5)

відкривається вже при більшому тиску палива і тиск палива в рампі підвищується.



**Рис. 5.10.** Регулятор тиску палива:

*1 – корпус; 2 – кришка; 3 – патрубок для вакуумного шланга; 4 – діафрагма; 5 – клапан; А – паливна порожнина; В – вакуумна порожнина*



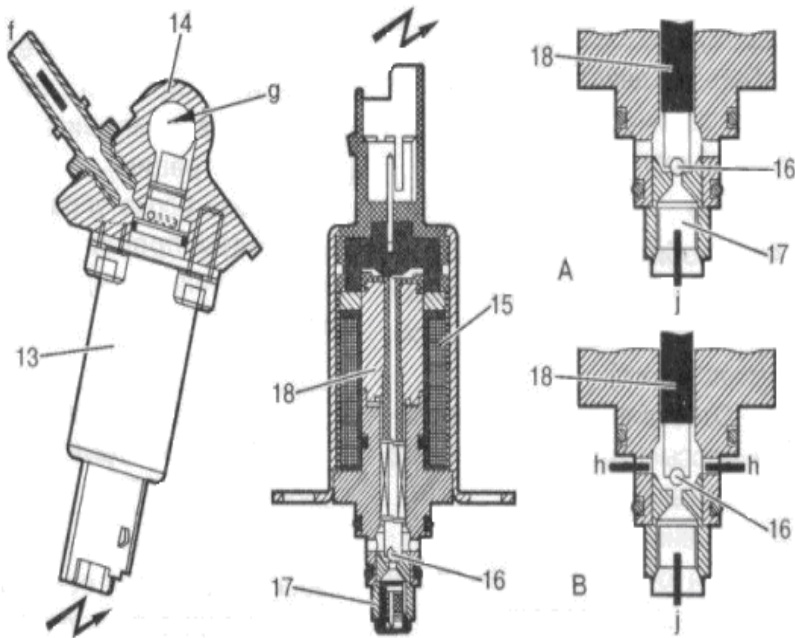
**Рис. 5.11.** Конструкція регулятора тиску палива, що використовується на моделях системи уприскування MPFI з турбонаддувом:

*1 – до впускного трубопроводу; 2 – діафрагма; 3 – від інжектора; 4 – до паливного бака*

Регулятор тиску палива має дві камери: паливну (А) і вакуумну, або діафрагмову, (В). Пальне потрапляє в паливну камеру (А) через вхідний штуцер. Діафрагмова камера (В) сполучена з впускним трубопроводом.

Якщо тиск у нижній камері перевищує сумарний тиск, що створюється на діафрагмі пружиною і розрідженням у трубопроводі, то діафрагма переміщається так, щоб надлишок палива міг бути повернутий назад у бензобак по зворотній лінії. Регулятор підтримує постійний перепад тиску в системі на рівні порядку 0,25 МПа для бензинових двигунів та близько 10-Па для дизельних.

Застосовуються також електромагнітні регулятори (рис. 5.12), котрі являють собою циліндричний електромагнітний клапан, розташований лівіше центра паливної рампи і одним кінцем закріплений у самій паливній рампі.



**Рис. 5.12.** Принцип дії електромагнітного регулятора високого тиску:

***A** – фаза відкриття регулятора; **B** – фаза закриття регулятора; **f** – патрубок подавального паливопроводу (низький тиск); **g** – камера високого тиску; **h** – до подавального паливопроводу (низький тиск); **j** – подавальний патрубок високого тиску; **13** – регулятор тиску палива; **14** – паливна рампа; **15** – обмотка котушки; **16** – запиральна кулька; **17** – фільтр; **18** – осердя котушки*

Електромагнітний регулятор високого тиску на дизельному двигуні підтримує необхідний для нормальної роботи упорскування тиск у паливній рампі. На холостих обертах близько 70 бар при навантаженні максимально 105 бар. Паливний насос високого тиску (ПНВТ) накачує паливо під тиском у рампу, а регулятор за сигналами датчика тиску скидає надлишок палива до зворотного паливопроводу.

Управління регулятором здійснює широкоімпульсний модулятор через комп'ютер упорскування автомобіля. У знеструмленому стані регулятор відкритий. При старті двигуна регулятор на короткий проміжок часу закривається повністю, але відразу після старту відчиняється. Тиск палива змінюється залежно від тиску на регуляторі (13). Коли тиск на запиральну кульку (16) більший, ніж магнітна напруга, яку він отримує від осердя котушки (18), – кулька піднімається, паливо перетікає, і тим самим знижується тиск. При відкритті регулятора тиску хід поршня збільшується, в котушці (15) виникає індукційний струм, внаслідок чого осердя намагнічується і притягає запиральну кульку, отвір для виходу палива відкривається. При закритті регулятора (13) відбувається зворотний процес: хід поршня регулятора тиску зменшується, осердя котушки (18) не намагнічується, а отвір для виходу палива (j) закривається. Упорскування палива здійснюється через паливні форсунки, які відкриваються залежно від команди блоку управління.

#### **5.4. Форсунки паливної системи**

Форсунка (інжектор) – механічний розпилювач рідини чи газу. Найбільш важливим елементом форсунки є сопло. Як правило, форсунка складається з одного, рідше двох каналів. По першому подається рідина, яка розпилюється, по другому рідина, пара, газ, який служить для розпилення першої рідини. Чиста, якісна форсунка дає конусоподібний розпил, а факел виходить рівний і неперервний [18; 19; 20].

Основними характеристиками форсунок є:

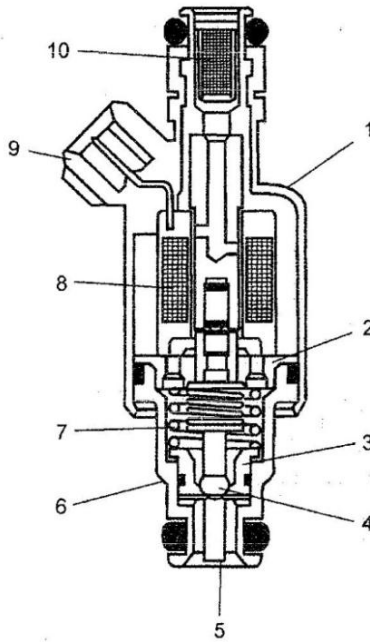
- динамічний діапазон роботи і мінімальна циклова подача палива;
- час відкриття та закриття форсунки;
- кут конуса розпилювання і далекобійність факела палива;
- дрібність розпилювання і розподілу палива у факелі.

Види форсунок:

- електромагнітні;
- п'єзоелектричні;
- гідравлічні.

Електромагнітна форсунка (рис. 5.13) призначена для дозованої подачі палива у впускний колектор двигуна. Кількість палива визначається тривалістю імпульсів і тиском у паливній системі. Активний опір форсунок коливається від одиниць до десятків Ом.

Паливна форсунка являє собою електромагнітний клапан, керований контролером і дозуючий подачу палива під тиском через розпилювач у впускний колектор двигуна.



**Рис. 5.13.** Паливна форсунка:

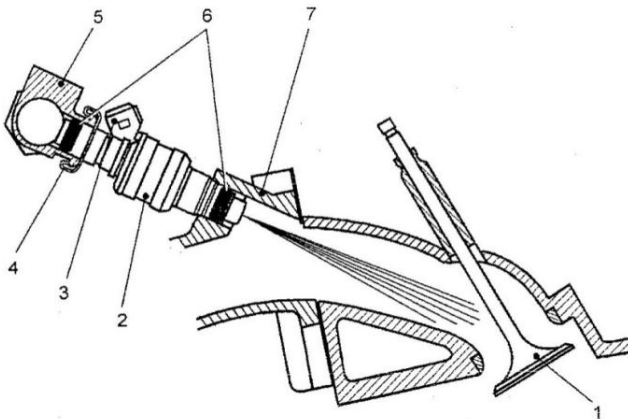
*1 – корпус форсунки; 2 – напрямна пластина з проставкою; 3 – сіdle клапана; 4 – шариковий клапан; 5 – розпилююча насадка; 6 – корпус розпилювача; 7 – осередя з пружиною; 8 – котушка; 9 – роз'єм; 10 – фільтр*

Форсунки встановлені на рампі за допомогою пружинних фіксаторів. Обидва кінці форсунок герметизовані гумовими ущільнювальними кільцями. Конструкція форсунок є нерозбірною.

Паливо подається до форсунки під певним (залежним від режиму роботи двигуна) тиском. Електричні імпульси, що надходять на електромагніт форсунок від блоку управління, приводять у дію голчастий

клапан, що відкриває та закриває канал форсунки. Кількість палива, яка розпилюється, пропорційна тривалості імпульсу, що задається блоком управління. Форма і напрям факела, який розпилюється, відіграють суттєву роль у процесі сумішоутворення і визначаються кількістю і розташуванням розпилювальних отворів.

Існують паливні системи з центральним упорскуванням та з розподіленим упорскуванням.



**Рис. 5.14.** Вузол паливної форсунки розподіленого упорскування:

*1 – впускний клапан; 2 – форсунка; 3 – роз’єм; 4 – фіксатор; 5 – рампа форсунок; 6 – ущільнюючі кільця; 7 – впускний колектор*

При центральному упорскуванні до загального впускного трубопроводу паливо упорскується однією форсункою (для всіх циліндрів двигуна), яка встановлюється перед дросельною заслінкою, в місці, де «повинен стояти карбюратор», і характеризується низьким опором обмотки електромагніта (до 4-5 Ом). Одноточкове упорскування було проміжним етапом при переході від карбюратора до системи розподіленого упорскування і встановлювалося на автомобілях в основному у 80-х роках ХХ століття. У 90-х практично повсюди одноточкове упорскування було витіснено багатоточковим або розподіленим.

При розподіленому упорскуванні (рис. 5.14) окремі форсунки здійснюють упорскування палива у впускні трубопроводи кожного циліндра. Вони розташовуються у впускних трубопроводах і відрізняються відносно високим опором обмоток електромагнітів (до 12-16 Ом). Виняток становлять форсунки двигунів із турбонадувом, які мають опір обмотки до 4-5 Ом. На деяких автомобілях останнього покоління паливо

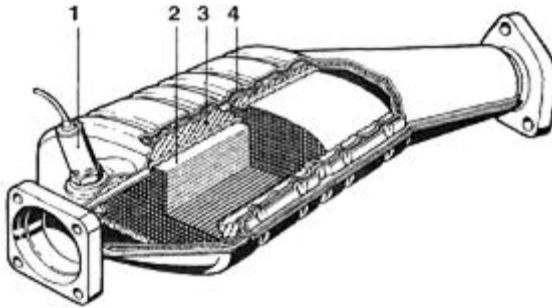
подається безпосередньо в камеру згоряння. Форсунки таких двигунів відрізняються високою робочою напругою електромагніта (до 100 В).

### 5.5. Каталізатор системи газовипуску

Каталізатор здійснює очищення відпрацьованих газів двигунів, з іскровим запаленням. Його розміщують як можна ближче до двигуна для швидкого нагріву до робочої температури. Оскільки каталізатор займає місце переднього глушника, його забезпечують пристроями, які, окрім очищення відпрацьованих газів, забезпечують зниження шуму випуску [21; 22].

Залежно від розмірів автомобіля і двигуна передбачають установку одного або більшої кількості каталізаторів. На V-образних двигунах ліві і праві ряди циліндрів мають свої каталізатори або глушники, які потім з'єднуються разом і утворюють один глушник.

Випускні труби забезпечують об'єднання усіх випускних вікон у голівці циліндрів у один або більше випускних колекторів, а також сполучають між собою каталітичний нейтралізатор і глушники. Довжина і площа поперечного перерізу труб, а також тип з'єднань впливають на потужність і акустичні параметри двигуна. Тому система випуску ДВЗ часто має дві випускні труби.



**Рис. 5.15.** Двошаровий трикомпонентний каталітичний нейтралізатор відпрацьованих газів:

*1 – лямбда-зонд для замкнутого контуру управління; 2 – монолітний блок-носії; 3 – монтажний елемент у вигляді дротяної сітки; 4 – двошарова теплоізоляція нейтралізатора*

Труби, каталітичний нейтралізатор і глушники з'єднуються за допомогою втулок і фланців. У багатьох системах усі основні компоненти зварені між собою з утворенням одного елемента. Система випуску кріпиться до днища автомобіля з використанням пружних елементів. Оскільки вібрація від випускних труб, що викликається випуском



відпрацьованих газів, може передаватися на кузов і підвищувати шумність у салоні, місце кріплення системи випуску повинно ретельно вибиратися. Загальний об'єм глушників на легковому автомобілі має бути приблизно у 3-8 разів більшим від робочого об'єму двигуна. Вага системи випуску може коливатися від 8 до 40 кг.

Каталітичний нейтралізатор (рис. 5.15) містить керамічні блокові носії з покриттям з активної каталітичної речовини. Для компенсації різних коефіцієнтів теплового розширення у сталі, з якої виготовляється корпус нейтралізатора, і керамічного матеріалу і для захисту блокового носія від ударних навантажень і вібрацій застосовуються два типи пружних елементів.

Монтажний елемент у вигляді дротяної сітки виготовляється з термостійкої нержавіючої сталі. Він не має бути чутливий до високих температур і пульсацій відпрацьованих газів на режимах високих швидкостей.

## ПИТАННЯ

---

1. Опишіть схему інжекторної паливної системи автомобільного двигуна.
2. Які основні вузли системі подачі повітря та палива?
3. Конструктивні особливості паливних насосів інжекторних двигунів.
4. Призначення та конструкція регулятора тиску палива.
5. Перелічіть основні характеристики форсунок паливної системи та їх види.
6. Опишіть конструкцію паливної форсунки.
7. Призначення та конструкція каталічного нейтралізатора відпрацьованих газів.

## РОЗДІЛ 6

# СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

---

Система запалювання призначена для запалювання робочої суміші в циліндрах бензинових двигунів [17; 23; 24]. Основними вимогами до системи запалювання є:

а) забезпечення іскри в потрібному циліндрі, що перебуває в такті стиску відповідно до порядку роботи циліндрів;

б) своєчасність моменту запалення (іскра повинна виникати в певний момент (момент запалювання) відповідно до оптимального, при поточних умовах роботи двигуна, кута випередження запалювання, який залежить, перш за все, від обертів двигуна і навантаження на двигун);

в) достатня енергія іскри (кількість енергії, необхідної для надійного запалювання робочої суміші, залежить від складу, щільності і температури робочої суміші);

г) надійність.

Несправність системи запалювання викликає неполадки як при запуску, так і під час роботи двигуна:

- труднощі або неможливість запуску двигуна;
- нерівномірність роботи двигуна – троїння або припинення роботи двигуна при пропусках іскроутворення в одному або декількох циліндрах;
- детонація, пов'язана з неправильним моментом запалювання й надмірно швидкий знос двигуна;
- порушення роботи інших електронних систем через високий рівень електромагнітних перешкод та ін.

Існує безліч типів систем запалювання, які відрізняються конструкцією і принципами дії. В основному системи запалювання розрізняються за:

- системою визначення моменту запалювання;
- системою розподілу високовольтної енергії по циліндрах.

При аналізі роботи систем запалювання досліджуються основні параметри іскроутворення, принцип роботи яких практично не відрізняється в різних системах запалювання:

- **кут замкнутого стану контактів (КЗСК, Dwell angle)** – кут, на який встигає повернутися колінчатий вал від моменту початку накопичення енергії (в контактній системі – моменту замикання контактів переривача; в інших системах – моменту спрацьовування силового

транзисторного ключа) до моменту виникнення іскри (в контактній системі – моменту розмикання контактів переривача). Хоча в прямому сенсі цей термін можна застосувати тільки до контактної системи – він умовно застосовується для систем запалювання будь-яких типів;

– **кут випередження запалювання (КВЗ, Advance angle)** – кут, на який встигає повернутися колінчатий вал від моменту виникнення іскри до моменту досягнення поршнем, у відповідному циліндрі, верхньої мертвої точки (ВМТ). Одна з основних завдань системи запалювання будь-якого типу – забезпечення оптимального кута випередження запалювання (фактично – оптимального моменту запалювання). Оптимально підпалювати суміш до підходу поршня до верхньої мертвої точки в такті стиснення необхідно для того, щоб після досягнення поршнем ВМТ гази встигли набрати максимальний тиск і зробили максимальну корисну роботу на такті робочого ходу. Також будь-яка система запалювання забезпечує взаємозв'язок кута випередження запалювання з обертами двигуна і навантаженням на двигун.

При збільшенні обертів швидкість руху поршнів збільшується, при цьому час згоряння суміші практично не змінюється – тому момент запалювання повинен наступати трохи раніше – відповідно, при збільшенні обертів КВЗ треба збільшувати.

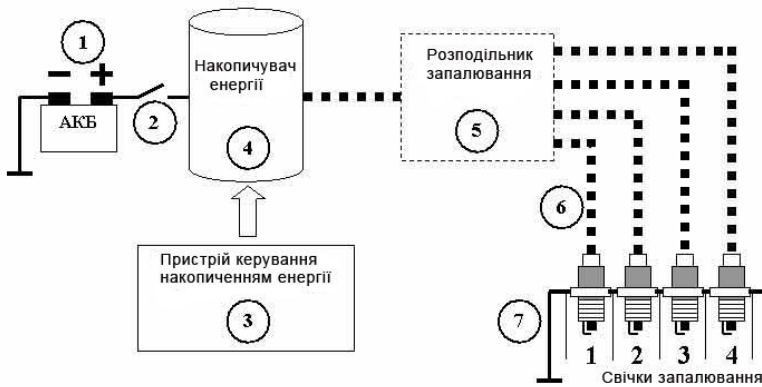
На одній і тій же частоті обертання колінчастого вала двигуна, положення дросельної заслінки (педалі газу) може бути різним. Це означає, що в циліндрах буде утворюватися суміш різного складу. А швидкість згоряння робочої суміші залежить саме від її складу. При повністю відкритій дросельній заслінці (педаля газу «в підлозі») суміш згоряє швидше й підпалювати її потрібно пізніше – відповідно при збільшенні навантаження на двигун КВЗ треба зменшувати. І навпаки, коли дросельна заслінка прикрита, швидкість згоряння робочої суміші падає, тому кут випередження запалювання повинен бути збільшений.

– **напруга пробою** – напруга у вторинному ланцюзі в момент утворення іскри, фактично, максимальна напруга у вторинному ланцюзі;

– **напруга горіння** – умовно-усталена напруга у вторинному ланцюзі протягом періоду горіння іскри;

– **час горіння** – тривалість періоду горіння іскри.

Узагальнено структуру системи запалювання (рис. 6.16) можна представити таким чином:



**Рис. 6.16.** Узагальнена структура системи запалювання:

*1 – джерело живлення; 2 – вимикач запалювання; 3 – пристрій керування накопиченням енергії; 4 – накопичувач енергії; 5 – розподільник запалювання; 6 – високовольтні дроти; 7 – свічки запалювання*

Розглянемо докладніше кожен з елементів системи:

**1. Джерело живлення для системи запалювання** – бортова мережа автомобіля і її джерела живлення – акумуляторна батарея (АКБ) і генератор.

**2. Вимикач запалювання.**

**3. Пристрій керування накопиченням енергії** – визначає момент початку накопичення енергії і момент «скидання» енергії на свічку (момент запалювання). Залежно від пристрою системи запалювання на конкретному авто може являти собою:

– **механічний переривач, що безпосередньо управляє накопичувачем енергії** (первинним ланцюгом котушки запалювання). Цей компонент потрібний для того, щоб замикати й розмикати живлення первинної обмотки котушки запалювання. Контакти переривача знаходяться під кришкою розподільника запалення. Пластинчаста пружина рухливого контакту постійно притискає його до нерухомого контакту. Розмикаються вони лише на короткий термін, коли набігаючий кулачок привідного валика переривача-розподільника натисне на молоточок рухливого контакту;

– **механічний переривач із транзисторним комутатором.** У цьому випадку механічний переривач керує лише транзисторним комутатором, який, у свою чергу, керує накопичувачем енергії. Така конструкція має суттєву перевагу перед переривачем без транзисторного комутатора – вона полягає в тому, що тут контактний переривач володіє більшою надійністю за рахунок того, що в цій системі через нього протікає значно менший струм (відповідно, практично виключається пригорання

контактів переривача під час розмикання). Відповідно, і конденсатор, підключений паралельно до контактів переривача, став непотрібним. У останньому система повністю аналогічна класичній системі. Обидві описані системи запалення з механічним переривачем мають загальну назву – **контактні системи запалювання**;

– **мікропроцесорний блок керування запалюванням (рис. 6.17)** (або блок керування двигуном із підсистемою керування запалюванням) – із датчиками й комутатором. Системи запалювання, в яких застосовується такий варіант керування запалюванням, мають загальну назву **мікропроцесорні системи запалювання**. У цьому випадку блок управління отримує інформацію про роботу двигуна (оберти, положення колінчатого вала, положення розподільного валу, навантаження на двигун, температура охолоджувальної рідини тощо) від датчиків, і за результатами алгоритмічної обробки цих даних керує комутатором, який, у свою чергу, керує накопичувачем енергії. Регулювання випередження запалювання реалізовані програмно в блоці керування.

