

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра технічної експлуатації і сервісу автомобілів
ім. Говоруценка М.Я.

Горбик Ю.В.

Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами
керування

Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого рівня денної та
заочної форми навчання спеціальності «Автомобільний транспорт»

Харків – 2023

Горбiк Ю.В. Технiчна експлуатацiя автомобiлiв з мiкропроцесорними системами керування. Конспект лекцiй для здобувачiв вищої освiти першого рiвня денної та заочної форми навчання спецiальностi «Автомобiльний транспорт». Харкiв: ХНАДУ, 2023. 138 с.

Розглянутi питання експлуатацiї автомобiлiв оснащених мiкропроцесорними системами керування (МПСК) двигунами, паливною апаратурою, системою запалювання, автоматичною коробкою передач, системами ABS, ESP та iн.; експлуатацiйнi властивостi i методи вимiрювання електричних сигналiв датчикiв та виконавчих елементiв цих МПСК.

Призначений для здобувачiв вищої освiти першого рiвня денної та заочної форми навчання спецiальностi «Автомобiльний транспорт».

ЛЕКЦІЯ 1

Тема 1: ЦІЛІ І ЗАВДАННЯ КУРСУ. СИСТЕМА «ЛЮДИНА-АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА». ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ПОБУДУВАННЯ МПСК. АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ

План

- 1.1 Мета, предмет та завдання навчальної дисципліни
- 1.2 Автомобіль як об'єкт технічної експлуатації. Способи здійснення зв'язків між агрегатами та системами автомобіля
- 1.3 Класифікація систем керування автомобілем
- 1.4 Призначення, принципи роботи. будова систем керування двигунами

1.1 Мета, предмет та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є надання студенту теоретичних і практичних навичок у професійній діяльності, пов'язаної з необхідністю вирішувати завдання з експлуатації автомобілів оснащених мікропроцесорними системами управління двигунами, паливною апаратурою, системою запалювання, автоматичною коробкою передач, систем ABS, ESP та ін. шляхом формування у студентів знань їх експлуатаційних властивостей, методів вимірювання електричних сигналів датчиків та виконавчих елементів цих МПСК.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є підготовка бакалаврів у галузі експлуатації автомобільної електроніки.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- ознайомлення з різними типами МПСК, історією їх виникнення та розвитку;
- ознайомлення з МПСК впорскування бензину;
- ознайомлення з МПСК упорскування дизеля;
- ознайомлення з МПСК упорскування газових палив;
- ознайомлення з МПСК гальмівними системами;
- ознайомлення з МПСК трансмісією;
- вивчення принципів вимірювання сигналів датчиків різних систем;
- ознайомлення з сучасним обладнанням для вимірювань швидкісних процесів у системах;
- проведення стендових випробувань автомобільних електронних компонентів на стенді з біговими барабанами

Після завершення вивчення дисципліни студенти мають **знати:**

- методику вимірювання сигналів датчиків та виконавчих елементів;
- методику розрахунку витрати палива та гальмівного шляху на стенді з біговими барабанами;
- конструкцію основних мікропроцесорних систем керування;
- форми типових сигналів основних електронних компонентів системи;
- принцип дії цифрового осцилографа, що пише;
- **вміти:**
 - записати за допомогою осцилографа сигнал будь-якого датчика;
 - робити висновки у технічному стані системи на основі аналізу сигналу датчиків;
 - розраховувати витрату палива та гальмівний шлях при випробуванні на стенді з біговими барабанами;

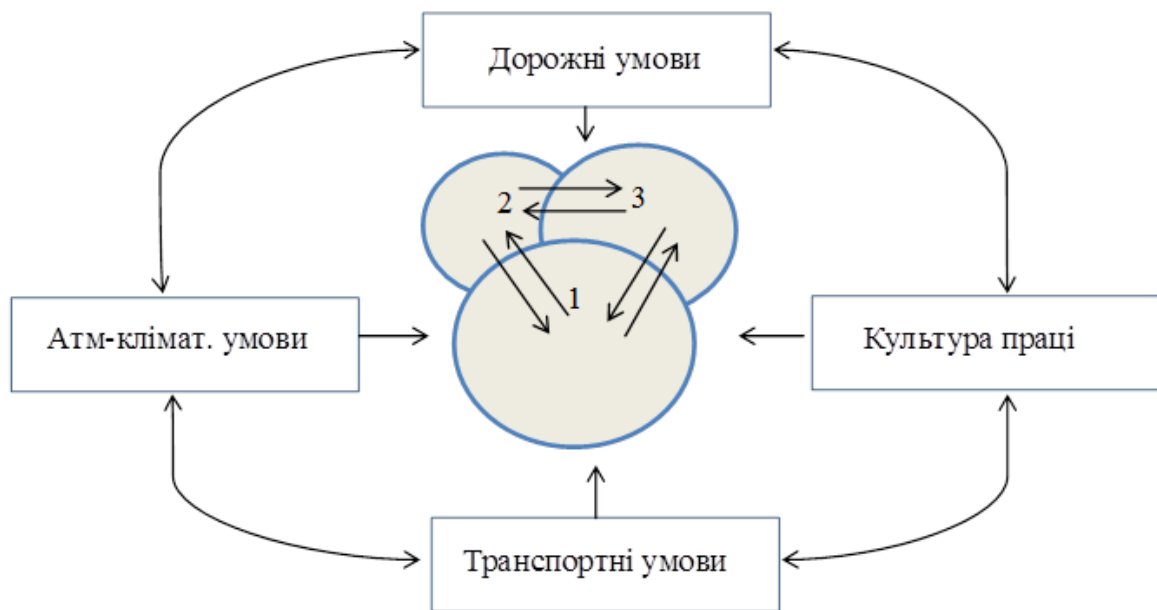
1.2 Автомобіль як об'єкт технічної експлуатації. Способи здійснення зв'язків між агрегатами та системами автомобіля

Ефективність роботи автомобільного транспорту та її основні показники (продуктивність, собівартість, безпека руху) значною мірою залежить від рівня організації робіт з підтримки рухомого складу в технічно справному стані.

Профілактичне обслуговування та ремонт рухомого складу тісно пов'язані з транспортним процесом, безпекою руху, витратою палива і викидом шкідливих речовин в атмосферу. Чим інтенсивніше працюють автомобілі і вище їх вироблення в тоннах і тонокілометрах, тим сильніше зношуються агрегати автомобіля, збільшується витрата палива та викид шкідливих токсичних речовин.

Існують тісні кореляційні зв'язки між пробігом автомобіля до капремонту, виконаною транспортною роботою і витратою палива, так як ці параметри в основному залежать від потужності, що розвивається двигуном (середнього ефективного тиску). Отримання таких аналітичних залежностей має важливе практичне значення. Наприклад, тривалі експериментальні дослідження на знос у стабільних умовах роботи практично неможливі. Значно легше це визначити опосередковано щодо витрати палива.

Схематично взаємозв'язок окремих підсистем з умовами роботи представлена на рис. 2.1. Усі три підсистеми дуже енергоємні (трудомісткі), хоч і нерівнозначні за витратами.



1- транспортний процес та безпека руху, 2 - підсистема витрати палива та токсичності автомобіля, 3 - підсистема ПО та ремонту

Рис. 2.1 - Схема взаємодії основних підсистем автомобільного транспорту

Комплексний розгляд діяльності окремих підсистем та застосування єдиної класифікації умов роботи рухомого складу дозволяє на більш високому системному рівні аналізувати їхню виробничу діяльність.

На рис.1 схематично показані прямі та зворотні зв'язки окремих підсистем. Наприклад, технічний стан автомобіля залежить від інтенсивності транспортного процесу, але останній, своєю чергою, сильно залежить від коефіцієнта технічної готовності парку. Лінійна витрата палива в л/100 км з інтенсифікацією транспортного процесу (збільшення вантажопідйомності, коефіцієнтів використання пробігу та вантажопідйомності) зростає, але в той же час питома витрата палива в г/т км значно знижується. Покращуючи організацію технічного обслуговування та ремонту, домагаємось економії палива, зниження токсичності та підвищення безпеки руху.

1.2.1 Показники ефективності функціонування автомобілів

Найбільш важливими показниками автомобілів є надійність, ефективність функціонування та токсичність відпрацьованих газів (ВГ).

Надійність автомобілів закладається на стадії проектування, забезпечується у виробництві та підтримується в експлуатації системою технічного обслуговування та ремонту (ТОР). Тому важливим етапом у формуванні ТОР є оцінка та вибір стратегії експлуатації. В даний час розрізняють такі стратегії експлуатації автомобілів:

- з безвідмовності роботи;
- з економічної ефективності;
- за фактичним станом;
- за обсягом виконаної роботи;
- авторизована стратегія експлуатації автомобілів.

Найчастіше домінує одна із стратегій, а решта доповнює її. За обраною домінуючою стратегією формують систему технічного обслуговування та ремонту.

Наприклад, прагнення попередити відмови зумовило розробку планово-попереджувальної системи обслуговування та ремонту автомобілів. При цьому домінуючу роль грає стратегія безвідмовності роботи, доповнена стратегією за обсягом виконаної роботи, вираженої в тисячах кілометрів пробігу. Створення такої системи засноване на досвіді та практиці експлуатації автомобілів певного класу та призначення. Інтервали між обслуговуванням та ремонтом, обсяг та зміст робіт формуються на основі статистичних даних. У цьому не враховуються особливості конкретної конструкції, а розглядаються певний тип, модифікація автомобілів, і т.д. Заснована на такому підході (методі статистичного діагностування) система обслуговування та ремонту має недоліки:

- ремонтно-регульовальним роботам піддається автомобіль, що перебуває в задовільному стані і не потребує таких робіт;
- прихована відмова, що настала в період експлуатації, усувається тільки під час регламентних робіт.

За такої системи обслуговування є суб'єктивний підхід до оцінки інтервалу експлуатації між обслуговуванням та ремонтом автомобілів, обсягу та утримання робіт. В результаті в ряді випадків можуть бути вжиті заходи, що не сприяють покращенню технічного стану вузла, агрегату, системи та автомобіля загалом.

У порівнянні з планово-попереджувальною системою прогресивнішою є система обслуговування та ремонту за фактичним станом об'єкта, що отримала назву адаптивної системи.

При цьому домінуючу роль відіграє стратегія фактичного стану, доповнювана стратегіями за обсягом виконаної автомобілем роботи, економічної ефективності та безвідмовності роботи.

Для її застосування необхідно забезпечити безперервне спостереження та облік (моніторинг) завантаження та технічного стану автомобілів в експлуатації.

Сучасний розвиток мікропроцесорних систем керування (МПСК) та досвід їх застосування на транспорті створює передумови використання таких технічних засобів для вирішення наступних завдань:

- облік умов роботи транспортних машин,
- облік та контроль витрати палива,
- визначення технічного стану та прогнозування ресурсу автомобілів,
- оцінка комплексного критерію паливної економічності та токсичності викидів ВГ.

Відомо, що сучасні МПСК мають убудовані програмні модулі, у яких здійснюється самодіагностика систем. Технологія будується на вимірі величин сигналів датчиків, що характеризують діагностичні параметри у контрольних точках, та порівнянні вимірених величин із пороговими значеннями. При відхиленні будь-якого параметра від порогового значення спеціально відведена область пам'яті записується код помилки. Самі дані у

МПСК не зберігаються. На комбінації приладів запалюється сигнальна лампа, що повідомляє про необхідність діагностування, наприклад двигуна.

Отже, дані, якими оперує система керування двигуном, можна використовувати потім в операціях моніторингу. Тому на автомобілі, оснащені МПСК, достатньо встановити бортові системи моніторингу (БСМ), які за принципом дії схожі на маршрутні комп'ютери.

Використовуючи інформацію, одержувану від МПСК двигуном, після її попередньої обробки, БСМ повинна зберігати в своїй пам'яті дані про режими роботи, ступінь завантаження, середню швидкість руху, пройдений шлях і витрачений час, витрату палива.

Крім того, необхідно накопичувати інформацію про сумарну витрату, про сумарний пройдений шлях, про сумарний час роботи двигуна на однойменних фіксованих режимах, а також загальну кількість витраченого палива та загальний час роботи двигуна.

Уся схема інформаційного обміну може будуватися за ієрархічним принципом. Нижній ієрархічний рівень утворюють МПСК та бортові системи моніторингу, що встановлюються на кожній машині. На наступному ієрархічному рівні розташовано пристрій збору інформації, наприклад, Flash-карта, електронний диск, ноутбук та ін. Його завданням є збір інформації з БСМ кожної машини та передача на верхній рівень. На верхньому ієрархічному рівні розташований комплекс програмних та технічних засобів (КПТЗ), що забезпечує обробку інформації та формування бази даних.

Залежно від структури та складу технічної системи склад КПТЗ також може змінюватись. Наприклад, у невеликому господарстві це може бути ноутбук або стаціонарний комп'ютер, а у великому господарстві, що має власну службу технічного обслуговування та ремонту (ТОР), засоби діагностування (ЗД), верхній ієрархічний рівень може представляти локальну комп'ютерну мережу, до якої включено КПТЗ, ЗД, ТОР.

Перелічені завдання повинні однозначно вирішуватись як для кожної окремо взятої машини, незалежно від марки та моделі, так і для транспортного підрозділу, підприємства чи транспортної системи, що має велику кількість однакових та різних об'єктів.

Запропонований підхід орієнтований застосування інформаційних технологій всіх етапах функціонування аналізованої технічної системи. Його використання дозволяє створювати збалансовані за складом технічних засобів, інформаційне та методичне забезпечення системи для вирішення багатьох завдань експлуатації автомобілів.

1.2.2 Технічна система «Водій – Автомобіль – Дорога»

Структурна схема технічної системи ВАД представлена на рис. 1.2.

Розглянемо з погляду технічної експлуатації (ТЕ), як поводить ся система ВАД, саме ефективність її функціонування і чинники, що впливають ці показники.

Згадаймо формулу потужності.

Тягова потужність витрачається $N_T = N_f + N_W + N_\alpha + N_j$,

де N_f потужність, що витрачається на подолання сил опору коченню;

N_W - потужність, що витрачається на подолання опору повітря;

N_α - потужність, що витрачається на подолання ухилу;

N_j - потужність, що витрачається на подолання сил опору інерції.

$$N_T = N_e \cdot \eta_T;$$

$$N_T = \frac{H_H}{3600} \cdot G_{\text{год}} \cdot \eta_e,$$

де H_H – нижча теплота згоряння, кДж;

$G_{\text{год}}$ – годинна витрата палива, л/год;

η_e – ефективний ККД ДВЗ.

88% палива втрачається в ДВЗ і лише 12% на рух автомобіля. Як ці втрати зменшити?

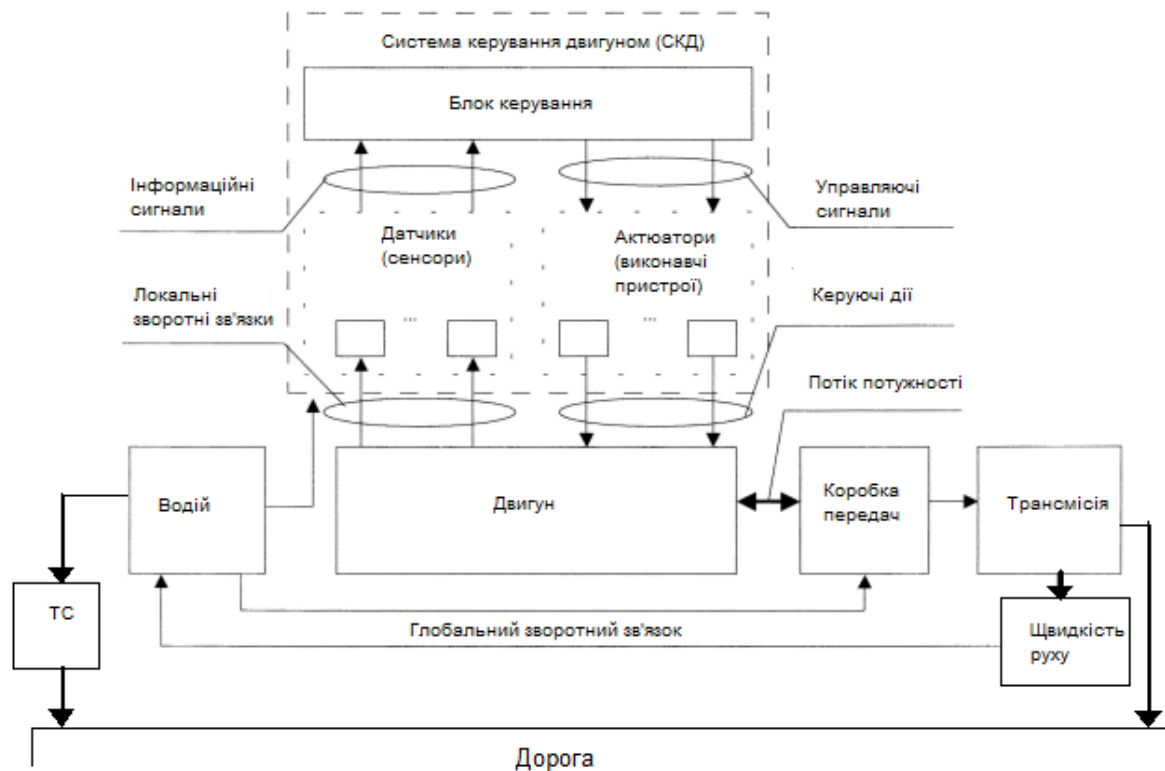


Рис. 1.2 – Технічна система водій-автомобіль-дорога

Ефективність функціонування автомобілів оцінюється такими показниками:

- продуктивністю;
- собівартістю виконаної роботи;
- безпекою руху.

1.3 Класифікація систем керування автомобілем

1.3.1 Принципи роботи систем керування автомобіля

Всі електронні системи керування автомобіля мають загальний принцип роботи, будь то електронна система керування двигуном або електронна система керування АКП. Хоча це і зовсім різні вузли автомобіля, що виконують різні функції, важливий пристрій та принцип роботи їх електронних систем управління ідентичний. Електронна система керування складається з набору датчиків, ЕБК та комплекту виконавчих елементів. Датчики системи зчитують необхідну інформацію та передають в електронний блок керування (електронний мозок). Аналогова інформація, що надходить від датчиків, перетворюється на цифрову форму за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача. Електронний блок керування повністю виконаний на основі мікропроцесора. Отримані дані обробляються з допомогою алгоритму, закладеного мікропроцесором, який визначає перелік необхідних дій. Надаючи сигнал на виконавчі елементи.

Всі електронні блоки за функціональним призначенням можуть бути класифіковані на чотири основні системи управління: **двигуном та трансмісією, гальмівними властивостями та ходовою частиною (активною безпекою); обладнання салону.**

Пристрої керування обладнанням салону (відсіку водія):

- а) кондиціонером повітря;
- б) електронною панеллю приладів;
- в) багатофункціональною інформаційною системою;
- г) навігаційною системою (як опція).

Сучасний легковий автомобіль, наприклад, містить електронні засоби, вартість яких досягає 12-17% загальної вартості. Електронні системи та окремі модулі працюють у взаємозв'язку, виконуючи різні функції та доповнюючи один одного, сприяють отриманню найкращих експлуатаційних показників у найрізноманітніших умовах, дозволяють вирішувати завдання резервування, взаємозамінності, накопичувати інформацію про відмови та ін.

В даний час відомо **понад 40 видів** різних електронних систем та модулів, що застосовуються на транспортних засобах.

Умовно їх можна поділити на такі групи:

1. Пристрої керування силовою установкою (силовим агрегатом):

- а) двигуном;
- б) трансмісією.

2. Пристрої керування ходовою частиною, що виконуються у вигляді окремих модулів:

- а) модуль керування підвіскою;
- б) модуль регулювання кермового управління;
- в) модуль блокування коліс при ковзанні;
- г) модуль стабілізації заданої швидкості руху;

3. Пристрої управління обладнанням салону (відсіку водія):

- а) кондиціонером повітря;
- б) електронною панеллю приладів;
- в) функціональною інформаційною системою.

1.3.2 Загальні вимоги до систем управління такі

Загальні вимоги до систем управління такі:

1. Система повинна зберігати працездатність у жорстких умовах експлуатації транспортної машини:

а) коливання температури навколишнього середовища $-40 \dots +75 \text{ }^\circ\text{C}$ (при установці в салоні);

б) після дії вологості до 90% при температурі $+27^\circ\text{C}$;

в) після дії соляного туману протягом 48 годин.

2. Напруга живлення бортової мережі транспортної машини з відхиленнями $+10\%$, -20% щодо номінального значення не повинне впливати на роботу системи.

3. Система повинна мати захист від перенапруг, а також від зміни полярності напруги живлення.

4. Система повинна зберігати працездатність та задані параметри після механічних впливів у вигляді вібрацій із частотою $5\dots 100\text{ Гц}$ та ударних навантажень із прискоренням $10g$.

5. Система повинна мати захист від вологи та пилу.

1.3.3 Різновиди ЕБК автомобілів

1. **SIPS** (Side Impact Protection System) Система захисту від бічного удару

Складається з посилених та енергопоглинаючих елементів кузова та бічних подушок безпеки, які зазвичай розташовуються у передніх сидіннях.

2. **EON** (Enhanced Other Network) Вбудована навігаційна система

В Україні поки не працює, проте в Європі перевага EON вже гідно оцінена. Інформація про пробки на дорогах, будівельні роботи, маршрути об'їзду з супутника надходить у бортовий комп'ютер вашого автомобіля. Електронний мозок машини відразу підказує, який дорогий користуватися, а з якою краще згорнути.

3. **DME** (Digital Motor Electronics) Цифрова електронна система керування роботою двигуна. Цифрова електронна система управління роботою двигуна DME здійснює контроль за «правильним» запалюванням та упорскуванням палива та іншими

додатковими функціями, такими як регулювання складу робочої суміші. Система DME забезпечує оптимальну потужність при мінімальній токсичності вихлопу та витраті палива.

4. **ABS** (Antiblockier System) Антиблокувальна система гальм

Завдання цієї системи - запобігання блокуванню коліс при гальмуванні автомобіля, збереження його курсової стійкості та керованості. Нині застосовується на більшості сучасних авто. Наявність ABS позбавляє водія необхідності постійно контролювати гальмівне зусилля на педалі.

5 **AGS** (Adaptive Getriebe-Steuerung) Система автоматичної коробки передач, що самоналаштовується. "Індивідуальна" коробка передач. AGS у процесі руху вибирає найкращу для водія передачу. Для розпізнавання стилю керування постійно оцінюється робота педаллю акселератора.

"Ловляться" грань пробуксовки і момент приводу, після чого передачі починають працювати за однією із заданих системою програм: "нормальна", "зимова" та "гірська/торкання з місця". Крім того, система AGS запобігає зайвим перемиканням, наприклад, у пробках, на поворотах або спусках.

6. **WHIPS** (Whiplash Protection System) Елемент активної безпеки

Система встановлюється у підголівниках та спинках сидінь. При ударі ззаду «охоплює та підтримує» шию, чим знижується ймовірність отримання травм.

7. **EDC** (Electronic Damper Control) Електронна система регулювання жорсткості амортизаторів. Інакше її можна назвати системою, яка дбає про комфорт. "Електроніка" зіставляє параметри завантаження, швидкості автомобіля та оцінює стан дорожнього полотна. При русі хорошими трасами EDC «наказує» амортизаторам стати м'якше, а при поворотах на високій швидкості та проїзді хвилеподібних ділянок додає їм жорсткості та забезпечує максимальне зчеплення з дорогою.

8 **DBC** (Dynamic Brake Control) Система динамічного контролю за гальмуванням

В екстремальних випадках більшість водіїв не в змозі виконати екстрене гальмування. Справа навіть не в реакції. Просто сила, з якою автолюбители тиснуть на педаль, недостатня для ефективного гальмування. Подальше наростання зусилля збільшує гальмівну потужність лише трохи. DBC доповнює систему динамічного контролю стійкості (DSC), внаслідок її спрацьовування процес наростання тиску у приводі гальм прискорюється, чим забезпечується мінімальний гальмівний шлях. Робота системи ґрунтується на обробці інформації про швидкість наростання тиску та зусилля на педалі гальма.

9. **EBD** (Electronic Brake Distribution) Система розподілу гальмівних сил

Забезпечує оптимальне гальмівне зусилля на осях, змінюючи його залежно від конкретних дорожніх умов (швидкість, характер покриття, завантаження автомобіля тощо). Ефект особливо помітний на автомобілях із заднім приводом.

10. **RDC** (Reifen Druck Control) Система контролю за тиском повітря у шинах

Система RDC контролює тиск і температуру повітря в шинах автомобіля як під час руху з будь-якою швидкістю, так і на автомобілі, що нерухомо стоїть. Система повідомляє про падіння тиску в одній або кількох шинах. Завдяки RDC вдається уникнути передчасного зношування та розривів шин.

11. **PTC** (Parktronic System) Система, що полегшує паркування автомобіля

Датчики обсягу, встановлені в бамперах, дозволяють навіть недосвідченому водієві впевнено паркуватися в обмеженому просторі.

Надійність сучасних електронних систем управління є достатньо високою. За даними американських вчених: електронні системи управління паливopoдачею на автомобілях моделі Lincoln мали інтенсивність відмов 1,5% на 20 тис. км. пробігу. Для аналогічних систем без електронного керування цей показник становив 8%. Проте завдання підвищення працездатності електронних систем управління залишається актуальним. Щоб забезпечити працездатність електронних систем у жорстких умовах експлуатації, використовують різні методи контролю тренування компонентів електронних

пристроїв. За даними фірми Delco Electronics, елементна база перевіряється в лабораторних умовах при зміні температури від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ з тривалою витримкою при $t=85^{\circ}\text{C}$. Крім того, вона повинна працювати при $t=35^{\circ}\text{C}$ та концентрації HCl 5%. Елементи системи повинні витримувати ударне навантаження до 500 g, вібрації з частотою 10...55 Гц із прискоренням 20 g та тривалу роботу при високочастотних вібраціях та прискореннях 20 g.

Оскільки значна частина відмов у роботі електронних систем керування припадає на початковий період, вводять попередню перевірку та тренування вузлів та модулів систем з використанням автоматизованих систем випробувань. Найбільші труднощі виникають з максимальною теплостійкістю, яка ще не досягає рівня 120°C для продукції ряду фірм.

Для підвищення працездатності сучасних мікропроцесорних систем вводять функції самодіагностики та захисту. Подальший крок у цьому напрямку - резервування та взаємозамінність.

Однак це завдання може вирішуватися в системах із кількома процесорами. Частково завдання резервування вирішується і в однопроцесорних системах, наприклад, за умовчанням датчика, система переходить на запасну програму управління, зберігаючи працездатність двигуна.

На сьогоднішній день у світі розроблено та серійно випускається велика різноманітність систем керування двигунами. За призначенням вони бувають **монофункціональні та комплексні**. У комплексних системах один електронний блок управляє кількома підсистемами: упорскування палива, запалювання, фазами газорозподілу, самодіагностики та ін. У монофункціональних системах ЕБУ подає сигнали лише системі упорскування. За розподілом палива розрізняють багатоточковий та центральний упорскування. При багатоточковому упорскуванні встановлено по одній форсунці на кожен циліндр, а при центральному є одна форсунка на всі циліндри.

Крім того, відмінність полягає і в способі упорскування. Упорскування може здійснюватися постійно і імпульсами. При постійній подачі палива його кількість змінюється за рахунок тиску в паливопроводі, а за імпульсного – за рахунок тривалості імпульсу та його частоти. Таким чином, за один упорскування може бути подана повна порція палива або її частина (зазвичай половина). Якщо за кожен оборот колінчастого валу здійснюється одне упорскування палива в кожен циліндр, таке упорскування називається синхронним.

1.4 Призначення, принципи роботи. будова систем керування двигунами

Автомобільний двигун функціонує у складі системи автомобіль-водій-дорога. Сам двигун можна розглядати як деяку систему, що складається з підсистем (системи паливоподачі, запалення, охолодження тощо), які взаємопов'язані один з одним і утворюють при функціонуванні єдине ціле. У цьому слід пам'ятати, що двигун виконує функції силового агрегату автомобіля, тобто. є підсистемою системи „Автомобіль”, тому керування двигуном у відриві від автомобіля не має сенсу.

Теоретично автоматичного управління об'єкт управління характеризується трьома типами параметрів.

Вхідні чи керуючі параметри. До них відносяться всі ті, які впливають на робочий цикл, а отже, і на вихідні параметри двигуна. Наприклад, вектор керуючих параметрів може складатися з трьох складових циклової витрати палива, витрата повітря та кут випередження запалення. За наявності рециркуляції газів, що відпрацювали, кількість складових вектора вхідних параметрів збільшується на одиницю. Ще більше буде складових вектора вхідних параметрів двигуна з наддувом або з форкамерно-факельним запалюванням.

Значення вхідних параметрів визначаються зовнішніми впливами на об'єкт з боку водія або системи автоматичного керування з метою зміни вихідних параметрів двигуна, тому вхідні параметри називають керуючими.

Вихідні чи керовані параметри. Ці параметри характеризують стан об'єкта та утворюють вектор управління. До них відносяться: крутний момент, частота обертання колінчастого валу, показники економічності двигуна, токсичність газів, що відпрацювали, їх температура при наддуві та ін.

Випадкові обурення. Компонентами цього вектора є контрольовані та неконтрольовані дії стохастичного (випадкового) виду. Ці обурення, як і вхідні параметри, надходять на об'єкт ззовні, а й на відміну від останніх вони заважають, управлінню і тому називаються також перешкодами. Серед випадкових збурень можна назвати коливання параметрів навколишнього середовища, властивостей палива та олів та ін.

Стохастичність поведінки об'єкта пов'язана, з одного боку, з наявністю джерел випадкових збурень, з другого, зі складністю самого об'єкта. Вона є важливою рисою об'єкта, що зумовлює проблеми управління ним.

1.4.1 Класифікація систем керування ДВЗ

Якщо навести класифікацію систем управління за ознаками обробки інформації, всі системи поділяються на чотири основні групи (рис. 1.3).

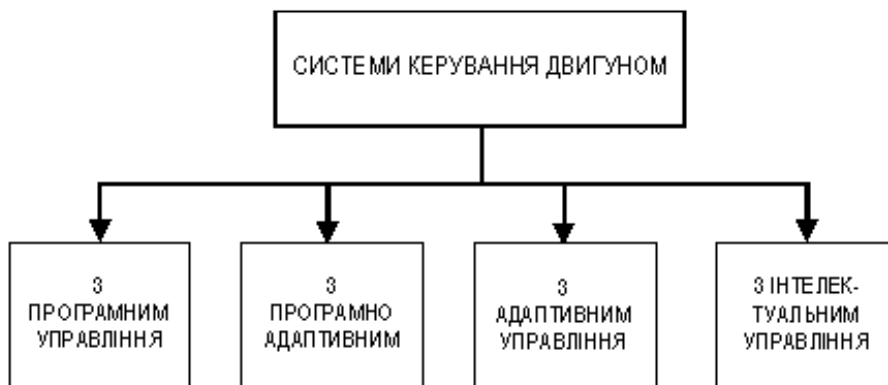


Рис. 1.3 - Класифікація систем керування двигуном за інформаційною ознакою

Системи із програмним управлінням.

У цю систему входять звичайні карбюратори, системи запалювання з автоматами випередження запалення

та постійними програмами дії та всі інші автоматичні системи керування двигуном без зворотного зв'язку. Причому системи управління, у яких використовувалися елементи електроніки, теж були побудовані як системи з програмним управлінням. Звичайні карбюратори діють як системи з програмним управлінням, а карбюратори в яких компенсація складу паливної суміші здійснювалася методом підвищення тиску у жиклера або введенням компенсаційного жиклера, є системами, в яких інформація про витрату повітря без проміжних ланок впливає на закінчення палива. Таким чином, пояснюється те, що карбюратори з системою компенсації шляхом підвищення тиску у жиклера набули найбільшого поширення. Всі інші системи керування двигуном - системи з проміжними ланками.

Системи із програмно адаптивним управлінням.

Застосування засобів електроніки дозволило перейти у ряді випадків до програмно-адаптивних систем. Основним фактором, що стимулював застосування зазначених систем, стала необхідність зменшення токсичності відпрацьованих газів за допомогою трикомпонентного нейтралізатора, який ефективний тільки при стехіометричному складі горючої суміші. Забезпечити в умовах експлуатації стехіометричний склад горючої суміші виявилось можливим лише при введенні зворотного зв'язку за допомогою датчика кисню, встановленого у випускному трубопроводі. Іншим стимулом для застосування програмно-адаптивних систем стало прагнення захистити двигун від руйнівної дії детонації. Великий

вплив факторів, що впливають на виникнення та інтенсивність детонації, робить програмно - адаптивну систему придушення детонації найбільш ефективною особливо при застосуванні неетильованих бензинів, оскільки сполуки свинцю "отруюють" каталітичні нейтралізатори.

Програмно - адаптивні системи за критерієм детонації набувають з кожним роком все більшого поширення. Ці системи застосовуються і в двигунах з наддувом та іншими пристроями регулювання газообміну.

Системи з адаптивним керуванням.

Такі системи є найвищим рівнем автоматизації керування циклами двигуна.

Системи із інтелектуальним управлінням. Це група систем найближчого майбутнього, які вже починають з'являтися, і мабуть, незабаром займуть провідне місце в системах керування двигуном та автомобілем.

Вид палива впливає на структуру та алгоритм роботи системи управління у тому плані, що при однокомпонентному (рідкому чи газоподібному) паливі дозувати необхідно лише один компонент. При двокомпонентному (рідкісному + газоподібному) паливі потрібно дозувати обидва компоненти, причому витрати одного з них необхідно розраховувати або вимірювати. Тип сумішоутворення (зовнішнє або внутрішнє) та спосіб займання горючої суміші (примусове запалення або самозаймання від стиснення) докорінно змінюють структуру та склад системи управління.

З урахуванням викладеної системи керування двигунами внутрішнього згоряння можна класифікувати за такою схемою:

1. За типом керованого об'єкта:

- а) двигуни із примусовим запалюванням;
- б) дизелі;

2. За фракційним складом палива:

- а) однокомпонентні;
- б) двокомпонентні.

3. За функціями системи управління, що виконуються:

- а) управління подачею палива;
- б) управління запаленням;
- в) регулювання частоти обертання.

4. За критерієм управління чи оптимізації:

- а) за крутним моментом;
- б) за навантаженням;
- в) за частотою обертання;
- г) за питомою витратою палива;
- д) щодо викиду токсичних речовин;
- е) щодо теплового стану агрегату чи окремих деталей.

5. За принципом дії елементної бази електронних блоків системи управління:

- а) аналогові компоненти;
- б) цифрові.

6. За принципом дії виконавчих устроїв:

- а) електричні;
- б) електропневматичні;
- в) електрогідравлічні;
- г) електромагнітні та ін.

7. По протяжності у годині керуючих впливів:

- а) безперервної дії;
- б) дискретні.

8. За способом впливу на об'єкт управління:

- а) зміна подачі палива;
- б) зміна фази внутрішньоциліндрового процесу (випередження впорскування чи

запалювання); зміна фаз газорозподілу;

в) відключення циліндрів на часткових режимах роботи;

г) зміна робочого об'єму циліндрів, ступеня стиснення або розширення;

д) зміна налаштування трансмісії.

9. За алгоритмами управління та принципами їх реалізації:

а) програмні;

б) програмно-адаптивні;

в) адаптивно-екстремальні (самоналаштовуються).

10. За наявності зворотний зв'язок у системі управління:

а) розімкнені;

б) замкнуті із зворотним зв'язком.

Основні вимоги до систем керування двигунами

Для досягнення найкращої економічності, чистоти відпрацьованих газів або прийомистості двигуна необхідно керувати кількістю палива, що подається, і фазами його займання в залежності від навантаження і частоти обертання колінчастого валу.

Система керування бензинового двигуна повинна забезпечувати:

1. Збагачення суміші та збільшення кількості повітря при пуску холодного двигуна.

2. Регулювання складу суміші у процесі прогрівання двигуна.

3. Економічний режим роботи двигуна на основних експлуатаційних режимах.

4. Збагачення паливної суміші на режимі максимальної потужності.

5. Припинення подачі палива на примусовому холостому ході або відключення частини циліндрів.

6. Управління роботою турбокомпресора (за наявності турбонаддува) підтримки рівня допустимих тисків в циліндрах при згорянні палива.

7. Керувати моментом запалення з урахуванням частоти обертання колінчастого валу та навантаження, виключаючи детонаційне згорання.

8. Підтримувати склад стехіометрії суміші для надійної роботи трьохкомпонентних нейтралізаторів.

1.4.2 Основні функціональні завдання СУД

Призначення системи управління у тому, щоб забезпечити оптимальний склад робочої суміші в циліндрах двигуна і спалахнути їх у циліндрі двигуна у певний час.

Двигун є пристроєм, що виконує функцію керованого перетворення хімічної енергії палива на механічну роботу (енергію).

Як об'єкт управління двигун характеризується: вхідними параметрами – параметрами, які впливають перебіг робочого процесу двигуні. Їхні значення визначаються зовнішніми впливами на двигун з боку водія або СКД, тому їх також називають **керуючими** (рис.1.4).

До вхідних параметрів можна віднести:

- кут відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$;
- кут випередження запалення θ ;
- циклова подача $G_{тц}$;
- циклове наповнення двигуна $G_{вц}$ і т.ін.

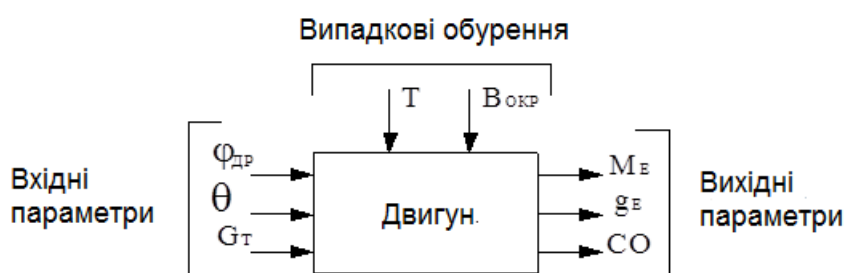


Рис. 1.4 - Схема двигуна як об'єкта керування

Вихідними (керованими) параметрами, що характеризують стан двигуна у робочому режимі. До них відносяться:

- частота обертання колінчастого валу n ;
- потужність, що віддається на валу P ;
- крутний момент M_B ;
- показник паливної економічності g_e ;
- показники токсичності відпрацьованих газів (зміст CO , CH , NO_x) та ін;

Внутрішніми параметрами або параметрами стану, що характеризують робочі процеси, стан систем, що забезпечують, конструктивні особливості двигуна.