Комутатори в мікропроцесорних системах запалювання також називаються «**запальниками**».

Електронний блок керування (ЕБК) виконує в системі головну роль. Його робота полягає у зборі інформації від датчиків (для керування запалюванням основними датчиками є: датчик положення колінчастого вала, датчик положення розподільного вала, датчик детонації, датчик кута відкриття дросельної заслінки), розрахунку оптимального моменту запалювання й часу зарядки котушки і конкретно керування через комутатор первинним ланцюгом котушки. На сучасних автомобілях блок керування системою запалювання об'єднаний із блоком керування упорскуванням палива.

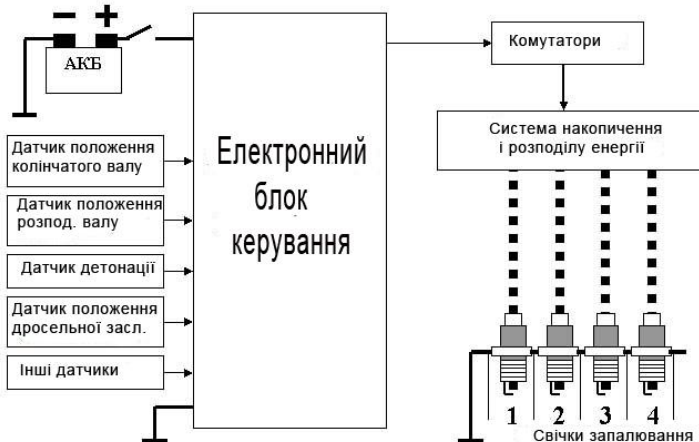


Рис. 6.17. Мікропроцесорний блок керування запалюванням

Основні датчики мікропроцесорної системи керування запалюванням:

- **датчики положення колінчатого й розподільного вала.** Ці датчики необхідні ЕБК для визначення поточних обертів двигуна, а також поточного положення розподільного вала (для ідентифікації циліндра, який перебуває в такті стиску). У різних модифікаціях електронних систем керування використовується різний набір датчиків для вирішення цих завдань. При цьому також використовуються датчики різних типів – але найбільш часто індуктивні датчики та датчики Холла;

- **датчик детонації** – встановлюється на блоці двигуна. Під час роботи двигуна датчик генерує сигнал із частотою і амплітудою, яка залежить від частоти й амплітуди вібрації двигуна. При виникненні детонації електронний блок коректує кут випередження запалювання;

- **датчик кута відкриття дросельної заслінки** – визначає навантаження на двигун;

- **комутатор («запальник»)** – це транзисторні ключі, які, залежно від сигналу з ЕБК, включають або відключають живлення первинної обмотки котушки (котушок) запалювання. Залежно від конструкції конкретної системи запалювання комутатор може бути як один, і декілька (якщо в системі запалювання використовується кілька котушок). Існує кілька типів систем із різним розташуванням ключів:

- ключі, об'єднані в один блок з ЕБК;

- ключі, що стоять окремо для кожної котушки і не об'єднані ні з ЕБК, ні з котушками;

- ключі, об'єднані в окремий блок, але стоять окремо і від ЕБК, і від котушок;

- ключі, об'єднані з котушками відповідних циліндрів (особливо характерно для системи СОР).

Мікропроцесорна система керування запалюванням може застосовуватися практично з будь-якими модифікаціями систем накопичення та розподілу енергії.

**4. Накопичувач енергії.** Накопичувачі енергії, які використовуються в системах запалювання діляться на дві групи:

- **із накопиченням енергії в індуктивності – котушка або котушки запалення.** У цьому випадку енергія накопичується в первинній обмотці котушки запалення і при розмиканні первинного ланцюга у вторинному ланцюзі індукується висока напруга, що подається на свічки. Це найбільш поширена система;

- **з накопиченням енергії в ємкості – конденсаторі.** У цьому випадку енергія накопичується в конденсаторі, а в необхідний момент проходить через котушку запалення як через трансформатор. У вторин-

ному ланцюзі також індукуються висока напруга, що подається на свічки. Такий пристрій накопичувача енергії отримав аббревіатуру CDI – Capacitor Discharge Ignition («запалення від розряду конденсатора»), або конденсаторне запалювання, або запалювання теристора (за назвою радіоелемента, що виконує функції комутації). На автомобілях ця система використовується, але не широко (дуже широко ця система застосовується на мотоциклах, гідроциклах, скутерах тощо). Перевагою даної системи є те, що енергія іскри не залежить від обертів двигуна.

**5. Система розподілення запалення.** На автомобілях застосовуються два типи систем розподілу:

– **системи з механічним розподільником енергії.** Розподільник запалення – трамблер – розподіляє високу напругу по свічках циліндрів двигуна. На контактних системах запалювання, як правило, об'єднаний із переривачем, на безконтактних – з датчиком імпульсів, на сучасніших – або відсутній, або об'єднаний із котушкою запалювання, комутатором і датчиками. Після того, як у котушці запалювання утворився струм високої напруги, він потрапляє (по високовольтному дроту) на центральний контакт кришки розподільника, а потім через підпружинену контактну «вуглинку» на пластину ротора. Під час обертання ротора струм «зіскакує» з його пластини, через невеликий повітряний зазор, на бічні контакти кришки. Далі, через високовольтні дроти, імпульс струму високої напруги потрапляє до свічок запалювання. Бокові контакти кришки розподільника пронумеровані і сполучені (високовольтними дротами) зі свічками циліндрів у певній послідовності. Таким чином, встановлюється «порядок роботи циліндрів», який виражається рядом цифр. Як правило, для чотирициліндрових двигунів застосовується послідовність: 1 – 3 – 4 – 2. Це означає, що після займання робочої суміші в першому циліндрі наступний «вибух» станеться в третьому, потім у четвертому і, нарешті, в другому циліндрі. Такий порядок роботи циліндрів встановлений для рівномірного розподілу навантаження на колінчатий вал двигуна;

– **системи зі статичним розподілом енергії.** У процесі розробки нових систем запалювання одним із головних завдань було відмовитися від усіх найбільш ненадійних компонентів системи – не тільки від контактного переривача, а й від механічного розподільника запалювання. Від контактного переривача вдалося відмовитися шляхом упровадження мікропроцесорних систем керування. Від розподільника вдалося відмовитися розробкою так званих систем запалювання зі статичним розподілом енергії або статичних систем запалювання (статичних – тому що в цих системах відсутні рухомі частини, наявні в розподільнику).



З упровадженням цих систем довелося вносити суттєві зміни і в конструкцію котушки запалювання (використовувати дво- і чотири- виводні котушки) і використовувати системи з декількома котушками запалювання. Всі системи запалювання без розподільника діляться на два блоки – системи незалежного запалювання з індивідуальними котушками запалювання на кожний циліндр двигуна (EFS і COP системи) (рис. 6.17, рис. 6.18) і системи синхронного запалювання, де одна котушка обслуговує, як правило, два циліндри (DFS-системи).

Як уже говорилося при розгляді мікропроцесорних систем керування запалюванням, комутатор у таких системах може являти собою один блок для всіх котушок запалювання, окремі блоки (кілька комутаторів) для кожної котушки запалювання, а крім того, він може бути як інтегрований з електронним блоком керування, так і може встановлюватися окремо. Котушки запалювання також можуть стояти як окремо, так і єдиним блоком (але, у будь-якому разі, вони стоять окремо від ЕБК), а крім того, можуть бути об'єднані з комутаторами.

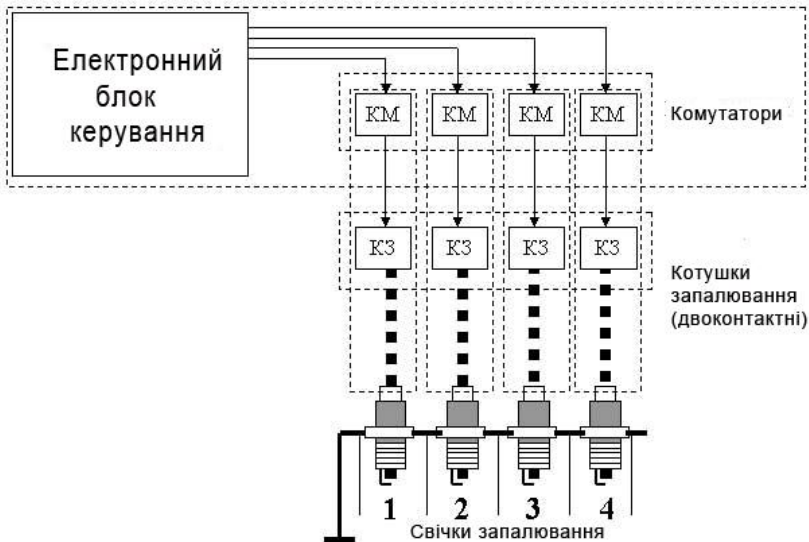


Рис. 6.17. Загальна схема систем незалежного запалювання

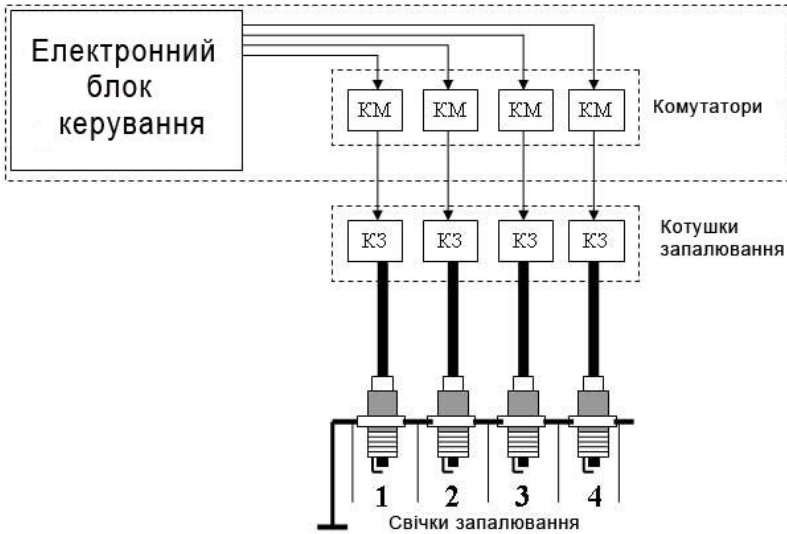


Рис. 6.18. Загальна схема системи EFS із високовольними проводами

Однією з найбільш популярних різновидів EFS-систем є так звана COP система (Coil on Plug – «котушка на свічці»). У ній котушка запалювання ставиться прямо на свічку (рис. 6.19, рис. 6.20). Таким чином, стало можливим повністю позбутися ще від одного ненадійного компонента системи запалювання – від високовольних проводів.

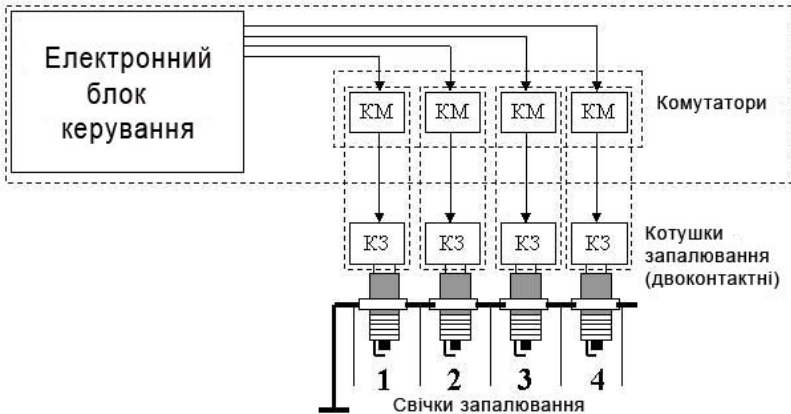
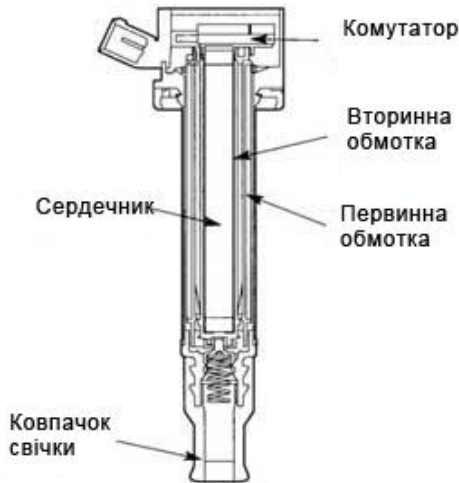
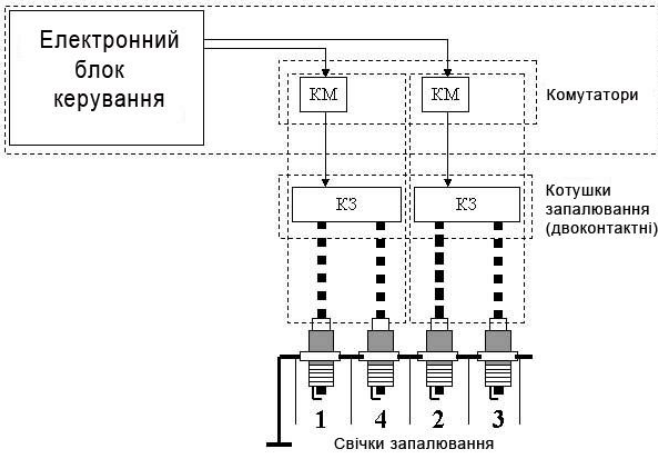


Рис. 6.19. Схема системи запалювання COP



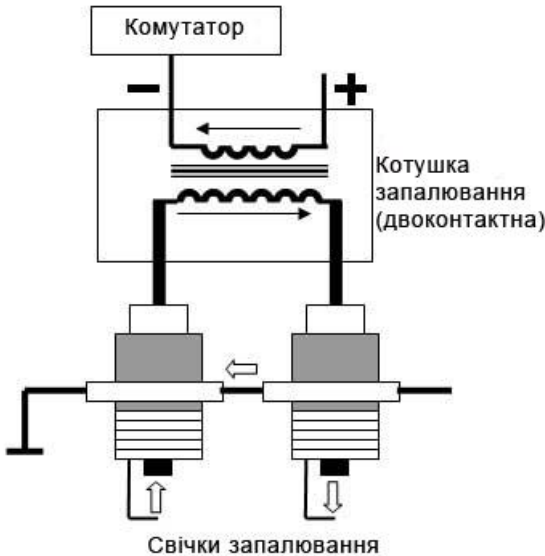
**Рис. 6.20.** Конструкція котушки запалювання в системі COP (з інтегрованим запальником)

Система статичного синхронного запалювання з двовивідними котушками запалювання (одна котушка на дві свічки) – DFS (нім. Doppel Funken Spule) система (рис. 6.21). Крім систем з індивідуальними котушками, використовуються і системи, де одна котушка забезпечує високовольтний розряд на двох свічках одночасно. При цьому виходить, що в одному з циліндрів, який перебуває в такті стиску, котушка дає «робочу іскру», а в зв'язаному з ним, який перебуває в такті випуску, дає «холосту іскру» (тому така система часто називається системою запалювання з холостий іскрою – «wasted spark»). Наприклад, у 6-циліндровому V-подібному двигуні на циліндрах 1 і 4 поршні займають одне й те ж положення (обидва знаходяться у верхній і нижній мертвій точці одночасно) і рухаються в унісон, але перебувають на різних тактах. Коли циліндр 1 перебуває на компресійному ході, циліндр 4 – на такті випуску, і навпаки.



**Рис. 6.21.** Загальна схема системи DFS

Висока напруга, що виробляється у вторинній обмотці, подається безпосередньо на кожну свічку запалювання. В одній зі свічок запалювання іскра проходить від центрального електрода до бічного електрода, а в іншій свічці іскра проходить від бічного до центрального електрода (рис. 6.22).



**Рис. 6.22.** Принцип роботи котушки запалювання DFS системи

Напруга, необхідна для утворення іскри, визначається іскровим проміжком і тиском при стисненні. Якщо іскровий проміжок між свічками обох циліндрів однаковий, для розряду необхідна напруга, пропорційна тиску в циліндрі. Висока напруга, що виробляється, розділяється відповідно до відносного тиску в циліндрах. Циліндр на такті стиснення вимагає і використовує більший розряд напруги, ніж на такті випуску. Це відбувається тому, що циліндр на такті випуску перебуває приблизно під атмосферним тиском, тому витрата енергії набагато нижча.

Якщо порівнювати систему запалювання з розподільником із системою без розподільника, то загальна витрата енергії в них майже однакова. У системі запалювання без розподільника втрата енергії від іскрового проміжку між ротором розподільника і клемою ковпачка замінюється втратою енергії на холосту іскру в циліндрі при такті випуску.

Котушки запалювання в системі DFS можуть встановлюватися як окремо від свічок і зв'язуватися з ними високовольтними дротами (як у системі EFS), так і прямо на свічках (як у системі COP, але в цьому випадку високовольтні дроти все одно використовуються для передачі розряду на свічки суміжних циліндрів – умовно таку систему можна назвати «DFS-COP» (рис. 6.23).

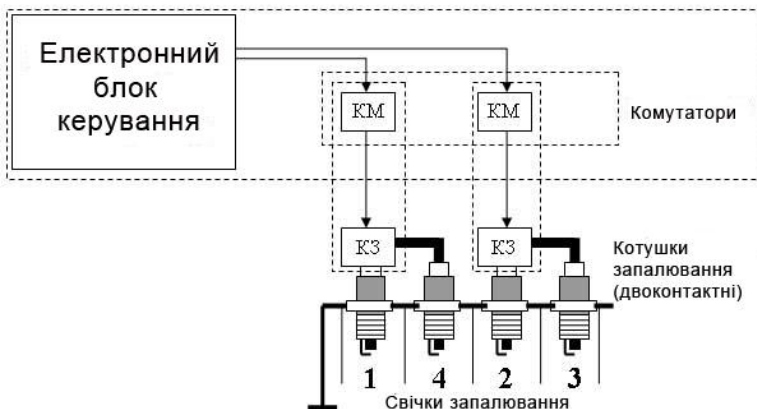


Рис. 6.23. Загальна схема системи «DFS-COP»

**6. Високовольтні дроти** – з'єднують накопичувач енергії з розподільником або свічками і розподільник зі свічками. У системах запалювання COP відсутні.

**7. Свічки запалювання** – необхідні для утворення іскрового розряду й запалювання робочої суміші в камері згоряння двигуна. Свічки встановлюються в головці циліндра. Коли імпульс струму високої напруги попадає на свічу запалювання, між її електродами проскакує іскра – саме вона запалює робочу суміш. Як правило, встановлюється по одній свічці на циліндр. Однак бувають і більш складні системи з двома свічками на циліндр, причому не завжди спрацьовують свічки одночасно.

Будь-яка система запалювання чітко поділяється на дві частини:

- низьковольтний (первинний) ланцюг – включає первинну обмотку котушки запалювання і безпосередньо пов'язані з нею ланцюги (переривача, комутатора та інших компонентів залежно від конструкції конкретної системи);
- високовольтний (вторинний) ланцюг – включає вторинну обмотку котушки запалювання, систему розподілу високовольтної енергії, високовольтні дроти, свічки.

Враховуючи всі можливі модифікації і комбінації наведених вище елементів, на автомобілях використовуються не менше 20 різновидів систем запалювання.

# ПИТАННЯ

---

1. Призначення та основні вимоги до системи запалювання бензинових двигунів.
2. Основні параметри іскроутворення в системах запалювання двигунів.
3. Узагальнена структура системи запалювання.
4. Основні датчики мікропроцесорної системи запалювання.
5. Опишіть систему розподілення запалювання двигуна.

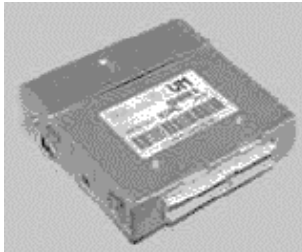
## РОЗДІЛ 7

# ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ (ЕСКД)

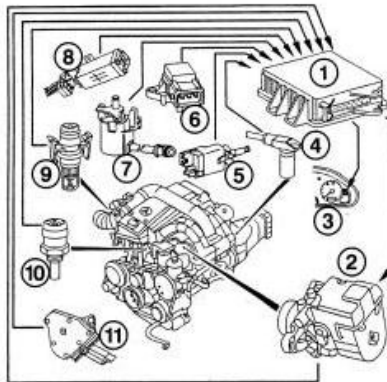
---

### 7.1. Контролер (ЕБК)

**Електронний блок керування (рис. 7.1)** – це спеціалізований комп'ютер, що приймає сигнали від датчиків і керує виконавчими елементами системи [8; 15; 18; 25]. Електронний блок керування (ЕБК, або контролер) розташований під панеллю приладів і являє собою керуючий центр електронної системи управління двигуном. Він безперервно обробляє інформацію від різних датчиків і керує системами, що впливають на токсичність відпрацьованих газів і експлуатаційні показники автомобіля.



**Рис. 7.1.** Зовнішній вигляд ЕБК



**Рис. 7.2.** Елементи електронної системи управління:

*1 – блок керування; 2 – ПНВТ; 3 – контрольна лампа режиму роботи; 4 – датчик вказівки розташування колінчастого вала; 5 – стоп-сигнал;*



**6** – датчик температури всмоктуваного повітря; **7** – датчик подачі палива; **8** – запобіжне реле; **9** – клапан відведення відпрацьованих газів; **10** – датчик температури охолоджувальної рідини; **11** – вмикач сигналу блокування і заднього ходу

До ЕБК надходить така інформація:

- положення і частота обертання колінчастого вала;
- положення розподільних валів;
- масова витрата повітря двигуном;
- температура охолоджувальної рідини;
- температура всмоктуваного повітря;
- положення дросельної заслінки;
- вміст кисню у відпрацьованих газах;
- наявність детонації в двигуні;
- амплітуда коливань кузова автомобіля;
- швидкість автомобіля;
- напруга в бортовій мережі автомобіля;
- запит на включення кондиціонера (на автомобілях у варіантному виконанні).

На основі отриманої інформації ЕБК керує такими системами і приладами:

- паливоподачею (форсунками й електробензонасосом);
- системою запалювання;
- регулятором холостого ходу;
- адсорбером системи уловлювання парів бензину;
- вентилятором системи охолодження двигуна;
- муфтою компресора кондиціонера (на автомобілях у варіантному виконанні);
- системою діагностики.

ЕБК вмикає вихідні ланцюги (форсунки, різні реле тощо) шляхом замикання їх на «масу» через його вихідні транзистори. Єдиний виняток – ланцюг реле електробензонасоса, який живиться через силове реле. У свою чергу, обмоткою реле керує ЕБК за допомогою замикання одного з виводів на «масу».

ЕБК оснащений вбудованою системою діагностики. Він може розпізнавати неполадки в роботі ЕСКД, попереджаючи про них водія через сигнальну лампу «ПЕРЕВІРТЕ ДВИГУН». Крім того, ЕБК зберігає діагностичні коди, що вказують на несправність конкретного елемента системи і характер цієї несправності, щоб допомогти фахівцям у проведенні діагностики та ремонту.

У ЕБК закладені такі типи пам'яті:

- програмований постійний запам'ятовуючий пристрій (ППЗП);

- оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП);
- електрично репрограмований запам'ятовуючий пристрій (ЕРЗП).

У програмованому постійному запам'ятовуючому пристрої (ППЗП) знаходиться спільна програма, в якій міститься послідовність робочих команд (алгоритми управління) і різна калібрувальна інформація. Цією інформацією є: дані управління упорскуванням, запалюванням, холостим ходом та інші, які залежать від маси автомобіля, типу і потужності двигуна, передавального відношення трансмісії та інших факторів. ППЗП називають ще запам'ятовуючим пристроєм калібрування. Вміст ППЗП не може бути змінено після програмування. Ця пам'ять не потребує живлення для збереження записаної в ній інформації, яка не стирається при відключенні живлення, тобто ця пам'ять є енергонезалежною.

Оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) – це «блокнот» ЕБК. Мікропроцесор контролера використовує його для тимчасового зберігання вимірюваних параметрів, які він використовує для розрахунків, і проміжної інформації. Мікропроцесор може за потреби вносити в нього дані або зчитувати їх.

Мікросхема ОЗП змонтована на друкованій платі контролера. Ця пам'ять енергозалежна і вимагає безперебійного живлення для збереження. При припиненні живлення ОЗП діагностичні коди несправностей і розрахункові дані, що містяться в ОЗП, стираються.

Електрично репрограмований запам'ятовуючий пристрій (ЕРЗП) використовується для тимчасового зберігання кодів-паролів протиугінної системи автомобіля (імобілізатора). Коди-паролі, прийняті ЕБК від блоку управління імобілізатор, порівнюються з кодами, збереженими в ЕРЗП, у результаті чого дозволяється або забороняється пуск двигуна.

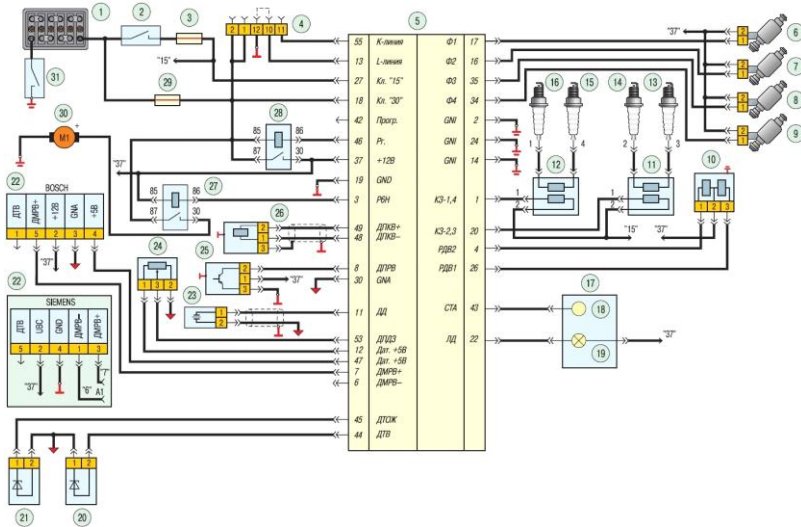
В ЕРЗП записуються такі експлуатаційні параметри автомобіля, як загальний пробіг автомобіля, загальна витрата палива та час роботи двигуна.

ЕРЗП реєструє і деякі порушення роботи двигуна й автомобіля:

- час роботи двигуна з перегрівом;
- час роботи двигуна на низькооктановому паливі;
- час роботи двигуна з перевищенням максимально допустимої частоти обертання;
- час роботи двигуна з пропусками займання суміші, на наявність яких вказує сигнальна лампа системи керування двигуном;
- час роботи двигуна з несправним датчиком детонації;
- час роботи двигуна з несправним датчиком концентрації кисню;
- час руху автомобіля з перевищенням максимально дозваної швидкості в період обкатки;
- час руху автомобіля з несправним датчиком швидкості;

- кількість відключень акумуляторної батареї при включеному замку запалювання.

ЕРЗП енергонезалежний, він може зберігати інформацію без подачі живлення на контролер.



**Рис. 7.3.** Схема з'єднання системи керування двигуном:

**1** – акумуляторна батарея; **2** – вимикач (замок) запалення; **3, 29** – плавкі запобіжники; **4** – діагностична колодка; **5** – електронний блок керування двигуном; **6, 7, 8, 9** – паливні форсунки; **10** – регулятор холостого ходу; **11, 12** – котушки запалювання; **13, 14, 15, 16** – свічки запалювання; **17** – комбінація приладів; **18** – тахометр; **19** – сигнальна лампа <ПЕРЕВІРТЕ ДВИГУН>; **20** – датчик температури повітря у впускній трубі; **21** – датчик температури охолоджувальної рідини; **22** – датчик масової витрати повітря; **23** – датчик детонації; **24** – датчик положення дросельної заслінки; **25** – датчик положення розподільного вала; **26** – датчик положення колінчастого вала; **27** – реле паливного насоса; **28** – головне реле системи керування двигуном; **30** – паливний насос; **31** – вимикач <маси>

## 7.2. Датчики виміру витрати повітря

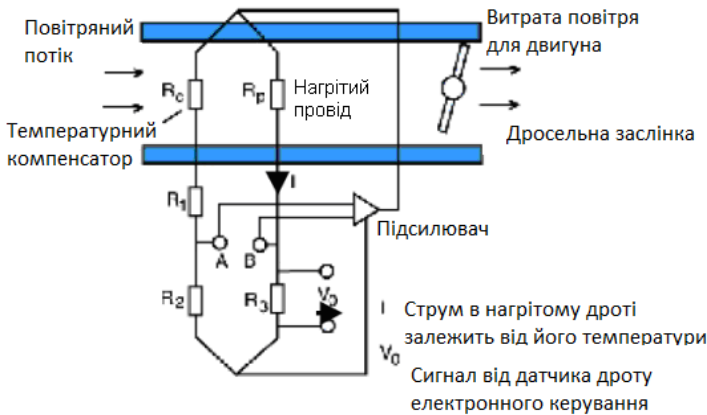
Датчик витрати повітря служить для вимірювання кількості (об'єму або маси) споживаного двигуном повітря [9; 18; 21; 25]. Значення маси вхідного повітря, виміряне безпосередньо датчиком або розраховане

блоком керування двигуном за його обсягом, є одним із базових параметрів у визначенні тривалості відкриття паливних форсунок. Датчик витрати повітря встановлюється після повітряного фільтра перед дросельною заслінкою. З боку входної частини корпусу датчика розташована сітка або ламінуючі соти, які вирівнюють потік повітря по всій площі повітроміра.

У різних варіантах систем керування двигуном застосовуються датчики з аналоговим вихідним сигналом або з цифровим. У першому випадку залежно від витрати повітря змінюється напруга вихідного сигналу датчика, у другому випадку – частота або пористість. Існують різні конструкції датчиків витрати повітря, але кожен із них можна віднести до одного з двох типів – датчики об'ємної витрати повітря і датчики масової витрати повітря.

Датчики масової витрати повітря кращі, оскільки вимірюють безпосередньо масову витрату повітря (ДМВП враховує температуру і тиск атмосферного повітря), за рахунок чого блок керування двигуном може більш точно розраховувати необхідну кількість палива, що упорскується. Їх конструкція не має рухомих механічних частин, вони мають велику швидкодію і точність. Крім того, значення вихідного сигналу ДМВП не залежить від температури повітря. Але через складну конструкцію датчиків масової витрати повітря, в ранніх системах керування двигунами застосовувалися в основному датчики об'ємної витрати повітря.

Датчик масової витрати повітря (рис. 7.4) є датчиком термоанемометричного типу і видає на контролер частотно-імпульсний сигнал (2-10 кГц), що змінюється в прямій залежності від пройденної через нього кількості повітря. Чим більша кількість повітря пройдена через датчик, тим вищою є частота сигналу ДМВП. Відповідно, кількість пройденного через датчик повітря залежить від кутового положення дросельної заслінки і регулятора холостого ходу, через який подається повітря в обхід дросельної заслінки. За частотою імпульсів ДМВП контролер судить про кількість повітря, що надходить у двигун і, відповідно до неї, регламентує час відкриття паливних форсунок, таким чином забезпечуючи необхідне співвідношення в паливній суміші повітря і палива.



**Рис. 7.4.** Електрична схема датчика для вимірювання масової витрати повітря

Інформація датчика дозволяє визначити режим роботи двигуна й розрахувати циклове наповнення циліндрів повітрям на сталих режимах роботи двигуна, тривалість яких перевищує 0,1 секунди.

Чутливий елемент датчика побудований на принципі терморезистивного анемометра і виконаний у вигляді платинової нитки, яка нагрівається. Нитка нагрівається електричним струмом, а за допомогою термодатчика та схеми управління датчика її температура вимірюється і підтримується постійною.

Якщо через датчик потік повітря збільшується, то платинова нитка починає охолоджуватися, схема керування датчика збільшує струм нагріву нитки, поки температура її не відновлюється до початкового рівня, таким чином величина струму нагрівання нитки пропорційна витраті повітря. Вторинний перетворювач датчика перетворює струм нагріву нитки в вихідну напругу постійного струму.

Із плином часу нитка забруднюється, що призводить до зміщення градуальної характеристики датчика. Для очищення нитки від бруду після вимкнення двигуна (при виконанні певних умов) нитка прокалюється до 900-1000 °С імпульсом струму протягом 1 секунди. Формує імпульс блок керування.

Датчик має пластмасовий корпус, виконаний у вигляді патрубку з прохідним перетином 60 мм в діаметрі, на кінцях патрубка встановлені захисні решітки (рис. 7.5). У трубі корпусу розміщений чутливий елемент датчика (платинова нитка) і терморезистор (рис. 7.6).

У верхній частині датчика розміщені: плата вторинного перетворювача, закрита герметичним пластмасовим корпусом, шестиконтактна вилка з'єднувача; потенціометр регулювання СО на холостому ходу.



Рис. 7.5. Датчик масової витрати повітря

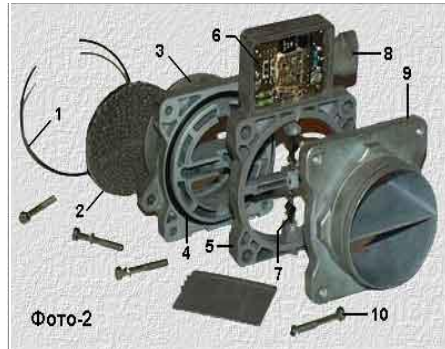


Рис. 7.6. Конструкція датчика масової витрати повітря (ДМВП):

1 – кільце-фіксатор фільтра; 2 – фільтр; 3 – фланець впускний; 4 – ущільнювальне гумове кільце; 5 – корпус датчика; 6 – електронна плата; 7 – термоелементи; 8 – контактний роз'єм; 9 – фланець випускний; 10 – гвинти кріплення елементів

У конструкції даного датчика використовуються три термоелемента. Один (центральний) використовується для визначення температури

навколишнього середовища, а два інших підігрівають повітря до заданої температури, що перевищує температуру навколишнього повітря.

Масова витрата повітря визначається шляхом виміру електричної потужності, яка необхідна для підтримки заданого перевищення температури, і перетворенням цього значення потужності в частотно-імпульсний сигнал.

Фільтр служить для запобігання попаданню в корпус датчика великих частинок, які можуть вивести з ладу термоелементи. Крім того, він виконує роль розсіювача повітря для забезпечення рівномірного повітряного потоку. Фільтр встановлюється у впускному фланці і фіксується кільцем-фіксатором.

Ущільнювальні гумові кільця встановлені з обох сторін корпусу датчика і служать для запобігання підсмоктування повітря. Особливої уваги заслуговує ущільнювальне кільце між корпусом датчика і випускним фланцем. Якщо в цьому місці відбуватиметься підсмоктування повітря, воно може бути не враховано системою, що призведе до збіднення паливної суміші. У цьому випадку забезпечити оптимальний режим роботи двигуна практично неможливо. Ідентифікувати повітряне підсмоктування без застосування спеціального мультитестера досить проблематично.

Параметри датчика:

- напруга електроживлення: 8 ... 16 В;
- струм споживання: не більше 1,0 А;
- діапазон вимірюваної витрати повітря: 0 ... 500 кг/ч;
- опір між виводами 3-2 (вихід): 2,9 ... 3,5 Ом;
- опір між виводами 4-1 (пропалення): 20 ... 25 кОм;
- опір між виводами 6-1 (регулятор СО): 0 ... 1,0 кОм.

При включеному запалюванні на виході датчика повинна бути напруга  $1,4 \pm 0,04$  В.

Опір потенціометра регулювання СО зазвичай встановлюється в середнє положення 0,45 ... 0,55 кОм, один повний оберт гвинта дорівнює приблизно 0,035 кОм, збільшення опору досягається шляхом обертання гвинта за годинниковою стрілкою, зменшення – проти годинникової.

Датчик має нелінійну залежність вихідної напруги від масової витрати повітря:

- 15 кг/год: 2,3323 ... 2,3599 В;
- 30 кг/год: 2,6240 ... 2,6572 В;
- 60 кг/год: 2,9800 ... 3,0214 В;
- 120 кг/год: 3,4208 ... 3,4820 В;
- 280 кг/год: 4,1977 ... 4,2711 В;

– 480 кг/год: 4,7089 ... 4,7857 В.

Чутливість датчика змінюється від 30 мВ/(кг/год) на початку характеристики до 3 мВ/(кг/год) наприкінці характеристики.

Датчик масової витрати повітря розміщується під капотом автомобіля і кріпиться з одного боку до дросельного пристрою, а з іншого – до повітряного фільтру, за допомогою гумових патрубків і хомутів.

При установці датчика потрібно правильно його орієнтувати: стрілка, зображена на корпусі датчика, має співпадати з напрямком повітряного потоку до двигуна; орієнтація датчика навколо вертикальної осі повинна бути строго фіксована і збігатися з положенням датчика, визначеним документацією заводу-виробника.

Підключення датчика до джгута проводиться за допомогою шести-контактних з'єднувачів із фіксатором.

Після установки (заміни) датчика витрати повітря необхідно виконати регулювання двигуна по СО на холостому ході.

Для демонтажу ДМВП необхідно при вимкненому запаленні відключити роз'єм, від'єднати повітряний шланг і відвернути два болти кріплення датчика до повітряного фільтру. Монтаж слід проводити в зворотній послідовності демонтажу.

Ресурс ДМВП не регламентується і значною мірою залежить від того, в якому стані знаходиться повітряний фільтр. Потраплення в корпус датчика сторонніх часток може вивести його з ладу.

Кожна конструкція витратоміра має свої характерні несправності. Для витратомірів «лопатевого» типу – це знос струмоведучих поверхонь потенціометрів, утворення маслянистих відкладень на робочих елементах. Знос потенціометра («запилення» струмоведучої доріжки) призводить до періодичного зникнення електричного сигналу, як наслідок – передача спотворених даних у блок управління. Маслянисті відкладення й окис на поверхні каналу заважають переміщенню заслінки (вона підклинює). У випадку з термоанемометричними витратомірами причиною несправності може бути відсутність його живлення від бортової мережі автомобіля, а також некваліфіковане обслуговування цього вузла. Навіть спроби протерти його робочі поверхні ватою здатні вивести витратомір із ладу. Цей вузол не обслуговується і неремонтопридатний. Перевірити можна тільки надійність з'єднання контактів, а в разі забруднення може допомогти продування стисненим повітрям або промивка робочих поверхонь спецпрепаратами.

Ознаки поломки ДМВП:

- нестійка робота двигуна на холостому ході;
- погіршення динаміки розгону, провали при розгоні;



- низькі або високі оберти холостого ходу;
- підвищена витрата бензину;
- двигун не запускається.

Крім зовнішніх ознак, у роботі двигуна про несправності витратоміра повітря може повідомляти вбудована діагностична система. На жаль, без діагностичного устаткування рахувати коди помилок і визначати, чому «кричить» контрольна лампа «CHECK ENGINE», не завжди вдається, тому потрібно звернутися на СТО. Переконатися в несправності витратоміра повітря можна, замінивши його завідомо справним. Дуже часто до аналогічних зовнішніх проявів призводить підсмоктування повітря через з'єднання або тріщини в гофрованому шлангу, що йде від витратоміра до дросельного модуля.