Наприклад:

- температура двигуна $T_{дв}$;
- напруга в електричній мережі U_0 ;
- ступінь стиснення робочої суміші ϵ та ін;

Зовнішніми впливами, що мають випадковий характер і заважають управлінню.

До них можуть бути віднесені:

- температура атмосферного повітря T ;
- атмосферний тиск p ;
- вологість повітря h
- тощо.

Склад робочої суміші характеризується двома основними показниками:

- ставленням кількості палива та повітря у складі суміші показник – «лямбда» (λ)
- гомогенністю (однорідністю) тобто. якістю змішування складових частин суміші.

Момент займання суміші визначається кутом випередження запалення.

1.4.3 Принципи керування

Принцип керування дає загальне уявлення про спосіб керування об'єктом управління. Він показує, як об'єкт управління повинен реагувати на обурення та сигнали, що управляють. Охарактеризуємо принципи, закладені основою побудови існуючих систем керування (СКД).

Автомобільний двигун є системою, що складається з окремих підсистем: паливно-емісійної, запалювання, охолодження, мастила і т.д. Усі системи пов'язані одна з одною і за функціонуванні вони утворюють єдине ціле.

Керування двигуном не можна розглядати у відриві від керування автомобілем. Швидкісні та навантажувальні режими роботи двигуна залежать від швидкісних режимів руху автомобіля в різних умовах експлуатації, які включають розгони та уповільнення, рух з відносно постійною швидкістю, зупинки.

Водій змінює швидкісний та навантажувальний режим двигуна, впливаючи на передатне відношення трансмісії автомобіля та педаль акселератора (дросельну заслінку). Вихідні характеристики двигуна при цьому залежать від складу паливоповітряної суміші та кута випередження запалення, керування якими здійснюється за допомогою механічних, електронно-механічних або електронних систем керування двигуном автоматично.

Для двигуна внутрішнього згоряння характерна періодична повторюваність робочих циклів. Тому важливим принципом керування двигуном є циклічність керування. Це зумовлює необхідність узгодження частотних параметрів керуючих впливів із частотою робочих циклів двигуна. Іншими словами, СКД повинна встигати сприймати інформацію про стан двигуна, обробляти її і передавати відповідні керуючі на двигун протягом обмежених за часом тактів робочого циклу (2-3 мс), що накладає жорсткі вимоги на швидкодію СКД.

Як об'єкт управління двигун є нелінійним, тому що реакція на суму будь-яких

зовнішніх впливів не дорівнює сумі реакцій на кожну з дій окремо. Враховуючи, що двигун зазвичай працює на нестационарних (змінних у часі) режимах, виникає проблема оптимального та адаптивного (самонастроюваного) управління двигуном. Принципи оптимального та адаптивного управління виявилось можливим реалізувати завдяки розвитку електронних систем управління.

Слід зазначити, що з побудови оптимальних адаптивних управляючих систем потрібна наявність математичних моделей об'єкта управління. Через складність конструкції, наявність допусків на розміри деталей, двигуни однієї і тієї ж моделі мають різні характеристики. Крім того, за конструктивними параметрами відрізняються окремі циліндри багаточиліндрового двигуна. У зв'язку з цим, загальні, досить точні та повні математичні моделі двигунів внутрішнього згоряння у традиційному аналітичному вигляді нині відсутні (це характерно для більшості складних технічних систем). Вихід знаходять у побудові емпіричних залежностей між параметрами індивідуальних типів двигунів та поданні їх у формі таблиць. Ці таблиці містять великі обсяги даних і можуть бути використані в системах управління тільки за наявності засобів обчислювальної техніки, що має достатній обсяг пам'яті та високу обчислювальну потужність.

Автомобільний двигун є багатовимірним об'єктом управління, т.к. число вхідних параметрів у нього більше одного і кожен вхідний параметр впливає на два та більше вихідних. У такому разі система управління має бути багатовимірною. Для багатовимірних об'єктів управління таблиці залежностей між параметрами повинні бути багатовимірними. Такі таблиці та його графічне уявлення називають характеристичними картами. Детальніше ми зупинимося на них нижче.

Широке поширення автомобільних двигунів зумовило велику різноманітність їх конструкцій. Це призводить до багатоваріантності систем керування. Так, якщо в карбюраторних системах паливободачі практично не використовується електроніка, то сучасні системи упорскування палива створюються тільки на основі керування електронними системами. А це призводить, у свою чергу, до взаємовпливу розвитку електронної (і насамперед обчислювальної) техніки на конструктивну реалізацію проєктованих двигунів.

На підставі вищевикладеного сформулюємо **основні принципи керування двигуном**:

- циклічність керуючих впливів, синхронізована із тактами робочого циклу двигуна;
- поєднання програмного управління зі зворотними зв'язками;
- оптимальність та адаптивність управління.

1.4.4 Критерії керування

Вибір критеріїв керування диктується цілями чи цільовими завданнями, які вирішуються об'єктом управління.

Автомобільний двигун – складна система, цільові завдання якої відповідають потребам різних груп людей та суперечливі вже хоча б тому. Так, перед конструктором двигуна стоїть проблема зробити максимально надійний, максимально потужний двигун. Споживач очікує появи на ринку гранично простого в експлуатації, дешевого та економічного автомобіля; відповідних якостей він очікує і від двигуна. Легкий, безшумний, екологічно чистий двигун – вимога борців за охорону навколишнього середовища. Система керування двигуном як система, забезпечує його оптимальне функціонування, підпорядкована цільовим завданням керованої системи, тобто, власне двигуна.

Вважається, що основне призначення систем керування двигуном полягає в забезпеченні:

- максимальної потужності двигуна при мінімальній витраті палива (енергії), а також до цього,

- забезпеченні мінімального вмісту шкідливих речовин в відпрацьованих газах. Можна показати, що такої ідеальної системи керування (задовольняє відразу всім цим критеріям) у природі немає.

Припустимо, що вміст шкідливих речовин у вихлопних газах залежить від якості робочої суміші, що надходить у циліндри поршневого двигуна. Спочатку якість суміші охарактеризуємо словесно: багата, бідна і нормальна, що означає надлишок, недолік і раціональне відносне вміст палива у її складі. Подані на рис. 1.5 залежності потужності та економічності двигуна від якості суміші говорять про те, що максимальної потужності можна досягти при багатій суміші, мінімуму витрати - при збідненій.

Принципово неможливо створити таку систему управління, яка одночасно задовольняла б критеріям максимуму потужності та мінімуму витрати. Принципово - тому, що суміш не може бути бідною і багатю одночасно.

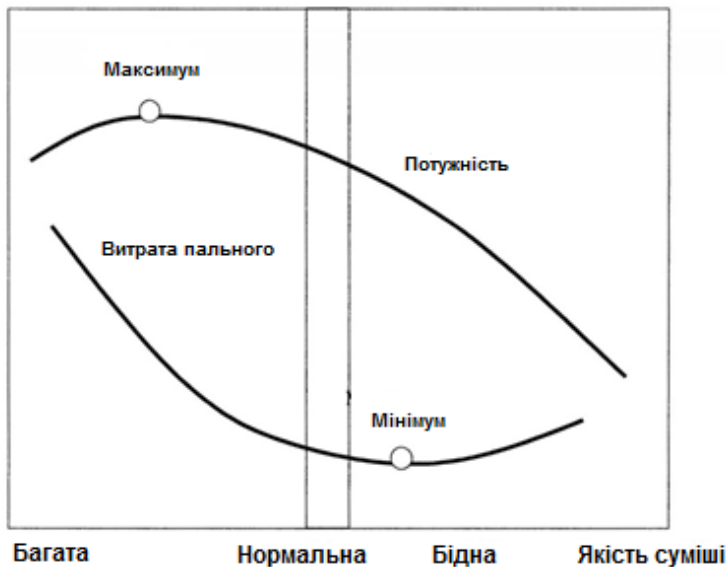


Рис. 1.5 – Залежності потужності та економічності двигуна від якості суміші

Для потужності можна пожертвувати деякою кількістю палива, збагачуючи суміш, що, до речі і робиться на окремих режимах роботи двигуна (наприклад, при запуску, на режимах максимальних навантажень) або на окремих класах автомобілів. Це призводить до інтенсивного утворення нагару, підвищених навантажень на механізми та вузли двигуна та

автомобіля і, як наслідок, до різкого зниження надійності двигуна, його ресурсу.

На користь підвищення економічності АТ деякі виробники спеціально збіднюють робочу суміш. При цьому виникають тенденції до детонації, двигун перегрівається через повільне згоряння палива. У результаті – той самий ефект. Як знайти компроміс між цими вимогами, які взаємно виключають один одного? Компроміс було знайдено. В його основі – останній із наведених критеріїв – екологічна безпека автомобільного транспорту.

Системи управління створюють насамперед для забезпечення стабільної та екологічно безпечної роботи двигуна.

Отже, правильніше було б визначити систему керування двигуном як таку систему, яка прагне забезпечити максимально безпечну (з точки зору охорони навколишнього середовища) роботу двигуна, за прийнятних потужностей та економічності двигуна. Нижче буде показано, що таке прагнення на більшості режимів досягається досить успішно, однак у ряді випадків конструкторам не вдається повністю позбавитися шкідливості автомобільних викидів.

1.4.5 Загальні принципи побудови та функціонування СКД

Наприклад як працює СКД розглянемо її функціональну схему (рис. 1.6).

У контролер від датчиків надходять аналогові сигнали 1-11, (грецька аналогія – відповідність, подібність, подоба), або, іншими словами, до контролера "подаються" не безпосередньо температура, тиск і т. ін., а електричний аналог – струм, з відповідним чином змінними параметрами (напруга, сила).

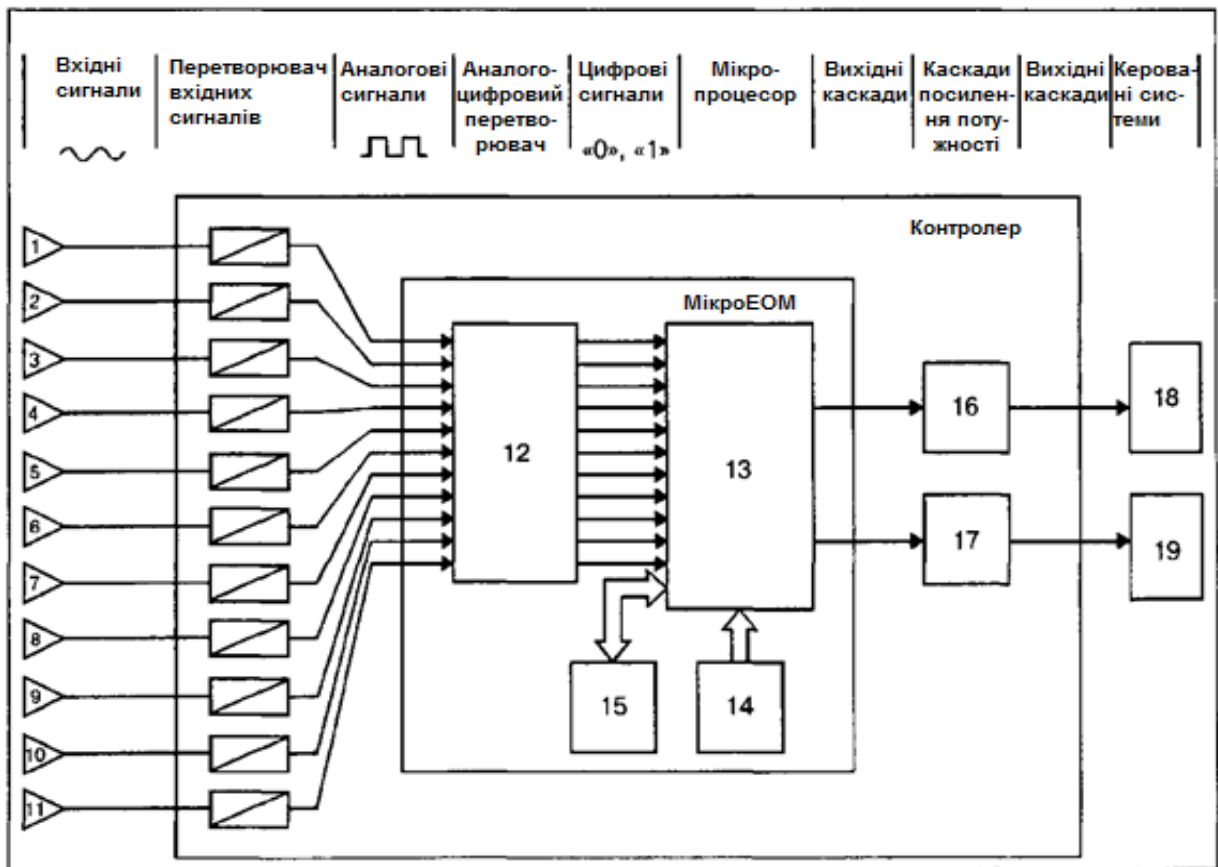


Рис. 6 – Функціональна схема електронного керування двигуном

Вхідні сигнали: 1 – кутове положення колінчастого валу, 2 – частота обертання колінчастого валу двигуна, 3 – об'єм повітря, що всмоктується, 4 – температура повітря, що всмоктується, 5 – температура охолоджуючої рідини, 6 – напруга акумуляторної батареї, 7 – положення дросельної заслінки, інформація про режим пуску, 9 – жорсткість згоряння, детонація, 10 – стан двигуна, компресія, 11 – лямбда-зонд.

Елементи системи: 12 – аналого-цифровий перетворювач, 13 – мікропроцесор, вхідні та вихідні схеми, 14, 15 – постійний та проміжний блоки пам'яті, 16, 17 – каскади посилення, 18 – система живлення, 19 – система запалювання.

У загальному випадку зміна струмів і напруг відбувається безперервно за тим чи іншим законом, наприклад, за синусоїдальним. Інтегральні схеми мікропроцесорів ЕОМ характеризуються тим, що вони працюють в імпульсному режимі і можуть перебувати лише в одному з двох станів – згідно з застосовуваною в сучасних ЕОМ двійковою системою числення (тільки дві цифри – нуль та одиниця). Тому сигнали датчиків, спочатку перетворюються на "чіткіші" аналогові сигнали, які у свою чергу в аналого-цифровому перетворювачі 12, перетворюються на цифрову інформацію.

Мікропроцесор 13 обробляє отриману інформацію за програмою, закладеною в блоці пам'яті 14 з використанням блоку оперативної пам'яті 15.

Вихідні сигнали мікроЕОМ не можуть бути використані для безпосереднього керування запаленням, форсунками, насосом у зв'язку з їх малою потужністю. Тільки після проходження їх через вихідні каскади посилення 16, 17 вони перетворюються на команди (електричні сигнали), що впливають на системи живлення та запалювання.

Питання і завдання для самоконтролю

- 1 Назвіть стратегії технічної експлуатації автомобілів.
- 2 Які показники ефективності функціонування автомобілів ви знаєте?
- 3 Способи здійснення зв'язків між агрегатами та системами автомобіля.
- 4 Технічна система «Водій – автомобіль – дорога».
- 5 Класифікація систем керування автомобілем.
- 6 Загальний принцип роботи електронних систем керування автомобіля.
- 7 Класифікація електронних блоків систем керування за функціональним призначенням.
- 8 Види різних електронних систем та модулів, що застосовуються на автомобілях.
- 9 Основні вимоги до систем управління двигунами.
- 10 Призначення систем керування двигунами.

Тема 2: СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДВИГУНОМ (4 години) Системи упорскування палива бензинового ДВЗ. Част. 1,2

План:

- 2.1 Системи впорскування бензину
- 2.2 Класифікація систем упорскування палива
- 2.3 Мікропроцесорні системи керування бензиновим двигуном
- 2.4 Режими роботи системи керування двигуном

2.1 Системи впорскування бензину

Короткі відомості про системи упорскування та їх еволюцію

Перші системи упорскування бензину з'явилися на авіаційних двигунах ще в 30-х роках. Потім вони знайшли застосування на гоночних автомобілях. А 1954 р. Mercedes-Benz представив перший серійний автомобіль, двигун якого був оснащений механічною системою упорскування. Це було купе 300 SL. У США піонером виявився концерн "Дженерал Моторс" (GM). У 1957 році деякі моделі Chevrolet та Pontiac пропонувалися із системою упорскування палива фірми Rochester. Але вона виявилася надто складною та ненадійною, і тому попит у покупців не мала. Водночас там була розроблена перша система упорскування з електронним управлінням і навіть спроба випускати з нею автомобілі. Але висока вартість виявилася непереборною перешкодою. Початком поширення електронних систем упорскування вважатимуться 1967 рік. Це з появою на ринку новинки від фірми Bosch - системи з електронним управлінням D-Jetronic.

Еволюція систем упорскування

1967: D-Jetronic

Перша система упорскування палива з електронним керуванням. Електронасос подає паливо під постійним тиском 2 бар (0,2 МПа) до електромагнітних форсунок, які періодично (циклічно) впорскують паливо у впускні трубопроводи, де воно змішується з повітрям. Оскільки тиск палива постійно, його кількість визначається тривалістю відкритого стану форсунки. Електронний блок управління (БУ), виконаний на 25 транзисторах, визначає тривалість імпульсу, що управляє, залежно від температурного режиму, частоти обертання і навантаження двигуна. Інформація про навантаження міститься у сигналі датчика розрідження у впускному колекторі. Назва **Jetronic** фірма Bosch використовує для систем, що керують лише паливоподачею.

1973: K-Jetronic

У системі K-Jetronic паливо, що подається електронасосом, проходить через регулятор-розподільник до форсунок, що безперервно впорскують трубопроводи. Плунжер регулятора, що змінює переріз потоку палива, пов'язаний через важіль з пластиною, розташованою перпендикулярно потоку повітря у впускному тракті перед дросельною заслінкою. Зміна витрати повітря викликає переміщення плунжера регулятора та, відповідно, зміна подачі палива. Пізніше, відповідно до екологічних вимог, що змінилися, ця система була доповнена допоміжним БУ, лямбда-зондом, електроклапаном і деякими іншими вузлами.

1973: L-Jetronic

Електронна система упорскування з безпосереднім виміром витрати повітря та електромагнітними форсунками. Паливо від електронасоса подається до форсунок магістралі, в якій встановлений регулятор тиску, що підтримує постійну різницю між тиском палива і повітря у впускному колекторі, що дозволяє більш точно дозувати паливо. Датчик витрати повітря містить поворотну заслінку, з'єднану зі зворотною пружиною та потенціометром. У датчик витрати повітря вбудований датчик температури для врахування залежності густини повітря від його температури. Для спрощення всі форсунки електрично з'єднані паралельно і здійснюють упорскування один раз при кожному обороті

колінчастого валу. Для деяких ринків випускалися спеціальні модифікації, які відрізнялися деталями: **LE-Jetronic** для Європи та **LU-Jetronic** для США.

1976: Початок виробництва лямбда-зонду.

Лямбда-зонд (λ-зонд) або датчик концентрації кисню – датчик (частіше, два датчики) для вимірювання вмісту кисню у відпрацьованих газах, що розташований (розташовані) у випускній системі двигуна внутрішнього згоряння. Встановлення таких датчиків дозволяє забезпечити точне регулювання складу паливо-повітряної суміші у процесі роботи двигуна. У світі є чотири головних виробники лямбда-зондів: **NGK, Bosch, Denso, Delphi.**

1979: Motronic

Назву Motronic фірма Bosch застосовує до систем, що одночасно управляють паливоподачею та запалюванням від одного БК відповідно до загальних умов оптимізації. Система виконана з урахуванням L-Jetronic.

1981: LH-Jetronic

Дана система створена на основі **L-Jetronic** та відрізняється застосуванням датчика масової витрати повітря. Повітря, що надходить у двигун, обдуває дротяну, що підігрівається, яка є частиною електричного вимірювального моста. Сигнал з датчика разом з частотою обертання двигуна є основними величинами, що задають, для роботи системи. Датчик температури, вбудований у вимірювач маси повітря, забезпечує незалежність вихідного сигналу від температури повітря.

1982: KE-Jetronic

Система **KE-Jetronic** – розвиток K-Jetronic. Відрізняється конструкцією регулятора-розподільника, який додатково вбудований електрогідравлічний регулятор, керований мікропроцесорним БК. Крім того, датчик витрати повітря з'єднаний не тільки з плунжером, як і в K-Jetronic, але і з потенціометром, сигнал якого надходить в БК.

1986: Mono-Jetronic

Система центрального (або однотокового) упорскування з електронним керуванням містить лише одну електромагнітну форсунку, яка встановлена перед дросельною заслінкою. Паливоповітряна суміш надходить у циліндри двигуна так само, як і при застосуванні карбюратора. За точністю паливоподачі займає проміжне положення між карбюратором і розподіленим упорскуванням.

1989: Motronic MP3

В даній системі в якості датчика навантаження двигуна використовується датчик розрідження у впускному колекторі.

1989: Motronic M3

Відрізняється від Motronic MP3 визначенням навантаження двигуна за датчиком масової витрати повітря та застосуванням у блоці управління 16-розрядного мікропроцесора замість 8-розрядного.

1991: Шина CAN

До блоку управління додано інтерфейс для інформаційного обміну з іншими мікропроцесорними системами управління (протибуксовувальна система, автоматична коробка передач і т.і.) через високошвидкісний канал **CAN**.

2000 Система безпосереднього упорскування бензину Мотронік MED 7.

Система **Мотронік MED 7**, керуючи крутним моментом двигуна, дозволяє завдяки роботі двигуна на особливо збіднених горючих сумішах, поєднувати мінімальне споживання палива (економія до 15-20%) з гарною динамікою руху автомобіля.

2.2 Класифікація систем упорскування палива

Застосування систем упорскування палива замість традиційних карбюраторів забезпечує підвищення паливної економічності та зниження токсичності відпрацьованих газів. Вони дозволяють більшою мірою порівняно з карбюраторами з електронним

керуванням оптимізувати процес сумішоутворення. Однак слід зазначити, що системи впорскування палива складніші за системи паливоподачі з використанням карбюраторів через більшу кількість рухомих прецизійних механічних елементів та електронних пристроїв і вимагають більш кваліфікованого обслуговування в експлуатації.

У міру розвитку систем упорскування палива на автомобілі встановлювалися механічні, електронні та цифрові системи. На цей час структурні схеми систем впорскування палива переважно стабілізувалися. Класифікація способів упорскування палива показано на рис.2.1.

При розподіленому впорскуванні паливо подається в зону впускних клапанів кожного циліндра групами форсунок без узгодження моменту впорскування з процесами впуску в кожен циліндр (неузгоджене впорскування) або кожною форсункою в певний момент часу, узгоджений з відкриттям відповідних впускних клапанів циліндрів (узгоджене). Системи розподіленого впорскування палива дозволяють підвищити прийомистість автомобіля, надійність пуску, прискорити прогрів та збільшити потужність двигуна.



Рис.2.1 - Класифікація способів упорскування палива

При розподіленому впорскуванні палива з'являється можливість застосування газодинамічного наддуву, розширюються можливості створення різних конструкцій впускного

трубопроводу. Однак у таких систем порівняно з центральним упорскуванням більша похибка дозування палива через малі циклові подачі.

Ідентичність складів горючої суміші по циліндрах більшою мірою залежить від нерівномірності дозування палива форсунками, ніж від конструкції впускної системи. При центральному впорскуванні паливо подається однією форсункою, що встановлюється на ділянці до розгалуження впускного трубопроводу. Істотних змін у конструкції двигуна немає. Система центрального впорскування практично взаємозамінна з карбюратором і може застосовуватися на двигунах, що вже експлуатуються. При центральному впорскуванні забезпечується більша точність та стабільність дозування палива.

Структурну схему системи впорскування палива з програмним управлінням наведено на рис.2.2.

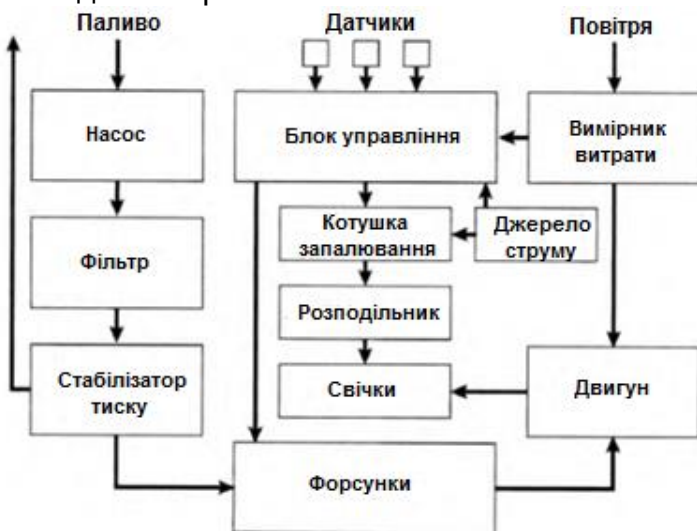


Рис. 2.2 - Структурна схема системи впорскування палива з програмним керуванням

Особливо ефективна щодо підвищення паливної економічності система розподіленого впорскування палива у поєднанні із цифровою системою запалювання.

У світовій практиці розробкою електронних систем упорскування палива займаються багато фірм, проте найбільш відомі в Європі: **Bosch**, **Siemens**, тому найчастіше використовують їх

позначення систем. Загальноприйнятим міжнародним позначенням електронних систем

упорскування є **Jetronic**. В даний час у масовому виробництві переважає система під назвою **LH-Jetronic**, яка є системою розподіленого упорскування палива у впускний трубопровід. Застосовується як синхронне та асинхронне впорскування палива. Головною рисою цієї системи є термоанемометричний витратомір повітря, замість витратоміра на основі потенціометра із заслінкою.

2.3 Мікропроцесорні системи керування бензиновим двигуном

Зараз практично відмовилися виробники від окремих електронних систем упорскування і виробляють електронні системи керування двигуном (МСКД), що поєднують керування упорскуванням палива та запаленням бензинового двигуна. Такі системи позначаються Motronic. На сучасному етапі найпоширеніше використання мають три типи систем:

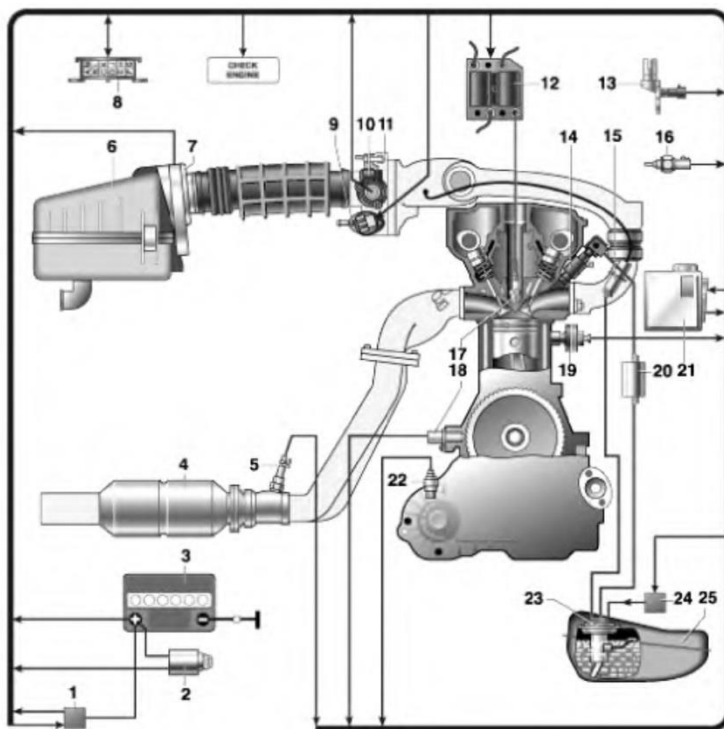
- **M-Motronic** - мікропроцесорна система управління запалюванням та розподіленим упорскуванням палива;
- **ME-Motronic** - мікропроцесорна система управління запалюванням та розподіленим, послідовним упорскуванням палива, з λ -регулюванням та електронним дроселем (система ETC);
- **MED-Motronic**-мікропроцесорна система управління запалюванням та безпосереднім упорскуванням палива в циліндри (**Direct injection, DI**).

2.3.1 Компонентний склад мікропроцесорних систем керування двигуном (МСКД)

Розглянемо компонентний склад мікропроцесорних систем керування двигуном (МСУД) класу M-Motronic.

До складу системи входять: комплект датчиків (вхідна периферія), електронний блок керування (ЕБК), набір виконавчих пристроїв (вихідна периферія) та джгут проводів із з'єднувачами (виконує функції найпростішого інтерфейсу).

Розглянемо компонентний склад мікропроцесорних систем керування двигуном (МСУД), рис.2.3.



- 1 – реле запалювання; 2 – центральний перемикач; 3 – акумуляторна батарея; 4 – нейтралізатор ОГ; 5 – датчик кисню; 6 – повітряний фільтр; 7 – датчик масової витрати повітря; 8 – діагностичний роз'єм; 9 – регулятор холостого ходу; 10 – датчик положення дросельної заслінки; 11 – дросельний патрубок; 12 – модуль запалення; 13 – датчик фаз; 14 – паливна форсунка; 15 – регулятор тиску палива; 16 – датчик температури охолоджувальної рідини; 17 – свічка запалювання; 18 – датчик положення колінчастого валу; 19 – датчик детонації; 20 – паливний фільтр; 21 – контролер (ЕБК, ECU); 22 – датчик швидкості; 23 – паливний насос; 24 – реле включення паливного насоса; 25 – бензобак

Рис. 2.3 - Схема мікропроцесорної системи керування двигуном (МСКД)

На основі отриманої від вхідних датчиків інформації та відповідно до закладеної в пристрій пам'яті (ПП) програмою ЕБК управляє наступними підсистемами та пристроями:

- підсистемою паливоподачі (електробензонасосом (ЕБН) через реле);
- електромагнітними форсунками;
- свічками запалення (через модуль запалення);
- підсистемою стабілізації оборотів на холостому ході (регулятор додаткового повітря (РДВ), (регулятор холостого ходу, (РХХ));
- підсистемою діагностики (діагностичний роз'єм та лампа «check engine»).

У даній системі застосовуються сім датчиків, які разом утворюють вхідну периферію.

Датчик температури повітря (**ДТП**) у впускному трубопроводі та датчик температури охолоджуючої рідини (**ДТОР**) є інтегральними датчиками. Вони є термочутливі напівпровідникові елементи однокристалеві з периферійними електронними мікросхемами. **ДТП** встановлений у каналі впускної труби 4-го циліндра, а **ДТОР** – на корпусі термостата. Вихідним сигналом у кожному з датчиків є падіння напруги на напівпровідниковому елементі, яке залежить від температури, що вимірюється. За цими сигналами ЕБК коригує характеристики паливоподачі та кута випередження запалення. При виникненні несправностей у датчиках або їх ланцюгах в комбінації приладів загоряється контрольна лампа.

Датчик положення колінчастого валу (ДПКВ)

Існує три види ДПКВ, що відрізняються за принципом дії:

- **Індуктивний (магнітний)**. Його принцип дії ґрунтується на електромагнітній індукції.
- **Датчик Холлу**. Цей тип ДПКВ працює на основі ефекту Холла.
- **Оптичні**. Робота заснована на джерелі та приймачі світла (світлодіод та фотодіод).

Найбільш широке поширення щодо застосування в МСУД отримав датчик індукційного типу.

ДПКВ вимірює один параметр - положення колінчастого валу в кожний момент часу. На основі отриманих даних визначаються частота обертання валу та його кутова швидкість. Отримуючи цю інформацію, ЕБК вирішує широке коло завдань:

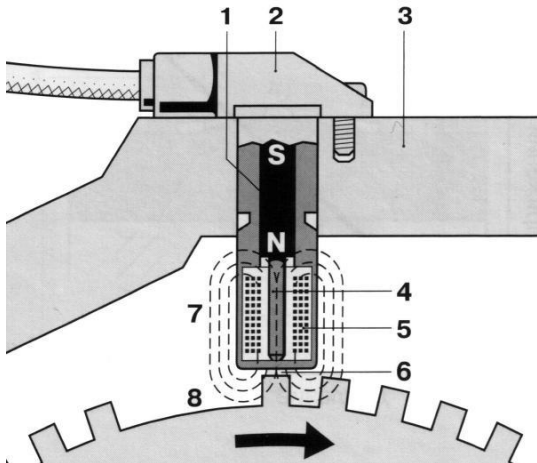
- визначення моменту проходження ВМТ (або НМТ) поршнів першого та/або четвертого циліндрів;
- управління системою упорскування палива – визначення моменту впорскування та тривалості роботи форсунок;
- управління системою запалювання – визначення моменту запалювання у кожному циліндрі;
- управління системою зміни фаз газорозподілу;
- управління роботою компонентів системи уловлювання парів палива;
- контроль та корекція роботи інших пов'язаних із двигуном систем.

З перерахованих функцій зрозуміло, що даний датчик є одним з головних вимірювальних приладів, що задають у двигуні, і запуск двигуна з несправним датчиком буде просто неможливий.

Давайте розглянемо принцип роботи даного датчика положення колінчастого валу (рис. 2.4).

На рис. 2.4 схематично зображено основні елементи даного датчика. На більшості бензинових автомобілів встановлюється диск, що задає, з кількістю в 58 зубів (60-2), а так само пропуском у два зуби для початку відліку (як правило, це момент знаходження поршня першого циліндра у верхній мертвій точці).

На окремих автомобілях з дизельним двигуном для полегшення запуску двигуна через більш швидкого визначення положення колінчастого валу, встановлюється диск, що задає, з двома пропусками зубів на задаючому диску розташованими через 180°.



1. Постійний магніт; 2. Корпус датчика положення колінчастого валу; 3. Картер двигуна автомобіля, куди встановлюється даний датчик; 7. Магнітне поле, що створюється при русі диска, що задає; 8. Диск синхронізації, за допомогою якого відбувається створення ЕРС на датчику і ведеться відлік положення колінчастого валу.

Рис. 2.4 – Принцип роботи датчика положення колінчастого валу індукційного типу

Диск синхронізації 4 закріплений на шківі колінчастого валу і є зубчастим колесом із зубами. Для синхронізації два зуби відсутні. Номер зуба на диску відраховується від місця пропуску двох зубів (від западини) проти годинникової стрілки. При суміщенні середини першого зуба диска синхронізації з віссю датчика колінчастий вал двигуна знаходиться в положенні 114° (20 зубів) до верхньої мертвої точки 1-го і 4-го циліндрів (рис. 2.5).



Рис. 2.5 – Рахунок зубів на диску синхронізації

При обертанні колінчастого валу (отже диска синхронізації) в обмотці датчика наводяться імпульси напруги змінного струму. За кількістю та частотою слідування цих імпульсів в ЕБК визначається положення та частота обертання колінчастого валу, за якими розраховується момент спрацьовування форсунок та котушок запалювання.

Таким чином, принцип роботи полягає в тому, що при обертанні диска, що задає, змінюється магнітний потік, сформований постійним магнітом, на обмотці датчика

формується електричний імпульс, який в подальшому і обробляється ЕБК автомобіля.

Сигнал датчика положення колінчастого валу, знятий мотортестером, виглядає наступним чином (рис.2.6).

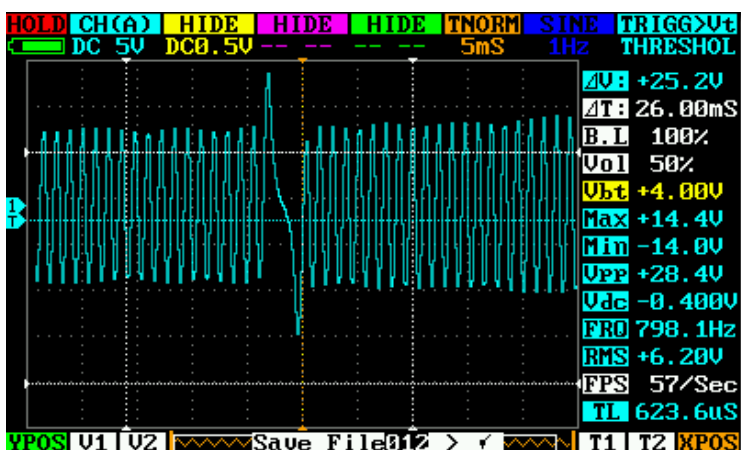


Рис. 2.6 – Осцилограма сигналу ДПКВ

Діагностика датчика положення колінчастого валу можлива, як за допомогою сканера, так і за допомогою мотор тестера, але у разі діагностики сканером, Ви зможете зробити висновок лише працює або не працює ДПКВ щодо відображення кількості обертів двигуна при спробі запуску

двигуна, якщо оберти не відображаються, то однією з причин може бути несправність ДПКВ.

У разі виконання діагностики даного датчика за допомогою мотортестера, Ви зможете визначити не тільки, чи працює чи не працює датчик, а й коректність його роботи. Прикладом може бути визначення такої несправності, як викривленість задає диска, його намагніченість тощо.

Розрив між імпульсами і є не що інше, як пропуск зубів на диску, що задає.

Плюсами використання ДПКВ є відсутність будь-яких рухомих елементів і простота конструкції, у свою чергу з мінусів можна відзначити необхідність великої частоти обертання диска для створення ЕРС на обмотці датчика.

Типовою ознакою несправності датчика положення розподільного валу є відсутність обертів на сканері при спробі завести двигун, а ознакою коротко замкнутих витків в обмотці датчика може служити те, що Ваш автомобіль перестане заводиться, зі стартера при цьому відмінно буде заводиться з «штовхача» причиною виступає зменшена кількість витків в обмотці і як наслідок необхідність більшого числа обертання диска, що задає, яке не може розвинути стартер.

Зазор між торцем датчика та зубами диска становить **0,8...1,0 мм**. Опір обмотки датчика становить **~900 Ω**. При роботі двигуна на оборотах холостого ходу, амплітуда напруги синхроімпульсів повинна бути не менше **±6 V**. У режимі прокручування двигуна стартером, амплітуда напруги синхроімпульсів повинна бути не менше **±0,5 V**.

При максимальній частоті обертання двигуна амплітуда напруги імпульсів може перевищувати **±200 V**.

Датчик масової витрати повітря (ДМВП)

ДМВП встановлюється між корпусом повітряного фільтра та впускним колектором. Він призначений для вимірювання кількості повітря, що надходить у двигун, і передачі сигналу у блок управління двигуном. Отримані значення використовуються для обчислення кількості палива, що впорскується, а в дизельних двигунах – також для регулювання роботи системи рециркуляції вихлопних газів.