Зустрічаються такі несправності датчиків масової витрати повітря:

- відсутність змін вихідного сигналу у відповідь на зміни витрати повітря;
- відхилення значення вихідного сигналу;
- зниження швидкості реакції датчика.

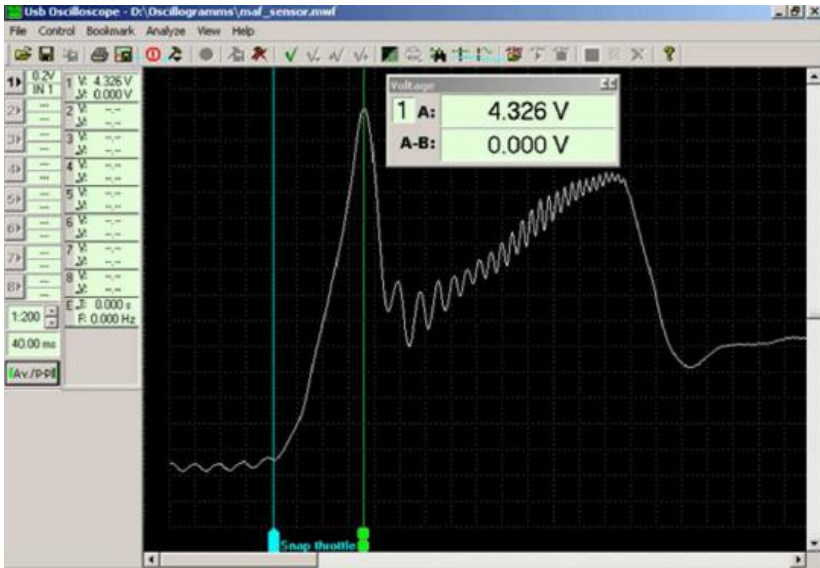
У разі зниження швидкості реакції ДМВП двигун значною мірою втрачає «прийомистість». Зниження швидкості реакції ДМВП настає внаслідок забруднення його чутливих і нагрівальних елементів.

Система самодіагностики блоку управління двигуном не здатна виявити зниження швидкості реакції ДМВП, внаслідок чого така несправність не може бути виявлена шляхом зчитування кодів помилок за допомогою сканера, а тільки шляхом проведення діагностики із застосуванням осцилографа.

При діагностиці ДМВП за допомогою осцилографа, швидкість реакції датчика може бути перевірена на режимі різкого перегазовування.

При проведенні перевірки швидкості реакції ДМВП на режимі різкого перегазовування, осцилограма вихідного сигналу датчика повинна бути записана. У момент різкого перегазовування відбувається наступне. Поки двигун працює на холостих обертах без навантаження повітря, що заповнює впускний колектор, сильно розріджене, тому що приплив повітря сильно обмежений дросельною заслінкою і клапаном холостого ходу. Абсолютний тиск у впускному колекторі при цьому нижчий від атмосферного на 0,6~0,7 Бар. Внутрішній об'єм впускного колектора, порівняно з робочим об'ємом двигуна, менший, але маса розрідженого повітря, що заповнює колектор під час роботи двигуна на холостих обертах без навантаження, незначна. При різкому відкритті дросельної заслінки повітря різко спрямовується через відкриту дросельну заслінку у впускний колектор і швидко заповнює об'єм колектора до тих

пiр, поки абсолютний тиск у ньому не досягне значення близького до атмосферного. Цей процес відбувається дуже швидко, внаслідок чого потiк повітря через ДМВП у цей момент досягає значення, близького до витрати повітря при роботі двигуна на максимальному навантаженні. Після того як абсолютний тиск у впускному колекторі досягає значення близького до атмосферного, потiк повітря, що протікає через ДМВП, стає пропорційним обертам двигуна.



**Рис. 7.7.** Осцилограма вихідної напруги датчика масової витрати повітря BOSCH HFM5 при різкій перегазовці:

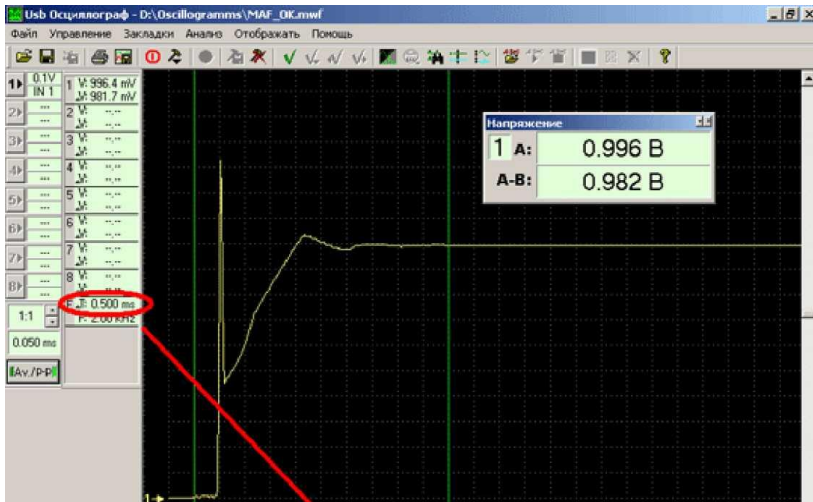
**A** – значення напруги в момент часу, що вказаний маркером. В даному випадку відповідає максимальній напрузі вихідного сигналу ДМВП одразу після різкого відкриття дросельної заслінки; **Snap throttle** – закладка, що відзначає момент різкого відкриття дросельної заслінки

Максимальне значення напруги вихідного сигналу ДМВП відразу після різкого відкриття дросельної заслінки має сягати значення близького до витрати повітря при роботі двигуна на максимальному навантаженні. Для ДМВП BOSCH HFM5 напруга вихідного сигналу має короточасно зрости до вище 4 В.

При проведенні діагностики ДМВП необхідно перевіряти значення вихідного сигналу датчика на зупиненому двигуні й середнє значення

сигналу при роботі двигуна на холостих обертах без навантаження. Для ДМВП BOSCH HFM5 нульовому потоку повітря відповідає значення вихідної напруги  $1\text{В} \pm 0,02\text{В}$ .

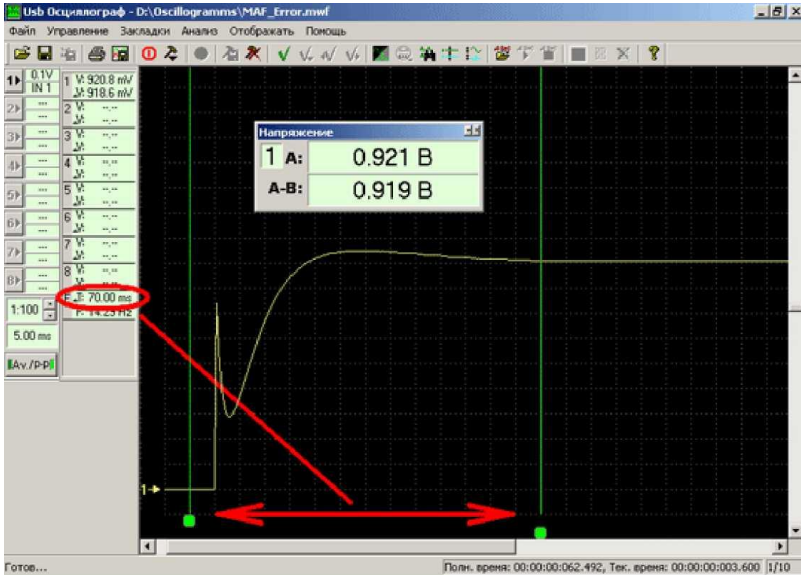
Швидкість реакції ДМВП BOSCH HFM5 так само може бути оцінена по часу перехідного процесу вихідного сигналу при подачі живлення на датчик.



**Рис. 7.8.** Осцилограма вихідної напруги датчика масової витрати повітря BOSCH HFM5 при подачі напруги живлення:

*A* – значення напруги в момент часу, що вказаний маркером. У цьому випадку відповідає напрузі вихідного сигналу ДМВП при нульовій витраті повітря (двигун зупинений) і дорівнює 0,99 В; *ΔT* – значення інтервалу часу між двома маркерами. У даному випадку відповідає часу перехідного процесу вихідного сигналу при подачі живлення на датчик і дорівнює ~0,5 мс

Із ростом ступеня забруднення датчика час перехідного процесу вихідного сигналу різко збільшується.



**Рис. 7.9.** Осцилограма вихідної напруги датчика масової витрати повітря BOSCH HFM5 при подачі напруги живлення:

$A$  – значення напруги в момент часу вказаний маркером. У даному випадку відповідає напрузі вихідного сигналу ДМВП при нульовій витраті повітря (двигун зупинений) і дорівнює 0,92 В;  $dT$  – значення інтервалу часу між двома маркерами. У цьому випадку відповідає часу перехідного процесу вихідного сигналу при подачі живлення на датчик і дорівнює  $\sim 70$  мс

**Способи ремонту.** Найчастіше просто замінюють несправний витратомір новим. Ремонтпридатні тільки витратоміри з трубкою Піто («лопатевого» типу). Забруднення і маслянисті відкладення, які заважають переміщенню пластини, видаляють за допомогою аерозолів для очищення карбюратора. Іноді вдається відновити працездатність потенціометра, перемістивши його плату з контактною доріжкою або підігнувши пластини струмознімача таким чином, щоб контактний наконечник переміщувався по незношеній частині контактної доріжки. Часом майстри пропонують відключити витратомір від електронного блоку управління. Але в цьому випадку помітно зростає витрата палива. Термоанемометричні витратоміри в умовах автосервісу неремонтнопридатні. Їх відновлюють тільки в умовах ремонтного виробництва.

Щоб витратомір повітря служив довше, існує два засоби: своєчасно міняти повітряний фільтр і стежити за технічним станом двигуна (в деяких старих системах живлення, де шланг системи відсмоктування картерних газів «врізається» перед витратоміром повітря). Перешкодити передчасному виходу з ладу витратоміра може і ремонт двигуна, оскільки знос поршневих кілець і сальників клапанів призводить до збільшення вмісту масла в картерних газах, а це, у свою чергу, викликає засмічення деталей витратоміра маслянистим нальотом.

До переваг ДМВП належить висока точність регулювання суміші в широкому діапазоні робочих умов. Недоліками датчиків даного типу є висока крихкість та створення опору потоку повітря.

Датчики об'ємної витрати повітря за технічними характеристиками поступаються ДМВП, тому що вимірюють тільки обсяг повітря, що протікає. А маса повітря (як і будь-яких інших газів), що заповнює, наприклад, обсяг рівний одному літру, дуже сильно залежить від його тиску й температури. Блок керування двигуном розраховує масову витрату повітря, додатково враховуючи атмосферний тиск і показання датчика температури повітря у впускному тракті. Кожен із цих датчиків має свою похибку, в результаті чого розраховане значення масової витрати повітря може дещо відрізнитися від фактичних витрат. Блок керування двигуном розраховує кількість палива, необхідну для кожного циліндра за значенням маси повітря, що надійшло до двигуна. Слід зазначити, що всі витратоміри повітря визначають безперервну витрату, а паливо упорскується форсунками порціями, синхронно з тактами роботи циліндрів.

Більшість датчиків об'ємної витрати повітря працюють по одному з двох принципів: використовується або принцип підрахунку вихорів Кармана (деякі датчики виробництва MITSUBISHI, CHRYSLER), або принцип зсуву повзунка потенціометра за допомогою лопаті, розміщеної в потоці повітря, що витрачається двигуном.

Датчики витрати повітря, що працюють за принципом підрахунку вихорів Кармана (рис. 7.10), мають високу надійність, тому що не мають рухомих механічних частин.



**Рис. 7.10.** Датчик витрати повітря виробництва MITSUBISHI, що працює за принципом підрахунку вихорів Кармана

Вихровий датчик витрати повітря використовує метод підрахунку вихорів Кармана, які утворюються в ламінарному повітряному потоці, на шляху якого зустрічається перешкода з гострими кромками. Повітряні вихори зриваються з цих крайок із частотою, лінійно залежною від швидкості потоку.

Датчик працює тільки за умови, що в повітряному потоці виникає турбулентність. Турбулентність, у свою чергу, виникає тільки при достатній швидкості потоку повітря. Але при занадто високій

швидкості потоку можуть виникати паразитні пульсації тиску. Тому деякі датчики даного типу оснащені додатковим входом для зміни чутливості вимірювального елемента, що необхідно при малій швидкості потоку повітря через повітромір, наприклад, при роботі двигуна в режимі холостого ходу.

Перші вихрові датчики використовували ультразвуковий передавач і приймач. Потім з'явилися датчики, які використовували метод вимірювання пульсацій тиску по краях кромки, де утворюються завихрення повітряного потоку. У сучасних вихрових датчиках витрати повітря, замість вимірювання тиску пульсацій використовується тонка нагріта нитка, по пульсаціям температури якої і підраховуються вихори Кармана.

Датчики об'ємної витрати повітря, що працюють за принципом зсуву повзунка потенціометра за допомогою вимірювальної лопати (рис. 7.11), мають низьку надійність, оскільки їх конструкція включає рухливі механічні елементи. Лопать такого датчика підпружинена й розміщена в потоці повітря, яке витрачається двигуном, так, що зі збільшенням потоку повітря лопать зміщується пропорційно потоку.

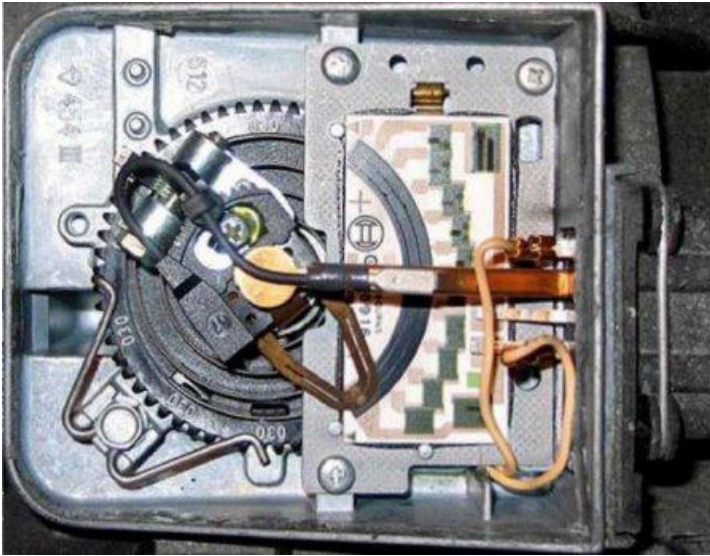


**Рис. 7.11.** Датчик об'ємної витрати повітря потенціометричного типу виробництва BOSCH

Потік повітря, що витрачається двигуном, має пульсуючий характер, і для зменшення ефекту пульсацій вимірювальної лопаті синхронно пульсаціям повітряного потоку лопать датчика з'єднана з демпфером. Із вимірювальною лопаттю механічно з'єднаний повзунок потенціометра (рис. 7.12), який за рахунок цього зміщується на величину,

пропорційну величині потоку повітря. Мірою обсягу повітря, яке протікає через датчик, є вихідна напруга цього вимірювального потенціометра.

Вимірювальний потенціометр датчика об'ємної витрати повітря виконаний на керамічній підкладці. На підкладку нанесені резистори дільника напруги, виводи яких розміщені в ряд і покриті контактним резистивним шаром. Повзунком потенціометра притиснутий до контакт-ного резистивного шару, завдяки чому напруга на повзунку дорівнює напрузі в точці контакту з резистивним шаром.



**Рис. 7.12.** Потенціометр датчика об'ємної витрати повітря виробництва BOSCH

При кожній зміні положення лопаті повзунком переміщується по контактному резистивному шару, ковзаючи по ньому. Такі переміщення повзунка поступово стирають контактний резистивний шар, що з плином часу призводить до виникнення «потертості» вимірювального потенціометра. При попаданні повзунка в зону «потертості», де контактний резистивний шар зношений аж до керамічної підкладки, електричний контакт між повзунком і резистивним шаром погіршується, внаслідок чого вихідна напруга потенціометра вже не відповідає положенню рухомої лопаті витратоміра, тобто вихідна напруга датчика не відповідає величині повітря, що витрачається двигуном.



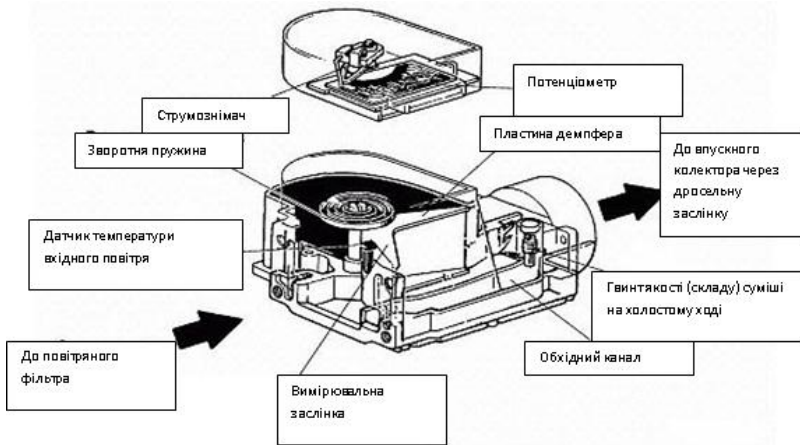


Рис. 7.13. Конструкція механічного витратоміру

Типовою несправністю датчиків об'ємної витрати повітря, що працюють за принципом зміщення повзунка потенціометра, є механічний знос резистивного шару. Так само часто зустрічається підклинювання лопаті датчика. Причинами підклинювання лопаті можуть бути знос опор лопаті, деформація (викривлення) лопаті через сильні хлопки у впускному колекторі або через забруднення повітряних каналів датчика.

Методика діагностування датчика об'ємної витрати повітря працює за принципом зміщення повзунка потенціометра, вона аналогічна методиці діагностування потенціометричного датчика положення дросельної заслінки (або будь-якого іншого потенціометричного датчика положення).

Останнім часом широке застосування мають датчики абсолютного тиску та температури повітря, які суміщені в одному. Вони встановлюються в ресивері системи. Заміряючи зазначені параметри, які опосередковано відображають витрати повітря, що поступає у двигун, подібні датчики подають електричні сигнали до ЕБК. Датчик абсолютного тиску (інтегральний із напівпровідниковими п'єзорезисторами) встановлений у потоці повітря, що підводиться до впускного колектора. При зміні тиску мембрана датчика прогинається, змінюючи тим самим провідність встановлених на ній п'єзорезисторів. Оскільки п'єзорезистори підключені за мостовою схемою, прогинання мембрани викликає зміну балансу моста.

Таким чином, напруга моста є мірою тиску в ресивері, та вимірюється в діапазоні 0,25-4,8 В при зміні тиску в межах 15-120 кПа.

Датчик температури повітря являє собою термістор, електричний опір якого змінюється залежно від температури. Термістор має негативний температурний коефіцієнт опору, тобто при нагріванні його опір зменшується. При 130 °С – 87,4 Ом, а при 40 °С – 44373 Ом.

Датчик не регулюється. Поломка або послаблення кріплення можуть викликати нестабільність вихідних сигналів. При виникненні несправностей датчика контролер через певний час заносить до своєї пам'яті її код та вмикає контрольну лампу «CHECK ENGINE», що сигналізує про несправність.

### **7.3. Датчик положення дросельної заслінки**

Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ) – пристрій, призначений для перетворення кутового положення дросельної заслінки в напругу постійного струму (рис. 7.14), є одним із датчиків електронних систем керування двигуном автомобіля з упорскуванням палива [18; 20].