Таким чином, датчик масової витрати повітря є важливим компонентом систем подачі повітря та зниження вмісту шкідливих речовин. Датчик масової витрати повітря в зборі складається з повітряного патрубку, всередині якого повітря, що входить, безпосередньо обтікає чутливий елемент датчика (рис. 2.7).

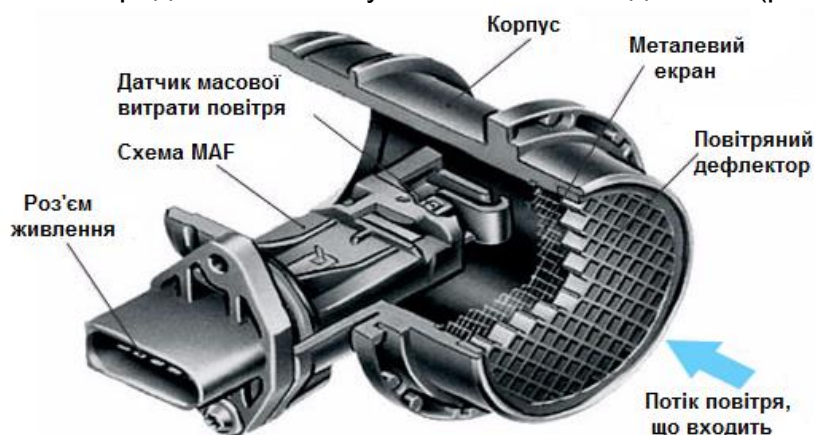


Рис. 2.7 – Схема ДМВП у корпусі

Залежно від призначення та моделі автомобіля, пропонуються датчики масової витрати повітря у зборі, вбудовані в пластмасовий патрубок, а також датчики у вигляді окремого компонента, що знімається. Датчики обох виконань позначаються як датчики

масової витрати повітря.

Еволюція витратомірів спрямована на пошук методів точнішого вимірювання, врахування більшої кількості параметрів, щоб у результаті отримати максимально стабільну роботу двигуна.

На старих моделях автомобілів частіше використовували механічні датчики об'ємного типу з поворотною заслінкою (на даний момент практично не використовується). Вони працюють за принципом повітряного опору: чим сильніший потік

повітря, тим більше відхилялася внутрішня пластина, що демпфує. Ці системи були довговічними та надійними, але недостатньо точними. З появою сучасніших паливних систем знадобилися прогресивніші методи виміру.

Принцип дії сучасних датчиків масової витрати повітря заснований на вимірі температури повітряного потоку, а тому цей тип витратомірів називають **термоанемометричними**.

На сьогодні конструктивно розрізняють два основні типи ДМВП:

- нитковий (дротяний);
- плівковий.

Термоанемометричний датчик із платиновою ниткою (Hot Wire MAF Sensor).

Саме платинової, оскільки цей метал найдовше чинить опір термічній деградації. Принцип дії заснований на підтримці постійної температури нагрітої нитки: чим більший потік повітря проходить через неї, тим швидше вона остигає і тим більше енергії потрібно нагрівати. Контроль температури здійснюється терморезистором, а дані про витрачену на нагрівання нитки енергії передаються на ЕБК як інформація про кількість повітря, що проходить через нитку (рис. 2.8).

Платинова нитка і терморезистор є резистивним міст. У разі відсутності повітряного потоку платинова нитка постійно підігрівається до заданої температури шляхом проходження через неї електричного струму. Коли дросельна заслінка відкривається і починається рух повітря, чутливий елемент охолоджується, що знижує опір. Це провокує збільшення струму, що "нагріває", для врівноважування моста.

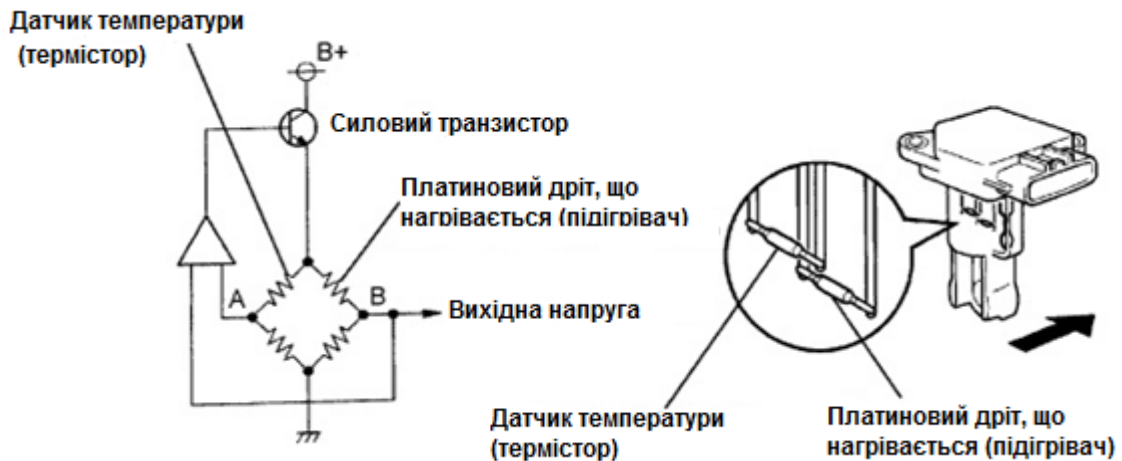


Рис. 2.8 – Схема пристрою проволочного ДМВП

Перетворювач трансформує зміни сили струму, що відбуваються, у вихідну напругу, яка передається ЕБК двигуна. Останній, виходячи з існуючої нелінійної залежності, розраховує кількість палива, що подається в камери згоряння.

Ця конструкція має один суттєвий недолік – згодом виникають несправності. Чутливий елемент зношується, та його точність падає. Також вони можуть забруднюватись, але для вирішення цієї проблеми дротяні датчики масової витрати повітря, що встановлюються в сучасних автомобілях, мають режим самоочищення. Він передбачає короткочасний розігрів дроту до 1000°C при вимкненому двигуні, що призводить до спалювання забруднень, що накопичилися.

Плівковий датчик (Hot Film Air Flow Sensor, HFM)

Більш прогресивною модифікацією ДМВП став **плівковий датчик (Hot Film Air Flow Sensor, HFM)** (рис. 2.9). Принцип роботи той самий, що й у дротяного: маса вхідного повітря визначається за ступенем охолодження нагрівального елемента. На керамічну основу (підкладку) встановлюються всі необхідні елементи у вигляді тонкоплівкових резисторів, у тому числі і нагрівальний елемент у вигляді платинового напилення. Сенсор

встановлюється в повітряному каналі, через який проходить тільки вхідний потік повітря (вимірювання виходять точнішими за рахунок відсутності зворотних повітряних хвиль від працюючих клапанів та поршнів двигуна). У плівкових датчиках відсутня проблема забруднення: пил і моторне масло не потрапляють на шар, що нагрівається, а значить, немає необхідності в самоочищенні. У плівкових сенсорах враховується і густина повітря, яка також впливає на швидкість охолодження нагрівального елемента.

Схема та особливості роботи плівкового ДМРП

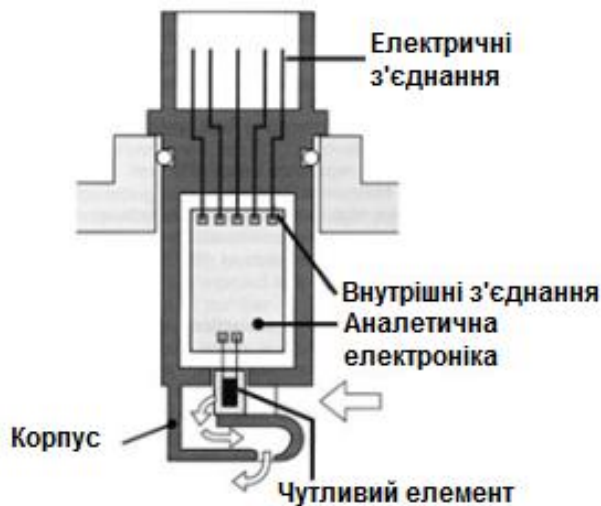


Рис. 2.9 – Конструкція плівкового ДМРП (НФМ)

Принцип роботи плівкового датчика багато в чому схожий з нітєвим ДМРП. Однак у цій конструкції є кілька відмінностей. Замість платинових дротів як основний чутливий елемент встановлений кристал кремнію. Останній має платинове напилення, що складається з кількох найтонших шарів (плівок). Кожен із шарів являє собою окремий резистор: нагрівальний; терморезистори (їх два); датчик температури повітря.

Кристал з напиленням поміщений у корпус, який підключається до каналу подачі повітря. Він має особливу конструкцію, що дозволяє виконувати вимірювання температури не тільки вхідного, а й відбитого потоку. Оскільки всмоктування повітря досягається за рахунок розрідження, швидкість руху потоку дуже висока, що перешкоджає накопиченню забруднень на чутливому елементі.

Так само, як і в нитковому датчику, чутливий елемент нагрівається до заданої температури. При проходженні повітря на терморезисторах виникає різниця температур, основі якої розраховується маса потоку, що надходить з атмосфери. У таких конструкціях сигнал в ЕБК двигуна може подаватися як в аналоговому форматі (вихідна напруга), так і більш сучасному та зручному для обробки – цифровому.

Наслідки та ознаки несправності ДМРП

Як і будь-якого типу датчика двигуна, несправності ДМРП означають неправильні розрахунки ЕБК двигуна і, як наслідок, некоректна робота системи упорскування. Це може спричинити перевитрату палива або, навпаки, недостатню подачу, що знижує потужність двигуна.

Симптоми несправності датчика:

- поява на приладовій панелі автомобіля сигналу "Check Engine";
- суттєве збільшення витрати палива при звичайному режимі експлуатації;
- зниження інтенсивності розгону двигуна;
- складнощі із запуском двигуна та виникнення мимовільних зупинок у його роботі (двигун глухне);
- робота лише одному певному рівні оборотів (низькі чи високі).

Якщо ви виявили ознаки несправності датчика масової витрати повітря, спробуйте вимкнути його. Збільшення потужності двигуна буде підтвердженням поломки ДМВП. У цьому випадку його потрібно промити або замінити. При цьому необхідно підбирати датчик, рекомендований виробником автомобіля (тобто оригінальний).

ДМВП можливо перевірити за допомогою мультиметра: підключивши його у режимі вимірювання постійної напруги та ввімкнувши запалювання, можна зняти показання вихідної напруги ДМВП. Для нової чи "еталонної" деталі він становить 0,996 В. Така напруга вказує на те, що датчик працює як новий.

Далі параметри оцінюються так:

- 1,010-1,019 В – добрий стан, про заміну поки що не потрібно думати
- 1,020-1,029 В – датчик працездатний, це приблизно половина залишкового ресурсу
- 1,030-1,039 В – ще справний, але ресурс добігає кінця
- 1,040-1,049 В – ДМВП на межі виходу з ладу, незабаром вимагатиме заміни
- 1,050 В і вище – витратомір вимагає негайної заміни.

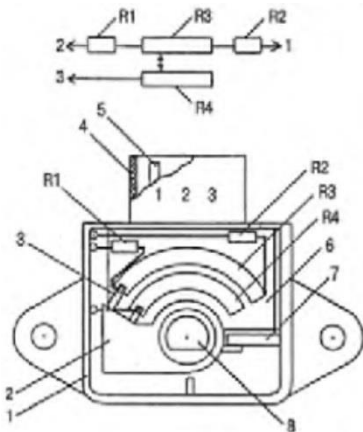
Ряд зарубіжних виробників, переважно фірми США, раніше застосовували ДМРП іншого типу - датчики Кармана. Датчики Кармана відносяться до вихрових витратомірів повітря. Якщо вузький стрижень (розсікач) розмістити поперек рівномірного повітряного потоку, то за стрижнем почнуть утворюватися завихрення. Принцип роботи датчика Кармана заснований на вимірюванні частоти обертання вихрових потоків, які утворюються за поперечним стрижнем в потоці повітря, що всмоктується.

По частоті визначають швидкість потоку, потім за відомим поперечним перерізом вхідного каналу датчика - об'єм повітря. Частоту генерації вихорів визначають ультразвуковим методом або за варіаціями тиску.

У ультразвукових датчиках частоту генерації вихорів визначають по доплерівському зсуву частоти ультразвукової хвилі (зазвичай 50 кГц) при її розсіюванні середовищем, що рухається (потіком повітря).

Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ)

Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ) потенціометричного типу, рухома частина якого з'єднана з віссю дросельної заслінки. Вихідним сигналом ДПДЗ є падіння напруги на змінному резисторі датчика, яке змінюється в залежності від кута повороту дросельної заслінки, рис 2.10.



За сигналом датчика про положення дросельної заслінки в ЕБК коригуються тривалість електричного імпульсу, що подається на форсунки, значення кута випередження запалювання.

- 1 – корпус; 2 – поворотна втулка; 3-рухомий контакт; 4 – штекерна колодка; 5 – штекер; 6 – друкована плата; 7 - упор; 8 - вісь дросельної заслінки; R1, R2, R3 та R4 – опору

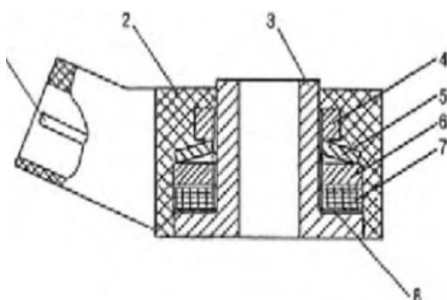
Рис.2.10 - Датчик положення дросельної заслінки

ДПДЗ у системі управління виконує також функцію ідентифікації окремих режимів роботи двигуна (холостий хід, часткове чи повне навантаження, розгін автомобіля).

При виході з ладу ДПДЗ або його електричних кіл система управління працює за резервною програмою, що закладена в пам'яті ЕБК, використовуючи дані ДМВП.

Датчик детонації (ДД)

Датчик детонації (ДД) п'єзоелектричного типу встановлений на блоці циліндрів двигуна з правого боку. Чутливим елементом ДД є кварцовий п'єзоелемент, який при роботі двигуна сприймає вібрацію, що виникає через інерційну масу (шайбу) датчика, рис. 2.11.



- 1 – штекер; 2 – ізолятор; 3 – корпус; 4- гайка; 5 – пружна шайба; 6 – інерційна шайба; 7 – п'єзоелемент; 8-контактна пластина

Рис. 2.11 - Конструкція датчика детонації

В результаті на його обкладках за рахунок п'єзоєфекту утворюється електричний сигнал у вигляді змінної напруги. При детонаційному згорянні паливо

повітряної суміші в блоці циліндрів двигуна виникають звукові коливання, що викликає збільшення амплітуди напруги електричного сигналу датчика. За цим сигналом ЕБК коригує кут випередження запалення до припинення детонації. У разі виходу з ладу датчика або наявності несправності в електричних ланцюгах зміна кута випередження запалювання оптимізується.

Датчик положення розподільного валу (фази) (ДПРВ) призначений для визначення моменту знаходження поршня 1-го циліндра у верхній мертвій точці при такті стиснення. Інформація з датчика положення розподільчатого валу (ДПРВ) поступає на блок управління двигуном і згодом використовується контролером для правильної роботи систем упорскування і запалення.

Існує три типи ДПРВ:

- Магнітні (індуктивного типу). Принцип дії заснований на проходженні в постійному магнітному полі металевго предмета (зубці). Магнітні датчики зазвичай мають двоконтактний роз'єм.
- Засновані на ефекті Холла. Фіксує зміну магнітного поля навколо датчика. Такі датчики зазвичай мають три контактний роз'єм.
- Оптичні. Принцип дії заснований на фіксації прийому і переривання фотоелементом променя світла, випромінюваного джерелом.

Найбільш поширені ДПРВ першого двох типів. Оптичні використовують лише в деяких марках автомобілів (наприклад, машини на базі платформи Mazda GE). У деяких моделях автомобілів може бути встановлено два і більше датчиків. Причому, можливо, різних типів.

Найчастіше в сучасних автомобілях встановлюється датчик положення розподільного валу, який працює на основі ефекту Холла. Основа датчика фаз – постійний магніт, що створює магнітне поле. Коли металевий зуб (він розташовується на диску - або зубчастому колесі розподільного валу) замикає магнітний зазор при своєму русі, магнітне поле змінює свою напругу. Ця зміна фіксується напівпровідником, який також знаходиться в датчику фаз. ЕБК отримує сигнали з датчика, зчитує положення поршня першого циліндра у ВМТ, а потім у відповідності з порядком роботи циліндрів в двигуні забезпечує впорскування і запалювання в кожному з них.

Несправності ДПРВ

При виході з ладу ДПРВ кожна форсунка спрацьовує в два рази частіше (один раз за кожен оберт колінчастого валу). При цьому виникають такі симптоми несправності датчика положення розподільчатого валу:

- Різко зростає витрата палива.
- Нестабільна робота машини під час руху. Вона починає сіпатися ривками, втрачати швидкість. Іноді автомобіль не зможе розігнатися швидше 60 км/год. Також двигун може захлинутися під час їзди.
- На деяких автомобілях при виході з ладу ДПРВ коробка передач може зафіксуватися в одному положенні. Так буде тривати до тих пір, поки ви не перезапустити двигун. Якщо така ситуація повторюється регулярно – значить, на вашу машині вийшов з ладу датчик положення розподільного валу.
- При несправності датчика може повністю зникнути іскра запалювання. В результаті з'являються проблеми із запуском двигуна.
- Можливі збої в роботі системи самодіагностики.
- Лампа “чек двигуна” безсистемно загоряється на холостих обертах двигуна, а при підвищених обертах гасне.

Перевірка ДПРВ можлива за допомогою діагностичного приладу. Ланцюги живлення можливо перевірити за допомогою мультиметра.

Датчик кисню для МСКД

На сучасному автомобілі проблеми нейтралізації токсичних речовин у вихлопних

відпрацьованих газах (ВГ) вирішуються із застосуванням спеціальних нейтралізаторів. Ці пристрої більш надійно працюють разом із системою упорскування бензину, яка оснащена датчиком (або двома датчиками) концентрації кисню (ДКК) у випускному тракті двигуна.

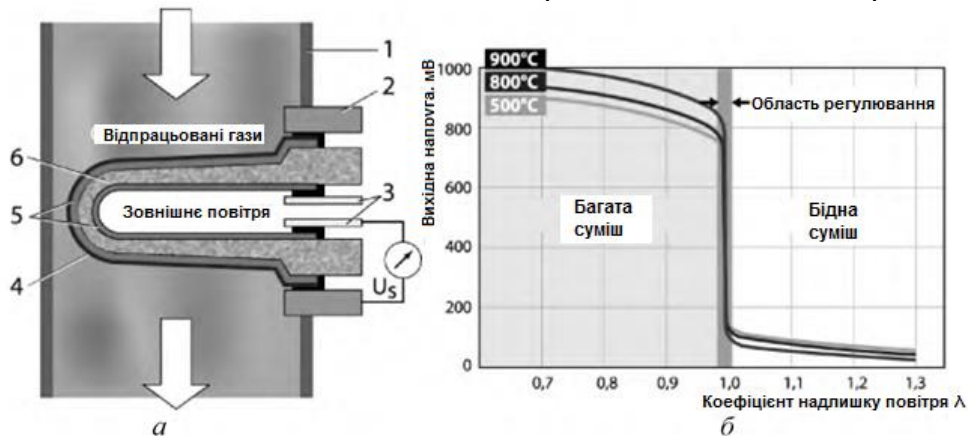
Кисневий датчик виробляє сигнал зворотного зв'язку для електронного блоку управління упорскуванням, який коригує склад ПП-суміші за коефіцієнтом надлишку повітря. Коригування реалізується зміною тривалості упорскування бензину форсункою.

Датчик кисню для МСКД може бути виконаний у трьох варіантах:

- як хімічне джерело струму (**ХДС**) з керованою по концентрації кисню електрорушійною силою;
- як хеморезистор, у якого величина електричного опору залежить від парціального тиску кисню в датчик, що омивається, вихлопних відпрацьованих газах;
- як термопара з термо-ЕРС, що залежить від концентрації кисню.

В іноземній технічній літературі кисневий датчик називається лямбда-зондом (**λ-зонд**).

Датчик кисню як **ХДС** складається з двох платинових електродів Р1 та твердого електроліту з діоксиду цирконію ZrO_2 та оксиду ітрію Y_2O_3 між ними. Діоксид цирконію має пористу структуру та нанесені з обох боків (у вакуумі) на його поверхню тонкі плівки платини (електроди), теж пористі, з мікроскопічними отворами. По газових потоках електроди роз'єднані так, що один з них знаходиться у зовнішньому атмосферному середовищі, а інший - омивається вихідними відпрацьованими газами, рис.2.12а.



1 – труба випускної системи; 2 – корпус датчика; 3 – контактні майданчики; 4 – керамічний захисний шар; 5 - зовнішній та внутрішній електроди; 6 – керамічна основа (ZrO_2 и Y_2O_3), U_s - вихідна напруга

Рис.2.12 - Схема цирконієвого датчика кисню (а), характеристика напруги датчика від коефіцієнта надлишку повітря у робочій суміші (б)

При коефіцієнті $\alpha > 1$ величина $U_s < 0,1$ В. При $\alpha < 1$ U_s змінює свою величину стрибком до 0,95 В. Приступка, що утворилася, має середній рівень 0,42...0,45 В, який відповідає коефіцієнту надлишку повітря $\alpha = 1$ рис.12б.

Таким чином, за допомогою кисневого датчика можна легко зафіксувати момент, коли ПП-суміш стає стехіометричною. Цим користуються створення так званого вікна екологічної безпеки ($0,98 < \alpha < 1,02$) під час роботи системи упорскування, коли викид токсичних речовин із відпрацьованими газами стає мінімальним.

Кисневий датчик, як хеморезистор, є пасивним перетворювачем реостатного типу, в якому омичний опір змінюється під впливом зміни парціального тиску кисню в навколишньому газовому середовищі. Резивна частина датчика виконана з окису титану (TiO_2), яка є кристалічною напівпровідниковою керамікою з високою поверхневою чутливістю до вільного кисню при високій температурі.

Кисневий датчик як термопара з термо-ЕРС, яка залежить від концентрації кисню, є деякою модифікацією датчика з хеморезистором. Керамічна основа та ж - окис

титану TiO_2 . Вивідні контакти-платинові. Але тепер використовується не зміна опору напівпровідника, а його термоелектричний контакт із металом зовнішнього з'єднувача. Термопара стає активним термоелементом із чутливістю до концентрації кисню. Такий датчик підігрівається в потоці вихлопних газів, а його робоча температура автоматично встановлюється електропідігрівачем. При цьому один електрод термопари (зовнішнє металеве покриття кераміки) схильний до більш сильного нагрівання, що сприяє підвищенню чутливості датчика.

Датчик швидкості (ДША)

Всі сучасні автомобілі оснащуються датчиком швидкості. Його завдання – вимірювання швидкості і передача одержаної інформації на електронний блок управління. Завдяки отриманим з датчика сигналам коректуються параметри, що впливають на роботу двигуна (кількість подаваного повітря, обороти холостого ходу і ін). Чим вище швидкість руху – тим більше частота сигналів. Сьогодні прийнято виділяти кілька видів ДША, що розрізняються по влаштуванню: індуктивні, язичкові і засновані на ефекті Холла (електронні датчики).

Датчик швидкості є імпульсним датчиком на ефекті Холла, що встановлюється на шестерню спідометра коробки передач. Він забезпечує роботу електронного спідометра, одометра, дає інформацію про швидкість ЕБК МСКД. На виході датчика при русі автомобіля з'являються прямокутні імпульси, нижній рівень яких повинен бути не більше 1 В, а верхній рівень - не менше 5 В. Відповідно до міжнародних стандартів датчик виробляє 6000 прямокутних імпульсів за 1 км шляху.



Рис. 2.13 – Пристрій датчика Холла та форма його сигналу

Основні ознаки несправності датчика швидкості:

- підвищується витрата палива;
- невірні показники спідометра;
- на холостому ході двигун працює нестабільно;
- двигун не розвиває повну потужність.

Також ознаки виходу з ладу датчика швидкості можуть проявлятися в ситуаціях, коли на холостому ході, під час витискання зчеплення або під час перемикання передач двигун перестає працювати. У такому випадку водій побачить індикатор з написом «Check engine», якщо є комп'ютер, на дисплеї висвічується помилка «24».

В даній ситуації насамперед рекомендується перевірити стан контактів і проводів, можливо, виявиться обрив в ланцюзі. Як правило, це виникає поруч з роз'ємом, де знаходиться вигин, і дроти можуть перетертися. Якщо ж контакти просто забруднилися або окислилися, їх необхідно зачистити.

Електронний блок керування (ЕБК)

ЕБУ (в іноземній літературі **ECU**) є центральною ланкою усієї системи. Основу блоку становить центральний процесор, чи мікрокомп'ютер.

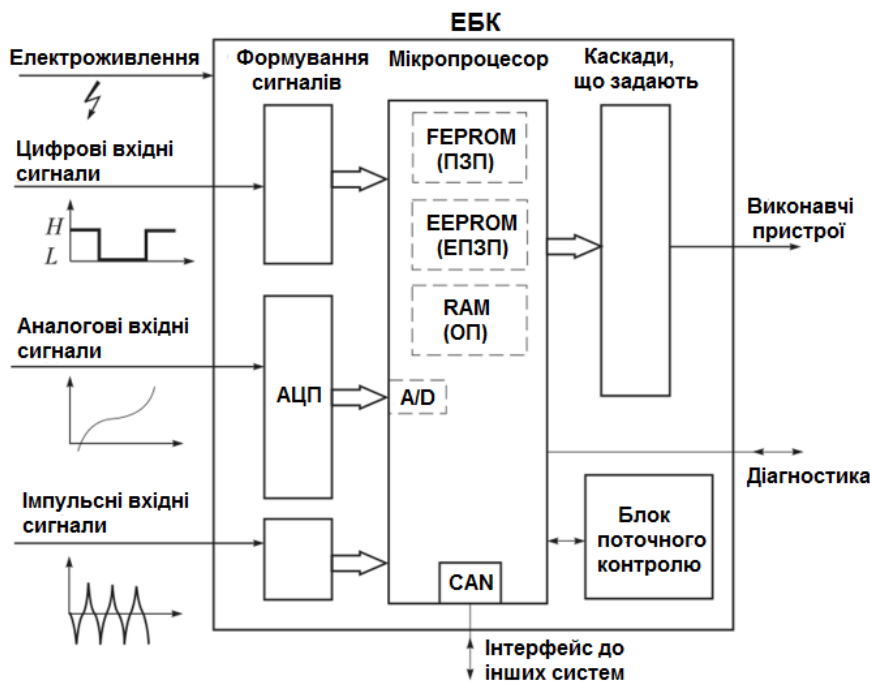
ЕБК отримує електричні сигнали від датчиків або від генераторів в очікуваному інтервалі значень, оцінює їх і обчислює пускові сигнали для виконавчих пристроїв (приводів). Блок-схему електронного блоку керування наведено на рис.2.13.

Вхідні сигнали можуть бути аналоговими, цифровими та імпульсними .

Цифрові вхідні сигнали мають лише два стани – «високий рівень» та «низький рівень». Прикладами є сигнали увімкнення/вимкнення або цифрові датчики, такі як імпульси від датчика Холла. Такі сигнали обробляють безпосередньо мікропроцесором.

Аналогові вхідні сигнали в межах заданого діапазону набувають значення напруги. Прикладами фізичних величин, які розглядаються як аналоги вимірних значень напруги, є масова витрата повітря па впуску, напруга акумуляторної батареї, тиск у впускному колекторі та тиск наддуву, температура рідини, що охолоджує, і повітря па впуску. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) в мікропроцесорі ЕБК перетворює ці значення на цифрові сигнали, з якими потім мікропроцесор проводить розрахунки.

Різновидом аналогових сигналів є сигнали напруги, що швидко змінюються, звані імпульсними вхідними сигналами. Імпульсні вхідні сигнали від індуктивних датчиків, що містять інформацію про частоту обертання та положення валу (по мітці), обробляються в їхньому власному контурі в ЕБК. Тут помилкові імпульси пригнічуються, імпульсні сигнали перетворюються на цифрові прямокутні сигнали.



H - високий рівень; L - низький рівень; FEPROM - програмована пам'ять (постійний пристрій, ПЗП); EEPROM - енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій, що електрично перезаписується (ЕПЗП); RAM - оперативна пам'ять (ОП); A/D - аналого-цифровий перетворювач (АЦП); CAN - шина передачі даних
Рис.2.13 - Блок-схема електронного блоку керування

Обробка сигналів.

ЕБК є керуючим центром системи, відповідальним за

послідовність функціональних операцій. Керуючі функції з урахуванням та без урахування зворотного зв'язку виконуються у мікропроцесорі. Вхідні сигнали, що формуються датчиками, генераторами з очікуваними значеннями параметрів та інтерфейсами інших систем, є вхідними координатами. Вони піддаються у мікропроцесорі подальшій перевірці на достовірність. Вхідні сигнали обробляються спеціальними формувачами чи перетворюються на цифрову форму вхідними АЦП. Після формування керуючі сигнали з необхідними параметрами (частотою, шпаруватістю, тривалістю і т.і.) надходять на вихідні ключі (драйвери), що здійснюють посилення по струму та безпосереднє керування різними виконавчими елементами (форсунками, реле, соленоїдами, котушкою (катушками) запалення та т.і.).

Програмована (перезаписувана) пам'ять. Для своєї роботи мікропроцесору

потрібна програма, яка зберігається в програмованій пам'яті (**постійний пристрій – ROM, або EEPROM/FEPRM**). Ця пам'ять призначена лише для зчитування інформації. Вона також містить спеціальні дані (індивідуальні дані, характеристичні та програмовані матриці, значення поправочних коефіцієнтів та дані, необхідні процесору для розрахунків тривалості керуючих імпульсів форсунок, кута випередження запалення тощо). Це фіксовані дані, які не можуть бути змінені під час керування автомобілем. Перезаписувальна пам'ять є енергонезалежною, тобто. вся занесена до неї інформація зберігається при відключенні енергоживлення як завгодно довго.

Оперативна пам'ять (RAM) необхідна для зберігання таких змінних даних, як чисельні значення сигналів. Для правильної роботи оперативна пам'ять потребує постійного електричного живлення. При вимиканні запалення або вимикача пуску ЕБК вимикається і, отже, втрачає всю пам'ять (так звана пам'ять, що «випаровується»). Адаптуючі значення величин, тобто. ті, що «вивчаються» системою під час роботи та стосуються робочих режимів двигуна, мають бути відновлені при включенні ЕБК у роботу.

Дані, які не можуть бути втрачені (наприклад, коди іммобілайзера та коди несправності), зберігаються у постійній пам'яті (EEPROM). У цьому випадку вони не втрачаються навіть при від'єднанні акумулятора.

Блок поточного контролю. ЕБК оснащується стежить контуром, вбудованим у спеціалізовану інтегральну **схему (ASIC - Application Specific Integrated Circuit)**. ASIC має підвищену оперативну пам'ять (extraRAM) та вдосконалені вхідні та вихідні блоки, може генерувати та передавати сигнали широтно-імпульсної модуляції. Мікропроцесор і блок поточного контролю стежать один за одним, і як тільки виявляється несправність, будь-який з них може вимкнути подачу палива незалежно від іншого.

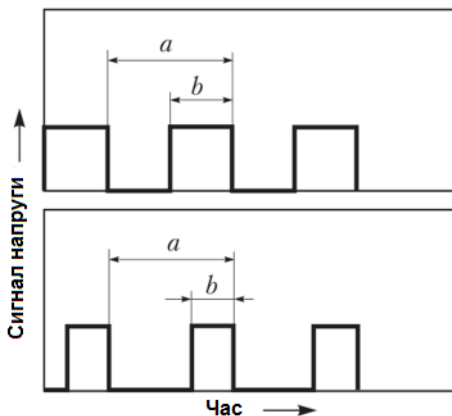
Вихідні сигнали. Мікропроцесор запускає каскади, що задають, використовуючи свої вихідні сигнали, які розраховуються з використанням програм, характеристик і програмованих матриць.

Вихідні сигнали зазвичай є досить потужними, щоб безпосередньо управляти виконавчими пристроями чи реле. Каскади, що задають, захищені від короткого замикання на «масу» або акумуляторну батарею, а також від руйнування при електричному перевантаженні. Такі порушення в роботі, разом з обривами ланцюга або несправностями датчиків, визначаються контролером каскадів, що задають, і ця інформація передається в мікропроцесор.

Вихідні сигнали можуть бути перемикаючими та сигналами широтно-імпульсної модуляції.

Перемикаючі сигнали використовуються для увімкнення та вимкнення виконавчих пристроїв, наприклад електровентилятора системи охолодження двигуна.

Сигнали широтно-імпульсної модуляції (pulse-width modulation signals, PWM-signals) - прямокутні сигнали з постійним періодом, але змінні за часом (рис. 14), які можуть бути використані для пуску електромагнітних приводів, наприклад, клапана системи рециркуляції газів, що відпрацювали.



a - постійний період; b - тривалість сигналу
Рис. 2.14 – Сигнали широтно-імпульсної модуляції

Вбудована діагностика.

Однією з важливих функцій блоку управління є безперервна самодіагностика вхідних і вихідних ланцюгів компонентів, так і деяких функцій внутрішнього стану системи. У сучасних блоках управління здійснення функцій самодіагностики займає до 50% ресурсів мікрокомп'ютера. У разі виявлення несправностей у будь-якому ланцюзі (наприклад, відсутності або невідповідності заданому рівню сигналу будь-якого датчика) мікропроцесор записує відповідний даної несправності цифровий код спеціальну область пам'яті. Щоб отримати інформацію про характер несправності, необхідно здійснити зчитування коду з пам'яті комп'ютера. Помилка, крім інформаційного значення, несе прапор статусу, тобто. помилки можуть бути статичними (поточними) та випадковими (спорадичними, накопиченими).

Щоразу при включенні запалювання ЕБК починає аналізувати роботу своїх датчиків та виконавчих пристроїв доти, доки працює двигун. У разі виявлення дефекту ЕБК фіксує несправність, виставляє код помилки та використовує аварійну гілку програми управління. Якщо будь-який вхідний сигнал відсутній або неправильний, блок управління розраховує і використовує замість нього деяке теоретичне значення, що дозволяє йому продовжувати подальше управління двигуном. Наприклад, при виході з ладу датчика тиску у впускному колекторі для визначення часу упорскування використовується значення, розраховане виходячи з частоти обертання колінчастого валу та положення дросельної заслінки.

Після вимкнення запалення блок управління зберігає код в оперативній пам'яті пристрою (ОЗУ).

До ЕБК пред'являються високі вимоги щодо наступних факторів:

- температура навколишнього середовища для легкових автомобілів (має бути в межах $-40...+70^{\circ}\text{C}$);
- вплив з боку таких матеріалів, як оливи, паливо тощо;
- вплив вологості навколишнього середовища;
- механічна міцність (наприклад, якщо під час роботи двигуна виникають вібрації);
- захист від електромагнітних коливань.

2.3.2. Вихідна периферія (виконавчі пристрої)

До вихідної периферії (виконавчі пристрої) системи МСКД входять 5 виконавчих пристроїв, або більше.

1 Електробензонасос роликового типу з приводом від електродвигуна постійного струму призначений для подачі бензину до форсунок під тиском. Бензонасос та його приводний електродвигун розміщуються в одному герметичному корпусі.

Прокачуваний насосом бензин забезпечує охолодження електродвигуна і мастило поверхонь, що труться. У насосі є два клапани. Запобіжний клапан захищає паливну систему від надмірного підвищення тиску (понад 0,4 МПа), а зворотний клапан перешкоджає зливу палива з бензомагістралі в бак після зупинки насоса, що запобігає утворенню парових та повітряних пробок. Електробензонасос підключений до бортової мережі автомобіля через електромагнітне реле. Якщо протягом 3...5 с після включення запалення прокручування колінчастого валу двигуна не починається, ЕБК відключає реле електробензонасоса. Подальше ввімкнення бензонасоса відбудеться при пуску двигуна стартером. Електричний ланцюг електробензонасоса захищений плавким запобіжником.

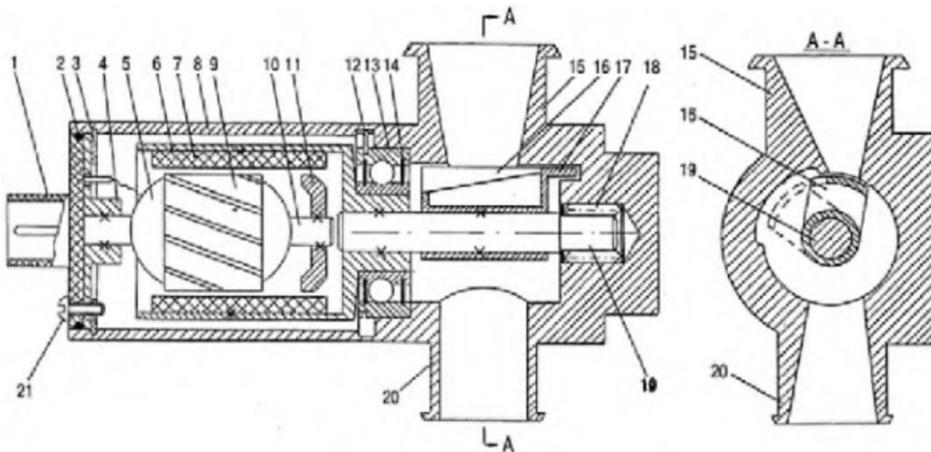
2 Паливні форсунки є електромагнітними пристроями і служать для впорскування під тиском розрахованої в ЕБУ кількості палива на впускні клапани двигуна. Кількість палива, що упорскується форсункою, залежить від тривалості електричного імпульсу, що подається в обмотку електромагнітного клапана форсунки від ЕБК.

3 Котушки запалювання - двовивідні, із замкнутим магнітопроводом, «сухі», реалізують статичний (низьковольтний) спосіб розподілу імпульсів високої напруги по свічках у циліндрах двигуна. На автомобілях часто застосовують модулі запалювання –

інтеграція катушок та електронного комутатора.

4 Свічки запалювання мають вбудований перешкодадавачий резистор.

5 Регулятор додаткового повітря або регулятор холостого ходу підтримує незмінною задану частоту обертання в режимі холостого ходу двигуна під час його пуску, прогріву, руху «накатом» та зміни навантаження, викликаного включенням допоміжного обладнання. Регулятор встановлений на ресивері впускного трубопроводу і є золотниковим клапаном, який регулює подачу повітря у впускну систему минаючи дросельну заслінку, рис.2.15.



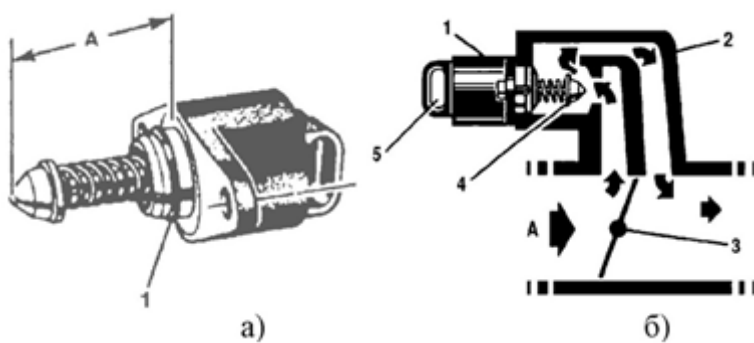
- 1 – штекерна колодка; 2 – ущільнювальне кільце; 3 – шайба кріплення; 4 – фланець кріплення осі якоря; 5 – обмотка якоря; 6 – поворотний стакан; 7 – магніт; 8 – корпус; 9 – якорь нерухомий; 10 – вісь якоря; 11 – магнітопровід; 12 – стопорне кільце підшипника; 13 – кульковий підшипник; 14 –

ущільнення підшипника; 15 - патрубок вхідний; 16 поворотна заслінка; 17-упор; 18 - роликів підшипник; 19 - вал заслінки; 20 - вихідний патрубок; X- з'єднання нероз'ємне

Рис.2.15 - Регулятор додаткового повітря

Основним елементом регулятора є двообмотувальний електродвигун з нерухомим якорем і постійним магнітом, що обертається. ЕБК подає на обмотки нерухомого якоря електричні сигнали частотою 100 Гц.

Електричний струм, проходячи обмотками, збуджує магнітне поле, яке взаємодіє з потоком постійного магніту. В результаті постійний магніт займає певне кутове положення, а разом з ним і заслінка, яка змінює прохідний переріз регулятора. На деяких марках автомобілів застосовує РХХ іншого виконання з кроковим двигуном, рис.2.16 а.



- 1 – кроковий двигун регулятора холостого ходу; 2 – дросельний патрубок; 3-дросельна заслінка; 4 – запірні голка клапана РХХ; 5 – електричний роз'єм; А - повітря, що надходить

Рис.2.16 - Загальний вигляд РХХ (а) та схема регулювання подачі повітря (б)

Тут кроковий двигун управляє голкою, яка визначає переріз каналу, отже, і витрата повітря, рис.2.16б.

При виході з ладу РДП або його електричних кіл частота обертання холостого ходу двигуна стає нестабільною і в комбінації приладів спалахує контрольна лампа діагностики.

2.4 Режим роботи системи керування двигуном

Запуск двигуна. При пуску паливо подається з надлишком (багатий ПП-суміш), т.к. воно погано випаровується в холодному двигуні та конденсується на стінках впускного

колектора. Але свічки запалювання заливатися не повинні, інакше іскроутворення погіршиться. Під час запуску ЕБУ управляє подачею палива за калібрувальними діаграмами, що зберігаються в постійній пам'яті, і коригує склад ПП-суміші за температурою рідини, що охолоджує. Датчик кисню в цей час ще не працює, тому що не прогрітий, а ПП-суміш пере збагачена. Кількість палива, що подається, починає зменшуватися, після того як швидкість обертання колінчастого валу перевищить порогове значення для даного типу двигуна. У деяких системах управління при прокручуванні ДВЗ всі форсунки відкриваються одночасно і тільки після запуску починають працювати синхронно з тактами впуску своїх циліндрів. Кут випередження запалення при прокручуванні визначається ЕБК за оборотами та температурою двигуна. Для холодного двигуна та низької швидкості прокручування кут випередження запалення майже дорівнює нулю. У будь-якому разі при прокручуванні ДВЗ значення кута випередження запалення обмежується, т.к. спалах у камері згоряння до верхньої мертвої точки може повернути колінчастий вал у зворотному напрямку та пошкодити стартер.

Режим продування двигуна. Якщо двигун «залитий паливом», він може бути пущений шляхом повного відкриття дросельної заслінки при одночасному повертанні колінчастого валу. Блок управління в цьому режимі не видає на форсунку імпульси, що продуває двигуни циліндри. Блок управління підтримує зазначену тривалість імпульсів доти, поки обороти двигуна нижче 500 об/хв, і датчик положення дросельної заслінки показує, що вона майже повністю відкрита (більше 75%).

Прогрів двигуна. Відразу після запуску холодного ДВЗ під час його прогріву система керування двигуном повинна забезпечувати:

- стійку роботу двигуна;
- швидке нагрівання датчика кисню та каталітичного нейтралізатора для введення їх у робочий стан;
- мінімальне споживання палива та забруднення навколишнього середовища.

Для стійкої роботи холодного двигуна подається збагачений ТВ-суміш. Ступінь збагачення залежить від температури двигуна та повітря, що всмоктується. У деяких системах під час прогріву каталітичний нейтралізатор подається додаткове повітря. Надлишки СО і СН, що утворилися в циліндрах (через збагаченої ТВ-суміші) доокислюються в каталітичному нейтралізаторі. Хімічна реакція окиснення прискорює розігрів нейтралізатора. В іншому варіанті під час прогріву двигуна збільшують обороти холостого ходу і зменшують кут випередження запалення, що підвищує температуру вихлопних газів і прискорює розігрів каталітичного нейтралізатора й кисню. Застосовується і електричне розігрів датчика кисню та нейтралізатора.

Режим відкритого циклу (без зворотного зв'язку датчику кисню). Після пуску двигуна (коли обороти більше 500 об/хв) блок управління керуватиме системою подачі палива в режимі «відкритого циклу». На цьому режимі він ігнорує сигнал від датчика концентрації кисню та розраховує тривалість імпульсу на форсунку за сигналами від наступних датчиків:

- датчика положення колінчастого валу;
- датчика масової витрати повітря;
- датчика температури охолоджуючої рідини;
- датчика положення дросельної заслінки.

На режимі відкритого циклу розрахункова тривалість імпульсу може давати співвідношення повітря/паливо, відмінне від 14,7:1. Це, наприклад, на холодному двигуні, т.к. у цьому випадку для отримання хороших навантажувальних характеристик необхідна збагачена суміш. Блок керування залишатиметься в режимі відкритого циклу доти, доки не будуть виконані всі наступні умови:

- сигнал датчика концентрації кисню почав змінюватися, показуючи, що він достатньо прогрітий для нормальної роботи;
- температура охолоджуючої рідини стала більшою за 32°C;

- двигун пропрацював певний період часу після пуску. Цей час може змінюватись від 6 сек до 5 хв залежно від температури охолоджуючої рідини в момент пуску.

Режим замкнутого циклу (із зворотним зв'язком датчику кисню). У цьому режимі блок управління спочатку розраховує тривалість імпульсу на форсунки з урахуванням сигналів від тих самих датчиків, як у режимі відкритого циклу. Відмінність полягає в тому, що в режимі замкнутого циклу ще використовується сигнал від датчика концентрації кисню для коригування та тонкого регулювання розрахункового імпульсу, щоб точно підтримувати співвідношення повітря/паливо на рівні 14,6...14,7:1. Це дозволяє каталітичному нейтралізатору працювати з максимальною ефективністю.

Режим прискорення. Блок управління стежить за різкими змінами положення дросельної заслінки та за витратою повітря та забезпечує подачу додаткової кількості палива за рахунок збільшення тривалості імпульсу на форсунки. Якщо потреба в паливі, що зросла, занадто велика через різке відкриття дросельної заслінки, то блок управління може додати асинхронні імпульси на форсунки в проміжках між синхронними імпульсами, яких при нормальній роботі припадає один на кожен опорний імпульс від датчика положення колінчастого валу.

Робота у перехідних режимах. У перехідних режимах, тобто при швидкому збільшенні або зменшенні навантаження або обертів ДВЗ, 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, але і встигнути збагатити її так, щоб двигун штатно відпрацював навантаження, що зросло. При цьому не повинно помітно збільшуватись забруднення навколишнього середовища вихлопними газами. Для забезпечення максимального моменту, що крутить, на валу двигуна кут випередження запалювання встановлюється на межі детонації.

Режим гальмування, їзда під гору, гальмування двигуном. При настанні цих режимів подача палива різко обмежується або повністю відключається доти, поки обороти двигуна залишаються вище заданого значення (трохи більше обертів холостого ходу). Система керування двигуном стежить за тим, щоб при відключенні подачі палива не охолонули і не перейшли в неробочий стан датчик кисню та каталітичний нейтралізатор. Зазвичай це реалізується додатковим електропідігрівом.

Повне навантаження. При їзді автомобіля під повним навантаженням, наприклад, у гору, двигун повинен розвивати максимальну потужність. ЕБК управляє складом ПП-суміші та кутом випередження запалення за калібрувальними таблицями. Двигун має найкращі тягові характеристики при $\alpha=0,9...0,95$, в цьому діапазоні датчик кисню не працює. Кут випередження запалення має значення, що забезпечує максимальний момент, що крутить на валу, при необхідності проводиться корекція по детонації. Екологічні показники двигуна дещо погіршуються.

Робота на холостих обертах. У режимі холостого ходу система керування двигуном з метою економії палива підтримує мінімальні стійкі обороти. У міському циклі руху на холостому ходу автомобіль споживає близько 30% палива. Система регулювання холостих обертів повинна відпрацьовувати як стрибкоподібно, так і при навантаженнях, що плавно змінюються. Оберти двигуна на холостому ходу автоматично регулюються зміною кількості повітря, що подається або кута випередження запалювання. Повітря у режимі холостого ходу зазвичай подається через байпасний канал, перетин якого регулюється кроковим двигуном за командами ЕБК. Є варіанти, коли кількість повітря, що подається регулюється автоматично керованим електроприводом дросельної заслінки. Недоліком системи управління оборотами холостого ходу шляхом зміни пропускного перерізу повітряного каналу є її інерційність, особливо при стрибкоподібних змінах навантаження. Більш високу швидкість має система, що працює зі зміною кута випередження запалення у 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 подальше збільшення навантаження, яким ЕБК збільшує обороти двигуна, і тільки потім включається навантаження.

Режим екстреного гальмування. Коли завдяки закритій дросельній заслінці падають оберти двигуна, то паливо, що залишилося у впускній трубі може бути причиною збільшення токсичності відпрацьованих газів. Блок управління відстежує поворот заслінки на закриття, а також зменшення витрати повітря та знижує подачу палива скороченням тривалості імпульсів на форсунки.

Гальмування двигуном (примусовий холостий хід). Коли відбувається гальмування двигуном при включених зчепленні та передачі, блок керування може короткочасно припинити подачу імпульсів на форсунки. Такий режим настає, коли виконуються такі умови:

- температура охолоджуючої рідини вище 20°C;
- частота обертання колінчастого валу вище 1800 хв⁻¹;
- швидкість автомобіля більше 20 км/год;
- дросельна заслінка закрыта;
- масова витрата повітря більше 43 г/сек.

Відновлення імпульсів упрорскування палива відбудеться за наявності будь-якої з наступних умов:

- частота обертання колінчастого валу нижче 1600 хв⁻¹;
- швидкість автомобіля менше 20 км/год;
- дросельна заслінка відкрита на 2% або більше;
- масова витрата повітря більше 38 г/сек;
- вимкнено зчеплення, що визначається швидкому падінню оборотів.

Режим коригування напруги акумулятора. При зниженні напруги акумулятора форсунки відкриваються повільніше. Блок управління компенсує це збільшенням тривалості імпульсів на форсунки та оборотів холостого ходу. Крім того, збільшується час накопичення струму на котушках модуля запалювання.

Режим вимкнення подачі палива. Паливо не впорскується форсунками при вимкненому запаленні, щоб не відбувалося самозаймання палива в циліндрах. Крім того, не подаються імпульси на форсунки, якщо блок управління не отримує опорних імпульсів від датчика положення колінчастого валу, що означає зупинку двигуна. Режим відключення подачі можливий також при високих обертах двигуна (понад 6188 об/хв) для захисту його від рознесення. В останньому випадку подача палива відновлюється, як тільки обороти двигуна впадуть нижче 6000 об/хв.

Особливості систем ME-Motronic.

Система ME-Motronic

Крім основних своїх функцій, система ME-Motronic виконує і цілий ряд додаткових функцій із розімкнутою та замкнутою системами управління.

Як приклад можна назвати такі:

- регулювання частоти обертання колінчастого валу на холостому ходу;
- регулювання коефіцієнта надлишку повітря (замкнута система управління);
- уловлювання паливної пари;
- рециркуляція відпрацьованих газів для зниження вмісту оксидів азоту;
- автоматичне регулювання швидкості руху (круїз-контроль).

Система ME-Motronic може виконувати ще цілу низку функцій:

- управління роботою турбонагнітачів та регулювання параметрів впускного трубопроводу з метою підвищення вихідної потужності двигуна;

- регулювання фаз газорозподілу для зниження вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах та збільшення потужності двигуна;
- усунення детонації, обмеження частоти обертання колінчастого валу та обмеження швидкості руху автомобіля для захисту окремих вузлів та деталей двигуна та самого автомобіля від пошкоджень.

У системі ME-Motronic застосовується координування крутного моменту, за допомогою якого сортується часто суперечливі один одному вимоги в забезпеченні певного значення крутного моменту, а потім реалізується найбільш важливе з цих вимог. Система ME-Motronic через ланцюг живлення бортового контролера зв'язку (CAN) може приєднуватися до електронних блоків керування (ECU) інших систем автомобіля. Так, приєднання до блоку ECU автоматичної трансмісії серед інших функцій дозволяє знизити крутний момент, в момент зміни передавального відношення в трансмісії, завдяки чому зменшуються навантаження на трансмісію та її знос. Система регулювання тягового зусилля на колесах (TCS), що входить до блоку ECU, при прослизуванні коліс видає системі ME-Motronic сигнали для зменшення створюваного крутного моменту.

Система ME-Motronic містить компоненти бортового моніторингу (OBD). Вони відповідають найсуворішим екологічним нормам та вимогам інтегрованої діагностики.

Система з електронним керуванням дросельною заслінкою (ETC), інтегрована в єдиний блок управління запаленням, упорскуванням та іншими допоміжними функціями, дозволяє визначати положення педалі газу за допомогою датчика її переміщення (потенціометра), рис. 2.17.

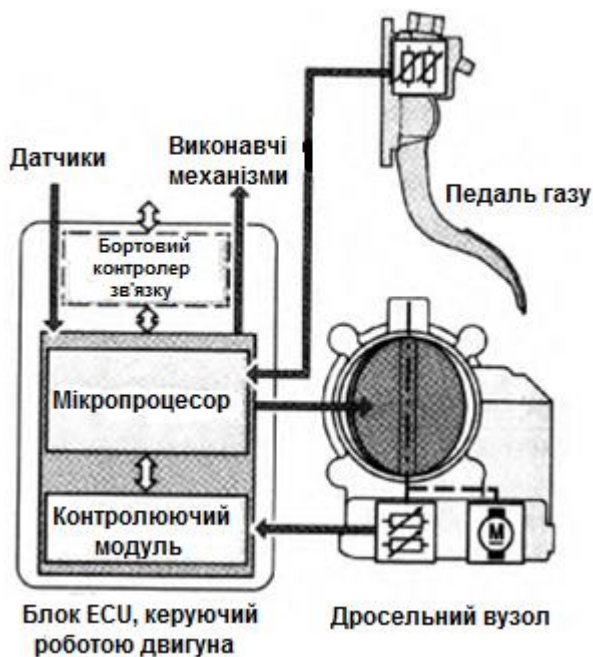


Рис.2.17 - Система з електронним керуванням дросельною заслінкою (ETC, ETCS)

Відповідно до поточного режиму роботи двигуна блок ECU, розрахувавши необхідну величину відкриття дросельної заслінки, впливає на привід цієї заслінки - положення контролюється датчиком кута повороту дросельної заслінки (потенціометром). Таким чином, два потенціометри - педалі газу та дросельної заслінки - утворюють елемент керуючої системи ETC, яка при роботі двигуна проводить безперервне опитування всіх датчиків та аналіз розрахункових даних, що впливають на кут відкриття дросельної заслінки.

Питання і завдання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте робочий цикл двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням.
2. Що характеризує коефіцієнт надлишку повітря в паливноповітряній суміші?
3. Скільки повітря теоретично необхідно і достатньо для повного згорання 1 кг бензину?
4. Який склад суміші із названих (збагачена, нормальна, збіднена) забезпечує найбільшу потужність двигуна?
5. У чому принципова відмінність систем центрального та розосередженого

уприскування бензину?

6. Чим обумовлені підвищені вимоги до чистоти бензину в інжекторних системах живлення?

7. Поясніть принцип дії гідрокерованої форсунки.

8. Яким параметром визначається тривалість дії пускової електромагнітної форсунки?

9. Яким чином під час пуску холодного двигуна збагачується паливно повітряна суміш?

10. Залежно від яких чинників електронний блок керування формує кількість упорскуваного в циліндри палива?

11. У чому полягає призначення лямбда-зонда в системі живлення двигуна?

12. Які компоненти відпрацьованих газів бензинових двигунів найбільш шкідливі для довкілля?

13. Які складники відпрацьованих газів бензинових двигунів нормуються?

14. У чому полягає принцип дії трикомпонентного каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів бензинових двигунів?

15. Як впливає технічний стан двигуна внутрішнього згоряння на його екологічні характеристики?

16. Які порушення в системі живлення двигуна призводять до зростання шкідливих викидів у довкілля?

17. У чому переваги інтегрованої мікропроцесорної системи керування двигуном?

17. З якою метою уніфікують комп'ютерні системи керування двигунами?

18. Прокоментуйте шляхи проходження бензину від бака до циліндра двигуна в описаних системах живлення.

19. Розгляньте на автомобілі та охарактеризуйте розташування пристроїв уприскувальної системи живлення.

20. Охарактеризуйте пошаровий спосіб сумішоутворення.

Тема 2: СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДВИГУНОМ

Система безпосереднього упорскування бензину. Част. 3

План:

- 3.1 Загальні відомості
- 3.2 Пристрій та принципи дії безпосереднього упорскування бензину
- 3.3 Переваги безпосереднього упорскування бензину
- 3.4 Основні режими роботи

1 Загальні відомості про системи

Безпосереднє упорскування як черговий і ефективний засіб у справі оптимізації згоряння суміші та підвищення ККД бензинового двигуна реалізує прості принципи. А саме: ретельніше розпорошує паливо, краще перемішує з повітрям і грамотніше розпоряджається готовою сумішшю на різних режимах роботи двигуна.

Переваги У підсумку двигуни з безпосереднім упорскуванням споживають менше палива, ніж звичайні «впорскові» мотори в особливості при спокійній їзді на невисокій швидкості; при однаковому робочому обсязі вони забезпечують більш інтенсивне прискорення автомобіля; у них чистіший вихлоп; вони гарантують більш високу літрову потужність за рахунок більшого стиснення та ефекту охолодження повітря при випаровуванні палива у циліндрах.

У той же час вони потребують якісного бензину з низьким вмістом сірки і механічних домішок, щоб забезпечити нормальну роботу паливної апаратури.

Головна невідповідність між ДСТУ, що нині діють в Україні, і євро стандартами – підвищений вміст сірки, ароматичних вуглеводнів і бензолу. Наприклад, український стандарт припускає наявність на автозаправках і використання палива відповідно до норм по сірки на 1 літр пального по "Євро-3" - 150 мг, "Євро-4" - 50 мг, і "Євро-5" - 10 мг. Водії автомобілів з системами безпосереднього впорскування не завжди звертають на це увагу і заправляють те що є. Сірка і вода здатні активізувати корозійні процеси на поверхні деталей, а засмічення є джерелом абразивного зносу каліброваних отворів форсунок і плунжерних пар насосів. Внаслідок зносу знижується робочий тиск насоса та погіршується якість розпилення бензину. Все це відбивається на характеристиках двигунів і рівномірності їх роботи.

3.1.1 Хронологія виникнення і розвитку систем паливоподачі з безпосереднім упорскуванням бензину

Вперше принцип роботи бензинового двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) з системою безпосередньої подачі бензину в камеру згоряння (далі «безпосереднє уприскування») був винайдений шведським інженером **Йонасом Хессельманом в 1925 році**. Його двигун використовувався на вантажних автомобілях в період 20-30х років. В цілому, це був стандартний двигун з іскровим запалюванням, який міг працювати на різних видах палива: бензині, маслі, гасі, дизельному паливі. Через низьку ступень стиснення паливо запалало за допомогою свічок. Працездатність на різних видах палива обумовлювалася низьким ступенем стиснення і температурним режимом.

Подальший розвиток двигун Хессельмана отримав в авіаційних двигунах часів II Великої Вітчизняної Війни. Першими масовими двигунами стали німецькі Daimler Benz 600-й серії (застосовувалися на BF 109), BMW-801 C (FW 190A) і радянські М (АШ) -82ФН (Ла-5ФН, Ла-7, Ту-2, Ту-2Д). Механічна система безпосереднього уприскування показала свою перевагу над традиційними ДВЗ в умовах повітряного бою при виконанні фігур вищого пілотажу.

Вперше автомобільний ДВЗ з безпосереднім уприскуванням був встановлений в

1955 році на спортивний Mercedes Benz 300SL. Інжектори в ньому розташовувалися в стінках циліндра, а свічки були перенесені в головку блоку циліндрів. Застосування таких моторів в цивільних версіях автомобілів не мало успіху, оскільки електронне управління упорскуванням тільки зароджувалося і мало низький ступінь надійності, малу ремонтпридатність і високу вартість. Саме це в 70-х послужило причиною закриття проекту Ford Crown Victoria, оснащеного бензиновим двигуном з безпосереднім упорскуванням бензину.

Свою сучасну історію безпосереднє уприскування почав з 1996 року. З цього року компанія Mitsubishi почала масову установку двигуна 4G63 на свої серійні автомобілі на серійному автомобілі Mitsubishi Galant з двигуном 1,8 GDI компанія Mitsubishi.

На сьогоднішній день аналогічну технологію використовують **Mercedes (CGI), BMW (HPI), Volkswagen (FSI, TFSI, TSI) та Toyota (JIS).**

Головний принцип роботи цих систем живлення - подача бензину не в впускний тракт, а безпосередньо в камеру згоряння та формування пошарового або однорідного сумішоутворення в різних режимах роботи двигуна. Ці подібні паливні системи мають відмінності, причому іноді досить суттєві. Основні з них – робочий тиск у паливній системі, розташування форсунок та їх конструкція.

Абревіатура **FSI** розшифровується, як **Fuel Stratified Injection**, що в перекладі означає - пошарове уприскування палива. На відміну від широко розповсюдженого TSI, FSI не має турбо наддуву.

Абревіатура TFSI розшифровується, як Turbo Fuel Stratified Injection, що в перекладі означає - турбоване пошарове уприскування палива. На відміну від широко розповсюдженого FSI, TFSI має турбо наддув. Це звичайний атмосферний двигун із турбіною, який досить часто використовувала компанія Audi на моделях A4, A6, Q5 (рис. 3.1).

Максимально можливе для традиційних інжекторних двигунів з безпосереднім упорскуванням співвідношення дорівнює 20-24:1 (варто нагадати, що оптимальний, так званий стехіометричний, склад - 14,7:1) - якщо надлишок повітря буде більше, переобіднена суміш просто не займеться.

Двигун GDI може працювати в режимі згоряння надобідненої паливо повітряної суміші: співвідношення повітря і палива по масі до 30-40:1.



Рис. 3.1 – Таблиця застосування систем TFSi, FSi і TSi

Слід також зазначити, що системи безпосереднього впорскування бензину в основному позначаються **MED, DI, GDI** (Gasoline direct injection), **FSI** (Fuel Stratified Injection - «пошаровий» упорскування палива). В даний час йде впровадження систем безпосереднього упорскування другого покоління **DI-II**, що відрізняються підвищеним тиском упорскування 20МПа, та п'єзоелектричними форсунками. Виробляються також системи розподіленого упорскування газоподібного палива: **SGI** (Sequential Gas Injection), **GSI** (Gaseous Sequential Injection).

3.2 Пристрій та принципи дії безпосереднього упорскування

MED-Motronic

При оснащенні бензинового двигуна з іскровим запалюванням і безпосереднім упорскуванням палива системою MED-Motronic (рис. 2) витрата палива може бути знижена не менше ніж на 20% порівняно з двигуном, що має впорскування палива у впускний трубопровід.

При цьому може бути досягнуто тривалого ефекту зниження викидів діоксиду вуглецю (CO₂) під час руху автомобіля.

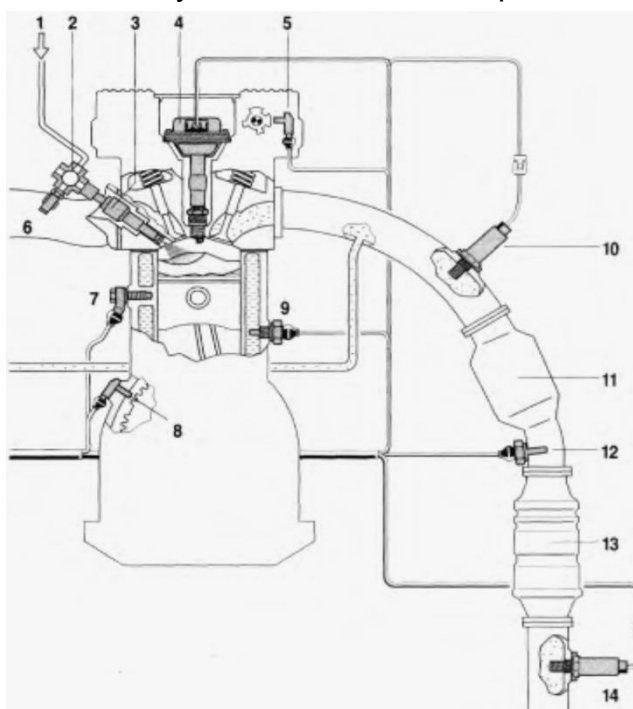
При безпосередньому упорскуванні палива повинна здійснюватися можливість скоординованого вибору між варіантами застосування неоднорідної суміші (пошарового заряду) при неповному навантаженні і однорідної (гомогенної) суміші при повному навантаженні і навпаки.

Основними вимогами щодо використання системи MED-Motronic є:

- очне дозування потрібної кількості палива, що впорскується;
- створення необхідного тиску впорскування;
- управління моментом упорскування;
- упорскування палива безпосередньо в камеру згоряння.

Так само як і система упорскування палива у впускний трубопровід двигуна, система безпосереднього упорскування палива виконана з паливною рампою, за схемою акумуляторного типу.

У системі MED-Motronic паливо безпосередньо впорскується в циліндри в заданий момент часу за допомогою електромагнітних паливних форсунок високого тиску.



1 – подача палива (під високим тиском); 2 – паливна рампа; 3 – паливна форсунка; 4 - котушка запалювання зі свічкою запалювання; 5 - датчик фаз; 6 – датчик тиску; 7 – датчик детонації; 8 - датчик частоти обертання колінчастого валу та положення поршня; 9 - датчик температури двигуна; 10 - лямбда-зонд; 11 - трикомпонентний каталітичний нейтралізатор відпрацьованих газів; 12 - датчик температури відпрацьованих газів; 13 - каталітичний нейтралізатор оксидів азоту (NO_x у відпрацьованих газах); 14 - лямбда-зонд (діагностичний)

Рис. 3.2 - Схема двигуна з безпосереднім упорскуванням палива та елементами системи MED-Motronic.

Маса повітря, що надходить у впускний трубопровід, регулюється дросельною заслінкою з електронним управлінням (ETC). Точне дозування маси повітря контролюється датчиком масової витрати повітря.

Якісний склад паливо повітряної суміші знаходиться під контролем універсальних лямбда-зондів, розміщених у випускному тракті перед і за каталітичним нейтралізатором. Лямбда-зонди служать підтримки коефіцієнта надлишку повітря межах $\alpha=1$ і роботи двигуна на збіднених сумішах; Крім того, вони відповідають за працездатність каталітичного нейтралізатора. Це важливо для забезпечення точного дозування при

рециркуляції відпрацьованих газів, особливо в умовах не-встановлених режимів.

3.2.1 Опис та принцип дії системи безпосереднього впорскування палива легкового автомобіля

Загальні відомості

Позитивною стороною системи безпосереднього впорскування палива є наявність двоконтурного впорскування пального. З одного контуру надходить паливо під низьким тиском, а з другого - під високим. Розглянемо, принцип роботи кожного контура подачі пального (рис. 3).

Контур з низьким тиском в списку складових елементів має:

- паливний бак;
- бензонасос;
- фільтр пального;
- перепускний клапан;
- регулятор тиску палива;

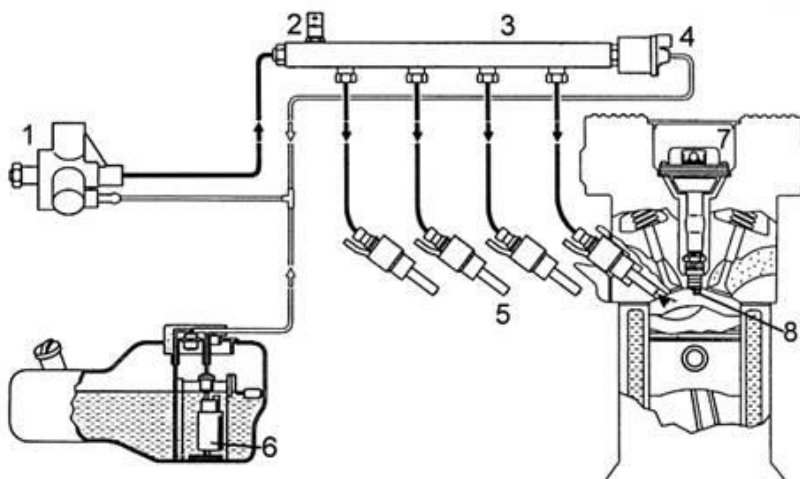
Пристрій контура високого тиску передбачає наявність:

- паливного насоса високого тиску;
- магістралей високого тиску;
- розподільних трубопроводів;
- датчика високого тиску;
- клапана-запобіжника;
- інжекторних форсунок;

Відмінною особливістю є наявність абсорбера і клапана продувки.

Принцип дії системи

Паливний насос з електричним приводом 6 (рис. 3) подає паливо при початковому тиску **0,3 ... 0,5 МПа** до насоса високого тиску 1. Цей насос створює тиск в системі в залежності від робочого режиму двигуна (необхідний крутний момент і частота обертання колінчастого валу). Паливо під високим тиском надходить в паливну рейку 3 і там накопичується.



1 - паливний насос високого тиску; 2 - датчик тиску палива; 3 - паливна рейка; 4 - клапан регулювання тиску; 5 - форсунки; 6 - паливний насос з електричним приводом; 7 - котушка запалювання; 8 - свічка запалювання

Рис. 3.3 – Схема подачі палива в системі безпосереднього впорскування палива

Тиск палива вимірюється датчиком високого тиску 2 і встановлюється клапаном регулювання тиску 4 в значенні від 5 до 12 МПа.

У паливній рейці 3 розташовані форсунки високого тиску 5, робота яких регулюється блоком управління двигуном. Форсунки впорскують паливо в камеру згоряння циліндра.

Впорснуту тонко розпорошену за рахунок високого тиску паливо утворює з

вступником в камеру згоряння повітрям горючу суміш. Залежно від режиму роботи двигуна паливо впорскується так, що створюється суміш, рівномірно розподілена по всій камері згоряння з співвідношенням $\alpha = 1$ (гомогенний режим) або утворюється хмара з пошаровим зарядом з співвідношенням $\alpha \leq 1$ в області свічки запалювання (робота в умовах пошарово розподіленого заряду або збідненого суміші). Інший простір камери згоряння при пошаровому розподілі заряду наповнене або всмоктуваним свіжим повітрям з інертним газом, що надійшли з системи рециркуляції відпрацьованих газів, або дуже збідненої горючою сумішшю. За рахунок цього в цілому виходить збіднена горюча суміш з $\alpha \geq 1$.

Вибір режиму роботи здійснюється, з одного боку, на базі частоти обертання колінчастого валу і потрібного крутного моменту, а з іншого боку, за рахунок функціональних вимог, таких як, наприклад, відновлення каталітичного нейтралізатора накопичувального типу.

3.2.2 Основні конструктивні відмінності системи безпосереднього впорскування палива від звичайного упорскування



Рис.3.4 – Основні конструктивні відмінності системи безпосереднього впорскування

Паливний насос високого тиску (ТНВД). Механічний насос (подібний до ТНВД дизельного двигуна) розвиває тиск у 50 бар (у інжекторного двигуна електронасос у баку створює в магістралі тиск близько 3-3,5 бар).

Форсунки високого тиску з вихровими розпилювачами створюють форму паливного факела, відповідно до режиму роботи двигуна. На потужності режимі роботи впорскування відбувається на режимі впуску і утворюється конічний паливо повітряний факел. На режимі роботи на надбідних сумішах упорскування відбувається в кінці такту стиснення і формується компактний паливно-повітряний факел, який увігнуте днище поршня направляє прямо до свічки запалювання.

Поршень. У днищі особливої форми зроблена виїмка, за допомогою якої паливо-повітряна суміш прямує в район свічки запалювання.

Впускні канали. На двигуні GDI застосовані вертикальні канали впуску, які забезпечують формування в циліндрі т.зв. "зворотного вихору", спрямовуючи паливо повітряну суміш до свічки та покращуючи наповнення циліндрів повітрям (у звичайного двигуна вихор у циліндрі закручений у протилежний бік).

Система EGR "розбавляючи" паливо-повітряну суміш відпрацьованими газами, знижує температуру горіння в камері згоряння, тим самим "приглушуючи" активне утворення шкідливих оксидів, у тому числі NOx. Однак забезпечити повну і стабільну нейтралізацію NOx тільки за рахунок EGR неможливо, так як при збільшенні навантаження на двигун кількість ВГ, що перепускаються, повинна бути зменшена. Тому на двигун з безпосереднім упорскуванням було впроваджено **NO-каталізатор**.

Існує два різновиди каталізаторів для зменшення викидів NOx - селективні (Selective Reduction Type) та накопичувального типу (NOx Trap Type). Каталізатори накопичувального типу більш ефективні, але надзвичайно чутливі до високо сірчистих палив, чому менш схильні до селективні. Відповідно, накопичувальні каталізатори встановлюються на моделі для країн з низьким вмістом сірки в бензині, і селективні - для інших.

3.3 Переваги безпосереднього упорскування бензину

1 Робота в умовах пошарово розподіленого заряду або збідненого суміші

При роботі двигуна на цих сумішах (коефіцієнт надлишку повітря змінюється в межах від 1,55 до 3.

При цьому дросельна заслінка відкривається на більший кут, тобто впуск повітря в циліндри здійснюється з меншим опором.

2 Робота двигуна на бідних сумішах

При застосуванні пошарового сумішоутворення вдається ефективно спалювати бідні суміші з коефіцієнтом надлишку повітря від 1,6 до 3, а при роботі двигуна на гомогенній бідній суміші коефіцієнт надлишку повітря дорівнює приблизно 1,55.

3 Зниження втрат тепла у стінках камери згоряння

Так як горіння суміші відбувається головним чином поблизу свічки запалювання, знижуються втрати тепла в стінки циліндра і, відповідно, підвищується термічний коефіцієнт корисної дії.

4 Спалювання гомогенної суміші з високим вмістом відпрацьованих газів, що перепускаються

Завдяки високій турбулізації заряду циліндра двигуна вдається ефективно спалювати гомогенні бідні суміші із вмістом відпрацьованих газів до 25%.

Щоб впустити в циліндри ту саму кількість повітря, яка надходить у них під час перепуску невеликих доз ОГ потрібно відкривати дросельну заслінку на більший кут. При цьому повітря засмоктується в циліндри із меншим опором, тобто знижуються насосні втрати.

5 Ступінь стиснення

При безпосередньому упорскуванні бензину тепло яке витрачається на його випаровування відбирається з повітря, що надійшло в циліндри двигуна. В результаті знижується ймовірність детонаційного згоряння та ступінь стиснення може бути підвищена. Підвищення ступеня стиснення призводить до зростання тиску наприкінці стиснення і відповідно збільшення термічного коефіцієнта корисної дії.

3.4 Режими роботи двигуна

При використанні безпосереднього впорскування палива відомі шість умов його роботи:

- пошарове розподіл суміші;
- гомогенна суміш;
- гомогенно-збіднена суміш;
- гомогенно-пошарове розподіл суміші;
- подвійне упорскування для захисту двигуна від детонації;
- подвійне упорскування для розігріву нейтралізатора.

Ці умови роботи дозволяють досягти максимальної адаптації до кожного режиму роботи двигуна. Перемикання режимів роботи в процесі руху автомобіля здійснюється без стрибків крутного моменту і тому не помічається водієм.

Робота двигуна при пошаровому сумішоутворенні:

Пошарове сумішоутворення використовується при роботі двигуна при малих та середніх навантаженнях та частотах обертання.

Завдяки пошаровому розподілу палива в камері згоряння двигун працює при загальному коефіцієнті надлишку повітря **від 1,6 до 3**. У середній частині камери згоряння поблизу свічки запалювання знаходиться легкозаймиста робоча суміш. Ця суміш оточена оболонкою, що складається в ідеальному випадку з чистого повітря і відпрацьованих газів.

Робота двигуна на бідній гомогенній суміші:

На проміжних режимах, розташованих між режимами роботи двигуна на пошаровій

суміші та гомогенній стехіометричній суміші, використовуються бідна гомогенна суміш. Коефіцієнт надлишку повітря бідної гомогенної, тобто однорідної у всьому обсязі камери згоряння суміші приблизно дорівнює 1,55.

Режим роботи двигуна при сильному прискоренні:

Лінії на діаграмі (рис.3.5) показують, які режими роботи проходить двигун при сильному прискоренні (помітна зміна крутного моменту при початковій незмінній частоті обертання колінчастого валу) і при поступовому прискоренні (невелика зміна крутного моменту при збільшенні частоти обертання колінчастого валу).