Датчик положення дросельної заслінки необхідний у системі для точного дозування палива. За сигналом ДПДЗ контролер визначає поточне положення дросельної заслінки, за швидкістю зміни сигналу відслідковується динаміка натискання педалі акселератора, що, у свою чергу, є визначальним фактором для точного дозування палива. В режимі запуску двигуна контролер відстежує кут відхилення дросельної заслінки і, якщо заслінка відкрита більше ніж на 75 %, переходить на режим продувки двигуна. За сигналом ДПДЗ при крайньому положенні дросельної заслінки (<0,7 В), контролер починає керувати регулятором холостого ходу (РХХ) і, таким чином, здійснює додаткову подачу повітря в двигун в обхід закритої дросельної заслінки. Датчик положення дросельної заслінки є датчиком потенціометричного типу і включає в себе змінний і постійний резистори.

Їх загальний опір становить близько 8 кОм. На один із крайніх виводів потенціометра подається з контролера опорна напруга (5 В), а інший крайній вивід з'єднаний із масою. Від середнього виводу потенціометра, через резистор, до контролера подається сигнал про поточне положення дросельної заслінки. Значення цього сигналу напругою менше 0,7 В відповідає повністю закритій дросельній заслінці. Якщо ця напруга більша ніж 4 В, блок керування вважає, що дросельна заслінка відкрита повністю.

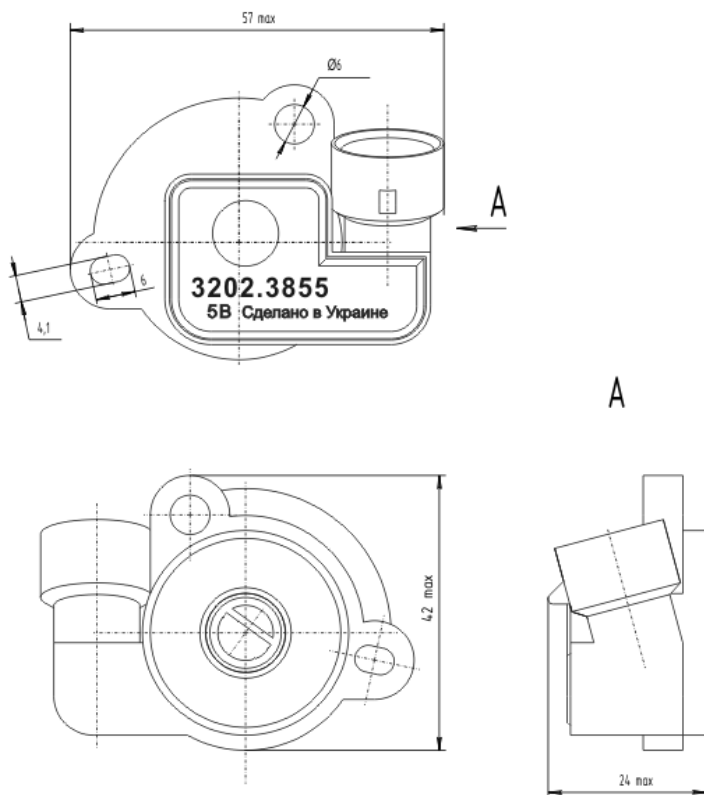


Рис. 7.14. Графічне зображення ДПДЗ

Якщо система самодіагностики зафіксує помилки датчика положення дросельної заслінки, в RAM-буфер помилок будуть записані коди, а за умови наявності постійної помилки, запалюється лампа «CHECK ENGINE». Слід враховувати, що ці коди вказують лише на помилки ланцюга датчика положення дросельної заслінки і далеко не завжди вказують на несправність самого датчика, а лише визначають напрямок пошуку несправності.

При фіксації помилки ДПДЗ контролер переходить на управління упорскуванням з аварійної програми і розраховує поточне положення дросельної заслінки за датчиком положення колінчастого вала і датчиком масової витрати повітря.

До типових ознак несправності ланцюга і датчика положення дросельної заслінки належать:

- нерівномірні оберти двигуна на холостому ході;
- зупинка двигуна при різкому скиданні педалі акселератора;
- обмеження максимальної потужності двигуна;
- ривки при русі з постійним кутом відкриття дросельної заслінки.



**Рис. 7.15.** ДПДЗ (2112-1148200)

На рис. 7.15 показаний ДПДЗ (2112-1148200) з видаленою кришкою. Будучи встановленим на автомобілі «ВАЗ 2110» (який обладнаний системою упорскування «BOSCH M1.5.4»), цей датчик прослужив близько 4500 км пробігу автомобіля і призвів до проблем із холостим ходом. Під час руху автомобіля при вимиканні передачі двигун іноді зупинявся. При наборі швидкості виявлялися ривки, оберти холостого ходу не стабілізувалися практично на всіх режимах роботи двигуна. Періодично спалахувала лампа «CHECK ENGINE». Оскільки симптоми явно вказували на несправність ДПДЗ, зчитування кодів помилок не було потрібно. Несправний датчик просто замінили на новий, і всі проблеми було вирішено. Причина несправності датчика виявилася проста. У конструкцію даного ДПДЗ входить підкладка (рис. 7.16), на ній напилений резистивний шар. На самому початку ходу повзунка потенціометра це напилення протерлося до основи (на рис. 7.17 показано білими стрілками). У результаті датчик не забезпечував лінійного підвищення напруги вихідного сигналу, що й призвело до проблем, про які йшлося вище.



**Рис. 7.16.** Підкладка ДПДЗ



**Рис. 7.17.** Знос резистивного наплення

Це не єдина причина з тих, що можуть призвести до аналогічних ознак несправності ДПДЗ. Можливою причиною непридатності датчика може стати і повзунок.



**Рис. 7.18.** Рухоме осереддя ДПДЗ

На рис. 7.18 зображено рухоме осереддя ДПДЗ з контактами повзунка потенціометра. Цей датчик прослужив близько 12000 км пробігу автомобіля «ВАЗ-2109», обладнаного системою упорскування палива «СІЧЕНЬ-4». Вихід із ладу датчика пов'язаний із відсутністю контакту повзунка з резистивним шаром. Оскільки спочатку зламався один із наконечників, на підкладці утворився задир (на рис. 7.18 показано чорною стрілкою). Однак, оскільки самі контакти виготовлені з пружинного металу, датчик абияк працював, але підкладка піддавалася значному і швидкому зносу. Відповідно, цей несправний ДПДЗ призвів до появи вищеперерахованих ознак несправності датчика. Як і в першому випадку, всі проблеми були вирішені заміною несправного ДПДЗ на новий (у даному випадку використовували новий датчик «GM»).

Для перевірки ДПДЗ необхідно:

- під'єднати тестер АСКА до колодки діагностичного роз'єму;
- провести калібрування датчика положення дросельної заслінки;
- встановити режим «Параметри»;
- при включеному запалюванні й непрацюючому двигуні сигнал

ДПДЗ повинен становити 0-0,2 % при закритій заслінці і 100 % при повністю відкритій;

- плавне переміщення дросельної заслінки має викликати плавну зміну сигналу датчика.

#### 7.4. Датчик положення колінчастого вала



Рис. 7.19. Зовнішній вигляд датчика положення колінчастого вала

Датчик положення колінчастого вала (ДПКВ) (рис. 7.19) подає в контролер сигнал частоти обертання і положення колінчастого вала [18; 19; 22]. Цей сигнал являє собою серію повторюваних електричних імпульсів напруги, що генеруються датчиком при обертанні колінчастого вала. На базі цих імпульсів контролер управляє форсунками і системою запалювання. ДПКВ встановлений на кришці масляного насоса (двигун МЕМЗ-317) на відстані близько  $1 + 0,4$  мм від диска (шків) колінчастого вала. Шків колінчастого вала має 58 зубців, розташованих по колу. Зубці рівновіддалені й розташовані через  $6^\circ$ . Для генерування «імпульсу синхронізації» два зуба на шківі відсутні (рис. 7.20). При обертанні колінчастого вала зубці диска змінюють магнітне поле датчика, створюючи наведені імпульси напруги. За імпульсом синхронізації від датчика положення колінчастого вала контролер визначає положення і частоту обертання колінчастого вала і розраховує момент спрацьовування форсунок і модуля запалювання. Провід ДПКВ захищений від перешкод екраном, замкнутим на масу через контролер. ДПКВ – найголовніший з усіх датчиків, при несправності якого двигун працювати не буде. Цей датчик рекомендується завжди возити з собою.

Порушення синхронізації призводить до збоїв у паливоподачі. Система самодіагностики визначає помилки в системі синхронізації, але, на жаль, результат діагностики недоступний користувачеві в системах, які випускаються сьогодні.

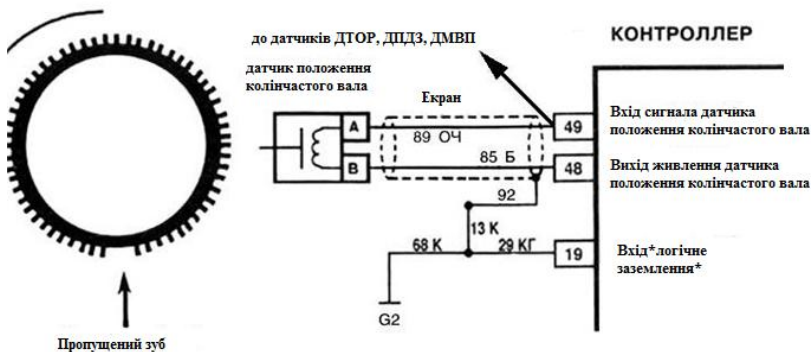


Рис. 7.20. Схема підключення ДПКВ

Сам датчик положення колінчастого вала є досить надійним пристроєм, але неякісно виготовлений спецдиск може повертатися по внутрішньому з'єднанню. У цьому випадку двигун неможливо завести –

відбувається втрата синхронізації або зсув мітки ВМТ (пропуск двох зубців) щодо її фактичного становища. Візуальний огляд дозволяє визначити це досить швидко. Установка мітки ВМТ першого циліндра на двигуні відповідає установці місця пропусків двох зубів спецдиска на  $114^\circ$  п. к. в. по ходу обертання колінчастого вала від місця положення датчика (19 зубців від датчика до пропущених зубців). Відсутність синхронізації легко визначається. Тестер не відображає зміну частоти обертів колінчастого вала при прокрутці двигуна стартером, в цьому випадку не подається запалювання і не працюють паливні форсунки, а також не включається бензонасос.

Несподіване збільшення обертів за показаннями приладу при постійному куті відкриття дросельної заслінки вказує на електричну перешкоду в ланцюзі сигналу датчика положення колінчастого вала. Така перешкода зазвичай викликається близьким розташуванням проводів системи керування двигуном до високовольтних дротів системи запалювання.

Порушення в датчику положення колінчастого вала призводять до незрозумілих посмикувань автомобіля на різних режимах роботи, до провалів у роботі двигуна. Ці несправності можуть виникати і з інших причин:

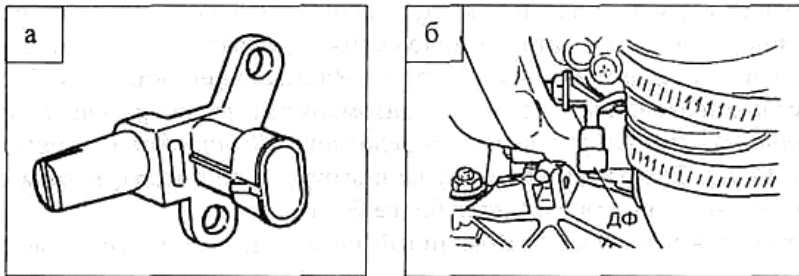
- незагорнута свічка запалювання;
- несправний модуль запалювання;
- недостатній тиск палива в системі та ін.

Помічено, що на нестабільну роботу датчика положення колінчастого вала може впливати гальмівна трубка, яка знаходиться в безпосередній близькості від нього. Масло, що підтікає з-під сальників колінчастого вала, може потрапляти в систему датчик – спец-диск і призводити до забруднення датчика і збоїв у системі синхронізації.

### **7.5. Датчик фаз**

Інформація, яка надходить до датчика фаз (рис. 7.21), використовується для організації упорскування палива в конкретний циліндр [7; 15; 18; 23]. Відмова датчика переводить паливopoдачу в попарно-паралельний режим, що призводить до різкого збагачення паливної суміші.





**Рис. 7.21.** Датчик фаз:  
*а* – зовнішній вигляд; *б* – розташування у двигуні

Датчик фаз встановлюється на двигуні у верхній частині головки блоку циліндрів за шківом впускного розподільного вала. На шківі впускного розподільного вала розташований диск із прорізом. Проходження прорізу через зону дії датчика фаз відповідає відкриттю впускного клапана першого циліндра. Контролер подає на датчик фаз напругу 12 В. Напруга на виході датчика фаз циклічно змінюється від значення близького до 0 (при проходженні прорізу диска впускного розподіл вала через датчик) до напруги, близької напрузі АКБ (при проходженні через датчик кромки диска). Таким чином, при роботі двигуна датчик фаз видає на контролер імпульсний сигнал синхронізуючого упорскування палива з відкриттям впускних клапанів.

Розподільний вал керує впускними і випускними клапанами двигуна. Частота його обертання у два рази нижча ніж частота обертання колінчастого вала. Коли поршень наближається до верхньої мертвої точки, то за положенням колінчастого вала неможливо визначити, на якому такті роботи двигуна це відбувається: на такті стиснення з подальшим займанням паливо-повітряної суміші або на такті випуску відпрацьованих газів.

Ця інформація актуальна для системи фазного упорскування, де подача палива здійснюється через одну форсунку в той циліндр, де відбувається такт стиснення безпосередньо перед відкриттям впускного клапана. Щоб контролер міг чітко визначати, якою з форсунок йому треба керувати в даний момент, використовується сигнал датчика положення розподільного вала. Його ще називають датчиком фаз.

У системах керування двигуном різних автомобілів використовується датчик фаз на основі ефекту Холла. Він реєструє проходження металевої шторки з прорізами, яка пов'язана з розподільним валом, і подає сигнали управління контролеру. Шторка проходить між постійним магнітом і самим датчиком і перериває магнітні лінії постійного

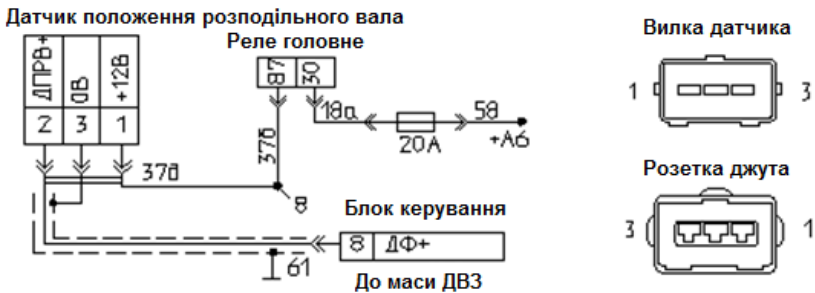
магніту (загороджує). Коли між магнітом і датчиком знаходиться проріз, то датчик виробляє спеціальний сигнал (імпульс), який після невеликої обробки і слугує керуючим сигналом для контролера. Конструкція шторки така, що датчик формує імпульс у той момент, коли такт стиснення припадає на перший циліндр. Параметри імпульсу датчика фаз такі: проріз навпроти датчика – низький рівень (напруга близька до 0 вольт), інакше – високий рівень (напруга близько до напруги бортової мережі). Таку конструкцію має датчик, який застосовується в системі керування двигуном ВА3-2112 (16 клапанів), і він називається щілинний. На двигунах ВА3-2111 і ВА3-21214 використовується датчик фаз торцевого типу. Він також працює на ефекті Холла, тільки реагує не на проріз у шторці, а на спеціальну позначку, яка кріпиться на розподільні вали (двигун ВА3-2111) або на шківів приводу розподільного вала (двигун ВА3-21214). Відстань між міткою і датчиком набагато менша від відстані між датчиком і розподільним валом. При наближенні мітки до датчика змінюється внутрішнє магнітне поле датчика, і він формує синхронізуючий імпульс. На двигунах ВА3-21214 датчик формує імпульс, коли у ВМТ на такті стиснення знаходиться четвертий циліндр.

У разі несправності датчика система керування двигуном переходить із режиму розподіленого фазного упорскування палива на режим розподіленого парафазного упорскування палива (аналогічно роботі системи запалювання).



**Рис. 7.22.** Датчик положення розподільного вала:

*1 – циліндричний пластмасовий або алюмінієвий корпус із чутливим елементом і магнітом; 2 – основа датчика з фланцем і отвором для кріплення; 3 – наголовник датчика зі схемою вторинного перетворювача; 4 – кабель зв'язку в екранованій оболонці довжиною 150 мм; 5 – триконтактна вилка з'єднувача, опресована на кабелі*



**Рис. 7.23.** Схема підключення датчика положення розподільного вала

Робочі параметри датчика:

- 1) напруга живлення постійного струму: 4,5 ... 18 В;
- 2) швидкість обертання штифта-відмітника: 2,5 ... 4000 об/мін;
- 3) вихідна напруга низького рівня: не більше 1,0 В;
- 4) струм споживання: не більше 30 мА;
- 5) мінімальний опір навантаження: 360 Ом;
- 6) час переключення:
  - а) з низького рівня на високий: 10 мкс;
  - б) з високого рівня на низький: 3 мкс;
- 7) діапазон робочих температур:  $-40 \dots +135 \text{ }^\circ\text{C}$

Монтажний зазор, виміряний між торцем датчика і верхньою кромкою штифта-відмітника, повинен бути в межах 0,5 ... 1,2 мм. Монтажний зазор не регулюється і забезпечується при установці датчика заводом-виробником двигуна. Підключення датчика до джуга проводів проводиться за допомогою триконтактною розетки з фіксатором. Сигнальний провід датчика, з метою захисту вихідного сигналу від перешкод бортової мережі, виконаний екранованим.

### 7.6. Датчик концентрації кисню у випускних газах ( $\lambda$ -зонд)

Датчики кисню (рис. 7.24) сьогодні затребувані завдяки постійно зростаючим жорстким вимогам щодо токсичності вихлопних газів, і йдуть рука в руку з каталізаторами [13; 19; 25]. Один датчик кисню встановлений у випускному колекторі безпосередньо перед каталізатором. Іноді другий датчик встановлюється у вихлопній системі після каталізатора для того, щоб забезпечити його максимальну ефективність.

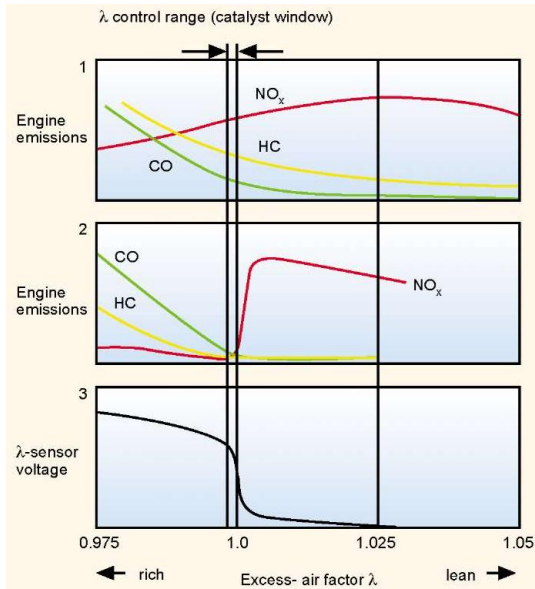


**Рис. 7.24.** Датчик кисню

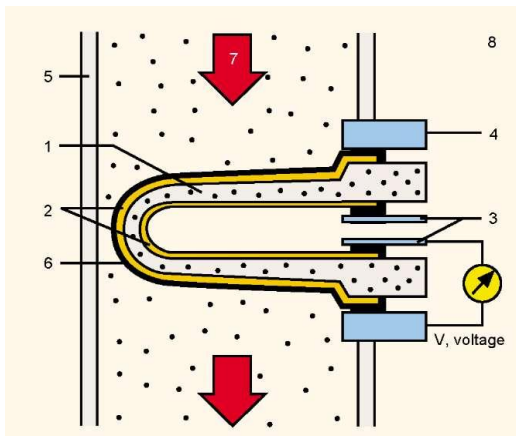
Інформація, яка надходить із датчиків, показує, наскільки повно відбувається згорання палива в камерах двигуна внутрішнього згорання. Оптимальні свідчення виходять, коли співвідношення повітря до палива складає  $14,7 : 1$ .