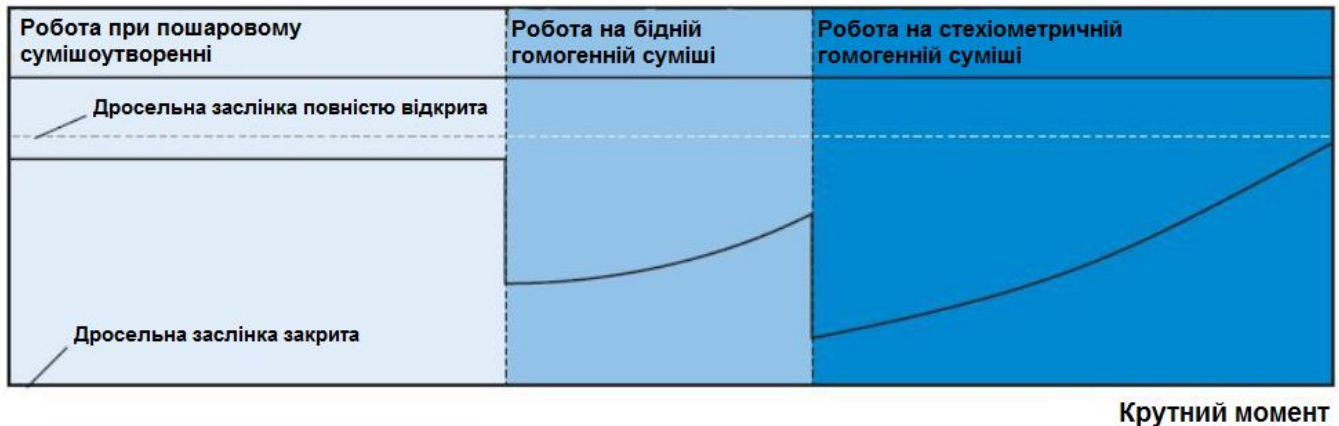


Рис. 3.5 - Режими роботи проходить двигун при сильному прискоренні

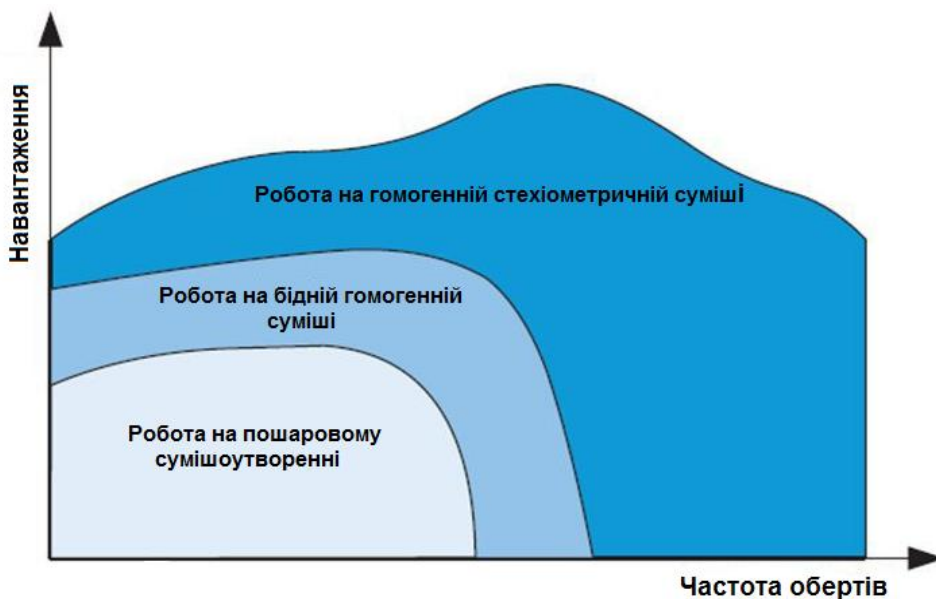


Рис. 3.6 - Характеристики роботи двигуна в залежності від виду розподілу суміші у камері згоряння

Робота двигуна при пошаровому розподілі суміші:

У нижньому діапазоні крутного моменту, приблизно при 3000 хв^{-1} , двигун працює в умовах пошарового заряду.

Перехід двигуна на режим роботи з використанням пошарової суміші здійснюється за таких умов:

- навантаження і частота обертання колінчастого валу двигуна відповідають режимам, на яких ефективно використання пошарового сумішоутворення;
- системою не зареєстрована несправність, через яку може підвищитися викид шкідливих речовин;
- температура охолоджуючої рідини вище 50°C ,
- датчик оксидів азоту справний;
- температура накопичувального нейтралізатора знаходиться в межах від 250°C до 500°C .

Якщо ці передумови виконані, СКД може перейти на пошарове сумішоутворення.

Форсунка високого тиску

Форсунка високого тиску являє собою перехідний пристрій між паливною рейкою і камерою згоряння. Завдання цієї форсунки полягає в тому, щоб забезпечувати дозування палива і шляхом його розпилення домагатися контрольованого змішування палива і повітря в певній зоні камери згоряння. Залежно від режиму роботи двигуна, паливо концентрується в зоні навколо свічки запалювання (пошарове розподіл заряду) або рівномірно розпоршується по всій камері згоряння (гомогенний розподіл заряду).

Форсунки встановлюються в головці блоку циліндрів і фіксуються на ній за допомогою спеціальних кріпильних елементів.

Щоб отримати оптимальний розподіл палива при пошаровому сумішоутворення, кут конуса факела палива прийнятий рівним 70° , а вісь конуса нахилена на 20° (рис. 3.7).

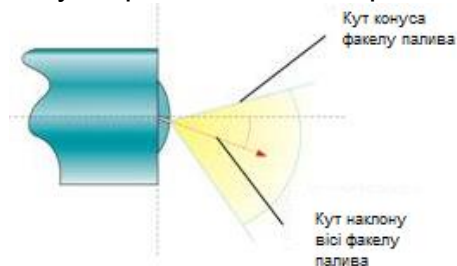
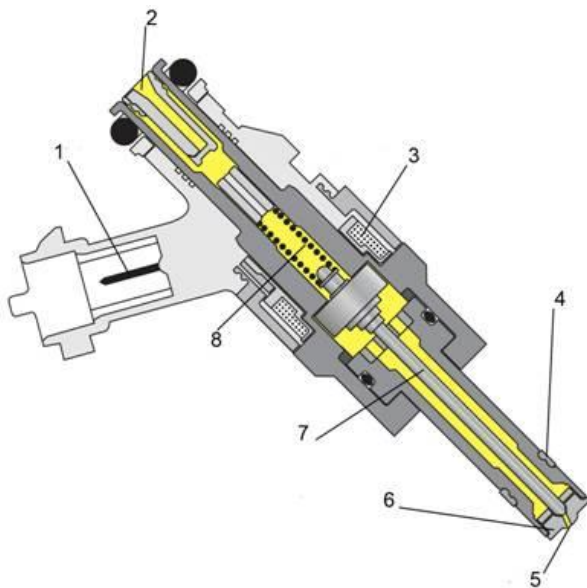


Рис. 3.7 – Схема розпилювання палива форсункою

Форсунка високого тиску (рис.3.8) складається з наступних елементів: корпусу, сідла 6, голки розпилювача 7 з якорем електромагніту, пружини 8, обмотки електромагніту 3.

Коли електричний струм проходить через обмотку електромагніту, створюється магнітне поле. За рахунок цього голка, протидіючи тиску пружини, піднімається над сідлом і відкриває сопловий отвір 5 (рис.8) форсунки. За рахунок різниці в тиску між паливною рейкою і камерою згоряння паливо впрорскується в камеру згоряння.



1 - електричний роз'єм; 2 - впускний канал з сітчастим фільтром; 3 - обмотка електромагніту; 4 - тефлонове ущільнення; 5 - сопловий отвір; 6 - сідло; 7 - голка розпилювача з якорем електромагніту; 8 - пружина

Рис. 3.8 - Форсунка високого тиску

При відключенні електричного струму голка розпилювача під дією зусилля пружини опускається на сідло клапана і перериває потік палива.

Форсунка швидко відкривається, забезпечуючи при відкритті постійну площу поперечного перерізу отвору, і знову закривається, долаючи тиск в паливній рейці. Кількість палива яке впрорскується (при даній площі поперечного перерізу отвору) залежить від тиску в паливній рейці, протivotиску в камері згоряння і тривалості відкриття форсунки. За рахунок відповідної геометрії розпилювача на кінці форсунки досягається дуже гарне розпоршення палива.

Управління форсунками високого тиску

Керуюча напруга подається на форсунки через електронний комутатор у блоці керування двигуном. Щоб забезпечити швидке відкриття форсунки після фази попереднього намагнічування малим струмом на її обмотку подається напруга порядку **90 вольт**. При цьому напрузі струм в обмотці досягає **10 ампер**. Якщо форсунку відкрито, достатньо подати **30 вольт**, щоб утримувати її в цьому стані. При цьому струм у її обмотці дорівнює **3-4 амперам**.

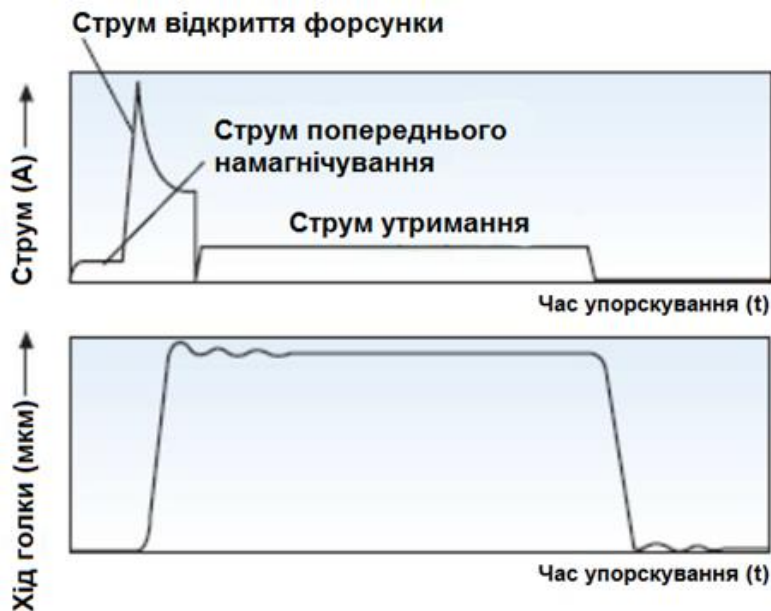


Рис. 3.9 – Сигнали управління форсунками високого тиску

Система випуску

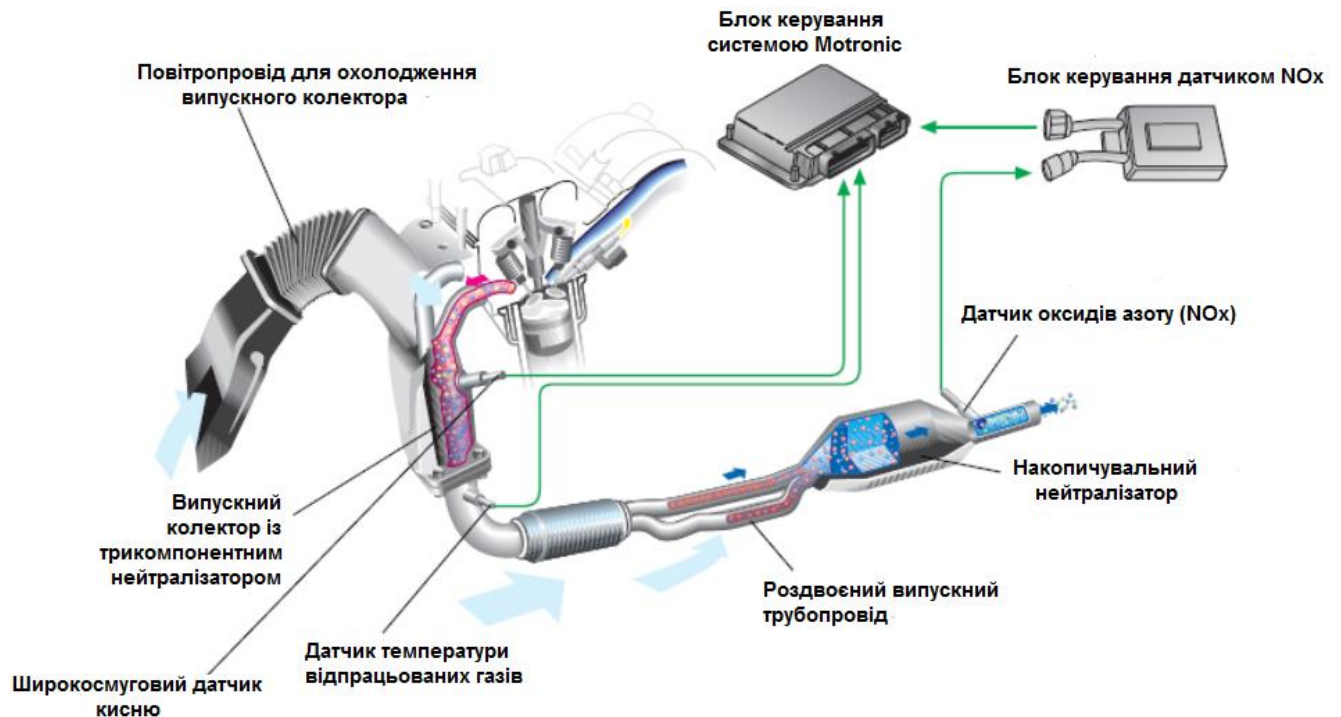


Рис. 3.10 – Система випуску

Попередній трикомпонентний нейтралізатор (рис. 3.11)

Призначення:

Нейтралізатор служить для каталітичного перетворення шкідливих речовин, що утворюються при згорянні, в нешкідливі речовини.

Цей нейтралізатор вбудований у випускний колектор. Завдяки близькості до двигуна він швидко прогрівається до робочої температури, при якій починається очищення відпрацьованих газів. Завдяки цьому можуть бути виконані жорсткі норми викидів шкідливих речовин.

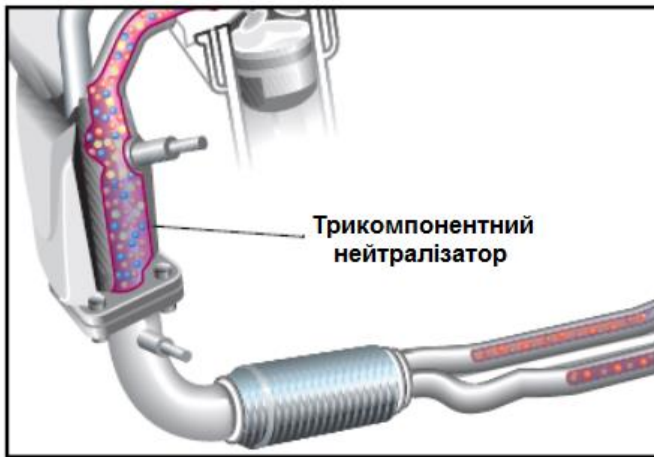


Рис. 3.11 – Попередній трикомпонентний нейтралізатор

Принцип дії:

При роботі двигуна на гомогенній стехіометричній суміші вуглеводні (НС) та оксид вуглецю (СО) забирають у оксидів азоту (NOx) кисень (О), окислюючись до води (H₂O) та діоксиду вуглецю (СО₂). У цьому оксиди азоту відновлюються до азоту (N₂).

При роботі двигуна на бідних сумішах

Вуглеводи та оксид вуглецю окислюються киснем, що міститься у надлишку у відпрацьованих газах. При цьому кисень у оксидів азоту не забирається. Тому під час роботи на бідних сумішах трикомпонентний нейтралізатор неспроможен відновлювати оксиди азоту. Останні проходять через трикомпонентний нейтралізатор і прямують до нейтралізатора накопичувального типу.

Широкосмуговий датчик кисню Широкосмуговий датчик кисню вкручений у випускному колекторі перед (трикомпонентним) нейтралізатором. **Цей датчик служить для визначення концентрації залишкового кисню у відпрацьованих газах.**

Використання сигналу

Широкосмуговий датчик кисню дозволяє досить точно визначити коефіцієнт надлишку повітря в широкому діапазоні його значень, а не лише при малих відхиленнях його від одиниці. Цей датчик дозволяє підтримувати постійне значення коефіцієнта надлишку повітря, що дорівнює **1,55**, при роботі двигуна **на бідній гомогенній суміші**. При пошаровому сумішоутворенні коефіцієнт надлишку повітря **визначається розрахунковим шляхом**, так як його визначення за сигналами широкосмугового датчика кисню в відповідному цьому режиму діапазоні значень недостатньо точно. Блок керування двигуном розраховує по сигналу датчика поточне значення коефіцієнта надлишку повітря та виробляє регулювання суміші при його відхиленні від заданого значення. Регулювання суміші проводиться за рахунок зміни подачі палива.

Наслідки за відсутності сигналу

Якщо сигнал із датчика кисню відсутній, заснована на ньому система регулювання не може функціонувати. При цьому кількість впорскуваного палива змінюється в відповідно до витрати повітря. Адаптація за складом суміші блокується, а система уловлювання парів бензину перекладається на аварійний режим.

Датчик температури відпрацьованих газів

Датчик температури відпрацьованих газів вкручений у випускний трубопровід після попереднього нейтралізатора.

Вироблені їм сигнали надходять на вхід блоку керування двигуном.

Використання сигналу датчика

За сигналами датчика температури відпрацьованих газів блок управління двигуном розраховує, зокрема, температуру у накопичувальному нейтралізаторі.

Цей вимір необхідний, оскільки:

* накопичувальний нейтралізатор здатний затримувати оксиди азоту тільки при температурах **від 250 до 500°C**, до яких він повинен нагріватися під час роботи двигуна на бідних сумішах;

* місце оксидів азоту в накопичувальному нейтралізаторі може займати сірка, для видалення якої необхідно підняти температуру в нейтралізаторі **до 650°C** та вище.

Наслідки відсутності сигналу

За відсутності сигналу датчика включається аварійна програма, відповідно до якої блок управління двигуном визначає температуру газів, що відпрацювали, розрахунковим шляхом. Зважаючи на недостатню точність цих розрахунків двигун раніше переключається на роботу на гомогенній суміші.

Принцип дії

У датчику знаходиться вимірювальний резистор з негативним температурним коефіцієнтом (NTC). Це означає, що при підвищенні температури його опір зменшується, а напруга на його виході відповідно збільшується. У блоці керування двигуном кожне значення вихідної напруги датчика зіставляється з певним значенням температури і виробляються рішення управління.

Накопичувальний нейтралізатор

Він встановлюється те місце, де зазвичай знаходиться традиційний основний трикомпонентний нейтралізатор. Крім виконання функцій трикомпонентного нейтралізатора він здатний накопичувати оксиди азоту.

Призначення

При роботі двигуна на гомогенній стехіометричній суміші накопичувальний нейтралізатор працює як звичайний трикомпонентний нейтралізатор. При роботі двигуна на бідних пошаровій та гомогенній сумішах цей нейтралізатор не може перетворювати оксиди азоту звичайним способом. Але він здатний їх утримувати. Як тільки кількість утриманих оксидів азоту досягає граничного для даного нейтралізатора значення, двигун переводиться на режим регенерації. Слід при цьому враховувати, що сірка, що міститься в паливі, також може утримуватися нейтралізатором, займаючи місце оксидів азоту, з якими вона має хімічну спорідненість.

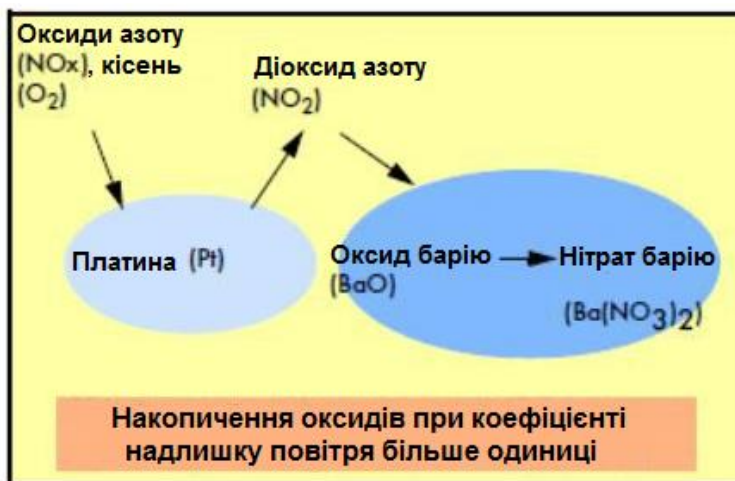


Рис. 3.12 – Робота накопичувального нейтралізатора (процес зв'язування оксидів азоту)

Принцип дії У накопичувальному нейтралізаторі крім трьох прошарків із платини, родію та паладію передбачено четвертий прошарок з оксиду барію. Цей прошарок здатний зв'язувати оксиди азоту при роботі

двигуна на бідних сумішах.

Зв'язування оксидів азоту

Процес зв'язування оксидів азоту починається з їх перетворення на діоксид азоту в присутності платини і завершується реакцією, в результаті якої оксид барію переводиться в нітрат барію.

Регенерація

Регенерація проводиться за рахунок молекул CO , які надміру утворюються при роботі двигуна на багатих сумішах. Спочатку нітрат барію знову окислюється до оксиду барію за допомогою оксиду вуглецю. У процесі цієї реакції утворюються також діоксид вуглецю та оксид азоту. У присутності родію та платини оксиди азоту відновлюються до азоту, а оксид вуглецю окислюється до діоксиду вуглецю.

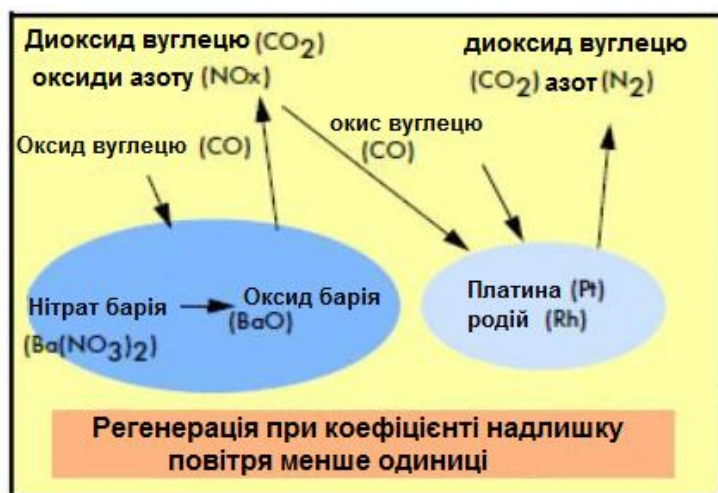


Рис. 3.13 – Робота накопичувального нейтралізатора (регенерація)

Датчик оксидів азоту

Цей датчик вкручений у випускную трубу безпосередньо за накопичувальним нейтралізатором. Він дозволяє визначити концентрації оксидів азоту та кисню в відпрацьованих газах. Сигнали з нього передаються на вхід блоку керування.

Використання сигналів датчика

За сигналами датчика визначається:

* Чи діє нейтралізатор чи ні.

* Чи відповідає налаштування встановленого перед нейтралізатором ширококутового датчика кисню на стехіометричну суміш або її необхідно скоригувати. Для цього в блоці управління датчиком оксидів азоту передбачена мікросхема, що забезпечує отримання на електродах датчика оксидів азоту стрибкоподібного сигналу, подібного до сигналу вузькокутового датчика кисню. Цей сигнал дозволяє дуже точно визначити склад суміші, наближеної до стехіометричного складу.

* Наскільки повно використана накопичувальна здатність нейтралізатора і чи потрібно його перевести на режим регенерації не тільки за оксидами азоту, а й по сірці.

Цикли регенерації накопичувального нейтралізатора

Ці цикли проводяться для очищення нейтралізатора від накопичених у ньому оксидів азоту та сірки, які переводяться відповідно в нешкідливий азот та діоксид сірки.

Видалення оксидів азоту

Регенерація нейтралізатора проводиться, якщо концентрація оксидів азоту в газах, що пройшли через нього, перевищила певне значення. Таким чином блок управління двигуном "дізнається" про переповнення нейтралізатора та неможливість накопичення в ньому оксидів азоту. В результаті він переводить двигун на режим регенерації.

При цьому проводиться перехід з бідних сумішей на збагачені суміші, що викликають підвищений викид вуглеводнів і оксидів азоту з відпрацьованими газами. У накопичувальному нейтралізаторі ці компоненти газів окислюються за допомогою кисню, відібраного у оксидів азоту, а останні відновлюються до азоту.

При пошаровому сумішоутворенні накопичувальний нейтралізатор здатний вловлювати оксиди азоту протягом **90 секунд**. Після цього проводиться регенерація нейтралізатора протягом **двох секунд**.

Видалення сірки

Видалити сірку з нейтралізатора складніше, ніж оксиди азоту, оскільки вона стійка до високих температур. При очищенні нейтралізатора від оксидів азоту сірка не видаляється. Очищення нейтралізатора від сірки слід проводити, якщо знижується його здатність до накопичення оксидів азоту, що проявляється у скороченні періодичності його регенерації. За скороченням періодів регенерації нейтралізатора блок управління двигуном отримує інформацію про накопичення в ньому сірки, яка обмежує здатність до уловлювання оксидів азоту.

Очищення нейтралізатора від сірки проводиться при русі автомобіля зі швидкостями, що перевищують певне мінімальне значення, що залежить від моделі автомобіля.

Цикл регенерації триває близько **двох хвилин**, він починається з наступних

операцій:

- двигун переводиться на гомогенну суміш,
- встановлюється пізніє запалювання, внаслідок чого температура відпрацьованих газів, підвищується до значень, що перевищують 650°C.

Тільки за цих умов вдається окислити накопичену в нейтралізаторі сірку до її діоксиду (SO₂).

Питання і завдання для самоконтролю

1. Перелічіть основні компоненти підсистеми упорскування бензину в камеру згоряння.
2. Перелічіть переваги безпосереднього упорскування бензину в камеру згоряння.
3. Перелічіть недоліки безпосереднього упорскування бензину в камеру згоряння.
4. Які експлуатаційні властивості двигуна поліпшуються завдяки безпосередньому упорскуванню бензину та мікропроцесорному керуванню?

Тема 2: СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ

Система запалювання. Част.3

План:

- 4.1 Загальні відомості про електронні та мікропроцесорні системи запалювання автомобіля.
- 4.2 Системи запалювання
- 4.3 Управління системою запалювання
- 4.4 Електронні та мікропроцесорні системи запалювання

4.1 Загальні відомості про електронні та мікропроцесорні системи запалювання автомобіля

Основні поняття

Поняття електронної системи є загальнішим, ніж поняття мікропроцесорної системи. У найзагальнішому сенсі під електронною системою розуміється система, побудована радіоелектронних елементах. Для чіткого розуміння відмінності між електронною та мікропроцесорною системами введемо їх поняття, причому для першої у вузловому сенсі.

Електронна система автомобіля - система (вузол) автомобіля, алгоритм функціонування якої визначається принциповою електричною схемою блоку управління або всього вузла. При цьому технічно електронний блок управління (ЕБУ) або весь вузол може бути виконаний на дискретних та (або) інтегральних радіоелементах, а зміна алгоритму роботи системи або вузла неможлива без зміни електричної схеми.

Мікропроцесорна система автомобіля – система автомобіля, алгоритм функціонування якої визначається програмою процесора електронного блоку управління (ЕБУ). Таким чином, в цій системі завжди є блок управління на основі мікропроцесора і зміни алгоритму роботи системи потрібно змінити програму мікропроцесора.

Основные компоненты электронных и микропроцессорных систем автомобиля.

Розглянемо компоненти з точки зору визначення класів і типів електронних приладів, що застосовуються на автомобілі, а також визначення вимог до них.

Сучасний автомобіль має значну кількість електронних та мікропроцесорних систем різного призначення та рівня складності, що визначило різноманітність в елементній базі пристроїв та технологіях їх виготовлення.

Розглянемо основні критерії класифікації електронних компонентів автомобіля.

За типом елементів – дискретні та інтегральні електронні компоненти.

За типом робочого сигналу – цифрові та аналогові компоненти.

За умовами застосування – стандартні (універсальні) та спеціальні компоненти.

Більш докладно розглянемо інтегральні мікросхеми (ІВ), які в даний час є переважаючими в автомобільній електроніці.

У переважній більшості зараз використовуються монолітні інтегральні мікросхеми (1С-integrated circuit), тобто виконані на єдиному кристалі напівпровідника (частіше кремнію) за планарною технологією. Дана технологія дозволяє виробляти в мікроскладанні всі напівпровідникові елементи, а також пасивні компоненти, такі як резистори та конденсатори. Виділяють п'ять рівнів інтеграції мікросхем:

- низька (**SSI**);
- середня (**MSI**);
- висока (**LSI**);
- надвисока (**VLSI**);
- ультрависока (**ULSI**).

В даний час виробляються останні три групи інтегральних мікросхем.

Аналогові інтегральні мікросхеми найчастіше діляться за призначенням: операційні підсилювачі, стабілізатори напруги, підсилювачі низької частоти, компаратори тощо.

Цифрові інтегральні мікросхеми мають, як правило, два критерії класифікації:

- за технологією напівпровідників: біполярні, на основі польових транзисторів та гібридні;
- за призначенням: логічні, тригери, регістри, шифратори, мультиплексори, мікросхеми пам'яті, високопотужні мікросхеми.

Окремим класом цифрових інтегральних мікросхем стоять **мікропроцесори**.

Мікропроцесор (МП) - це програмно керований пристрій, що здійснює процес обробки цифрової інформації та управління цим процесом, реалізований в одній або кількох великих інтегральних схемах (ВІС).

Мікропроцесорна ЕОМ (або мікро-ЕОМ) - це ЕОМ, що включає мікропроцесор, напівпровідникову пам'ять, засоби зв'язку з периферійними пристроями і, при необхідності, пульт управління та блок живлення, об'єднані однією несучою конструкцією.

Залежно від способу конструювання мікроЕОМ ділять на:

- одно кристальні, виконані на одному кристалі,
- однопалатні, реалізовані на одній платі,
- багато платні, коли мікропроцесор і основна пам'ять розташовуються на одній платі, засоби зв'язку з периферійними пристроями - на інших.

Мікропроцесорна система (МПС) – інформаційна, вимірвальна, управляюча або інша спеціалізована цифрова система, що включає мікроЕОМ і засоби сполучення з об'єктом, що обслуговується.

Програмне забезпечення МПС (ПЗ МПС) – сукупність програм, які перебувають у пам'яті системи та реалізують алгоритм функціонування системи.

4.2 Системи запалювання

Загальна класифікація систем запалювання.

Як зазначалося раніше, система запалення може бути підсистемою комплексної системи управління двигуном чи незалежною системою. Загальна класифікація систем запалення наводиться на схемі (рис.4.1)

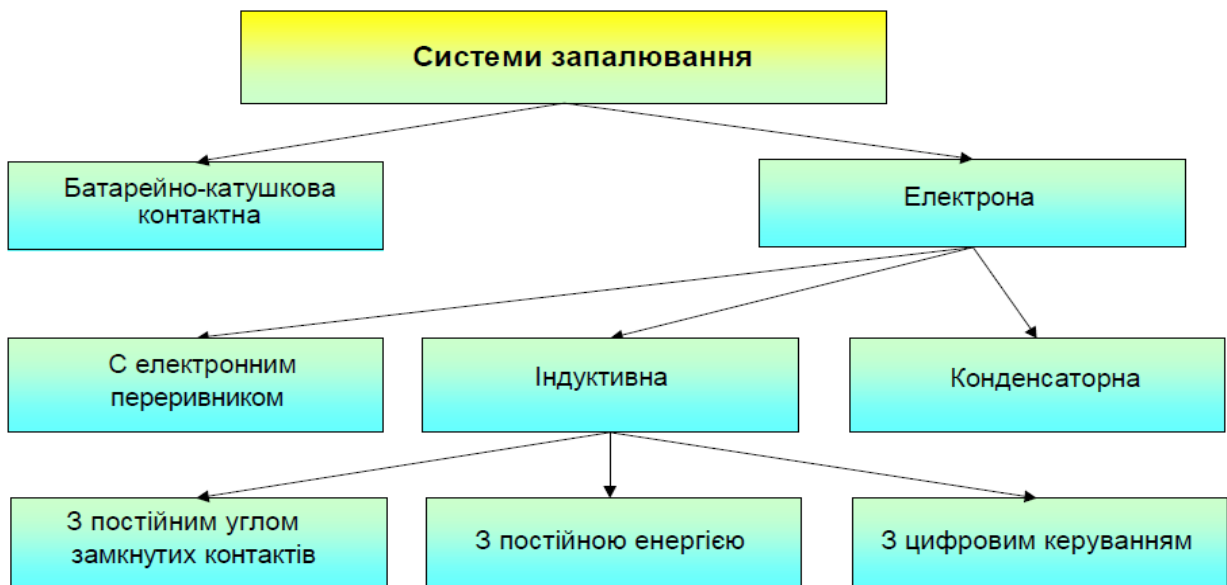


Рис 4.1 - Класифікація систем запалення

Батарейно-катушкова система запалювання, її основні вузли та принцип роботи.

У перші 20 років 20 століття двигуни автомобіля зазвичай оснащувалися магнето - генератором високої напруги, який приводився від двигуна і акумулятора, що не вимагав.

Більш прогресивна система запалювання – батарейно-катушкова, запатентована в 1908 році (К.Ф. Кеттерінг з фірми DELCO) і не зазнала істотних змін до наших днів.

Як зазначалося, всі удосконалення батарейно-катушечної системи запалювання стосуються лише способу управління катушкою запалювання, яка разом із джерелом струму (наприклад, батареєю) служить обов'язковим атрибутом іскрових систем запалювання (СЗ).

Спільним для всіх систем залишилася катушка запалення, тому зараз розглянемо роботу найпростішої батарейно-катушкової СЗ (рис. 4.2).

При замыканні контактів прерывателя К через L_1 протікає ток I_1 , нарастаючий по експоненті до максимального значення.

При замиканні контактів переривника через L_1 протікає струм I_1 , що наростає по експоненті до максимального значення.

$$I_{\max 1} = \frac{U_a}{R_{L1}} \approx 2 \div 5 A$$

де U_a – напруга акумулятора;

R_{L1} – опір первинної обмотки катушки запалювання.

Під час зміни струму в обмотці наводиться е.р.с. індукції за допомогою зміни магнітного поля, створюваного в обмотці. Чим швидше змінюється магнітне поле (або струм), тим більша е.р.с. буде наведено. У первинній обмотці зазвичай міститься ~ 300 витків товстого дроту (0.5мм). У вторинній - близько 20 000 витків тонкого дроту.

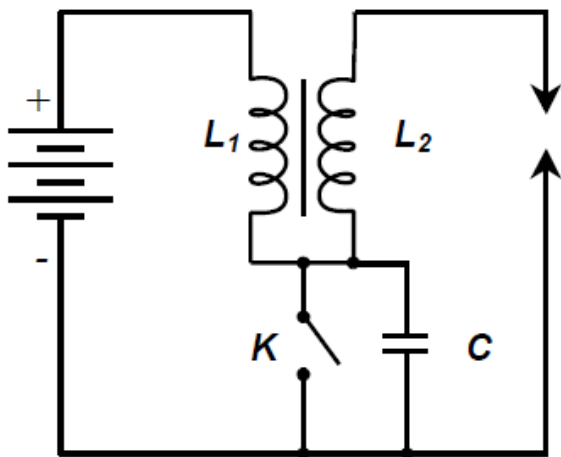


Рис. 4.2 – Принципова схема батарейно-катушкової системи запалювання

Якщо розімкнути переривник (ключ К) струм у первинній обмотці різко падає, викликаючи швидку зміну магнітного поля. При цьому в первинній обмотці наводиться е.р.с. самоіндукції до 300 В, а у вторинній завдяки ефекту трансформації ($K_t \sim 20000/300 \sim 66$) виникає напруга, що перевищує 20кВ. Струм самоіндукції має також напрям, що і струм, що переривається.

При розриві контактів струм самоіндукції зберігає струм первинної обмотці, тобто. він падає не так швидко, як хотілося б. Крім того, у проміжках між контактами переривника виникає іскровий розряд, який (див. рис.3) призводить до зниження індукованої напруги у вторинній обмотці U_2 і викликає ерозію та руйнування контактів К.

Для усунення цих неприємностей паралельно контактам переривника доключають конденсатор. У момент розмикання контактів струм первинної обмотки спрямовується на заряд конденсатора, який швидко заряджається до напруги мережі первинної обмотки.

Крім того, далі конденсатор розряджається через первинну обмотку,

створюючи в початковий момент імпульс струму зворотного напрямку. Таким чином, струм і за наявності конденсатора C падає швидше, що і призводить до прискорення зникнення магнітного потоку і внаслідок цього до підвищення напруги у вторинній обмотці.

Характер вимірювання струму в первинній обмотці та напруги у вторинній обмотці представлені на рис. 4.3.

Коли напруга U_2 досягає значення, достатнього для пробію зазору між електродами свічки виникає іскра, яка підпалює горючу суміш в циліндрі двигуна.

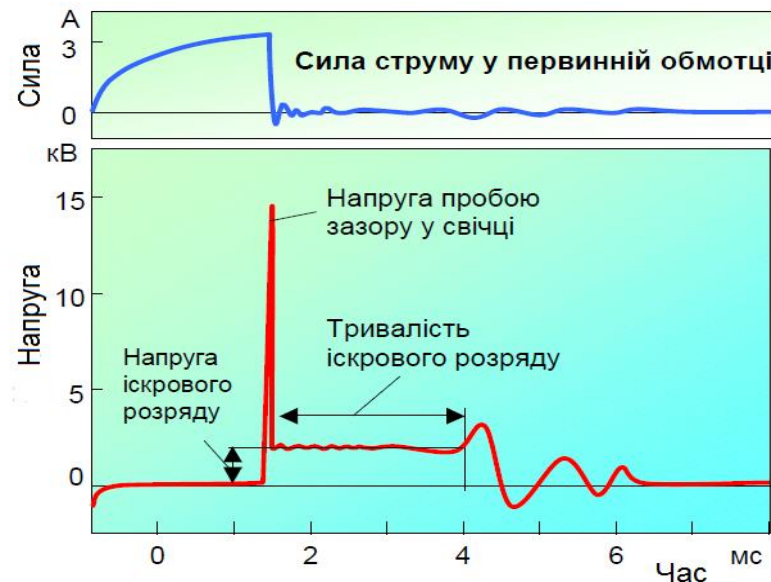


Рис. 4.3 – Сила струму та напруга в обмотках котушки запалювання

На рис. 4.4 зображені криві вимірювання вторинної напруги за відсутності іскрового розряду (наприклад, при працюючому двигуні провід високої напруги від'єднаний від свічки - крива 1) і при пробію повітряного зазору у свічці (крива 2). Криву 2 можна розділити на три складові (фази), що відрізняються джерелами генерації напруги:

- ємкісна;
- індуктивна;
- коливальна.

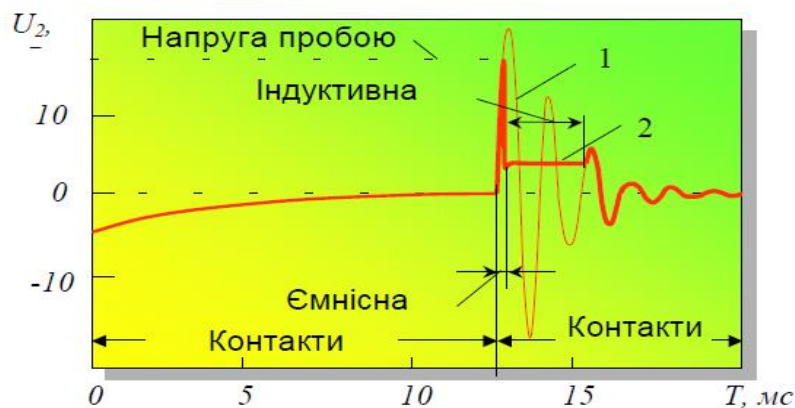


Рис. 4.4 - Напруга у вторинній обмотці за відсутності (крива 1) та наявності (крива 2) іскри

1. **Ємнісна складова** або ємнісна фаза характеризується високим піковим значенням напруги – так звану пробивну напругою (5-12 тис. В) та короткою тривалістю

(порядку 0,3 мс). Своїм походженням і назвою вона зобов'язана джерелу індукованої напруги - ємності C шунтуючої контакти переривника.

Іскра між контактами свічки завдяки високій напрузі ємнісної фази має високу температуру і яскравий блакитний колір.

2. **Індуктивна складова** характеризується відносно великою тривалістю (близько 2-3 мс) горизонтальної ділянки (з можливим нахилом вгору чи вниз). Індуктивна фаза виникає внаслідок енергії накопиченої в індуктивності вторинної обмотки котушки запалювання і характеризується напругою горіння вольтової дуги (від 1 до 2 кВ). Колір іскри у цій фазі – теплий, червонуватий.

3. **Коливальна фаза** виникає внаслідок перерозподілу енергії між ємністю C_1 , індуктивностями L_1, L_2 і ємності проводів високовольтного тракту C_2 .

Пробивна напруга багато в чому залежить від режиму роботи двигуна. У

двигуна, що працює на великих обертах з повним навантаженням. Пробивна напруга мінімальна (4-5 кВ), а в режимі холодного пуску – максимальна (9-12 кВ).

Безконтактно-транзисторні системи запалювання (БТСЗ)

БТСЗ почали застосовувати із 80-х років. Якщо в контактних системах запалення (КСЗ) переривник безпосередньо розмикає первинний ланцюг, у контактно-транзисторній системі запалення КТСЗ - ланцюг управління, то БТСЗ і управління стає безконтактним. У цих системах транзисторний комутатор, що перериває ланцюг первинної обмотки котушки запалювання, спрацьовує під впливом електричного імпульсу, що створюється безконтактним датчиком. У БТСЗ замість переривника-розподільника застосовується датчик-розподільник.

Всі види датчиків, що використовуються в БТСЗ, ділять на параметричні та генераторні. У параметричних датчиках змінюються ті чи інші параметри керуючого (базового) ланцюга (опір, індуктивність, ємність), у зв'язку з чим змінюється сила струму бази транзистора.

Генераторні датчики (магнітоелектричні, фотоелектричні та ін) є джерелами живлення керуючого ланцюга. Найбільшого поширення набули магнітоелектричні датчики - індукційні та датчики Холла. Основні види датчиків представлені на рис. 4.5:

а) контактний датчик (контактна пара) переривника-розподільника батарейної, контактно-транзисторної та контактно-тиристорної систем запалювання. Формує момент запалення розмиканням контактів (кулачком). Недоліки - нестабільність сигналу, мала напрацювання на відмову;

б) магнітоелектричний датчик частоти обертання ДВЗ. Працює за принципом генерування одиночного імпульсу в момент замикання магнітного потоку Φ феромагнітним ротором через магнітопровід обмотки датчика. Недоліки – неможливість отримання стабільного сигналу на низьких оборотах ротора;

в) ферорезистивний датчик. Працює за принципом зміни електричного опору у ферорезисторі при зміні магнітного потоку Φ від постійного магніту. Недоліки - залежність сигналу від температури;

г) датчик Холла. Найбільш поширений датчик частоти обертання ДВЗ у сучасних ЕСЗ. Працює за принципом переривання магнітного потоку від постійного магніту N8 феромагнітним атенюатором А. Недоліки - складна технологія виготовлення. Переваги - стабільність параметрів сигналу за будь-якої частоти обертання ДВЗ;

д) електрогенераторний датчик частоти обертання ДВЗ. Працює за принципом переривання височастотного електромагнітного поля металевим екраном Е. Недоліки - складність схеми. Переваги – цифровий рахунок швидкості обертання ДВЗ;

е) фотоелектричний датчик частоти обертання ДВЗ. Працює за принципом переривання світлового потоку З оптичним атенюатором В. Недоліки – можливість забруднення та перегорання лампи L (низька надійність).

Перевага – простота;

ж) оптоелектронний датчик. Працює за принципом переривання світлового потоку між елементами оптопари (світловий діод і фототранзистор). Недоліки - забруднення оптичного каналу. Переваги – можливість застосування частотної модуляції світлового потоку;

і) генераторний датчик із частотною модуляцією. Працює за принципом зриву автоколивань генератора. Недоліки – складність. Переваги – незалежність амплітуди сигналу від частоти обертання ротора 4.

Магнітоелектричний датчик Холла отримав свою назву на ім'я Едвіна Холла, американського фізика, який відкрив у 1879 р важливе гальваноманітне явище. Переваги цього перемикача - висока надійність і довговічність, малі габарити, а недоліки - постійне споживання енергії та порівняно висока вартість.

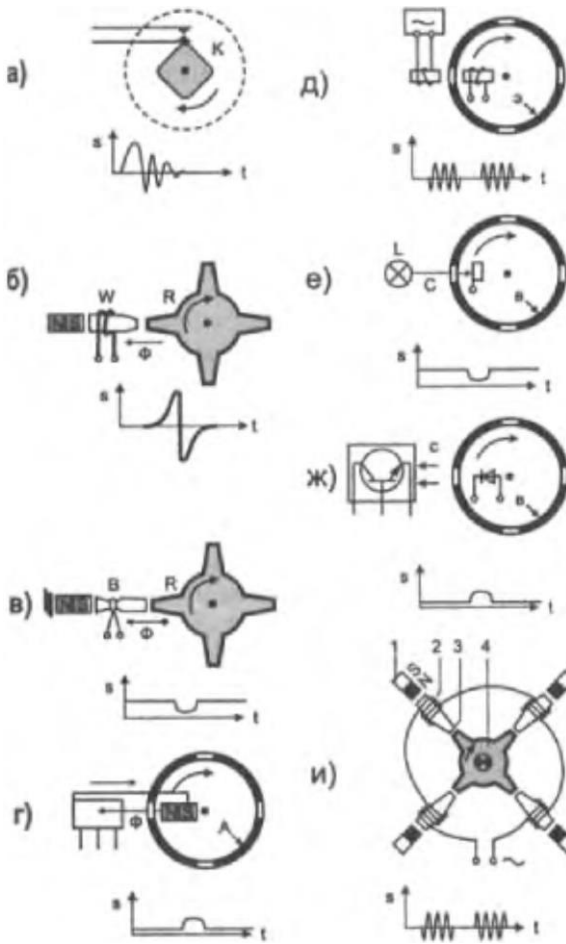


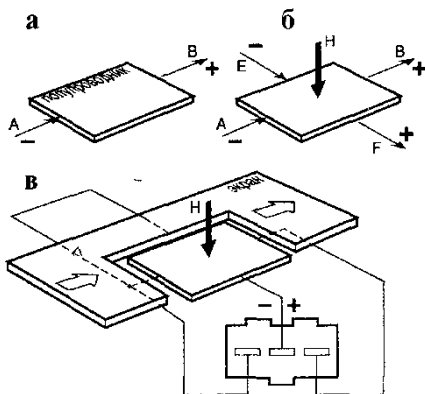
Рис. 4.5 - Різновиди безконтактних датчиків БТСЗ

Якщо на напівпровідник, по якому (вздовж) протікає струм, впливати магнітним полем, то в ньому виникає поперечна різниця потенціалів (ЕРС Холла). Виникаюча поперечна ЕРС може мати напругу тільки на 3 В менше, ніж напруга живлення.

Розглянемо напівпровідникову платівку (частіше кремнієва) розміром 5x5 мм (рис.4.6а). Якщо по пластинці між двома паралельними сторонами пропустити струм і одночасно піднести до неї постійний магніт, а до двох інших сторін квадрата приєднати дроти, то отримаємо генератор Холла (рис.4.6б). Якщо між магнітом і напівпровідником помістити екран, що переміщується з прорізами, отримаємо імпульсний генератор Холла.

Датчик Холла має щілинну конструкцію. З одного боку щілини розташований напівпровідник, яким при включеному запаленні протікає струм, з другого боку - постійний магніт. У щілину датчика входить сталевий циліндричний екран із прорізами.

При обертанні екрану, коли його прорізи виявляються в щілині датчика, магнітний потік впливає на напівпровідник з струмом, що протікає по ньому, і керуючі імпульси датчика Холла подаються в комутатор, в якому вони перетворюються в імпульси струму в первинній обмотці котушки запалювання.



а - немає магнітного поля, по напівпровіднику протікає струм живлення - АВ, б - під дією магнітного поля - Н з'являється ЕРС Холла - ЕF; в – датчик Холла
Рис. 4.6 - Принцип дії імпульсного-генератора Холла:

Безконтактна система запалювання з нерегульованим періодом накопичення енергії

Найбільш простий у схемному та функціональному виконанні є безконтактна система запалення з нерегульованим періодом накопичення енергії. Безконтактна система запалювання з нерегульованим часом накопичення енергії принципово відрізняється від контактної-транзисторної лише тим, що контактний переривник замінений безконтактним датчиком.

У системі, крім того, не усунено суттєвого недоліку контактної системи запалення - зменшення вторинної напруги при зростанні частоти обертання колінчастого валу. Тому перспективніша система з регулюванням часу накопичення енергії.

Системи запалення з регулюванням часу накопичення енергії

Регулюючи час накопичення енергії, тобто. час, коли первинний ланцюг котушки

запалення підключений до мережі живлення, можна зробити струм розриву цього ланцюга незалежним або малозалежним від частоти обертання колінчастого валу двигуна, а значить, і позбутися нестачі контактної системи запалювання - зниження вторинної напруги зі зростанням частоти обертання.

Принцип такого регулювання полягає в тому, щоб зі зростанням частоти обертання збільшити відносний час включення котушки запалення в мережу так, щоб абсолютний час включення залишився незмінним.

4.3 Управління системою запалювання

В даний час найбільшого поширення набули комплексні системи управління двигунами, тому надалі ми будемо приділяти їм основну увагу, а існуючі раніше системи управління розглядати як окремі випадки.

Системи керування двигунами автомобілів з іскровим займанням палива мають у своєму складі як мінімум дві підсистеми:

- систему керування складом паливної суміші, тобто. регулювання співвідношення повітря/паливо (паливно-емісійне);
- систему керування моментом запалювання.

Сучасна концепція електронної СУД заснована на застосуванні єдиного блоку управління системою запалювання та паливно-емісійної, а також інших систем автомобіля: рульового управління, підресорювання, автоматичної коробки передач, включення та виключення зчеплення, бортової діагностики та ін.

Кожна із систем, керованих контролером, також забезпечується системою захисту від непередбачуваних наслідків у разі відмови контролера.

У підсистемі запалювання використовуються карти, записані в постійну пам'ять мікропроцесора. У контролері з урахуванням сигналів від датчиків і оптимізованих характеристичних карт подаються відповідні сигнали випередження запалювання на первинну обмотку котушки запалювання.

Як зазначалося, керувати АТ застосовуються звані характеристичні карти. Їх одержують у процесі стендових випробувань АТ при реалізації всього діапазону зовнішніх навантажень та вимірювання відгуку на них АТ (у вигляді різних параметрів). Багатовимірні, отримані під час таких факторних експериментів, таблиці-карти заносять у пам'ять блоку управління відповідного АТ.

Двовимірні таблиці-карти може бути представлена у вигляді тривимірного графіка (діаграми).

Карти надають основну інформацію щодо взаємозалежності характеристик АТ. Для отримання всебічних даних щодо якості СУД необхідно мати безліч карток. Приклад характеристичної карти подано на рис. 4.7.

Зазвичай у системах управління запаленням та паливно-емісійною використовуються датчики одного й того самого типу. Логічним наслідком цього факту є використання одного комп'ютера та одного набору датчиків для керування обома системами.

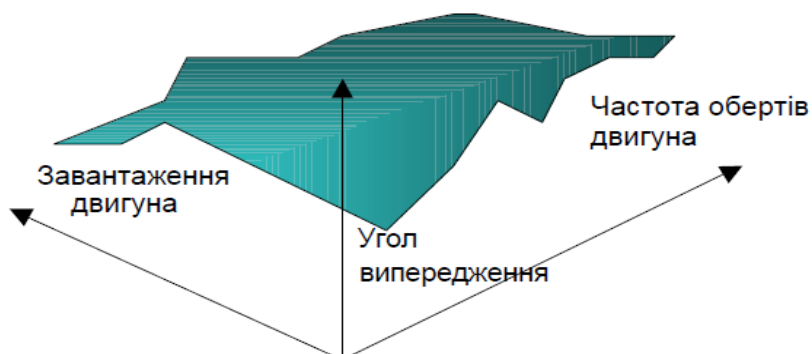


Рис. 4.7 – Приклад характеристичної карти

Перш ніж перейти до вивчення системи управління двигуном, розглянемо роботу системи управління зі зворотним зв'язком.

Після того, як визначено характерні карти двигуна, вони зберігаються в постійній пам'яті (ROM) бортового комп'ютера СУД. Відповідно до цих даних здійснюється управління роботою двигуна на різних швидкостях обертання та коефіцієнтах завантаження двигуна. Однак подібне керування двигуном передбачає, що характеристики самого двигуна з часом не змінюються.

Насправді це не так, оскільки в процесі експлуатації зношуються поршні, що направляють втулки клапанів та інші деталі двигуна. Зрештою, ці процеси призводять до того, що, наприклад, потрібний вміст повітря в робочій суміші відрізняться від того, що визначає мікропроцесор на основі даних, виміряних датчиками.

Ця ситуація одна із наслідків використання системи управління без зворотний зв'язок, тобто системи, у якій здійснюється контроль фактичних параметрів двигуна (його прийомистості чи складу вихлопних газів).

Аналогічно, спочатку настроєна установка запалювання, в процесі експлуатації може призвести до виникнення детонації та поломки двигуна.

Усунення цих проблем досягається вимірюванням параметрів двигуна за допомогою датчиків, сигнали яких допомагають коригувати склад робочої суміші та момент запалення.

Датчик детонації є елементом зворотного зв'язку та широко використовується у сучасних двигунах. З його допомогою відбувається зменшення кута випередження у разі детонації.

Аналогічно за допомогою лямбда-зонда оцінюється вміст кисню у вихлопних газах і сигнал передається мікропроцесору. У свою чергу, мікропроцесор проводить коригування співвідношення повітря/паливо таким чином, щоб параметр лямбда дорівнював 1,0.

Таким чином, датчик детонації і лямбда-зонд є складовими частинами системи керування двигуном із зворотним зв'язком і підтримують необхідні параметри двигуна з урахуванням його зносу протягом усього терміну експлуатації.

Сигнали управління запалюванням

Управління запалюванням засноване на визначенні кута випередження запалення у відповідність до інформації, що надходить від датчиків:

- швидкості та положення маховика двигуна;
- тиску та температури повітря у впускному колекторі;
- температури охолоджувальної рідини;
- положення дросельної заслінки;
- напруги в бортовій мережі.

Розглянемо докладніше сигнали, необхідні управління запалюванням.

Швидкість та положення маховика. Частота обертання колінчастого валу разом із навантаженням двигуна - основні параметри, що визначають кут випередження запалення. Частоту обертання можна визначити, підрахувавши число зубів спеціального зубчастого колеса, спеціально закріпленого на валу, що проходить в одиницю часу повз спеціальний датчик. Положення колінчастого валу задає точку відліку кута випередження запалення. Як така точка зазвичай приймають кут 90° до ВМТ циліндра №1. Це положення вводиться в комп'ютер за допомогою датчика, що реагує на спеціальну мітку (виступ або відсутність зуба) на вінці вінця маховика.

Тиск та температура повітря у впускному колекторі пов'язані з навантаженням двигуна. Для оцінки навантаження, як варіант, використовуються дані і про витрату повітря через впускний колектор, які можуть бути отримані безпосередньо з вимірювача витрати повітря і побічно, за допомогою вимірювання кута повороту дросельної заслінки та температури повітря.

Температура охолоджуючої рідини вводиться як допоміжний параметр для корекції випередження запалення за частотою та навантаженням двигуна.

Сигнали положень дросельної заслінки (особливо крайніх) потрібні обчислювачу для переходу на спеціальні програми управління двигуном в режимах холостого ходу та повного навантаження. У деяких системах управління сигнал крайнього положення дросельної заслінки використовується для відсічення подачі палива зі збільшенням оборотів двигуна понад допустимі.

Напруга в мережі є додатковим параметром. Якщо напруга відрізняється від еталонного, момент включення котушки запалювання зсувається вперед або назад для досягнення постійної потужності розряду.

При виборі оптимального випередження для кожного режиму роботи двигуна береться до уваги безліч факторів, таких як витрата палива, запас по детонації, склад відпрацьованих газів, крутний момент, температура двигуна, тому не дивно, що графіки характеристичних карт мають не зовсім гладку форму. На рис. 4.8 представлена якісна ілюстрація, що дає уявлення про те, як регулюється кут випередження механічними відцентровим регулятором та як його слід регулювати за допомогою електронних СУД.

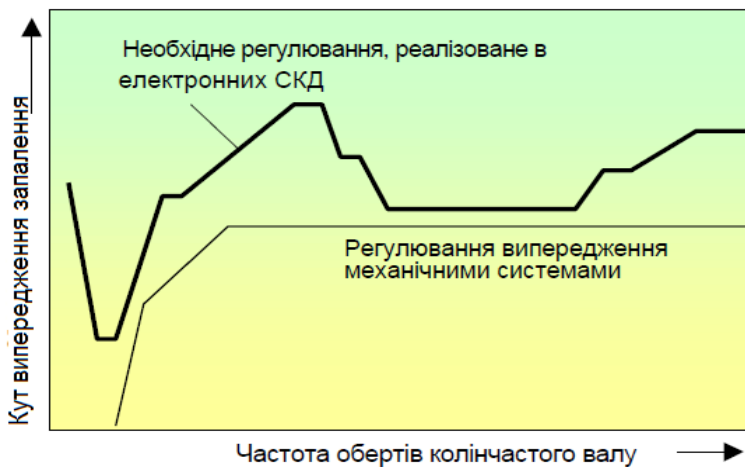


Рис. 4.8 – Характеристика механічних регуляторів випередження запалювання

Графік рисунку відображає залежність випередження лише з оборотів двигуна. Щоб врахувати ще один параметр, потрібно побудувати тривимірний графік, всі точки якого утворюють поверхню. Якщо вибрати будь-яке поєднання параметрів, що

управляють, на горизонтальній площині отримаємо точку. Перпендикуляр вгору цієї точки до перетину з поверхнею графіка дає необхідне значення випередження запалювання (див. рис. 4.7).

Якщо основу карти розбити на інтервали за керуючими параметрами та побудувати на цих інтервалах сітку, то для вузлів цієї сітки можна знайти відповідні значення випередження та записати їх у пам'ять бортового комп'ютера. Для задовільного керування необхідно зберігати в пам'яті від 1000 до 4000 таких значень.

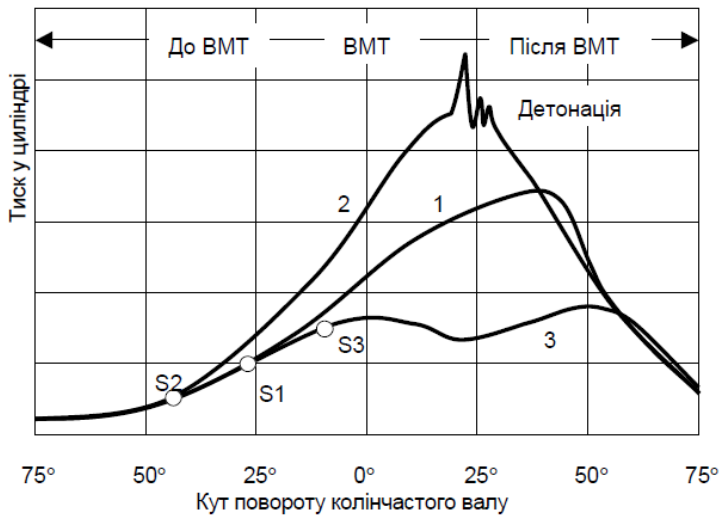
Крім цього, потрібно доповнити карту інформацією про режими роботи двигуна на холостих оборотах для їх підтримки та на максимальних оборотах для їх обмеження.

Крім того, програмується режим повних навантажень таким чином, щоб двигун працював поруч із кордоном початку детонації, але не переходив її.

Отримана від датчиків зазначених вище сигналів інформація служить мікропроцесору як вихідні дані для отримання необхідних сигналів управління випередженням за характеристичними картами.

Встановлення моменту запалювання. Установка запалювання має найважливіше значення для правильного перебігу робочого процесу. Момент запалювання повинен бути обраний так, щоб тиск в циліндрі досяг максимуму через 12° повороту колінчастого валу після ВМТ. Якщо суміш підпалити раніше (раннє запалювання), то швидкість її згоряння стане занадто високою - суміш практично вибухне (це явище має назву детонації). Такий режим шкідливий для артеріального тиску, його допускати не можна.

Навпаки, якщо суміш підпалити надто пізно (пізнє запалення), швидкість горіння буде низькою і тиск у циліндрі досягне максимуму надто пізно. В результаті отримаємо низьку потужність при велику витрату палива (див. рис. 4.9).



Правильне встановлення (запалювання в точці S1); Раннє запалювання у точці S2;

Пізніше запалювання у точці S3.
Рис. 4.9 – Вплив моменту запалювання

Поряд із співвідношенням повітря та палива найбільший вплив на емісію шкідливих речовин надає момент запалення. При ранньому запаленні збільшується як емісія CH, так і емісія NO₂. Емісія CO майже залежить від моменту запалення.

Витрата палива та емісія шкідливих речовин йдуть назустріч один одному. З підвищенням коефіцієнта надлишку повітря для компенсації невеликої швидкості згоряння має раніше відбуватися запалення, щоб процес згоряння залишався оптимальним. Ранній момент запалювання означає меншу витрату палива та більший момент обертання.

Щоб знайти найбільш вигідний компроміс в залежності від кількості обертів і навантаження, потрібне складне регулювання моменту запалювання, яке задається виробником і реалізується в сучасних системах керування двигунами.

Зворотний зв'язок з детонації

Як зазначалося наявність одних лише характеристичних карт недостатньо оптимального управління роботою АТ. Один із зворотних зв'язків, що охоплюють двигун як об'єкт управління - зв'язок по детонації.

Детонація виявляється за допомогою акселерометрів – спеціальних датчиків прискорення, встановлених на блоці циліндрів. У пам'яті контролера системи управління зберігаються значення середніх рівнів вібрації кожного циліндра, що характеризують його перед детонаційний стан. Ці рівні адаптуються до змінних умов роботи двигуна.

Якщо сигнал детонації від будь-якого циліндра перевершить встановлений йому пороговий рівень, контролер формує сигнал зменшення випередження запалювання у цьому конкретному циліндрі деякий невеликий кут, наприклад, на 1,5 - 2 градуса. Потім, якщо детонації немає, з кожним циклом відбувається випередження запалення на малу величину значення, записаного в карті запалювання. Така процедура безперервно повторюється кожного циліндра у кожному циклі (див. рис. 4.10).

В результаті кожен циліндр налаштовується індивідуально працювати у режимі найбільшої ефективності, яка досягається саме межі детонації (див. рис.4.11). Оскільки кожен циліндр має свою шумову характеристику, для 4-циліндрових двигунів буває достатньо одного датчика. На 6-циліндрових двигунах встановлюють два датчики.



K1...3 – детонація в циліндрах 1...3 (у циліндрі 4 детонація відсутня); a – затримка перед усуненням кута випередження запалення у бік запізнення; b – запізнення запалення; c – затримка перед відновленням початкового моменту запалювання; d – випередження запалення.

Рис. 10 – Захист двигуна від детонації

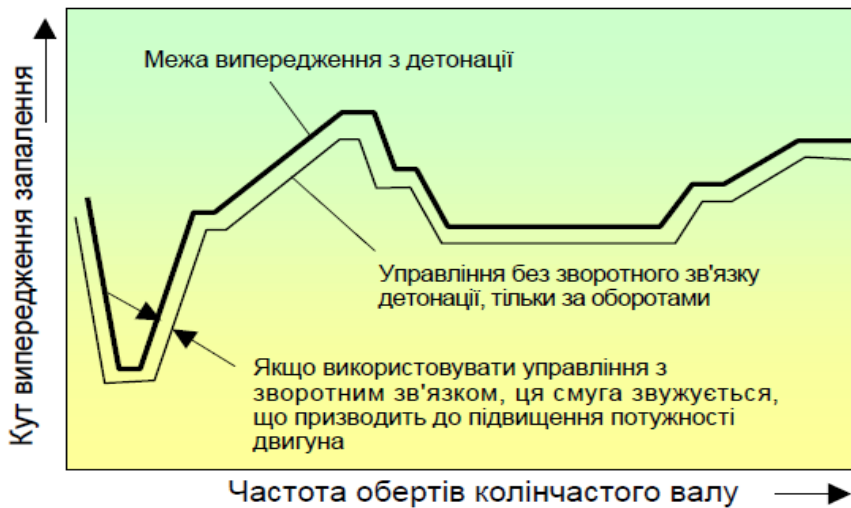


Рис. 4.11 – Підвищення потужності двигуна з управлінням сигналу детонації

При виникненні несправності, наприклад, при відмові датчика або обриві дроту, система керування зменшує випередження до безпечного рівня та посилає сигнал про несправність на панель приладів водія.

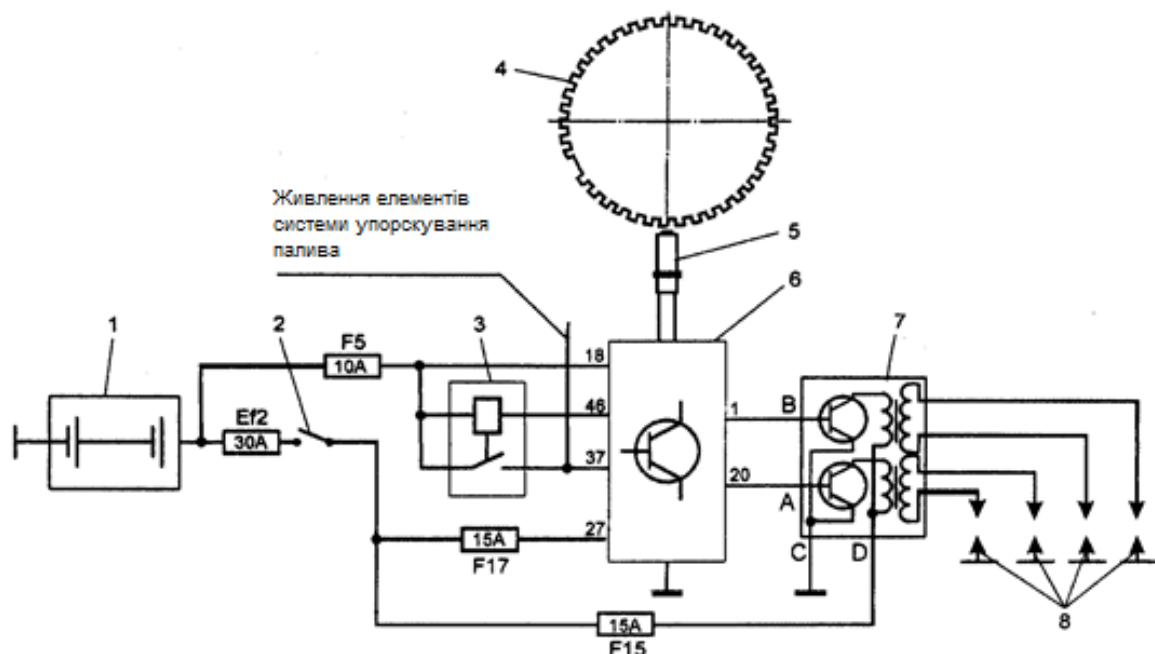
4.4 Електронні та мікропроцесорні системи запалювання

Електронні системи запалювання

Електронні та мікропроцесорні системи запалення відрізняються один від одного способами формування основного сигналу запалювання, тобто. того сигналу, що від ЕБУ подається на спусковий пристрій накопичувача. В ЕСЗ основний сигнал запалювання формується із застосуванням час-імпульсного способу перетворення інформації від вхідних датчиків. Це коли контрольований процес задається часом його протікання, з подальшим перетворенням часу тривалість електричного імпульсу. Таким чином, ЕСЗ контролер містить електронний хронометр і керується аналоговими сигналами.

Мікропроцесорні системи запалювання

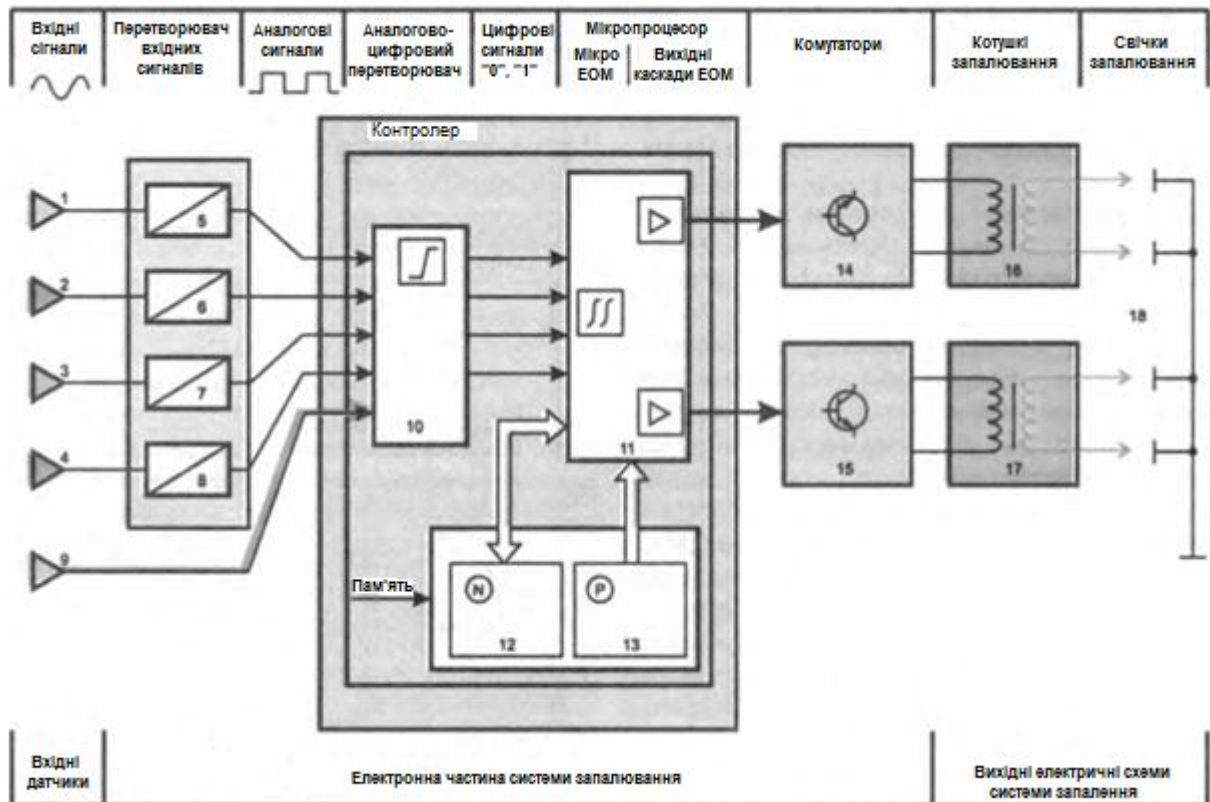
Спрощена схема системи запалення двигуна з МПСК представлена на рис. 4.12



1 – АКБ; 2 – вимикач запалювання; 3 – реле запалювання; 4 – маховик; 5 – датчик покладання колінчастого валу; 6 – контролер; 7 – модуль запалення; 8 – свічки запалювання; F5, E12, F15, F17 – запобіжники.

Рис. 4.12 – Спрощена схема системи запалення двигуна з МПСК

У МСЗ, структурна схема якої показано на рис.4.13, для формування сигналу запалювання застосовується число-імпульсне перетворення, при якому параметр процесу задається не часом перебігу, а безпосередньо числом електричних імпульсів.



1-4 – вхідні датчики неелектричних впливів (акцептори); 5-8 - перетворювачі неелектричних величин в аналогові електричні сигнали; 9 - датчик абсолютного тиску (МАР); 10 – АЦП; 11 - інтегральна схема мікропроцесора; 12 - оперативна "N", 13-постійна "P" пам'ять ЗУ; 14, 15 - комутатори; 16,17 – двовивідні котушки запалювання; 18 - свічки запалювання

Рис. 4.13 – Структурна схема мікропроцесорної системи запалювання

Функції електронного обчислювача тут виконує число-імпульсний мікропроцесор, який працює від електричних імпульсів, стабілізованих за амплітудою та тривалістю (від цифрових сигналів). Тому між мікропроцесором і вхідними датчиками в ЕБУ МСЗ встановлюються число-імпульсні перетворювачі аналогових сигналів цифрові (ЧІПи).

На відміну від електронної, мікропроцесорна система запалювання працює за попередньо заданою для даного двигуна внутрішнього згоряння програмі управління. У обчислювачі мікропроцесорної системи запалення є електронна пам'ять (постійна та оперативна). Програма управління конкретної конструкції двигуна визначається експериментально, у його розробки. На випробувальному стенді імітуються всі можливі режими двигуна за всіх можливих умов його роботи.

Для кожної експериментальної точки підбирається та реєструється оптимальний кут випередження запалення. Виходить набір численних значень кута моменту запалювання, кожне з яких відповідає суворо певній сукупності сигналів від вхідних датчиків. Графічне зображення такої множини є тривимірною характеристикою запалювання (див. рис. 4.7), яка у вигляді матриці. Координати тривимірної характеристики записуються в постійну пам'ять мікропроцесора і надалі служать опорною інформацією для визначення кута випередження запалення в реальних умовах експлуатації двигуна на автомобілі. Зміна опорного (взятого з пам'яті) кута випередження запалення здійснюється автоматично. **Збільшення кута Θ відбувається при підвищенні оборотів, при зменшенні**

навантаження та при зниженні температури ДВЗ.

Зменшення кута Θ має місце зі збільшенням навантаження, при падінні оборотів і підвищення температури ДВЗ. Якщо в МСЗ крім основних датчиків використовуються додаткові (наприклад, датчик детонації в циліндрах ДВЗ), то мікропроцесорі здійснюється корекція опорного значення кута випередження запалювання за сигналами цих датчиків. При цьому коригування проводиться у кожному циліндру окремо. Електронні блоки управління для ЕСЗ та МСЗ, крім функціональних та схемотехнічних, мають і важливі конструктивні відмінності.

У ЕСЗ блок управління є самостійним конструктивним вузлом і називається контролером. На входи контролера подаються сигнали від вхідних датчиків системи запалювання, а після виходу - контролер працює на електронний комутатор вихідного каскаду.

Всі електронні схеми контролера низько рівневі (потенційні), що дозволяє включати їх до складу інших бортових електронних блоків управління (наприклад, ЕБУ системи впорскування палива).

У МСЗ всі функції управління інтегровані в центральний бортовий комп'ютер автомобіля і персональний блок управління системи запалювання може бути відсутнім. Функції вхідних датчиків МСЗ виконують універсальні датчики комплексної системи автоматичного керування двигуном. Основний сигнал запалювання подається на електронний комутатор вихідного каскаду МСЗ безпосередньо від бортового комп'ютера.

Незважаючи на значні відмінності електронних і мікропроцесорних систем запалювання, пристроїв управління вихідні каскади цих систем мають ідентичне схемотехнічне і конструктивне виконання, при якому кожна свічка запалювання на багатциліндровому ДВЗ отримує енергію для іскроутворення по окремому каналу. Такий розподіл називається статичним чи багатоканальним.

В електронних і особливо в мікропроцесорних системах запалювання, високонадійних і високоточних у функціональному відношенні, формування моменту запалювання в яких реалізується з точністю $0,3 \dots 0,5^\circ$ для кожного циліндра окремо, застосування механічного високовольтного розподільника абсолютно неприпустимо. Тут прийнятні електронні способи перемикання каналів на низько потенційному рівні безпосередньо в електронному блоці управління з подальшим статичним поділом каналів високої напруги на багатовивідних або індивідуальних котушках запалювання. Це неминуче призводить до багатоканальності вихідного каскаду системи запалення.

Реалізація багатоканального розподілу енергії може бути здійснена у системах запалювання декількома способами. Найбільш простий з них - застосування високовольтного двовивідного вихідного трансформатора або двовивідної котушки запалювання у вихідному каскаді. Такий спосіб поділу каналів є прийнятним для реалізації в системі запалення з будь-яким типом накопичувача.

Відомо, що в системі запалення, на виході якої встановлено високовольтний розподільник, під час розряду накопичувача мають місце дві іскри: одна основна (робоча) у свічці запалювання та інша допоміжна - між бігунком розподільника та контактом одного з його свічкових висновків.