Відхилення від оптимального співвідношення повітря до палива призводять до відхилень у рівнях вмісту токсичних газів у вихлопі. Надлишок палива призводить до утворення вуглеводнів (СН) і окислу вуглецю (СО). Надлишок повітря може викликати ріст рівня оксидів азоту (NOx). Датчик (чи датчики) кисню можуть розрізнити відхилення відношення повітря до палива від ідеального і подати сигнал системі керування двигуном підлаштувати процеси упорскування палива й запалення.

Каталітичний нейтралізатор здатний знижувати зміст СН, СО і NOx в газах, що відпрацювали, більш ніж на 98 % за умови, що двигун працюватиме в досить вузькому діапазоні відношення повітря/паливо ( $<1\%$ ). Середина цього діапазону доводиться на стехіометричне співвідношення повітря/паливо. Система регулювання паливоподачі (у складі системи керування двигуном) використовує сигнал «ланцюга зворотного зв'язку» від датчика кисню, для підтримки оптимальної якості суміші палива з повітрям в діапазоні, що відповідає найбільш ефективній роботі каталізатора.

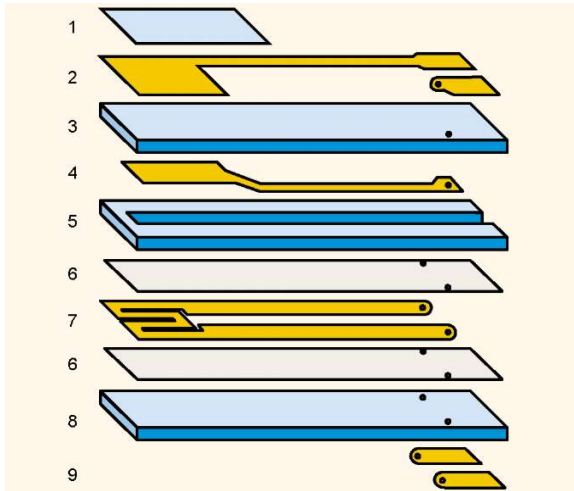


**Рис. 7.25.** Діапазон регулювання і склад вихлопних газів:  
 1 – без каталізатора; 2 – із каталізатором; 3 – величина напруги  
 на виході  $\lambda$ -датчика кисню



**Рис. 7.26.** Датчик кисню у вихлопній трубі

1 – керамічне покриття; 2 – електроди; 3 – контакти; 4 – контакти корпусу; 5 – вихлопна труба; 6 – керамічна підтримувальна оболонка (пориста); 7 – гази, що відпрацювали; 8 – зовнішнє повітря



**Рис. 7.27.** Робочі шари планарного датчика кисню:

*1 – пористий захисний шар; 2 – зовнішній електрод; 3 – покриття датчика; 4 – внутрішній електрод; 5 – ізоляція з боку зовнішнього повітря; 6 – шар ізоляції; 7 – нагрівач; 8 – покриття нагрівача; 9 – контакти*

Датчик кисню (рис. 7.26, 7.27) є гальванічною коміркою (комірка Нернста) із твердим електролітом. Як електроліт використовується газонепроникна кераміка з діоксиду цирконію ( $ZrO_2$ ), стабілізованого оксидом ітрію (YO). З одного боку (зовні) він сполучається з вихлопними газами, а з іншого (зсередини) – з атмосферою. На зовнішню і внутрішню сторону кераміки нанесені газопроникні електроди з тонкого шару платини.

Платиновий електрод на зовнішній стороні працює як мініатюрний каталізатор, що підтримує в прилеглому шарі вихлопних газів хімічні реакції, це шар стехіометричної рівноваги. Сторона чутливої кераміки, звернена до газів, що відпрацювали, щоб уникнути її забруднення, покрита шаром пористої шпинельової кераміки (шпинель – мінералогічна назва тетраоксиду діалюмінію-магнія). Металева трубка з щілинами оберігає кераміку від ударів і надмірних теплових дій.

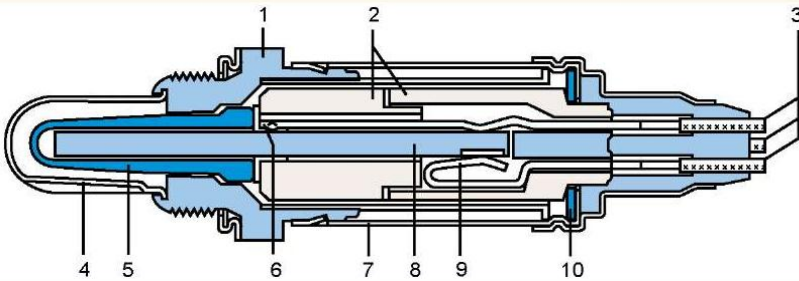
Внутрішня порожнина сполучається з атмосферою і служить як референсна (опорна) сторона датчика.

Робота датчика заснована на принципі комірки Нернста (гальванічної комірки). Керамічний матеріал пропускає іони кисню при температурах від 350 °C і вище. Різниця у кількості кисню з різних

сторін чутливої зони датчика призводить до утворення електричного потенціалу (напруги) між цими двома поверхнями (внутрішньою і зовнішньою). Величина напруги служить показником того, на скільки кількість кисню на цих двох поверхнях розрізняється.

А кількість залишкового кисню у вихлопних газах точно відповідає пропорції між паливом і повітрям, що надходять до двигуна.

У датчику кисню, що підігрівається, керамічний нагрівальний елемент (рис. 7.28) використовується для підігрівання чутливого елемента, доки двигун холодний або якщо працює з малим навантаженням. Під навантаженням температура чутливого елемента залежить уже більше від температури газів, що відпрацювали. Датчик кисню, що підігрівається, дає можливість завжди підтримувати оптимальну якість суміші і мінімальний рівень шкідливих викидів в атмосферу завдяки тому, що є можливість підтримувати його температуру постійно оптимальною.

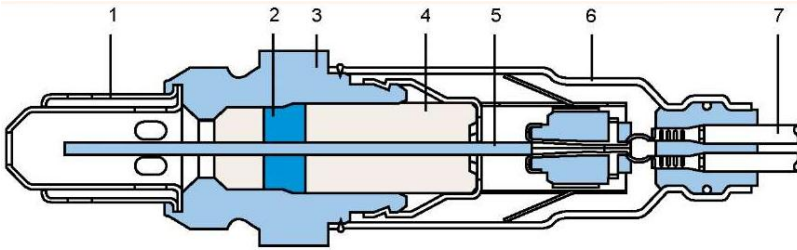


**Рис. 7.28.** Датчик кисню, що підігрівається:

*1 – корпус датчика; 2 – керамічний трубчастий утримувач; 3 – дрiт; 4 – захисна трубка з щiлинами; 5 – шар активної чутливої кераміки; 6 – контакт; 7 – захисний ковпачок; 8 – елемент підігрівання; 9 – підпружинений контакт нагрівача; 10 – пружинна шайба*

У планарному  $\lambda$ -датчику кисню (рис. 7.29) основний принцип роботи той же самий, що і датчика «пальчикового» типу, що підігрівається, і полягає в тому, що датчик створює ступінчасту зміну вихідної напруги під час переходу через одиницю. Планарний датчик відрізняється від пальчикового таким чином:

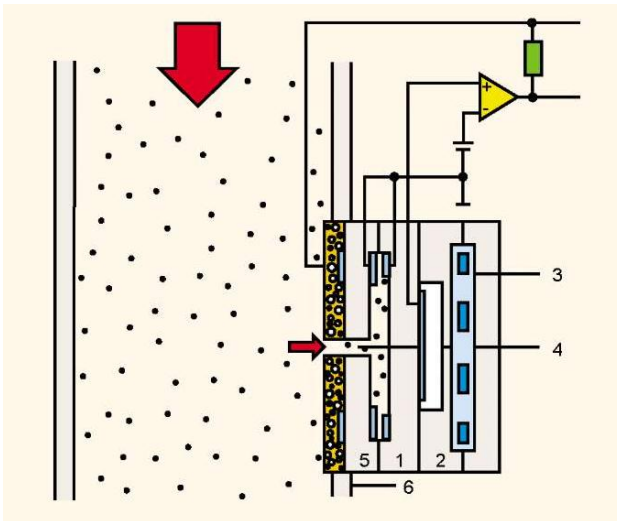
- тверdotілий електроліт виконаний у вигляді шарів кераміки;
- увесь датчик є герметичною керамічною конструкцією;
- двохшарова захисна трубка оберігає чутливий елемент від надмірних теплових і механічних стресів.



**Рис. 7.29.** Планарний датчик кисню:

*1 – захисна трубка; 2 – керамічна герметизуюча вставка; 3 – корпус датчика; 4 – керамічний трубчастий утримувач; 5 – планарний чутливий елемент; 6 – захисний ковпачок; 7 – дріт підключення*

У ширококутному  $\lambda$ -датчику кисню (рис. 7.30) також використовується принцип комірки Нернста, але конструкція в нього інша. Його конструкція передбачає наявність двох камер (комірок): вимірювальної і так званої «насосної». Через маленький отвір в стінці насосної комірки вихлопні гази потрапляють у вимірювальну камеру (дифузійну щілину) в комірку Нернста.



**Рис. 7.30.** Конструкція ширококутового датчика кисню безперервної дії, встановленої у вихлопній трубі:

*1 – комірка Нернста; 2 – референсна комірка; 3 – підігрівач; 4 – дифузійна щілина; 5 – насосна комірка; 6 – вихлопна труба*



Ця конфігурація відрізняється від звичайного датчика з двома станами постійною підтримкою стехіометричного співвідношенням повітря/палива в дифузійній камері. Електронна схема модуляції напруги живлення підтримує у вимірjuвальній камері склад газів, що відповідає  $\lambda=1$ .

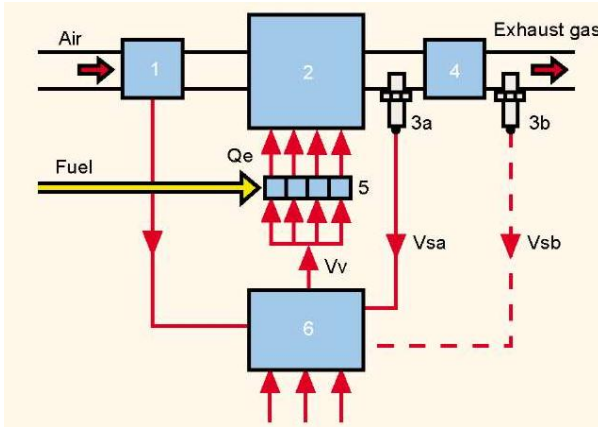
Для цього насосна комірka при роботі двигуна на бідній суміші і надлишку кисню у вихлопних газах видаляє кисень із дифузійної щілини в зовнішнє середовище, а при багатій суміші і браку кисню у вихлопних газах перекачує іони кисню з довкілля в дифузійну щілину. Напряг струму для перекачування кисню в різні боки теж відрізняється.

Оскільки насосний струм пропорційний концентрації кисню – він і є показником величини  $\lambda$ -фактора газів, що відпрацювали.

Таким чином, якщо звичайні датчики використовують напругу на комірці Нернста для прямого виміру і визначення одного з двох станів ( $\lambda > 1$  або  $\lambda < 1$ ), то широкосмугові датчики використовують спеціальну схему, що керує струмом «накачування» насосної комірki. Величина цього струму, що вимірюється, і свідчить про вміст повітря у вихлопних газах.

Оскільки робота датчика вже більше не залежить від ступневості в роботі комірki Нернста, то коефіцієнт надмірного повітря ( $\lambda$ ) може бути виміряний у широких межах від 0,7 до 4. Відповідно, контроль двигуна по  $\lambda$  може працювати вже в усьому спектрі значень (а значить і режимів), а не тільки в одній точці близько  $\lambda=1$ . Вбудований нагрівач забезпечує робочу температуру не нижче ніж 600 °С.

Датчик кисню передає сигнал (напругу) електронному блоку керування двигуном. Цей сигнал використовується системою для збагачення або збіднення суміші відповідно до величини напруги з датчика (рис. 7.31). Таким чином система збагачує бідну суміш, збільшуючи кількість палива, що упорскується, і обідняє багату, зменшуючи кількість палива.



**Рис. 7.31.** Схема замкнутої петлі  $\lambda$ -регулювання якості суміші:

*1* – датчик масової витрати повітря; *2* – двигун; *3a* – датчик кисню 1; *3b* – датчик кисню 2; *4* – каталізатор; *5* – форсунки інжектора; *6* – електронний блок керування;  $V_v$  – напруга керування форсунками;  $V_s$  – напруга з датчика;  $Q_e$  – кількість палива що уприскується

### 7.7. Датчик температури охолоджувальної рідини



**Рис. 7.32.** Датчик температури охолоджувальної рідини

Датчик температури охолоджувальної рідини (рис. 7.32) призначений для виміру температури охолоджувальної рідини в системі охолодження двигуна. Датчик включений до системи управління двигуном [3; 8; 12; 18]. Інформація від датчика використовується системою управління для

коректування основних параметрів роботи двигуна залежно від теплового стану:

- частоти обертання колінчастого валу;
- якісного складу паливно-повітряної суміші;
- кута випередження запалення.

Таким чином, робота датчика температури охолоджувальної рідини забезпечує швидке прогрівання двигуна при запуску і підтримку оптимальної його температури на всіх режимах.

*Таблиця 1*

**Залежність опору датчика від температури**

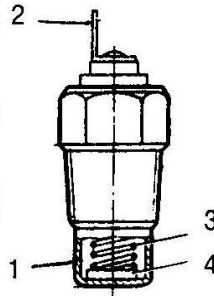
Температура, С	Опір, Ом
0	7300
20	2800
40	1200
80	300
100	150

У недалекому минулому датчик температури охолоджувальної рідини на двигуні внутрішнього згорання був представлений як термореле, наприклад, в системі упорскування K-jetronic. Використання цього пристрою забезпечувало лише два режими роботи:

- прогрівання двигуна при запуску за рахунок збагачення паливно-повітряної суміші (при відкритому контакті термореле);
- підтримка номінальної температури (при закритому контакті термореле).

На сьогодні датчик температури охолоджувальної рідини (рис. 7.33) є елементом електронного керування системи охолодження, за допомогою якого здійснюється безперервний контроль і регулювання температурного режиму двигуна. Як датчик застосовується термістор – пристрій, що змінює опір залежно від температури.

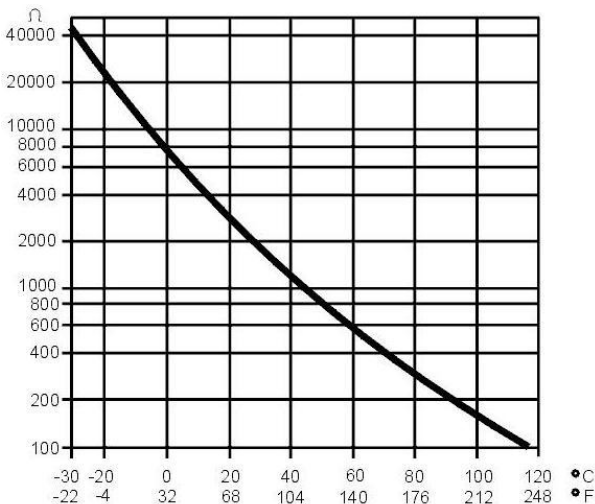
Термістор має негативний температурний коефіцієнт, тобто його опір зменшується із зростанням температури. Коли двигун холодний, опір датчика максимальний. На датчик подається напруга близько 5 В, яке зменшується із зміною опору датчика. За падінням напруги на датчику блок керування двигуном розраховує температуру охолоджувальної рідини.



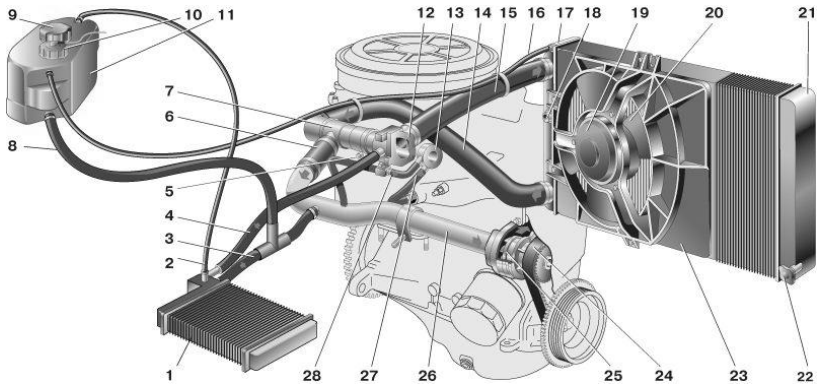
**Рис. 7.33.** Конструкція датчика:

*1 – корпус; 2 – вивід; 3 – пружина; 4 – терморезистор*

Нові можливості температурного регулювання відкриваються із застосуванням двох датчиків температури охолоджувальної рідини. Один із датчиків встановлюється на виході з двигуна, інший – на виході з радіатора. Необхідна температура охолоджувальної рідини визначається залежно від навантаження двигуна (маси повітря, що засмоктується) і частоті обертання колінчастого вала двигуна. За показниками датчиків визначається характер роботи вентилятора, ступінь відкриття термостата, включення реле додаткового насоса охолодження в системі рециркуляції відпрацьованих газів, реле охолодження двигуна після зупинки.



**Рис. 7.34.** Графік залежності опору від температури



**Рис. 7.35.** Система охолодження двигуна VA3 2111:

**1** – радіатор опалювання; **2** – паровідвідний шланг радіатора опалювання; **3** – шланг відвідний; **4** – шланг підвідний **5** – датчик температури охолоджувальної рідини (в голові блоку); **6** – шланг труби, що підводить насос; **7** – термостат; **8** – заправний шланг; **9** – пробка розширювального бачка; **10** – датчик показчика рівня охолоджувальної рідини; **11** – розширювальний бачок; **12** – випускний патрубок; **13** – рідинна камера пускового пристрою карбюратора; **14** – відвідний шланг радіатора; **15** – шланг радіатора; **16** – паровідвідний шланг радіатора; **17** – лівий бачок радіатора; **18** – датчик включення електровентилятора; **19** – електродвигун вентилятора; **20** – крильчатка електровентилятора; **21** – правий бачок радіатора; **22** – зливна пробка; **23** – кожух електровентилятора; **24** – зубчастий ремінь приводу механізму газорозподілу; **25** – крильчатка насоса охолоджувальної рідини; **26** – труба насоса охолоджувальної рідини; **27** – шланг підведення охолоджувальної рідини до дросельного патрубку; **28** – шланг відведення охолоджувальної рідини від дросельного патрубку; **29** – датчик температури охолоджувальної рідини у випускному патрубку; **30** – трубки радіатора; **31** – сердцевина радіатора

Вплив показань датчика температури охолоджувальної рідини на роботу системи керування двигуном дуже великий. Наприклад, якщо внаслідок несправності розраховане блоком керування двигуном значення температури охолоджувальної рідини двигуна не співпадає з фактичною температурою охолоджувальної рідини двигуна на значну величину, двигун може зупинитися або не запускатися.

Датчик температури охолоджувальної рідини встановлюється в потоці охолоджувальної рідини двигуна. При низькій температурі

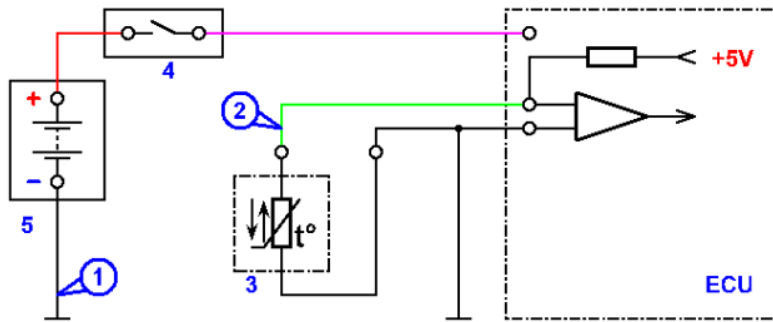
охлаждавальної рідини опір датчика високий (3,52 кОм при +20 °С); при високій температурі – опір датчика низький (240 Ом при +90 °С). Від блоку керування двигуном, через розташований всередині блоку резистор із постійним електричним опором, на датчик температури надходить опорна напруга величиною 5 В. Другий вивід датчика з'єднаний із «масою».