Вторинна обмотка вихідного трансформатора (котушки запалення) високовольтним висновком з'єднана з центральним бігунком розподільника, а інший вивід обмотки є нульовим, оскільки під час розряду накопичувача з'єднується з "масою" автомобіля. Енергія допоміжної іскри в розподільнику витрачається марно, і цю іскру прагнуть всіляко придушити. Звідси зрозуміло, що допоміжну іскру з-під кришки розподільника можна перенести у другу свічку запалювання, з'єднавши її з першої через «масу» головки блоку циліндрів послідовно. Для цього достатньо виключити розподільник з вихідного каскаду, від'єднати від «маси» автомобіля заземлюваний висновок котушки запалювання та підключити до нього другу електроіскрову свічку (рис. 4.14).

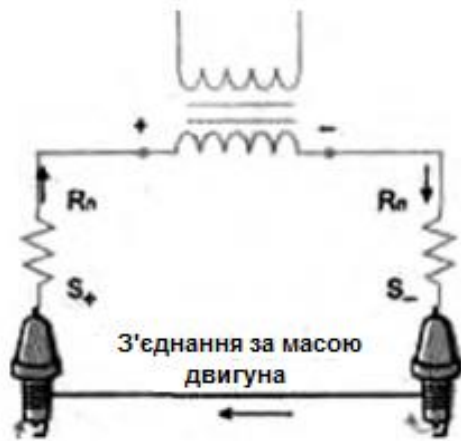


Рис. 4.14 - З'єднання свічок запалювання з двовивідною котушкою

При одночасному іскроутворенні у двох свічках запалення одна іскра є високовольтною (12...20 кВ) і займає паливо повітряну суміш наприкінці такту стиснення (робоча іскра). При цьому інша іскра низьковольтна (5...7 кВ), неодружена.

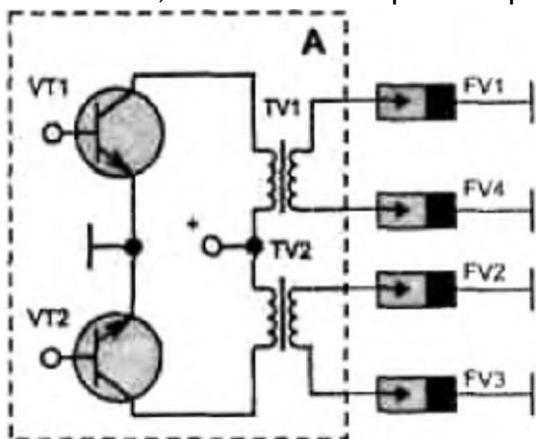
Явище перерозподілу високої напруги від загальної вторинної обмотки між іскровими проміжками у двох свічках запалення є наслідком глибоких відмінностей умов, за яких відбувається іскроутворення.

Наприкінці такту стиснення незадовго до появи робочої іскри температура паливо повітряного заряду ще недостатньо висока (200...300°C), а тиск навпаки - значний (1...1,2 МПа). У таких умовах пробивна напруга між електродами свічки – максимальна. В кінці такту випуску, коли має місце іскроутворення в середовищі відпрацьованих газів, пробивна напруга мінімальна, оскільки температура вихлопних газів висока (800...1000°C), а низький тиск (0,2...0,3 МПа).

Таким чином, при статичному розподілі високої напруги за допомогою двовивідної котушки запалювання (на двох послідовно з'єднаних свічках - одночасно) майже вся енергія високовольтного електроіскрового розряду посідає робочу іскру.

Якщо в ДВЗ чотири циліндри, знадобляться дві двовивідні котушки запалювання і два роздільні енергетичні канали комутації у вихідному каскаді. На рис.4.15 показана схема вихідного каскаду системи запалення для 4-циліндрового ДВЗ.

Щоб чергування спалахів паливо повітряної суміші в циліндрах відповідало порядку роботи двигуна (1243 або 1342), перша свічка згрупована з четвертою, а друга - третьою. При такому з'єднанні свічок «робочі» іскри виникають у циліндрах наприкінці такту стиснення, а «холості» іскри - наприкінці такту випуску.



А - вихідний каскад двоканального комутатора; VT1, VT2 – транзистори комутатора; TV1, TV2 – котушки запалювання; FV1-FV4 - іскрові свічки

Рис. 4.15 – Схема низьковольтного розподілу імпульсів високої напруги з двома двовивідними котушками

В даний час розроблено низку автомобільних систем запалювання, в яких дві двовивідні котушки запалення збираються на загальному Ш-подібному магнітопроводі і тим самим утворюється одна 4-виснової котушка запалювання. Така котушка має дві первинні та дві вторинні обмотки і керується від двоканального комутатора. Чотирививідна котушка запалювання може мати і одну вторинну двовивідну обмотку при двох первинних. Вторинна обмотка такої котушки дообладнана чотирма високовольтними діодами – по два на кожен високовольтний висновок.

Недоліком будь-якої системи запалення з двовивідними котушками є те, що в одній свічці іскра розвивається від центрального електрода до масового (бічного), а в другій свічці – у зворотному напрямку (рис.19). Так як центральний електрод загострений і

завжди значно гарячіший за бічний, то витікання носіїв заряду з його вістря при іскроутворенні вимагає витрати меншої кількості енергії, ніж при збіганні з бічного електрода (на центральному електроді починає проявлятися термоелектронна емісія). Це призводить до того, що пробивна напруга на свічці, що працює в прямому напрямку, стає дещо нижчою (на 1,5...2 кВ), ніж на свічці зі зворотним включенням полярності. Для сучасних електронних і мікропроцесорних систем запалення з великим коефіцієнтом запасу по вторинному напрузі і з керованим часом накопичення енергії це має важливого значення.

Выходные каскады с индивидуальным статическим распределением

У сучасних електронних та мікропроцесорних системах запалювання широко використовуються вихідні каскади з індивідуальними котушками запалювання кожної свічки окремо. Прикладом може бути система запалення фірми BOSCH, інтегрована в електронну систему автоматичного управління (ЕСАУ) двигуном, яка відома під назвою Motronic.

Основні переваги системи запалення, інтегрованої в ЕСАУ Motronic, полягають у наступному:

- індивідуальний статичний розподіл високої напруги по свічках запалювання;
- котушки запалення із заземленою вторинною обмоткою.

Відомі спроби застосувати в багатоканальному вихідному каскаді автомобільної системи запалювання високовольтний трансформатор з сердечниками, що насичуються.

Якщо магнітопровід трансформатора ввести в режим насичення, його коефіцієнт трансформації різко падає і енергія з первинної обмотки у вторинну не трансформується. Система запалення з трансформатором насичення володіє високою надійністю, малими габаритами і вагою, але її промисловий випуск поки не реалізований через значні технічні труднощі виготовлення (для трансформатора насичення потрібні тороїдальні сердечники з високоякісного пермалюю. Намотка багатовиткових обмоток на такі сердечники вкрай утруднена).

Питання і завдання для самоконтролю

1. Які основні несправності системи запалювання можуть виникати?
2. Які несправності свічки запалювання?
3. Який зазор між електродами свічки запалювання повинен бути, яким чином його перевірити і відрегулювати?
4. Якими приладами здійснюється очистка свічок запалювання від нагару та перевірка працездатності, який порядок роботи на них?
5. При якому виді ТО здійснюється поглиблене діагностування системи запалювання?
6. Як при роботі на лінії водій може перевірити правильність встановлення кута випередження запалювання?
7. Як встановити кут випередження запалювання?
8. Які особливості технічного обслуговування електронних систем запалювання?

Тема 2: СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ

Електронні системи керування дизельним двигуном. Част. 4

План:

- 5.1 Етапи створення та напрямки удосконалення дизельних двигунів.
- 5.2 Системи електронного управління роботою дизельного двигуна.
- 5.3 Акумуляторна паливна система типу Common Rail (CRS).
- 5.4 ТО системи живлення дизельного двигуна

5.1 Етапи створення та напрямки удосконалення дизельних двигунів

Батьком дизельного двигуна є Рудольф Дізель, який запатентував свій "новий раціональний тепловий двигун" у 1892 році.

Основна перевага дизельного двигуна перед бензиновим полягає в економічності, але спочатку дизельні мотори були занадто громіздкими, "ледачими" та важкими, а тому перші тридцять років їх ставили тільки на судна та локомотиви.

І лише на початку 1920-х років фахівцям компанії німецького підприємця Роберта Боша (Robert Bosch) вдалося пристосувати дизельні двигуни до роботи на вантажних автомобілях. Для цього інженери Bosch розробили спеціальний паливний насос високого тиску (ПНВТ) - основна частина дизельного двигуна, призначена для подачі в циліндри точно відміряних порцій палива. Компанія Bosch створила перший дизельний мотор для легкових автомобілів в 1936 році. Серійне виробництво дизельних вантажівок у Німеччині почалося 1924 року. Інженери компанії Bosch Diesel Systems зараз працюють над дизельним двигуном, витрата палива якого складе 3,7 літрів на 100 км.

Розглянемо основні напрями вдосконалення та перспективи розвитку паливної апаратури:

- Оптимізація робочого процесу та паливоподачі
- Підвищення тиску впорскування
- Електронне управління паливоподачею
- Управління характеристикою впорскування
- Управління кутом випередження впорскування (УВВП)
- Розробка акумуляторних систем (Common Rail)
- Подача альтернативних палив

5.2 Системи електронного управління роботою дизельного двигуна

Системи електронного управління роботою дизельного двигуна (EDC) мають інтегральні функції регулювання, забезпечуючи зміну подачі палива насосом в залежності від частоти обертання колінчастого валу, навантаження і робочої температури двигуна.

Для управління навантаженням та частотою обертання колінчастого валу дизеля використовується лише зміна циклової подачі палива; кількість повітря на впуску не дроселюється. Так як дизель на малих навантаженнях зі збільшенням циклової подачі палива може збільшувати частоту обертання, що перевищує допустиму, важливо мати пристрій, що обмежує це збільшення. Необхідно мати регулятор частоти обертання на режимі холостого ходу. На рис. 5.1 наведено основні дизельні паливні системи з електронним керуванням.

Дизельні паливні системи з електронним керуванням

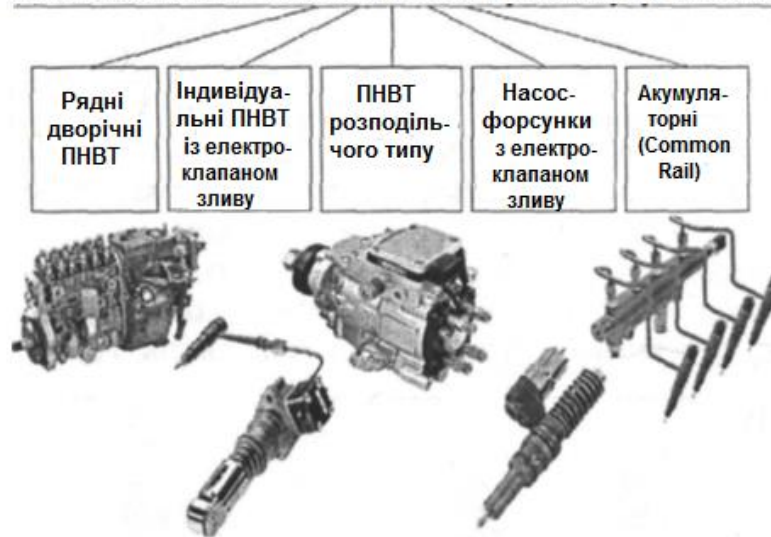
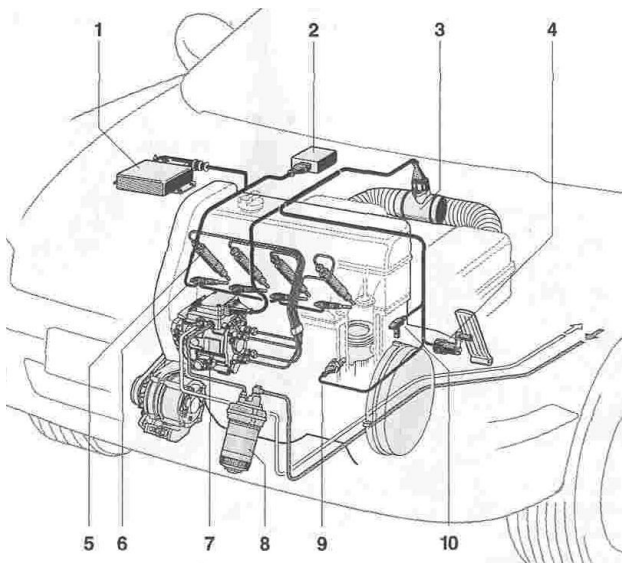


Рис. 1 – Дизельні паливні системи з електронним керуванням

Розглянемо деякі з них більш детально.

5.2.1 Розподільні насоси з електромагнітним керуванням

При використанні таких насосів кількість палива, що подається, відмірюється електромагнітним клапаном високого тиску, що забезпечує велику гнучкість при дозуванні кількості палива і виборі моменту початку упорскування, рис. 5.2.



1 - ЕБУ двигуна; 2 - блок керування роботою свічками розжарювання; 3 - датчик масової витрати повітря; 4 - датчик положення педалі газу; 5 – форсунка; 6 - свічка розжарювання; 7 - роторний ПНВТ розподільного типу з блоком ЕБУ; 8 – паливний фільтр; 9 – датчик температури; 10 - датчик частоти обертання колінчастого валу

Рис. 2 – Система впорскування палива з роторним паливним ПНВТ розподільного типу із блоком ЕБУ

Основними елементами розподільних насосів нового покоління є:

- електромагнітний клапан високого тиску;
- електронний блок управління;
- система управління роботою електромагнітного клапана, у якій використовуються датчики кута повороту кулачкового валу насоса та моменту упорскування палива.

Закриття електромагнітного клапана визначає початок подачі палива, яке триває до моменту відкриття клапана. Кількість палива, що впорскується, залежить від часу, протягом якого клапан залишається закритим. Такий метод забезпечує швидке регулювання подачі палива незалежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна, поліпшення герметизації порожнин високого тиску і зрештою збільшення ефективності насоса.

Насос має власний ЕБУ для точної установки моменту початку подачі палива та його дозування. У пам'яті ЕБУ зберігається програма роботи конкретного насоса та

інформація про дані його калібрування. Електронний блок управління роботою двигуна визначає початок упорскування палива та його подачу на основі робочих характеристик двигуна та відправляє цю інформацію каналом зв'язку в блок ЕБУ насоса. З використанням такої системи можна керувати як моментом початку упорскування, так і початком нагнітання.

ЕБУ насоса також отримує сигнал про кількість палива, що впорскується, через шини даних. Цей сигнал потім обробляється в ЕБУ двигуна відповідно до сигналів, що надходять від педалі газу, та іншими параметрами, що визначають потрібну кількість палива.

ЕБУ насоса сигнали про кількість палива, що впорскується, і швидкісний режим роботи насоса на момент початку подачі палива приймаються як вхідні змінні для діаграми робочих характеристик насоса, на підставі яких відповідний період спрацьовування зберігається у вигляді кута повороту кулачкового валу. І нарешті, момент спрацьовування електромагнітного клапана високого тиску та тривалість його закриття визначаються за даними кута повороту датчика, інтегрованого в ПНВТ розподільчого типу (VE). Сигнал від датчика кута повороту кулачкового валу використовується для керування цим кутом повороту та часом закриття клапана. Датчик складається з магниторезистивного сенсора і кільцевого елемента, що має магнітний опір і має мітки, розставлені **через 3°**, для кожного циліндра двигуна. Датчик з високою точністю визначає кут повороту розподільчого валу, при якому електромагнітний клапан відкривається та закривається. Це дозволяє ECU насоса перетворювати дані по моменту початку подачі палива в дані по куту повороту кулачкового валу і навпаки.

М'яке протікання процесу подачі палива на початку впорскування, яке залежить від конструктивних особливостей розподільчого насоса типу, ще більше реалізується при використанні двопружинної форсунки. При роботі прогрітого двигуна з турбонаддувом таке протікання паливоподачі дозволяє знизити рівень шуму працюючого двигуна.

Нове покоління систем упорскування палива на основі одного насоса, що регулюється за часом, для сучасних легкових та вантажних автомобілів з дизелями з безпосереднім упорскуванням характеризується модульною конструкцією; ці системи включають електронно-керований блок, насос-форсунки (UIS) та блок насоса (UPS).

5.2.2 Система с блоком насос-форсунок (UIS) для грузовых автомобилей.

Електронно-керований блок насос-форсунки є одноциліндровим ПНВТ, рис. 5.3.

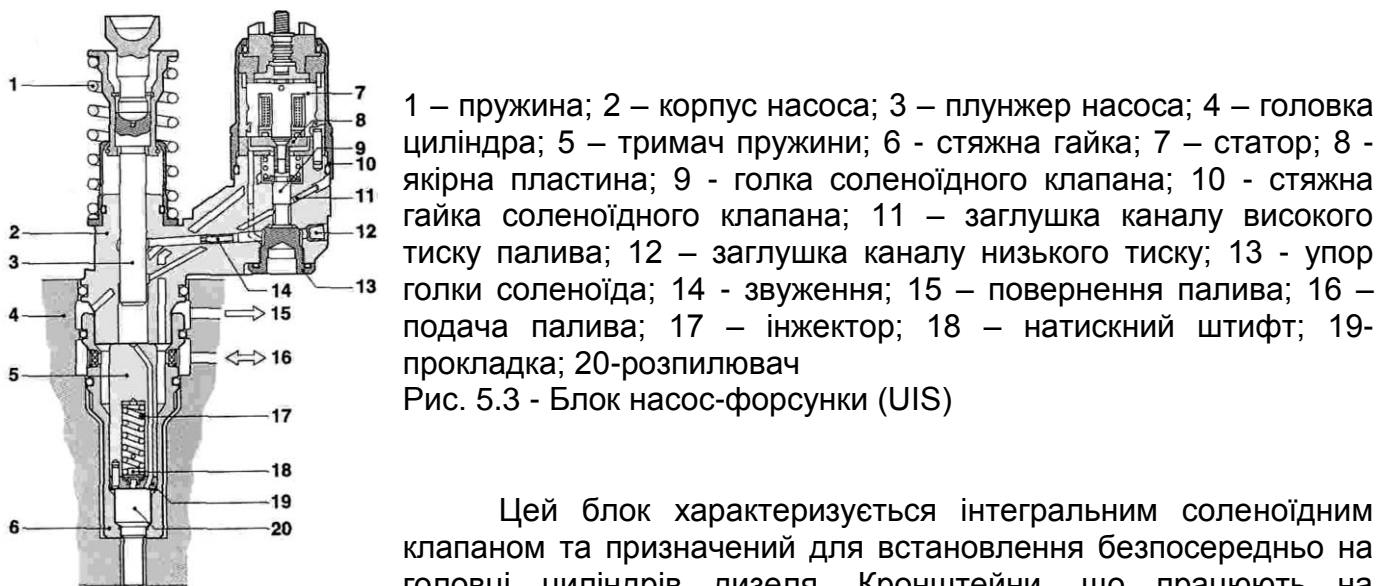


Рис. 5.3 - Блок насос-форсунки (UIS)

Цей блок характеризується інтегральним соленоїдним клапаном та призначений для встановлення безпосередньо на головці циліндрів дизеля. Кронштейни, що працюють на розтягування, утримують окремі модулі, які мають окремі ланцюги подачі палива для

кожного циліндра двигуна.

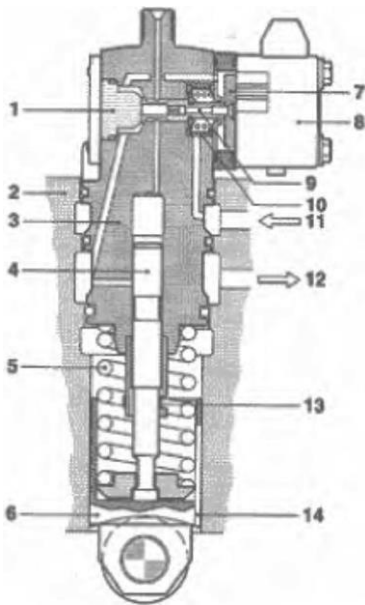
Соленоїдний клапан включається під час ходу подачі плунжера насоса, перекриваючи перепускний клапан, таким чином герметизуючи ланцюг високого тиску. Паливо потім подається до форсунки, як тільки перевищується тиск відкриття розпилювача. Тобто упорскування палива починається, коли соленоїдний клапан закривається. Насос-форсунка використовується при тиску впорскування палива до 160 МПа (180-200 МПа для перспективних моделей). Ця конструкція також може застосовуватися для індивідуального вибіркового відключення циліндра (при часткових навантаженнях).

Система з паливним насосом високого тиску, вбудованим у блок циліндрів (UPS)

Система з паливним насосом високого тиску, вбудованим у блок циліндрів (UPS) для вантажних автомобілів. Система одиничного насоса, об'єднаного з форсункою, також є модульною конструкцією з пристроєм упорскування палива та керуванням за часом, рис. 5.4.

Кожен циліндр двигуна живиться окремим модулем з наступними компонентами:

- виконаний заодно з електромагнітним клапаном насос високого тиску;
- швидкодіючий електромагнітний клапан;
- коротка лінія високого тиску;
- корпус форсунки в зборі.



1 упор переміщення голки клапана; 2 – головка блоку циліндрів двигуна; 3 – корпус насоса; 4 – плунжер; 5 - возвратна пружина; 6 - роликівий штовхач; 7 – диск якоря; 8 – статор; 9 - голка клапана; 10 – фільтр; 11 – подача палива; 12 – повернення палива; 13 – фіксатор; 14 - настановний паз

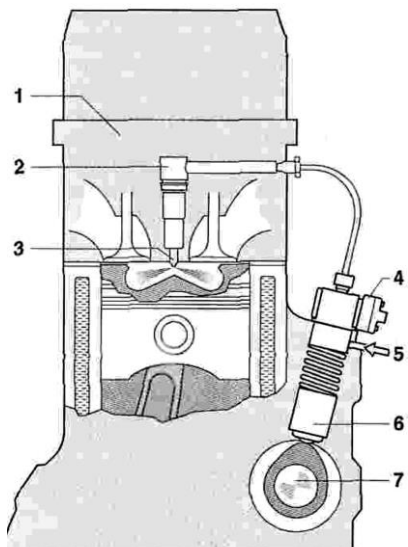
Рис. 5.4 - Індивідуальний ПНВТ із електромагнітним клапаном (UPS)

Індивідуальні системи насоса та форсунки забезпечують пряму залежність між параметрами паливоподачі та положенням колінчастого валу. Узгодження забезпечується за допомогою зубчастого диска на колінчастому валу, тоді як імпульсний датчик, встановлений на розподільчому валу, синхронізує впорскування палива відповідно до кожного окремого циліндра. Управління процесом упорскування за типом зворотного замкненого зв'язку протікає відповідно до програми, що зберігається в пам'яті ЕБУ.

Електронний блок керування дозволяє забезпечувати керування соленоїдами насос-форсунок. Він контролює і обробляє різні вхідні сигнали вимірювальних датчиків. ЕБУ може зберігати у пам'яті інформацію, що містить специфічні схеми роботи для отримання різноманітних параметрів. Основними даними є частота обертання колінчастого валу двигуна і навантаження, на які водій може безпосередньо впливати за допомогою педалі газу. Контрольовані параметри також включають температуру повітря, палива, рідини, що охолоджує, і тиск турбокомпресора. Ці основні функції можуть доповнюватися різноманітністю інших операцій, призначених підвищення зручності. ЕБУ задовольняє суворим вимогам надійності роботи компенсацією та виявленням несправностей функціонування окремих складових частин. Він також призначений для полегшення діагностики несправностей роботи дизеля та його системи паливоподачі.

Індивідуальний для кожного циліндра ПНВТ встановлюється безпосередньо в блок

циліндрів дизеля, де він рухається від кулачкового валу газорозподільного механізму (рис. 5.5).



1-двигун, 2-корпус форсунки, 3-розпилювач, 4- електромагнітний клапан, 5-підведення палива, 6-насос високого тиску, 7-розподільний вал
Рис. 5.5 – Система з паливним насосом високого тиску, встановленим у блоці циліндрів (UPS)

Електромагнітний клапан здійснює точне управління часом початку та тривалістю впорскування палива відповідно до програми. У відкритому стані електромагнітний клапан дозволяє плунжеру насоса заповнювати робочу порожнину під час такту впуску та впорскувати паливо у заданий час.

Область високого тиску герметизується лише під час такту подачі, коли електромагніт спрацьовує для закриття клапана. Впорскування палива починається в той момент, коли тиск перед форсункою стане вищим за тиск початку підйому голки. Індивідуальні кожному за циліндра ПНВТ можуть створювати тиск до 180 МПа (у перспективі 200 МПа). Такі високі тиски впорскування палива узгоджуються з електронним управлінням із зворотним зв'язком, що ґрунтується на даних, записаних у пам'яті ЕБУ, для значного скорочення витрати палива та токсичності.

Дана система впорскування також забезпечує отримання додаткових функцій, наприклад електрокероване попереднє упорскування та відсічення подачі палива в окремі циліндри.

Застосування електронного управління дозволяє робити вибірку з цілого ряду запрограмованих значень початку впорскування і кількості палива, що зберігаються в пам'яті ЕБУ. Ця особливість системи, разом з високими тисками впорскування, дає можливість отримати дуже високу питому потужність двигуна при низьких значеннях вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах і виключно низькій витраті палива.

5.3 Акумуляторна паливна система типу Common Rail (CRS)

Система живлення Common Rail використовується в дизелях серійних моделей з 1997 року. Common Rail - це метод впорскування палива в камеру згоряння під високим тиском, не залежних від частоти обертання двигуна або навантаження. Головна відмінність системи Common Rail від класичної дизельної системи полягає в тому, що ПНВТ призначений тільки для створення високого тиску в паливній магістралі. Він не виконує функцій дозування циклової подачі палива і регулювання моменту упорскування.

Система Common Rail складається з резервуара - акумулятора високого тиску (іноді його називають рампою), паливного насоса, електронного блоку управління (ЕБУ) і комплекту форсунок, з'єднаних з рампою. У рампі блок управління підтримує, змінюючи продуктивність насоса, постійний тиск на рівні 1600-2000 бар при різних режимах роботи двигуна і при будь-якій послідовності уприскування по циліндрах. Відкриттям-закриттям форсунок управляє ЕБУ, який розраховує оптимальний момент і тривалість вприскування, на підставі даних цілого ряду датчиків - положення педалі акселератора, тиску в паливній рампі, температурного режиму двигуна, його навантаження і т.і. Форсунки можуть бути електромагнітними, або більш сучасними - п'єзоелектричними. Головні переваги п'єзоелектричних форсунок - висока швидкість спрацьовування і точність дозування.

Форсунки в дизелях с Common Rail можуть працювати в багатоімпульсному режимі: в ході одного циклу паливо впорскується кілька разів - від двох до семи. Спочатку надходить крихітна, всього близько міліграмма, доза, яка при згорянні підвищує температуру в камері, а слідом йде головний «заряд». Для дизеля - двигуна із запалюванням палива від стиснення - це дуже важливо, тому що при цьому тиск в камері згорання наростає більш плавно, без «ривка». Внаслідок цього мотор працює м'якше і менш шумно, знижується кількість шкідливих компонентів у вихлопі. Декілька подань палива за один такт попутно забезпечує зниження температури в камері згорання, що призводить до зменшення утворення окису азоту-однієї з найбільш токсичних складових вихлопних газів дизеля. Характеристики двигуна з Common Rail багато в чому залежать від тиску уприскування. В системах третього покоління воно становить 2000 бар. Нині в серію запущено четверте покоління Common Rail з тиском уприскування 2500 бар.

Таблиця 5.1 – Покоління систем Common-Rail

	Початок виробництва	Максимальний тиск	Управління інжектором	Перше застосування
1. Покоління	1997	1350 бар	Електромагнітний клапан	Alfa 156 1,9 JTD 
2. Покоління	2002	1600 бар	Електромагнітний клапан	Mercedes E 220 CDI 
3. Покоління	2003	1600 бар	П'єзо	Audi A6 3,0 TDI 
	2006	1800 бар	П'єзо	
	2007	2000 бар	П'єзо	Audi Q7 6,0 TDI 
4. Покоління	2008	2500 бар	Електромагнітний клапан, мультиплікатор тиску	

За прогнозами компанії Robert Bosch GmbH, частка дизельних двигунів із системою Common Rail на ринку у 2020 р. досягне 87% (у 2008 р. ця цифра становила всього 24%). Тож нині практично кожен виробник дизельних двигунів різних класів, від малих легкових і до великих судових, використовує систему Common Rail та позначає її власною аббревіатурою. Ось лише деякі з них:

- Daimler: CDI, CRD;
- Fiat: JTD, Ecotec CDTi, TTiD, DDiS;
- Ford Motor: TDCi;
- General Motors: CDTi, VCDi;
- Hyundai та Kia: CRDi;

- Mazda: CiTD;
- Mitsubishi: DI-D;
- Toyota: D-4D;
- Skoda: TDI;
- Volkswagen Group: TDI.

5.3.1 Будова й принцип роботи системи

Будова. Паливна система (рис.5.6) складається із двох контурів: низького тиску – електронасос (12) у паливному баку та паливний фільтр (13) і контуру високого тиску – паливний насос високого тиску (ПНВТ) (1), клапан дозування (3), датчик тиску палива (5), паливна рампа (6), регулятор тиску палива (контрольний клапан) (7), форсунки (9). Усі елементи з'єднані паливопроводами і приводяться в дію системою електронного регулювання роботи двигуна із датчиками керування та виконавчими механізмами.

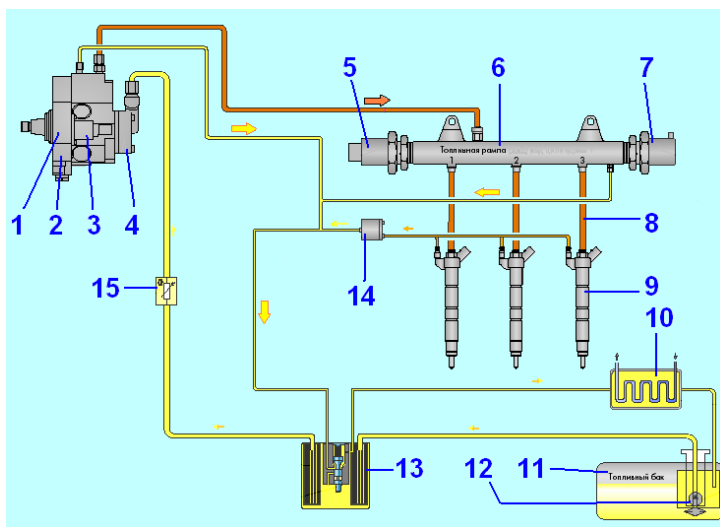


Рис. 5.6 – Система впорскування Common Rail з акумулятором тиску

Контур високого тиску:

1 – ПНВТ; 2 – Клапан постійного тиску; 3 – Клапан дозування палива; 5 – Датчик тиску палива в акумуляторі; 6 – Паливний акумулятор високого тиску (рампа); 7 – Регулятор тиску палива; 8 – Трубопровід; 9 – Форсунка;

Контур низького тиску:

11 - Паливний бак; 12 - Електричний паливо підкачувальний насос; 13 - Паливний фільтр; 4 – Шестеренний паливо підкачувальний насос; 14 - Клапан постійного тиску магістралі зливу; 15 – Датчик температури палива. 10 – Радіатор для охолодження палива;

Магістральний ПНВТ використовується в системі подачі палива Common Rail. Робота магістрального ПНВТ полягає в нагромадженні палива в паливній рампі, яке потім подається на форсунки. Тиск в магістральному паливному насосі високого тиску може скласти приблизно 1800 МПа.

ПНВТ (1) служить лише для створення високого тиску (величина якого може бути різною, й у кожного виробника своя) палива і подавання його до паливної рампи. Він на відміну від класичного ПНВТ не виконує функції дозування палива та регулювання моменту його впорскування.

Магістральний насос буває одно-, дво- або трьох плунжерним. Приводиться магістральний ПНВТ від кулачкового валу (рис. 7).

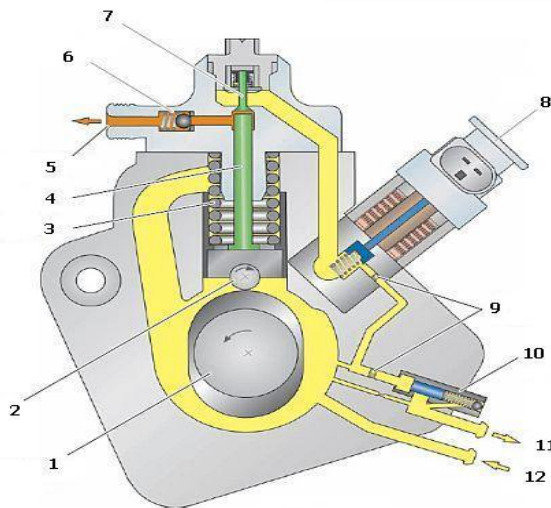
Коли кулачки впливають на плунжер, той переміщується вниз, відбувається розширення компресійної камери, тиск падає і створюється розрядження, яке призводить до відкриття впускного клапана, і паливо починає надходити.

Коли плунжер піднімається - тиск зростає і клапан закривається. Коли тиск досягає необхідної позначки, паливо через випускний клапан нагнітається в паливну рампу.

Процес подачі палива в магістральному ПНВТ регулюється дозуючим паливним клапаном (8), відкриття і закриття, якого здійснюється за допомогою електроніки.

Клапан дозування (8) (рис.7) конструктивно об'єднаний із ПНВТ і регулює кількість палива, яке надходить до ПНВТ залежно від потреби (режиму роботи) двигуна, зливаючи

його надлишок у бак. Датчик тиску (5) (рис. 6) слідкує за тиском палива у контурі високого тиску.



1 – привідний кулачковий вал, 2 – ролик, 3- плунжерна пружина, 4 – плунжер, 5 – штуцер напірної магістралі, 6 – випускний клапан, 7 – впускний клапан, 8 – електромагнітний клапан дозування палива, 9 – фільтр тонкої очистки палива, 10 – перепускний клапан, 11 – штуцер зворотнього паливопроводу, 12 - штуцер випускного паливопроводу.

Рис. 5.7 – Схема магістрального ПНВТ Common Rail

Паливна рампа (6) (рис. 5.6) виконує декілька функцій: накопичення палива та утримання його під високим тиском; зм'якшення коливань тиску, що виникають внаслідок пульсації подавання від ПНВТ; розподілення палива між форсунками.

Регулятор тиску (7) (рис. 6) встановлено у паливній рампі й призначений він для: регулювання тиску і накопичення палива у системі залежно від навантаження двигуна; зменшення коливання тиску, яке відбувається від подавання ПНВТ.

Форсунки (електромагнітні або п'єзоелектричні) (9) – один із найважливіших елементів системи. Вони безпосередньо впорскують паливо у камеру згоряння двигуна. А впорскування палива електрогідравлічними форсунками здійснюється електромагнітним клапаном. Активним елементом п'єзофорсунки є п'єзокристали, які значно підвищують швидкість її роботи.

Регулювання тиску в рампі

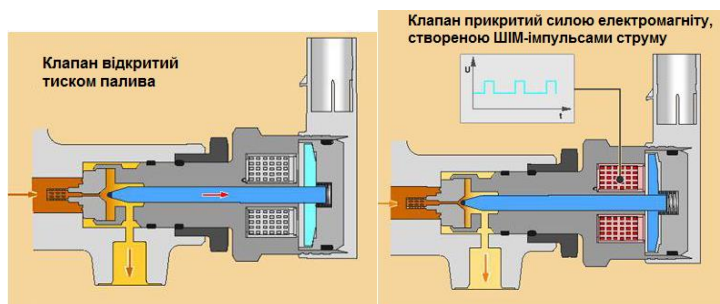


Рис. 5.8 – Регулювання тиску в рампі

При підвищенні тиску клапан відкривається і частина палива з рампи палива через зворотну магістраль зливається в паливний бак.

При зниженні тиску клапан закривається та відключає рампу від зворотної магістралі.

Клапаном управляє контролер шляхом широтно-імпульсної модуляції керуючого сигналу. Клапан синхронно закривається та відкривається, регулюючи тиск на заданому рівні.

Процес упорскування

Паливо впорскується в камери згоряння за допомогою електрогідравлічних форсунок. Для підвищення ефективності процесу згоряння подачі основної дози палива передує упорскування запальної дози. Для цього блок керування системою упорскування дизеля подає на форсунки команди окремо для подачі запальної та основної доз палива.

Упорскування запальної дози палива

Перш ніж поршень досягне верхню мертву точку, камеру згоряння відповідного циліндра впорскується невелика кількість запального палива. Його згоряння супроводжується підвищенням температури та тиску в камері згоряння. Завдяки цьому скорочується період затримки займання основної порції палива та в результаті зменшується максимальний тиск циклу та швидкість його підвищення.

Упорскування запальної дози палива дозволяє:

- знизити шум від згоряння,
- зменшити викид шкідливих речовин із відпрацьованими газами.

Упорскування основної дози палива

Упорскування основної дози палива проводиться в камеру згоряння через деякий проміжок часу після запалення його запальної дози. Упорскування основної маси палива проводиться практично під постійним тиском.

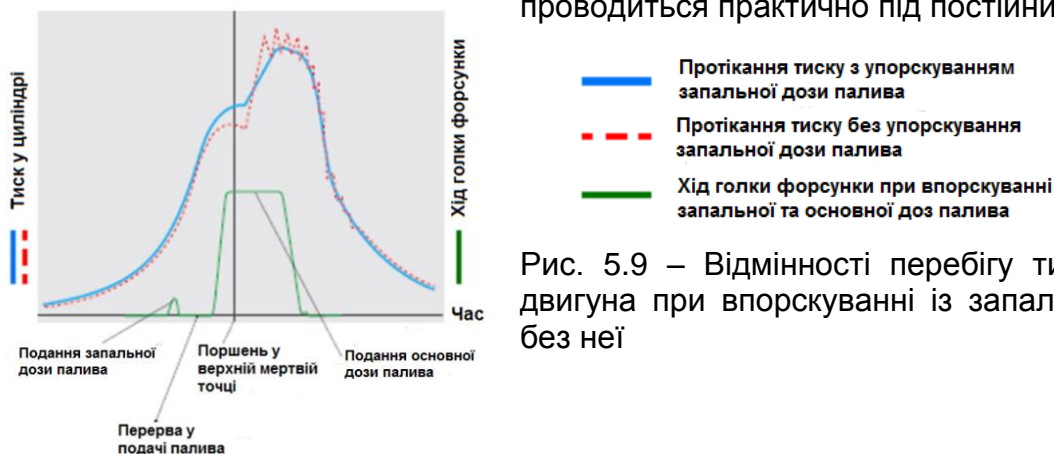


Рис. 5.9 – Відмінності перебігу тиску в циліндрі двигуна при впорскуванні із запальною дозою та без неї

Система електронного керування двигуном

Роботу системи впорскування Common Rail забезпечує система електронного керування двигуном, що об'єднує блок керування, датчики (положення і частоти обертання колінчастого валу двигуна, положення педалі акселератора, температури холодильної рідини, тиску й температури повітря, тиску палива та ін.) й виконавчі механізми систем двигуна.