Датчик температури шунтує опорна напруга, внаслідок чого значення напруги на датчику виявляється меншим від опорного. Зі збільшенням температури охлаждавальної рідини (наприклад, при прогріванні двигуна), опір датчика зменшується і, відповідно, зменшується напруга на датчику. За величиною цієї напруги блок керування двигуном розраховує поточне значення температури охлаждавальної рідини двигуна.

Найбільш поширеною несправністю датчиків температури, чутливим елементом яких є терморезистор, є невідповідність його електричного опору температурі його корпусу. Частіше за все, така несправність проявляється як різке збільшення електричного опору датчика в дуже вузькому діапазоні температур корпусу датчика (або в декількох діапазонах температур), рідше зустрічається обрив чутливого елемента датчика. У момент, коли температура корпусу датчика потрапляє в цей діапазон, опір датчика різко збільшується, внаслідок чого збільшується і напруга на датчику. Внаслідок цього, розраховане блоком керування значення температури за збільшеною напругою на датчику виявляється меншим від дійсного. Якщо розраховане блоком керування двигуном значення температури охлаждавальної рідини двигуна виявиться меншим від дійсного на значну величину, блок керування може збільшити подачу палива настільки, що двигун затихне через перезбагачення паливоповітряної суміші. Пуск двигуна при цьому стає неможливим. У деяких випадках може знадобитися заміна свічок запалювання.

Несправність датчика температури можна виявити за допомогою омметра шляхом порівняння виміряного опору датчика з табличним значенням для даної температури.

При необхідності проведення перевірки датчика температури, необхідно переглянути осцилограму вихідної напруги датчика в усьому діапазоні його робочих температур. При проведенні перевірки датчика температури необхідно дати двигуну повністю охолонути, після чого записати й переглянути осцилограму вихідної напруги датчика під час прогріву двигуна, аж до моменту включення вентилятора системи охолодження двигуна (рис. 7.36).



**Рис. 7.36.** Схема підключення датчика температури охолоджувальної рідини:

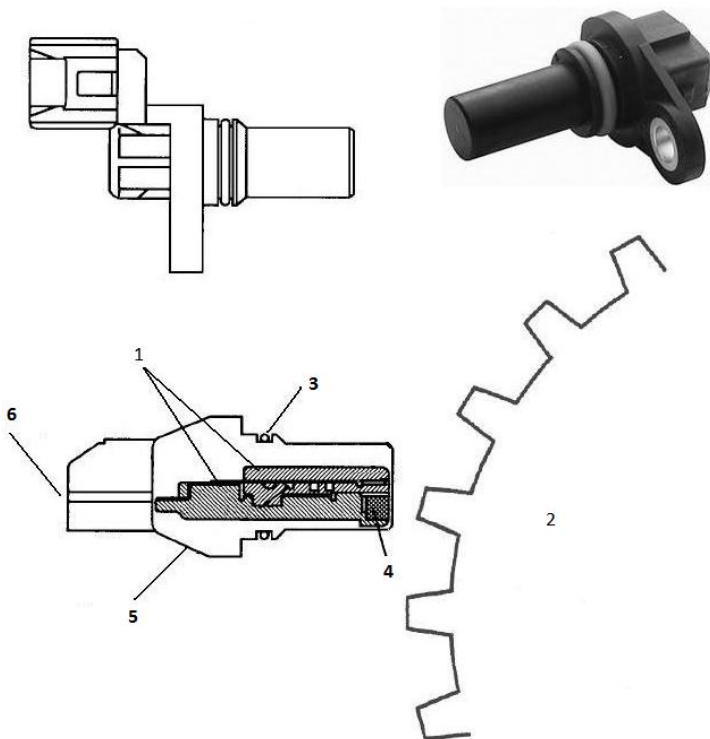
*ECU* – блок керування двигуном; *1* – точка підключення осцилографа; *2* – точка підключення пробника осцилографічного щупа для отримання осцилограми вихідної напруги; *3* – датчик температури; *4* – вимикач запалення; *5* – акумуляторна батарея

### 7.8. Датчик швидкості автомобіля

Датчик швидкості автомобіля (рис. 7.37) сконструйований за принципом ефекту Холла і видає на контролер частотноімпульсний сигнал [9; 14; 25]. Частота сигналу прямопропорційна швидкості руху автомобіля. Контролер використовує сигнал для управління роботою двигуна на холостому ході і за допомогою регулятора холостого ходу, керує подачею повітря в обхід дросельної заслінки.

За часовий інтервал між імпульсами контролер визначає швидкість руху автомобіля. Крім того, цей сигнал може використовуватися спідометром, встановленим на панелі приладів. Датчик швидкості руху автомобіля встановлюється на коробці перемикачів передач, на механізмі приводу спідометра. Демонтаж його проводять після (при вимкненому запаленні) відключення контактної роз'єму і троса приводу спідометра (якщо він встановлений), відкрутивши датчик із приводу спідометра. Одним із яскраво виражених симптомів несправності датчика швидкості служить зупинка двигуна на холостому ході при русі автомобіля накатом. Однак не слід забувати, що аналогічна ситуація може статися при тимчасовій несправності датчика масової витрати повітря. За цією ознакою можна попередньо судити про те, який саме датчик вийшов із ладу. Перевірку працездатності слід починати з наявності заземлення на контакті й напруги живлення (+12 В). Перевірку імпульсного сигналу слід проводити при обертанні привідних

коліс зі швидкістю не менш ніж 5 км/год. Проводити вимірювання слід цифровим мультиметром або осцилографом.



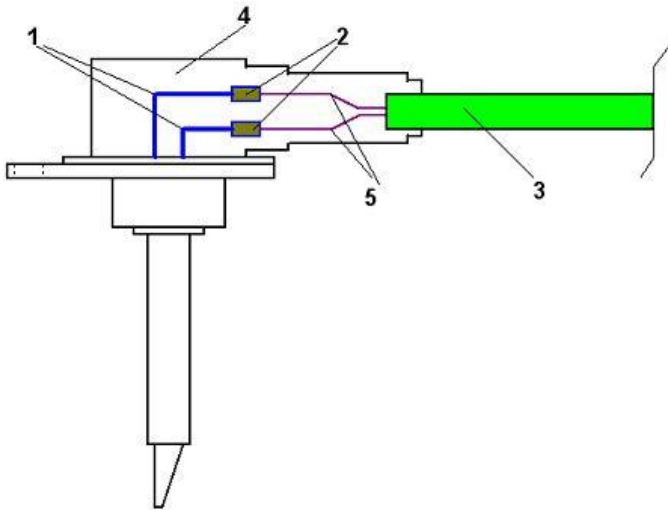
**Рис. 7.37.** Датчик швидкості автомобіля:

*1 – мікросхема; 2 – зубчате колесо; 3 – прокладка; 4 – магніт;  
5 – корпус; 6 – вивід електродів*

До типових симптомів несправності датчика швидкості або його електричної мережі можна віднести:

- зупинку двигуна при перемиканні передач і при русі накатом;
- помилки показань спідометра.





**Рис. 7.38.** Електрична схема датчика швидкості автомобіля:

*1 – провідники-пластини; 2 – внутрішні роз'єми; 3 – джгут до блоку ABS; 4 – заливка датчика; 5 – з'єднувальні дроти*

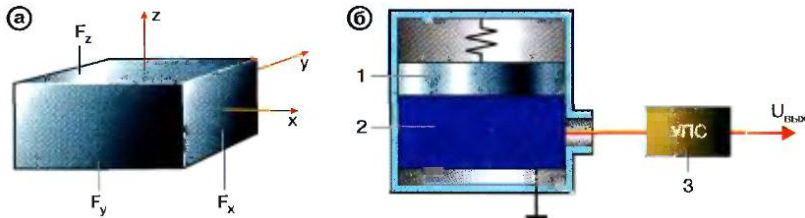
Частіше за все вихід із ладу пов'язаний з роботою троса спідометра. Якщо трос має на своїй поверхні якісь задирки, розриви або його обертання в захисному обплетенні ускладнене, це може призвести до виходу з ладу датчика швидкості. Крім того, саме через ці причини, датчик швидкості виходить із ладу на високій швидкості руху. Для виключення подібної ситуації, поки тросик спідометра справний, його слід змастити моторним маслом.

### 7.9. Датчик детонації

Детонація – вибухове запалення робочої суміші в циліндрах двигуна, викликає сильну вібрацію і перегрів двигуна, що може призвести до механічного руйнування його деталей. В основі роботи датчиків детонації (рис. 7.39) лежить явище п'єзоелектричного ефекту (виникнення електричних зарядів при деформації кристалів). При стисненні або розтягуванні прямокутної призми з кварцу (двоокису кремнію) по осі Z на гранях  $h_z$  з'являються заряди протилежного знака (поздовжній п'єзоэффект) [12; 15; 18]. Величина кожного заряду визначається за формулою:

$$Q_z = e \times \rho_z \times F_z, \quad (20)$$

де  $Q_z$  – заряд у кулонах;  $e$  – п'єзоелектрична постійна (для кварцу  $2,1 \times 10^{11}$  кулон/кг);  $p_z$  – питомий тиск у  $\text{кг/см}^2$ ;  $F_z$  – площа межі прямокутної призми в  $\text{см}^2$ .



**Рис. 7.39.** Принцип дії датчика детонації:

**а** – кристал кварцу; **б** – схема датчика:

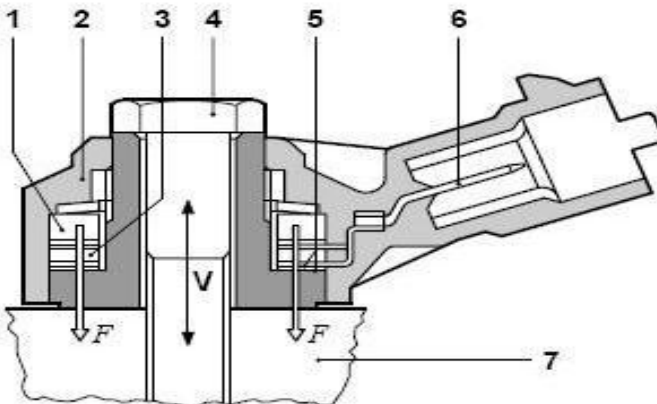
*1* – інерційна маса; *2* – кварцова пластина (п'єзоелемент); *3* – схема посилення і перетворення

Датчик детонації встановлений на блоці циліндрів двигуна. Під час виникнення детонації в двигуні датчик генерує сигнал змінного струму з частотою і амплітудою, що залежить від рівня детонації. Контролер подає на ДД опорну напругу 5 В. Резистор, розташований усередині датчика, знижує напругу до 2,5 В. Опір резистора від 330 до 450 Ом. Під час нормальної (без детонації) роботи двигуна напруга на виході датчика залишається постійною на рівні 2,5 В. При появі детонації ДД генерує сигнал змінного струму, який надходить у контролер із того ж ланцюга, по якому подається опорний сигнал 5 В. Це можливо тому, що опорний сигнал 5 В є напругою постійного струму, а зворотний сигнал детонації – напругою змінного струму. Амплітуда і частота сигналу змінного струму ДД залежать від рівня детонації. Контролер зчитує цей сигнал і коригує кут випередження запалювання для гасіння детонації. Відомо, що ефективна робота двигуна багато в чому залежить від оптимальності характеристик кута випередження запалювання. Якщо запалювання занадто пізно, то збільшується витрата палива, двигун починає перегріватися. Якщо запалювання занадто раннє, виникає детонація, в результаті чого падає потужність і з'являється ризик прогорання клапанів. Контролер намагається підтримувати як можна більший кут, але без «відходу» характеристики в детонаційну зону. Датчик детонації як раз і повідомляє контролеру про початок детонації, причому він сигналізує не тільки про виникнення небажаного явища, а й про його характер, що дозволяє точніше коригувати запалювання. Завдання ДД – вловлювати вібрації, які передаються на блок внаслідок

вибухів у циліндрах, і передавати цю інформацію контролеру. У датчику детонації чутливим елементом служить п'єзодатчик – пристрій, який при механічному впливі виробляє електричний струм. Частота і амплітуда сигналу змінного струму на виході такого елемента пропорційна потужності вібрацій. Для припинення детонації контролер коригує роботу системи запалювання, зменшуючи кут випередження запалювання.

При нормальних умовах експлуатації (нормальний бензин, справні свічки і тощо) блок керування використовує табличні характеристики, які вважаються оптимальними. Іншими словами, контур ДД не використовується при нормальних умовах. Однак, якщо з якихось причин починається детонація, ДД посилає сигнал блоку керування, який коригує характеристику запалювання в сторону зменшення кута випередження. Якщо детонація не припиняється, блок знову корегує характеристику і т. д. в циклі доти, доки детонація не припиняється. Таким чином досягається оптимальна характеристика для даних конкретних умов експлуатації. Цей простий алгоритм використовується системами керування двигуном для регулювання багатьох важливих параметрів, таких як склад паливоповітряної суміші тощо.

Датчик детонації є одним з елементів керування двигуном внутрішнього згоряння. Як правило, чотирициліндрові рядні двигуни забезпечуються одним датчиком детонації, 5- і 6-циліндрові двигуни – двома датчиками, а 8- і 12-циліндрові – двома і більше датчиками детонації.



**Рис. 7.40.** Датчик детонації (схема):

*1 – рухома частина; 2 – корпус; 3 – п'єзокераміка; 4 – гайка; 5 – контакт; 6 – контакт із проводами; 7 – корпус двигуна; V – вібрація*

Датчик детонації є важливим компонентом системи керування двигуном, тому що дозволяє реалізувати максимальну потужність двигуна і забезпечити економію палива.

ДД бувають двох типів резонансні та широкосмугові. Широко-смугові фіксують і передають у вигляді сигналу весь спектр шумів. Далі сигнал обробляється і в ньому виділяється шум, що відповідає детонації. Резонансні налаштовані на частоту детонації і, відповідно, спрацьовують тільки у разі виникнення останньої.

При несправності датчика детонації (відсутності сигналу) на панелі приладів загоряється відповідна сигнальна лампа, двигун при цьому продовжує працювати.

Підставою для підозр у несправності датчика можуть служити детонаційні стуки в двигуні на обертах вище 3500 об/хв і при розгоні, а також при спрацьовуванні контрольної лампи «CHECK ENGINE». Найбільш точний «діагноз» системі керування двигуном (і датчиком у тому числі) можна поставити за допомогою сканера.

Є й інший доступний спосіб діагностики: при працюючому двигуні потрібно навести стробоскоп на мітку шківів колінчастого вала, а потім легко постукати металевим предметом по блоку циліндрів. Якщо при цьому мітка на шківі колінчастого вала на короткий час іде зі свого місця – датчик детонації справний.

Якщо датчик детонації, контролер і їх ланцюги справні, а детонацію у двигуні виразно чути – значить причина детонації в механічній частині двигуна. А її рівень настільки високий, що електронна система гасіння детонації не в змозі її припинити. У цьому випадку необхідно перевірити:

- працездатність вентилятора системи охолодження;
- правильність показань датчика температури охолоджувальної рідини;
- рівень охолоджувальної рідини;
- справність термостата;
- стан і тип свічок запалювання;
- відповідність палива необхідному октановим числом;
- стан циліндрів-поршневої групи і камери згоряння.

Для визначення справності ДД до його виводів під'єднуються тестер, включений у режимі вимірювання напруги. Якщо постукати по корпусу датчика твердим предметом (наприклад, пінцетом), то напруга повинна змінюватися. Якщо напруга залишається постійною, датчик несправний, і його потрібно замінити.

### 7.10. Регулятор холостого ходу



Рис. 7.41. PXX

Регулятор холостого ходу (PXX) (рис. 7.41) – пристрій, призначений для стабілізації обертів холостого ходу двигуна. PXX являє собою кроковий електродвигун із підпружиненою конусною голкою [18; 20]. Під час роботи двигуна на холостому ходу, за рахунок зміни прохідного перерізу додаткового каналу подачі повітря в обхід закритої заслінки дроселя, у двигун надходить необхідна для його стабільної роботи кількість повітря.

Це повітря враховується датчиком масової витрати повітря (ДМВП) і, відповідно до його кількості, контролер здійснює подачу палива у двигун через паливні форсунки. За датчиком положення колінчастого вала (ДПКВ) контролер відстежує кількість обертів двигуна і відповідно до режиму роботи двигуна керує PXX, додаючи або знижуючи подачу повітря в обхід закритої дросельної заслінки. На прогрітому до робочої температури двигуні контролер підтримує оберти холостого ходу. Якщо ж двигун не прогрітий, контролер за рахунок PXX збільшує оберти і, таким чином, забезпечує прогрів двигуна на підвищених обертах колінчастого вала. Такий режим роботи двигуна дозволяє починати рух автомобіля відразу, не прогріваючи двигун.

Регулятор холостого ходу встановлюється на корпусі дросельної заслінки.

PXX є виконавчим пристроєм і його самодіагностика в системі не передбачена. Тому при несправності регулятора холостого ходу лампа «CHECK ENGINE» не загоряється.

Симптоми несправностей PXX багато в чому схожі з несправностями ДПДЗ (датчика положення дросельної заслінки), але в другому випадку найчастіше на несправність ДПДЗ явно вказує лампа «CHECK ENGINE».

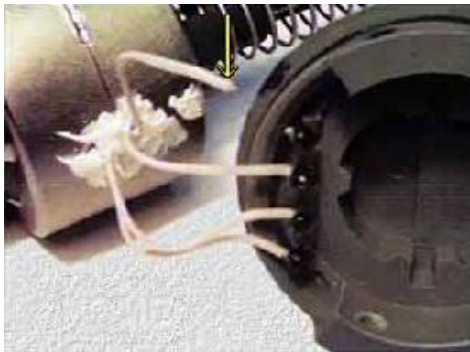
До несправностей регулятора холостого ходу можна віднести такі ознаки:

- нестійкі оберти двигуна на холостому ходу;
- мимовільне підвищення або зниження обертів двигуна;
- зупинка роботи двигуна при вимиканні передачі;
- відсутність підвищених обертів при запуску холодного двигуна;
- зниження обертів холостого ходу двигуна при включенні навантаження (фари, піч і т. д.).



**Рис. 7.42.** Внутрішній обрив дроту

Однією з несправностей РХХ є внутрішній обрив дроту (рис. 7.42). Слід зауважити, що місце пайки після ремонту слід промити спиртом і покрити лаком, щоб надалі виключити можливу корозію цього контакту. На жаль, це, мабуть, найпростіша несправність регулятора холостого ходу, яку легко усунути без особливих проблем. З іншими несправностями боротися значно складніше і найчастіше РХХ необхідно замінювати на новий. До цих несправностей можна віднести вироблення напрямних для конусної голки або її приводу



**Рис. 7.43.** Конусна голка з проточками

На конусній голці є спеціальні проточки (рис. 7.43), які входять у напрямні втулки (рис. 7.44). Напрямні цієї втулки мають тенденцію зношуватися. У результаті конусна голка починає обертатися у втулці, що призводить до неможливості поступальних переміщень голки. Відповідно порушується нормальна робота двигуна на холостому ході, тому що саме цими поступальними переміщеннями конусна голка відкриває або закриває канал додаткової подачі повітря в обхід закритої дросельної заслінки. До аналогічної ситуації призводить і вироблення приводу конусної голки.



**Рис. 7.44.** Втулка з напрямними

## ПИТАННЯ

---

1. Яка інформація надходить до контролера (ЕБК)?
2. Якими системами та приладами керує ЕБК?
3. Які види пам'яті закладені в ЕБК? Опишіть їх.
4. Призначення датчиків витрати повітря.
5. Конструктивні особливості датчика масової витрати повітря.
6. Опишіть датчик витрати повітря, що працює за принципом підрахунку вихорів Кармана.
7. Як працюють датчики абсолютного тиску та температури повітря?
8. Призначення та конструктивні особливості датчика положення колінчастого вала.
9. Призначення та схема підключення датчика положення колінчастого вала.
10. За яким принципом працює датчик фаз?
11. Опишіть роботу датчика кисню.
12. Де використовується інформація від датчика температури охолоджувальної рідини?
13. Призначення та конструктивні особливості датчика швидкості автомобіля.
14. За яким принципом діє датчик детонації?
15. Призначення та принцип дії регулятора холостого ходу.



## РОЗДІЛ 8

# ДІАГНОСТИКА ЕСКД

---

### 8.1. Виявлення несправностей у роботі ЕСКД

Оскільки далі йтиметься про діагностику і ремонт ЕСКД, треба спочатку зазначити про несправності або збої в роботі цих систем. Класифікувати несправності можна таким чином:

- прості і складні;
- що діагностуються, та невизначені;
- пов'язані з роботою ЕСКД, і ті, що не мають до неї відношення, але призводять до збоїв у її роботі;

Прості несправності – це ті, які можуть бути визначені швидко (з опису роботи двигуна й системи). Проста несправність може бути швидко визначена, але усунення такої несправності може зайняти набагато більшого часу, ніж передбачається. Складні несправності – це ті, які можуть бути викликані відмовою різних вузлів системи або двигуна, і вимагають різних перевірок для їх виявлення. Складну несправність іноді важче виявити, ніж усунути. У міру зростання досвіду фахівця, що займається ремонтом, прості несправності формуються в закінчений список, і їх усунення є справою часу. Складні несправності вимагають більше часу, часто пов'язаного із заміною або обслуговуванням вузлів системи і подальшими випробуваннями [3; 14; 18; 26].

Несправності, що діагностуються, визначаються системою самодіагностики блоку керування і супроводжуються появою коду помилки, яку можна зчитувати за допомогою тестера-сканера. Такі помилки, як правило, належать до простих несправностей, тому що мають чіткий алгоритм їх виявлення і подальшого ремонту. Ці алгоритми подано в книгах з експлуатації і обслуговування ЕСКД.

Проте не завжди поява коду помилки однозначно визначає причину збою в роботі двигуна або автомобіля. У будь-якому випадку виправлення помилок, що діагностуються, в системі має бути виконане в обов'язковому порядку. Невизначені несправності не відображаються системою самодіагностики блоку керування, про їх виникнення можна судити тільки за поведінкою двигуна або автомобіля.

Несправності, пов'язані з роботою ЕСКД, з'являються при виході з ладу вузлів, діагностика яких не проводиться блоком керування: модуль запалення, регулятор тиску палива, повітряний і паливний фільтри, диск синхронізації і так далі. До несправностей, які призводять до збоїв у роботі справної ЕСКД, належать неполадки і виходи з ладу

вузлів самого двигуна або автомобіля: регулювання клапанів, втрата компресії, несправність стабілізатора напруги генератора, робота помпи системи охолодження тощо. А також відсутність бензину в баку або його погана якість, вихід із ладу системи сигналізації, погане кріплення захисту картера і т. п.

Найпростіше визначити несправність, пов'язану з виходом з ладу (поломкою) якого-небудь елемента ЕСКД. Набагато важче зрозуміти, що датчик або елемент системи не задовольняє технічним вимогам, і його робота призводить до збоїв у функціонуванні системи.

Як правило, складна несправність, пов'язана з неправильною роботою системи, має свої специфічні прояви на різних режимах роботи двигуна й автомобіля. З'ясування цих проявів у комплексі дозволяє швидше виявити цю несправність.

При появі складної несправності вимагається провести наступні обов'язкові перевірки. Стан двигуна – компресія, регулювання клапанів. Вимір тиску в паливній системі – робота регулятора тиску. Зовнішній візуальний огляд на предмет правильного кріплення роз'ємів, сполучних трубок, наявності явних підсосів у системі подання повітря. Справність роботи механічних вузлів – функціонування дросельної заслінки, натягнення й установка ременів ГРМ тощо.

Мікропроцесорна система керування може гнучко реагувати на відхилення в роботі двигуна, пов'язані з несправностями, що виникають. Системні й режимні параметри роботи блоку керування, які можуть бути відображені на екрані діагностичного устаткування, дозволяють визначити правильний шлях до вирішення проблеми.

Апаратне виконання і програмне забезпечення, що керує ЕСКД, визначають його надійність і якість роботи системи в цілому.

Однією з найважливіших функцій блоку керування є діагностика роботи усіх елементів системи керування. Для цього апаратна частина блоку містить спеціальні драйвери, що дозволяють на апаратному рівні не лише визначати помилки в ланцюгах управління і повідомляти про них програмі, що управляє, але й забезпечувати захист внутрішніх елементів та мереж блоку керування. Проте головна роль у підсистемі самодіагностики відводиться керівній програмі, що дозволяє контролювати параметри роботи системи.

Програмні модулі діагностики визначають вихід значень параметрів за межі необхідних діапазонів і встановлюють ознаки помилок у пам'яті контролера. Помилки можуть визначатися за допомогою простих порівнянь вимірних величин із межами заданих діапазонів або розраховуватися на основі складніших процедур, що реалізують робочі моделі підсистем двигуна й автомобіля.

У разі постійних помилок керівна програма, здатна переходити до керування двигуном за резервними алгоритмами. Ці алгоритми забезпечують, з одного боку, захист двигуна і його підсистем, а з іншого – гарантують роботу двигуна і рух автомобіля до станції техобслуговування.

Розвиток ЕСКД більшою мірою визначений вдосконаленням саме системи самодіагностики керівної програми, що дозволяє гарантувати виконання оголошених виробником автомобілів критеріїв токсичності, економічності, комфортності тощо в роботі двигуна.

У керівній програмі електронного блоку присутня підсистема самодіагностики, що дозволяє виявляти несправності в роботі ланцюгів керування елементами ЕСКД і визначати аварійні відхилення режимних параметрів при роботі двигуна. Реакція керівної програми на виникнення таких несправностей може викликати перехід на резервні режими роботи системи керування. Резервні режими роботи покликані зберегти працездатність двигуна і можливість руху автомобіля при відмовах елементів ЕСКД.

Резервний режим роботи при несправному датчику температури охолоджувальної рідини передбачає включення в системі вентилятора установку початкової температури при запуску двигуна 0 °С, а також автоматичне збільшення температури двигуна до 85 °С згідно з часом роботи двигуна після запуску.

Резервний режим роботи при несправності датчика положення дроселя визначає підвищені оберти холостого ходу. В цьому випадку система відмовляється від регулювання обертів холостого ходу, кроковий мотор встановлюється в постійне положення 120 кроків. Паливоподача розраховується за показниками датчика масової витрати повітря з параметром збагаченого складу паливної суміші.

Резервний режим при відмові датчика детонації полягає в зміні режимних кутів випередження запалення. Система використовує аварійну таблицю (знижених) кутів випередження запалення.

При виході з ладу датчиків масової витрати і датчика положення дроселя двигун здатний заводитися і працювати, але пересуватися на такому автомобілі дуже нелегко.

Найближчим часом планується вбудувати в програмне забезпечення блоку керування модуль діагностики пропусків займання в циліндрах двигуна. При неприпустимому відсотку пропусків займання в циліндрі двигуна цей циліндр буде виведений із роботи, керівна програма заборонить подання палива в нього шляхом блокування відповідної форсунки.

Перехід на резервний режим роботи системи завжди супроводжується включеною лампою «CHECK ENGINE» і погіршенням їздових якостей автомобіля.

Наявні на ринку діагностичні засоби для обслуговування ЕСКД можна розділити на три категорії:

- сканери кодів діагностики;
- тестери-сканери;
- мотор-тестери.

Сканери кодів діагностики дозволяють прочитувати, розпізнавати і стирати коди несправностей, визначені системою самодіагностики блоку керування. Тестери-сканери можуть забезпечити візуалізацію системних параметрів електронного блоку, що визначають роботу двигуна, аж до системних змінних, що дозволяють судити про роботу алгоритму керівної програми.

Мотор-тестери дозволяють забезпечити збір і відображення параметрів роботи двигуна й автомобіля незалежно від блоку керування і забезпечити контроль вихідних параметрів виконавчих притроїв, не контрольованих електронікою ЕСКД.

Парадокс діагностики ЕСКД полягає в тому, що просту несправність дуже складно визначити без простого тестера-сканера, складна несправність не діагностується ніякими наявними на ринку приладами і може визначатися лише на основі знань роботи елементів системи й алгоритму керівної програми блоку керування.

## 8.2. Використання діагностичного тестера



Рис. 8.1. Тестер

Тестер (рис. 8.1) – це прилад для обміну діагностичною інформацією з електронним блоком (блоками) керування автомобілем (ЕБК, ECU, контролером) з метою діагностики електронних систем [18; 26].

Сучасні тестери дозволяють діагностувати не тільки систему керування двигуном, а й практично всю електронну «начинку» автомобіля – коробки передач з електронним керуванням, системи ABS, подушки безпеки та ін. Основні функції тестерів полягають в такому:

1. Ідентифікація (виявлення, інформація) – зчитування з ЕБК ідентифікаційних даних. Як правило, в ЕБК є інформація про тип блоку керування, номер версії програмного та апаратного забезпечення, VIN-номер автомобіля та ін.

2. Зчитування з ЕБК кодів несправностей. У процесі роботи електронний блок керування стежить за параметрами роботи автомобіля, за даними датчиків. У випадку, якщо ЕБК вважає дані з датчиків неправильними (наприклад, ЕБК фіксує обрив лінії датчика, коротке замикання, відхилення даних із датчика від нормативів і т. п.), то в пам'ять ЕБК записується так званий код несправності (DTC – Діагностичні коди несправностей), який містить інформацію про проблему, що виникла. Зчитування кодів несправностей – це основна функція будь-якого тестера. Вона дозволяє, наприклад, виявляти «блукаючі» несправності, які ніяк себе не проявляють на момент діагностики, проте були зафіксовані блоком керування раніше.

Однак треба пам'ятати, що:

– по-перше, потрібне уточнення отриманих тестером даних (наприклад, якщо від блоку керування отримана інформація про обрив ланцюга якого-небудь датчика, то необхідно уточнити де знаходиться обрив);

– по-друге, потрібно перевіряти ще раз отримані дані (може помилитися і підсистема самодіагностики блоку керування, може помилитися і тестер при зчитуванні і розшифровці коду);

– по-третє, підсистема самодіагностики може не зафіксувати деякі реально існуючі проблеми.

3. Зчитування знімка параметрів (Freeze Frame). Деякі системи самодіагностики на момент виявлення несправності фіксують не тільки код несправності, але і значення основних поточних параметрів роботи двигуна. За допомогою тестера можна отримати цю інформацію і зробити висновки, за яких обставин (і через що конкретно) виникла несправність. Треба зазначити, що далеко не у всіх тестерах реалізована можливість отримання цієї інформації з ЕБК. І ще одне зауваження: якщо автомобіль і сканер підтримують цю функцію, не поспішайте стирати коди несправностей – разом із ними зникне й інформація стоп-кадр.

4. Стирання кодів несправностей із пам'яті ЕБК (Erase DTC, Clear DTC, Clear Fault). Цю операцію виконують тоді, коли причина, що викликала запис коду несправності, усунена або хочуть відсіяти випадково виниклі коди несправностей. Наприклад, у результаті випадкового потрапляння в який-небудь датчик бруду або води (при цьому «реальна» несправність після очищення пам'яті ЕБК з'явиться знову або взагалі не буде стерта).

5. Зчитування поточних параметрів (Data Stream, Live Data, вимірювання значень). Ця функція дозволяє отримувати для аналізу інформацію, яка надходить із датчиків до електронного блоку керування. Користуючись цією інформацією, можна продіагностувати несправний автомобіль, навіть якщо ЕБК не зміг розпізнати збій, що виник і не записав які-небудь коди несправностей.

6. Активация. Функція дозволяє безпосередньо, за допомогою тестера, через ЕБК керувати тими механізмами, якими управляє ЕБКУ: різними клапанами, вентиляторами, форсунками, індикаторами та ін., переконуючись в їх механічній або електричній справності.

7. Скидання сервісних індикаторів. Нагадування про необхідність проходження чергового технічного обслуговування, заміни масла.

8. Адаптація. Сполучення блоків керування між собою і блоків керування і датчиків при заміні компонентів на нові або після порушення налаштувань (наприклад, у результаті зняття при ремонті). Окремим випадком адаптації є синхронізація між блоком керування двигуном і іммобілайзером.

9. Кодування. Зміна налаштувань блоку керування (зокрема відомостей про комплектацію автомобіля). Наприклад, на BMW через процедуру кодування можна змінити настройки відображення інформації на приладовій панелі (милі/кілометри тощо). На VW-Audi «прописується» комплектація блоків керування (наприклад, у блоці керування двигуном прописується наявність автоматичної коробки передач та ін. У блоці керування подушками безпеки – наявність передніх, бічних та інших подушок).

10. Програмування. Зміна програми (прошивки) електронного блоку керування.

11. Довідкові функції. Як не кожен блок керування підтримує всі перераховані функції, так і не кожен тестер може підтримувати всі перераховані функції, навіть якщо вони підтримуються блоком керування. Також треба звернути увагу на те, які електронні системи автомобіля може діагностувати тестер – адже окрім двигуна є ще ABS, подушки безпеки, протибуксовочная система, круїз-контроль та ін.

Низку цих функцій можна «замінити» використанням інших приладів, наприклад, замість перегляду поточних параметрів можна контролювати сигнали з датчиків осцилографом або мультиметром. Деякі функції можна виконати тільки тестером. Однак, так чи інакше, всі наведені функції виконуються за допомогою тестера максимально швидко. Тестер призначений тільки для обміну даними з ЕБК. Отже, за допомогою тестера неможливо отримати більше «первинної» інформації, ніж міститься в ЕБК автомобіля. Тестери підключаються до автомобіля через діагностичний роз'єм (DLC).

Враховуючи, що на різні марки і моделі автомобілів встановлюються різні типи ЕБК, що використовують різні протоколи обміну інформацією, і різні типи діагностичних роз'ємів (колодок), то конкретні моделі тестерів призначені для певних марок і моделей автомобілів.

Функціональні можливості тестерів полягають у переліку підтримуваних марок і моделей автомобілів, підтримуваних електронних систем, а також функцій, які застосовуються до конкретних систем на конкретних автомобілях. Це основний критерій вибору.

За функціональним можливостям сканери поділяються на:

- дилерські;
- спеціалізовані за маркою;
- мультимарочні.

Дилерські сканери можуть працювати тільки з однією або кількома «спорідненими» марками автомобілів, але виконують з ними максимальний набір можливих функцій.

Спеціалізовані за маркою сканери, також як і дилерські, працюють тільки з однією або кількома «спорідненими» марками автомобілів, проте не мають «дилерського» статусу і мають більш скромні можливості.

Мультимарочні сканери можуть працювати з великою кількістю марок автомобілів, але їх функції щодо кожної марки вужчі, ніж у дилерських приладів.

## ПИТАННЯ

---

1. Класифікація несправностей у роботі ЕСКД.
2. Які обов'язкові перевірки треба провести при появі складної несправності?
3. Система самодіагностики керівної програми.
4. Опишіть резервні режими роботи ЕСКД.
5. Які діагностичні засоби використовуються для обслуговування ЕСКД?
6. Основні функції діагностичного тестера.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Асташенко С. Б. Топливная аппаратура легковых автомобилей. Дизель. Устройство и обслуживание / С. Б. Асташенко. – Мн. : «Автостиль», 2001. – 112 с. : ил.
2. Березин С. В. Справочник автомеханика / С. В. Березин. – Ростов на Дону : Изд-во Феникс, 2008. – 353 с.
3. Данов Б. А. Электронные системы управления иностранных автомобилей / Б. А. Данов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2002. – 224 с. : ил.
4. Двигатели внутреннего сгорания : [учебник для вузов] : в 3 кн. / В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров и др. ; под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова. – Кн. 2: Динамика и конструирование. – 3-е изд., перераб. – М. : Высш. Шк., 2007. – 400 с. : ил.
5. Двигатели внутреннего сгорания / [под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова]. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1990. – 289 с. : ил.
6. Двигуни внутрішнього згорання : [підручник] : у 6 т. / [за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова]. – Т. 1 : Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. – Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. – 493 с.
7. Двигуни внутрішнього згорання : [підручник] : у 6 т. / [за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова]. – Т. 2 : Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. – Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. – 367 с.
8. Двигуни внутрішнього згорання : [підручник] : у 6 т. / [за редакцією А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова] – Т. 3 : Комп'ютерні системи керування ДВЗ. – Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. – 429 с.
9. Дж. Фрайден. Современные датчики : [справочник]. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.
10. Дизели. Справочник / [под ред. В. А. Ваншейдта]. – М. : Машиностроение, 1964. – 599 с. : ил.
11. Ерохов В. И. Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика) : [учебник для вузов] / В. И. Ерохов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2011. – 552 с. : ил.

12. Косарев С. Н. Система управления двигателем ВАЗ-2111 с распределенным впрыском топлива с контроллером BOSCH / С. Н. Косарев, В. А. Яметов, П. Л. Козлов. – СПб. : ПетерГранд, 2002. – 96 с. : ил.
13. Лещенко В. П. Кислородные датчики / В. П. Лещенко. – М. : Легион-автодата, 2003. – 112 с. : ил.
14. Литвиненко В. В. Автомобильные датчики, реле и переключатели : [краткий справочник] / В. В. Литвиненко, А. П. Майструк. – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с. : ил. : табл.
15. Роберт Бош. Системы управления бензиновыми двигателями / Роберт Бош ; [пер. с нем.]. – Первое русское издание. – М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с. : ил.
16. Росс Твег. Системы впрыска бензина. Устройство, обслуживание, ремонт / Росс Твег. – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 144 с. : ил.
17. Росс Твег. Системы зажигания легковых автомобилей. Устройство, обслуживание и ремонт / Росс Твег. – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 96 с. : ил.
18. Руководство по ремонту автомобиля «SENS» ; ЗАО «ЗАЗ» Запорожский автомобилестроительный завод». – Запорожье, 2007. – 296 с. : ил.
19. Системы распределенного впрыска топлива автомобилей ВАЗ – устройство и диагностика. Технологическая инструкция ; ОАО НВП «ИТЦ АВТО». – Тольятти 2003.
20. Соснин Д. А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей : [учебное пособие] / Д. А. Соснин. – М. : СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
21. Соснин Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы. [учебное пособие для специалистов по ремонту автомобилей, студентов и преподавателей вузов и колледжей] / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с. : ил.
22. Трантер А. Naunes : Руководство по электрическому оборудованию автомобилей / А. Трантер ; ЗАО «Альфамер паблишинг». – 2001. – 284 с. : ил.
23. Ходасевич А. Г. Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей / А. Г. Ходасевич, Т. И. Ходасевич. – Часть 2 : Электронные системы зажигания. Катушки зажигания, датчики, октан-корректоры, контроллеры. – М. : АНТЕЛКОМ, 2004. – 224 с. : ил.
24. Ходасевич А. Г. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей / А. Г. Ходасевич, Т. И. Ходасевич. – Часть 5 : Электронные системы зажигания.

Контроллеры систем управления смесеобразованием, зажиганием двигателем. – М. : ДМК Пресс, 2006 с. : ил.

25. Х. Сига. Введение в автомобильную электронику / Х. Сига, С. Мидзутани. – М. : «Мир», 1989. – 232 с.
26. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей : [учебник для вузов] / Ютт В. Е. – 4-е изд., пераб. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 440 с. : ил.

*Навчальне видання*

**Леонід Павлович  
КЛИМЕНКО**

**Олег Федорович  
ПРИЩЕПОВ**

**В'ячеслав Іванович  
АНДРЕЄВ**

**Віктор Юрійович  
ГОЛДУН**

## **ЕЛЕМЕНТИ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ**

*Навчальний посібник*

---

Редактор *К. Сільман*.  
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *М. Шевчук*.  
Друк *О. Полівцова*. Фальцювальньо-палітурні роботи *Ю. Шаповалова*.

Підп. до друку 05.12.2013 р.  
Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офсет.  
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.  
Ум. друк. арк. 7,67. Обл.-вид. арк. 4,48.  
Тираж 100 пр. Зам. № 4281.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.  
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.  
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chdu.edu.ua.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009 р.