Рис. 10 – Система керування двигуном дизельним двигуном

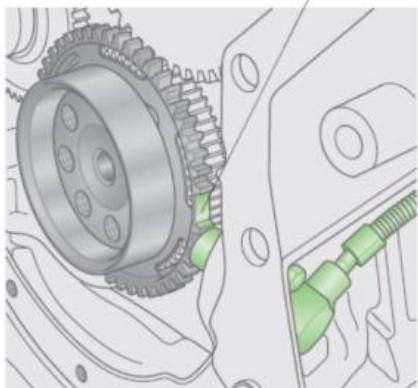
Блок керування двигуном враховує і прораховує щосекунди різні фактори: температуру, тиск, крутний момент, тиск на педаль подавання палива тощо. На основі цих даних система керування регулює **момент упорскування**, кількість палива та сам принцип його подавання. Саме цим і досягається оптимальний для кожного режиму роботи двигуна результат.

Датчики

Датчик частоти обертання двигуна

Цей датчик індуктивний встановлений на корпусі розподільного механізму. Диск датчика, що задає, розташований на колінчастому валі між маховиком і провідною шестернею. Міткою початку відліку є сегментний виріз на диску, що задає.

Сегментний виріз



Сегментний виріз - виступ, що визначає початок відліку

Використання сигналу

За сигналами датчика визначається частота обертання колінчастого валу та його точне положення. Ця інформація використовується в блоці управління системою упорскування дизеля для визначення кута випередження упорскування та циклової подачі палива.

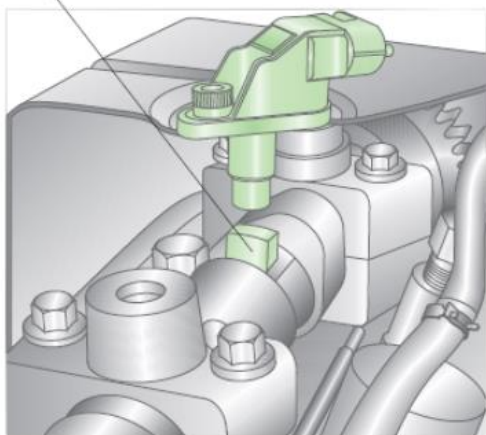
Наслідки відсутності сигналу датчика

У разі відсутності сигналу цього датчика робота двигуна неможлива.

Датчик Холла

Датчик Холла закріплений на кришці головки циліндрів. Мітка початку відліку визначається за положенням виступу на розподільчому валі щодо датчика. Датчик служить визначення положення розподільного валу.

Виступ, що визначає початок відліку



Використання сигналу

Сигнал цього датчика використовується визначення фази в першому циліндрі двигуна при пуску.

Наслідки за відсутності сигналу

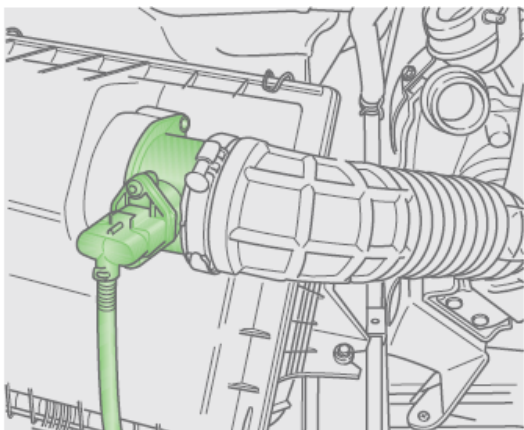
У разі припинення подачі сигналу з цього датчика двигун продовжує працювати. При цьому блок управління системою упорскування дизеля використовує сигнали датчика частоти обертання колінчастого валу. Однак пуск двигуна після його зупинки неможливий.

Вимірник масової витрати повітря

На впускному трубопроводі встановлено вимірювач масової витрати повітря, що враховує зворотні потоки.

Зворотні потоки виникають у результаті коливань маси повітря у впускному трубопроводі, що збуджуються відкриттями та закриттями клапанів. Плівковий термоелектричний датчик розпізнає зворотний перебіг повітря та виробляє сигнал витрати з урахуванням напрямку його руху.

Цей сигнал передається далі на блок керування системою упорскування дизеля.



Використання сигналу

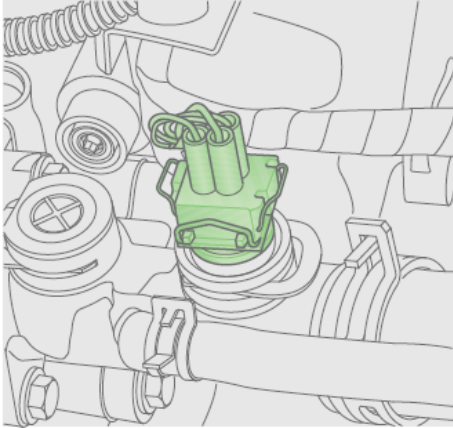
Сигнал вимірювача використовується в блоці управління системою впорскування дизеля при розрахунку дози палива, що впорскується.

Наслідки за відсутності сигналу

При відсутності сигналу вимірювача масової витрати повітря блок управління системою впорскування дизеля розраховує дозу палива, що впорскується, виходячи з певного постійного значення витрати повітря на цикл.

Датчик температури охолоджувальної рідини

Датчик температури рідини, що охолоджує, встановлений на патрубку головки циліндрів. Відповідний поточній температурі рідини, що охолоджує, сигнал передається на вхід блоку управління системою впорскування дизеля.



Використання сигналу

Температура охолоджувальної рідини враховується в блоці управління системою впорскування дизеля як коригуючу величину при розрахунку дози палива, що впорскується.

Наслідки за відсутності сигналу

За відсутності сигналу блок управління системою впорскування дизеля проводить розрахунки, виходячи із заміни його постійної величини.

Вимикач сигналу гальмування та контактний датчик на педалі гальма

Вимикач сигналу гальмування та контактний датчик на педалі гальма

Вимикач сигналу гальмування та контактний датчик на педалі гальма розташовані в одному загальному утримувачі на педальному механізмі. Вони подають на блок управління системою упорскування дизеля сигнали про початок переміщення педалі гальма.



Використання сигналу

З вимикача і датчика на педалі гальма блок керування системою упорскування дизеля отримує сигнал «Гальмо діє».

При несправності датчика положення педалі акселератора вплив на педаль гальма викликає з міркувань безпеки зниження частоти обертання двигуна.

Наслідки за відсутності сигналів

При несправності вимикача або датчика блок управління системою упорскування дизеля знижує подачу палива. В результаті потужність двигуна зменшується.

Датчик на педалі зчепленні

Цей датчик встановлений на педальному вузлі та наводиться від педалі зчеплення. За його сигналом визначається початок переміщення педалі зчеплення.



Використання сигналу

За сигналами цього датчика блок управління системою упорскування дизеля визначає, увімкнено або вимкнено зчеплення. При впливі на педаль зчеплення подача палива в циліндри двигуна короткочасно знижується. Завдяки цьому запобігає смиканню двигуна в процесі перемикання передач.

Наслідки за відсутності сигналу

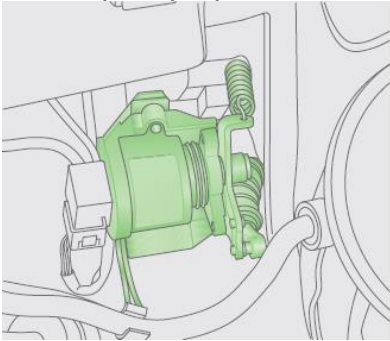
За відсутності сигналу датчика на педалі зчеплення можуть спостерігатися різкі зміни крутного моменту при перемиканні передач.

Датчик положення педалі акселератора з датчиком переходу на холостий хід

Датчик положення педалі акселератора розташований у моторному відсіку. З

педалью акселератора він з'єднаний у вигляді штанги.

За сигналом цього датчика блок управління системою упорскування дизеля визначає положення педалі акселератора. У корпусі датчика положення педалі акселератора розміщено датчик переходу на холостий хід.



Використання сигналів

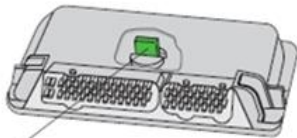
Положення педалі акселератора є найважливішою з величин, що використовуються при розрахунку подачі палива. Датчик переходу на холостий хід подає сигнал блоку управління системою впорскування дизеля про початок переміщення педалі акселератора.

Наслідки за відсутності сигналу

За відсутності сигналу датчика блок управління системою упорскування дизеля не може визначити положення педалі акселератора. При цьому двигун переводиться на режим холостого ходу з підвищеною частотою обертання. Таким чином водієві надається можливість доїхати до найближчої СТО.

Висотний датчик

Висотний датчик вбудований у блок управління системою упорскування дизеля.



Висотний датчик

Використання сигналу

Блок управління системою упорскування дизеля отримує від висотного датчика сигнал про величину атмосферного тиску в кожний момент часу. Атмосферний тиск залежить від висоти над рівнем моря. Його величина використовується для корекції тиску наддуву.

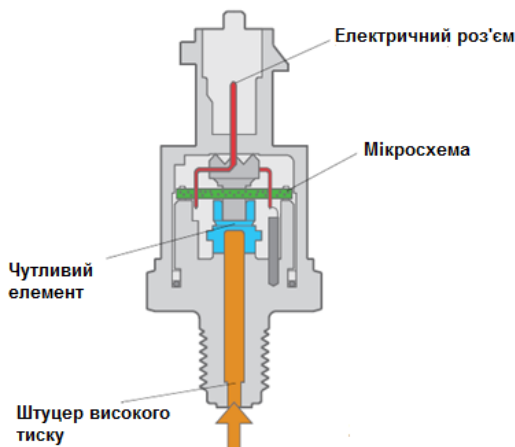
Наслідки за відсутності сигналу

Двигун автомобіля, що знаходиться на великій висоті, схильний до димлення.

Датчик тиску палива

Цей датчик встановлений на акумуляторі системи упорскування. Він вимірює тиск палива у контурі високого тиску.

Принцип дії



Тиск палива діє на чутливий елемент датчика, що повідомляється з акумулятором через його штуцер. Чутливий елемент датчика є сталевією мембраною з напиленими на неї тензOMETричними доріжками. Під впливом тиску мембрана прогинається, у своїй змінюється електричний опір тензOMETричних доріжок. Отриманий таким чином сигнал посилюється мікросхемою, а напруга, що формується на його виході, передається на блок управління системою впорскування дизеля. Справжнє значення діючого тиску палива розраховується в блоці управління системою упорскування дизеля з урахуванням функціональної залежності, що

зберігається в його пам'яті.

Використання сигналу

Сигнал напруги використовується в блоці управління системою впорскування дизеля як одна з величин, що впливають на регулювання тиску палива в контурі високого тиску.

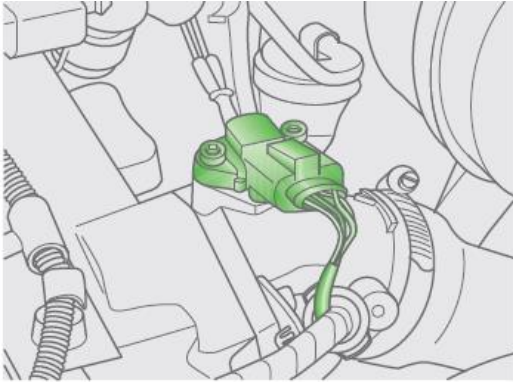
Наслідки за відсутності сигналу

У разі відсутності сигналу цього датчика робота двигуна неможлива.

Під час реєстрації датчиком різкого зниження або підвищення тиску палива в

контурі високого тиску двигун з міркувань безпеки зупиняється.

Датчик тиску у впускному трубопроводі і датчик температури повітря в ньому



Обидва датчики розміщені у загальному корпусі, що встановлюється на впускному трубопроводі двигуна.

Датчик тиску у впускному трубопроводі

Цей датчик вимірює поточний тиск повітря у впускному трубопроводі.

Використання сигналу

Сигнал цього датчика використовується в блоці керування системою упорскування дизеля для регулювання тиску наддуву.

Наслідки за відсутності сигналу

Оскільки величина, що замінює сигнал датчика, відсутня, при його несправності процес регулювання тиску наддуву припиняється, а потужність двигуна обмежується.

Датчик температури повітря у впускному трубопроводі

Цей датчик вимірює поточну температуру повітря, що надходить у двигун.

Використання сигналу

Сигнал цього датчика використовується в блоці управління двигуном як величину, за якою коригується тиск наддуву. При цьому враховується вплив температури на густину наддувного повітря.

Наслідки за відсутності сигналу

При відсутності сигналу датчика блок управління системою упорскування дизеля проводить розрахунки, виходячи із постійної величини, що його замінює. При цьому може мати місце зниження потужності двигуна.

Додаткові вхідні сигнали

Сигнал швидкості автомобіля

Цей сигнал блок управління системою упорскування дизеля отримує від датчика швидкості автомобіля. Від величини цього сигналу залежить виконання таких функцій:

- обмеження максимальної швидкості автомобіля,
- згладжування поштовхів під час перемикання передач,
- контроль роботи системи регулювання швидкості автомобіля.

Сигнал з вимикача системи регулювання швидкості автомобіля

За цим сигналом, що надходить з вимикача системи регулювання швидкості автомобіля, блок управління системою упорскування дизеля «дізнається» про активний стан цієї системи.

Сигнал увімкнення компресора кондиціонера

За цим сигналом, що надходить з вимикача кондиціонера, блок управління системою упорскування дизеля «дізнається» про включення компресора кондиціонера і відповідно підвищує частоту обертання двигуна на холостому ході, щоб виключити її різке зниження початкової фази роботи компресора.

Сигнал увімкнення коробки відбору потужності

Блок управління системою упорскування дизеля отримує сигнал з вимикача коробки відбору потужності, відповідно до якого здійснюється відповідне підвищення частоти обертання двигуна.

Додаткові вихідні сигнали

Сигнал частоти обертання колінчастого валу

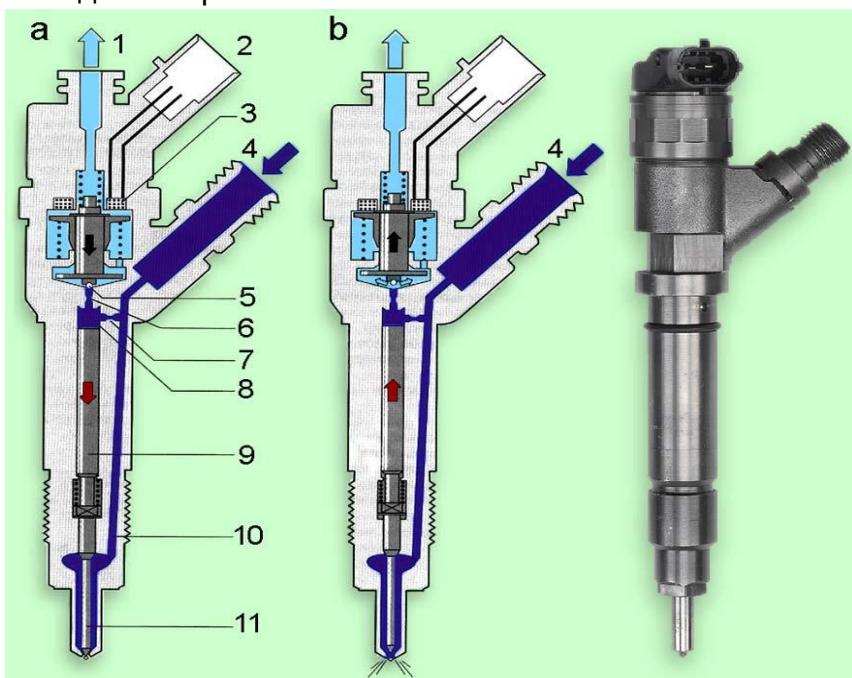
Цей сигнал спрямовується на комбінацію приладів, де він використовується для формування показань тахометра.

Сигнал від кондиціонера

Цей сигнал використовується для відключення компресора кондиціонера, щоб знизити навантаження на двигун за певних режимів його роботи.

Виконавчі пристрої

Форсунки (електромагнітні або п'єзоелектричні) – один із найважливіших елементів системи. Вони безпосередньо впорскують паливо у камеру згоряння двигуна. А впорскування палива електрогідравлічними форсунками здійснюється електромагнітним клапаном. Активним елементом п'єзофорсунки є п'єзокристали, які значно підвищують швидкість її роботи.



1 - повернення палива, 2 - електричні виводи, 3 - електромагнітний клапан, 4 - вхід палива з акумулятора, 5 - кульковий клапан, 6 - жиклер камери гідрокерування, 7 - «живильний» жиклер, 8 - камера гідрокерування, 9 - керуючий плунжер, 10 - канал до розпилувача, 11 - голка форсунки.

Рис. 5.9 – Схема електромагнітної форсунки Common Rail

Робота форсунки

Робота форсунки може бути розділена на чотири робочих стадії при працюючому

двигуні і створенні високого тиску ПНВТ:

- форсунка закрита з доданим високим тиском;
- форсунка відкривається (початок уприскування);
- форсунка повністю відкрита;
- форсунка закривається (кінець уприскування).

Ці робочі стадії є результатом дії сил, прикладених до деталей форсунки. При зупиненому двигуні і відсутності тиску в акумуляторі форсунка закрита під дією пружини.

Форсунка закрита: при закритій форсунці живлення на електромагнітний клапан не подається (рис. 5.9 а). При закритому жиклері камери гідрокерування пружина якоря притискає кульку до сидла, високий тиск, що подається в камеру і до розпилувача форсунки з акумулятора, збільшується. Таким чином, високий тиск, що діє на торець керуючого плунжера, разом із зусиллям пружини тримають форсунку закритою, долаючи сили тиску в камері розпилувача.

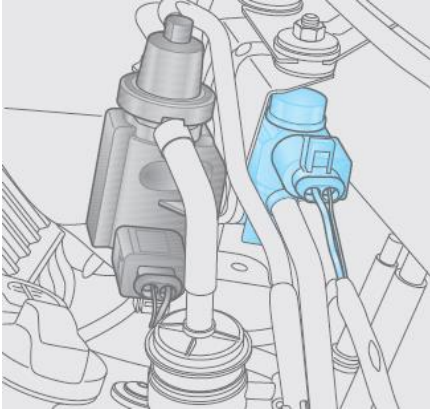
Форсунка відкривається: перед початком процесу уприскування, ще при закритій форсунці, на електромагнітний клапан подається великий струм, що забезпечує швидкий підйом кулькового клапана (рис. 5.9 б). Кульковий клапан відкриває жиклер камери гідрокерування і, оскільки тепер електромагнітна сила перевершує силу пружини якоря, клапан залишається відкритим, і практично одночасно сила струму, що подається на обмотку електромагнітного клапана, зменшується до струму, необхідного для утримання якоря. Це можливо тому, що повітряний зазор для електромагнітного потоку тепер зменшується.

Форсунка закривається (кінець упорскування): як тільки припиняється подача живлення на електромагнітний клапан, пружина якоря переміщує його вниз, і кульковий клапан закривається.

Швидкість посадки голки форсунки на сідло, тобто швидкість закриття форсунки, визначається витратою через «жививлячий» жиклер. Впорскування палива припиняється, як тільки голка форсунки сідає на сідло.

Електромагнітний клапан обмеження тиску наддуву

Електромагнітний клапан обмеження тиску наддуву встановлено у магістралі вакуумного приводу системи регулювання турбокомпресора. Він та клапан перемикання дросельної заслінки встановлені на щитку передка кузова з боку моторного відсіку.

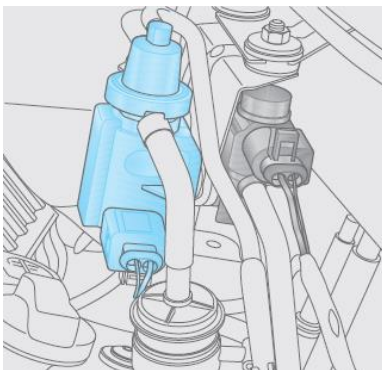


Блок управління системою упорскування дизеля формує широтно-імпульсний сигнал, що визначає величину відкриття клапана, від якого залежить розрідження у вакуумному приводі механізму повороту лопаток направляючого апарату турбокомпресора. Регулювання тиску наддуву проводиться блоком управління системою упорскування дизеля за багатопараметровою характеристикою, записаною в пам'яті.

Наслідки при несправності клапана

При несправності електромагнітного клапана обмеження тиску двигун продовжує працювати зі зниженою потужністю.

Клапан перемикання впускної заслінки



Клапан перемикання впускний заслінки служить для управління розрідженням в приводі заслінки, встановленої у впускному трубопроводі. Впускна заслінка дозволяє запобігти розкачуванню двигуна при його зупинці. Вона обмежує надходження повітря в циліндри двигуна під час зупинки. В результаті знижується маса повітря, що стискається в циліндрах двигуна, і відповідно підвищується рівномірність обертання його валу.

Наслідки при несправності клапана

При несправності клапана впускна заслінка залишається відкритою.

Клапан регулятора тиску палива

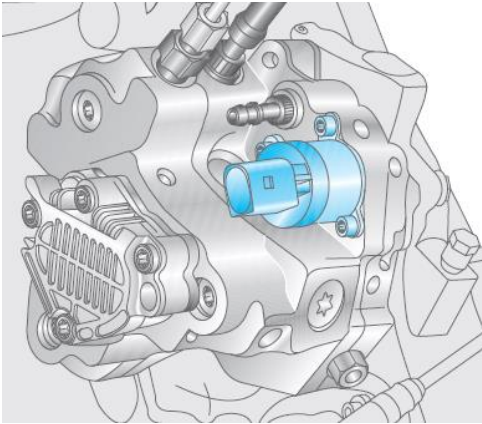
Клапан регулятора тиску палива встановлений на насосі високого тиску. Він призначений для регулювання тиску палива у магістралі високого тиску за командами блоку управління системою упорскування дизеля. Регулювання високого тиску здійснюється шляхом дроселювання палива на магістралі низького тиску. Перевага цього способу полягає в тому, що насос високого тиску подає паливо саме під тим тиском, який зараз необхідний. Завдяки цьому знижуються витрати потужності на привід насоса та зменшується нагрівання палива.

Характеристики регулятора тиску

Клапан регулятора тиску палива керується блоком управління дизелем. Блок управління системою упорскування дизеля розраховує необхідний для упорскування палива тиск з урахуванням значень сигналів, що надходять з

- датчика частоти обертання,
- датчика температури охолоджуючої рідини,
- вимірювача масової витрати повітря,
- датчика тиску повітря у впускній трубі,

- датчика температури повітря у впускній трубі,
- датчика положення педалі акселератора,
- датчика тиску палива в акумуляторі.



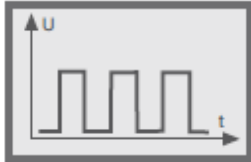
Відповідно до них блок управління системою впорскування дизеля генерує широтно-імпульсний сигнал управління, що подається на клапан регулятора. При цьому:

- більшій ширині імпульсів відповідає більший тиск палива,
- меншій ширині імпульсів відповідає менший тиск палива.

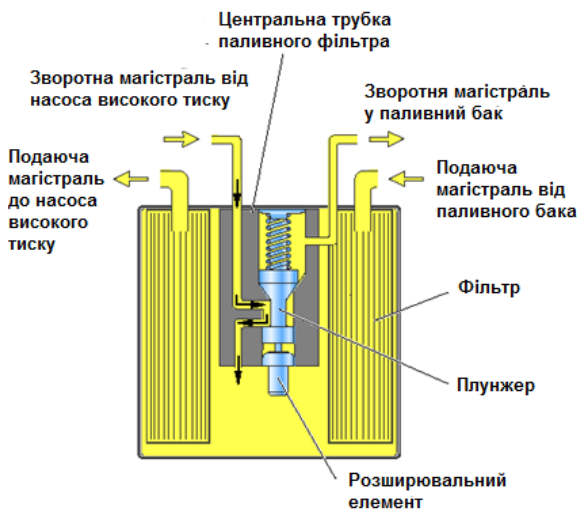
Блок управління системою упорскування дизеля змінює ширину імпульсів, що управляють, залежно від навантаження двигуна. При цьому змінюється витрата

палива, що надходить насос високого тиску.

Широтно-імпульсний сигнал



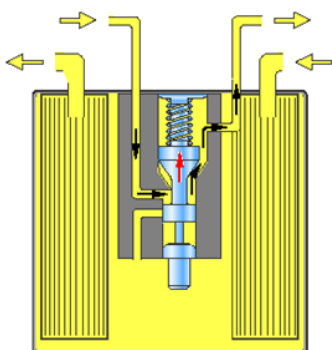
Робота паливного фільтра з підігрівом палива При температурі палива нижче 5°C:



Розширювальний елемент повністю стягнутий і плунжер загороджує за допомогою зусилля пружини шлях назад у паливний бак.

Таким чином тепле паливо, що йде від насоса високого тиску, акумуляторів високого тиску і форсунок підводиться до паливного фільтра і паливо, що знаходиться там, нагрівається.

При температурі палива вище 35°C:



Розширювальний елемент повністю розкритий і зворотний шлях до паливного баку вільний.

Паливо, що йде у зворотному напрямку, направляється прямо в бак.

Система полегшення пуску зі свічками розжарювання

Система полегшення пуску двигуна особливо ефективна за низьких температур. Вона включається блоком управління системою упорскування дизеля при температурах рідини, що охолоджує, нижче $+90^{\circ}\text{C}$. Свічки розжарювання запитуються робочим струмом через реле, кероване блоком управління системою упорскування дизеля. На схемі системи полегшення пуску вказані датчики, сигнали яких враховуються у її роботі, та виконавчі пристрої, керовані через цю систему.

Слід розрізняти дві фази включення свічок розжарювання.

Фаза передпускового ввімкнення свічок розжарювання

Свічки розжарювання набувають чинності при включенні запалювання, якщо температура охолоджуючої рідини не перевищує $+90^{\circ}\text{C}$. При цьому світиться контрольна лампа у комбінації приладів. Після закінчення процесу розігріву контрольна лампа гасне, після чого двигун можна запускати.

Фаза післяпускового ввімкнення свічок розжарювання

Свічки розжарювання включаються після кожного пуску, незалежно від того, включалися вони перед пуском чи ні. Завдяки цьому знижується шум двигуна, підвищується рівномірність його роботи та зменшується викид вуглеводнів з відпрацьованими газами.



Рис. 5.10 – Схема системи полегшення пуску зі свічками розжарювання

Переваги системи Common Rail

- тиск, за якого відбувається впорскування палива, можна безперечно підтримувати незалежно від частоти обертання колінчастого валу двигуна, і він залишається практично постійно високим протягом усього циклу подавання палива, що особливо важливо для стабілізації горіння на холостому ході і на малий обертах під час роботи з частковим навантаженням;
- момент початку й кінця подавання палива може регулюватися у широких межах, що дає змогу точніше дозувати паливо, а також здійснювати подавання його декількома порціями протягом робочого циклу задля повнішого згорання;
- більш високий ККД двигуна (близько 45%) порівняно з традиційними системами (до 35%), у результаті чого підвищується потужність двигуна до 40%;
- двигун працює тихіше (шум знижується приблизно на 10%);
- робота двигуна стає більш м'якою, що підвищує довговічність його циліндро-поршневої групи;
- завдяки вдосконаленому подаванню палива, його витрата зменшується на 10 – 15%;
- великий крутний момент;

- вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах зменшується до 50%.

Недоліки Common Rail

- підвищені вимоги до чистоти та якості дизельного палива. Найбільш уразливими деталями системи є форсунки, регулятор високого тиску і клапан аварійного зменшення тиску. За виходу з ладу однієї або декількох із цих деталей можливі такі дефекти: пуск двигуна ускладнюється або стає неможливим; з'являються «провали» під час руху; робота двигуна стає жорсткою, виникає підвищена димність. Несправність форсунок може призвести до серйозних неполадок, таких як прогорання й оплавлення поршня;
- складніші форсунки потребують відносно частішої заміни порівняно з традиційними;
- велика кількість різного виду датчиків, активаторів та інших елементів керування ускладнює будову й технічне обслуговування системи;
- відносно висока ціна деталей і запасних частин системи;
- неможливість провести ремонт або налагодження системи власноруч, тому що потрібні спеціальні стенди та інструменти;
- все ще недостатній рівень кваліфікації персоналу для діагностики, ремонту й налагодження систем Common Rail у багатьох спеціалізованих сервісах.

5.4 ТО системи живлення дизельного двигуна

Діагностика електронних систем починається зі зчитування кодів несправностей, перевірки датчиків, виконавчих механізмів. Особливих дизельних сканерів немає, є універсальні для широкого кола автомобілів або дилерські - на певну марку. Для вивчення сигналу з пристрою, що перевіряється потрібен осцилограф, але вигідніше купити сканер з додатковою функцією осцилографа.

Тиск палива перевіряють манометрами. Низький - механічним, зі шкалою до 10 бар, а високий - спеціальним приладом з перехідниками і діапазоном НЕ нижче 3000 бар. Вимірювання кількості палива, що зливаються з форсунок, вимагає окремого набору пристосувань.

Алгоритм пошуку несправності залежить від характеру відмови. Якщо двигун не заводиться, спочатку перевіряємо цілісність приводу ГРМ. Якщо стартер обертає колінвал із зусиллям - привід ГРМ цілий, добре. Якщо без опору - погано: дизельні двигуни «втиковий», при руйнуванні приводу ГРМ поршні гнуть клапана.

Якщо привід ГРМ в порядку, переходимо до перевірки подачі палива. Електричний насос, що підкачує включається з поворотом ключа запалювання. При зносі або пошкодженні цього насоса змінюється споживана їм потужність, ЕБУ фіксує це як несправність і записує в пам'ять системи її код. Але повністю покладатися на електроніку не варто, тому підключаємо манометр до магістралі низького тиску (у механічного насоса, що підкачує для зручності контролю є штуцер). Якщо тут тиск в нормі, переходимо до ПНВТ.

Перевіряємо тиск палива в рампі в режимі прокрутки колінвала стартером. Ця частина системи оснащена датчиком тиску палива - скористаємося його послугами. Підключаємо до діагностичного роз'єму сканер і знаходимо потрібний параметр. Якщо він нижчий за норму, шукаємо, де ховається несправність. Винні можуть бути форсунки, електромагнітні клапани (регулятори) і сам ПНВТ.

Дизель Common Rail буває неможливо пустити через несправність хоча б однієї з форсунок. Витік палива через її клапан не дозволяє тиску в рампі піднятися до пускових значень. Для перевірки тиску при пуску є спеціальний діагностичний набір (контрольний манометр, датчик тиску, трубки для підключення, заглушки замість виконавчих механізмів і мірні ємності зворотного зливу).

Відновлення роботи насоса під силу лише спеціалізованій майстерні - з кваліфікованим персоналом і діагностичним обладнанням. Ремонт дорогою, іноді розумніше купити новий ПНВТ, але в ходу і відремонтовані або відновлені вироби.

Зношені форсунки розумно змінювати комплектом, при цьому розкид цін дуже великий. Характеристики кожної нової форсунки необхідно записати в пам'ять блоку управління двигуном, бо немає двох форсунок з однаковою продуктивністю, що при відсутності настройки погано відбивається на рівномірності роботи двигуна і його динамічних навантаженнях. Хоча в кожному ЕБУ присутній динамічна адаптація (постійне коректування циклової подачі палива для рівномірної роботи мотора), вона не може підмінити собою початкову настройку системи.

Обслуговування дизельних двигунів

ЩТО. У автомобілів з дизельним двигуном перевірити рівень оливи в ПНВТ і регуляторі частоти обертання колінчастого валу двигуна. При постановці автомобіля на стоянку злити відстій з паливних фільтрів.

ТО 1. Оглянути прилади системи живлення, їх кріплення і герметичність з'єднань. Перевірити дію приводу насоса високого тиску. У автомобілів з дизельним двигуном злити відстій з паливного бака і корпусів фільтрів тонкої і грубої очистки палива, перевірити рівень масла в паливному насосі високого тиску та регуляторі частоти обертання колінчастого валу двигуна.

ТО 2. Перевірити: кріплення і герметичність паливного бака, з'єднань трубопроводів, паливних насосів, форсунок, фільтрів, муфт приводу; справність механізму управління подачею палива і дія зупинки двигуна. Через одне ТО-2 зняти і перевірити форсунки.

Перевірити також: циркуляцію палива (при необхідності обпресувати систему); надійність пуску двигуна і відрегулювати мінімальну частоту обертання колінчастого вала в режимі холостого ходу; роботу двигуна, ПНВТ і регулятора частоти обертання колінчастого вала, визначити димність відпрацьованих газів.

Через одне ТО-2 перевірити кут випередження впорскування палива. Перевірити рівень масла в паливному насосі високого тиску та регуляторі частоти обертання колінчастого валу двигуна.

СО. Перевірити стан і дію кранів, а також зливних пристроїв у системах живлення. Очистити (при необхідності) паливний бак і продути теплопроводи (восени). Зняти паливний насос, промити і перевірити стан і роботу на стенді (восени).

Питання і завдання для самоконтролю

1. Як відбувається живлення паливом дизельного двигуна?
2. Які є види систем живлення сучасного дизельного двигуна?
3. Як працює насос-форсунка?
4. Переваги та недоліки насос-форсунок.
5. Особливості обслуговування насос-форсунок.
6. Перерахувати основні елементи системи Common Rail.
7. Особливості будови паливного насоса високого тиску.
8. Особливості будови форсунки Common Rail.
9. Будова електронної гідравлічної системи упорскування.
10. Переваги та недоліки системи Common Rail
11. Особливості обслуговування системи Common Rail.

Тема 3: СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ

План:

- 6.1 Коротка історія розвитку автоматичних трансмісій
- 6.2 Пристрій, принцип дії, характеристики мікропроцесорних систем управління коробками передач.
- 6.3 Пристрій та робота різних типів автоматичних коробок передач.
- 6.4 Діагностика та ТО АКП.

6.1 Коротка історія розвитку автоматичних трансмісій

Прообразом автоматичної коробки можна вважати винахід братів братів Стартевент, зроблений ними в Массачусетсі в 1904 році. Їхня коробка була двоступінчастою і, на жаль, досить часто відмовлялася працювати без попередження.

У 1908 році Генрі Форд значно просунувся у винаході робочої коробки передач у своїй «Моделі Т». Цей автомобіль був доступний середньому класу та мав двоступінчасту коробку на додаток до задньої передачі. Коробка контролювалася педалями і водію все ще потрібно було визначити, коли переключити передачу, проте ця коробка вже була аж ніяк не такою вимогливою, як механічна.

Більш наближеною до сучасного «автомата» можна вважати винахід канадського механіка парової машини Альфреда Хорнера Манро, зроблений ним 1921 року. У 1927 році інженер запатентував винахід у Канаді, Об'єднаному Королівстві та США. Але оскільки Манро був механіком парової машини, його коробка приводилася в дію стисненим повітрям, а не гідравлічною рідиною. Через цей пристрій не вистачало потужності для комерційного використання.

Перша автоматична коробка передач, що використовує гідравлічну рідину, була винайдена в 1932 бразильськими інженерами Хосе Браз Арапіпе і Фернандо Лехлі Лемосом. "General Motors" викупили прототип і застосували у випущеному в 1940 році "Олдсмобілі", давши назву "Hydra-Matic". Ця коробка передач також використовувалася в танках, що випускалися GM під час Другої світової війни і пізніше трансформувалася в ту коробку передач, що використовується в наші дні.

Запатентував першу у світі коробку автомат із гідротрансформатором у 1935 році вірменський винахідник Азатур Сарафян, який пізніше взяв собі ім'я Оскар Бенкер. Після того, як він вигадав своє дітище, ще протягом семи років йому довелося відстоювати право надати патент собі.

Подальший розвиток автоматичних коробок передач, аж до початку 80-х років ХХ століття, йшов за принципом освоєння технологій та покращення якості АКП. Будь-яких принципово нових рішень тут не використовувалося.

У той самий час гідравлічна система управління АКП постійно поліпшувалася. Її прагнули довести до повної досконалості. Лідерами, як завжди, були Mercedes.

Починаючи з 80-х років минулого століття, виробники автомобілів стали використовувати електронну систему управління автоматичною коробкою передач. Вперше це зробила 1983 року фірма Toyota. Потім Ford та Chrysler, які представили ультрасучасні зручні моделі.

6.2 Пристрій, принцип дії, характеристики мікропроцесорних систем управління коробками передач.

Трансмісія є складною сполучною ланкою між двигуном і провідними колесами і включає безліч елементів і механізмів. Трансмісія забезпечує передачу крутного моменту

від двигуна до провідних колес, а також його зміна за величиною та напрямом.

Як ми знаємо, частота обертання колінчастого валу двигуна може при роботі змінюватись у певному діапазоні. Цей діапазон у різних двигунів різний. При цьому головними характеристиками двигуна є зміна моменту та потужності залежно від швидкості обертання колінчастого валу. У нашому випадку діапазон зміни швидкостей обертання коліс простягається від 0 до досить великих величин. На швидкості 150 км/год залежно від діаметра колеса ця величина може дорівнювати $1400-1500 \text{ хв}^{-1}$. Отже, з одного боку, колеса зі своїм діапазоном швидкостей, з іншого боку, двигун зі своїм, в результаті постає досить складне завдання ув'язати праву та ліву частини виразу.

Залежно від типу трансмісії момент сили, що передається на колеса, і їх швидкість обертання змінюються різними способами. І тому існують різні варіанти виконання трансмісій. Трансмісії можуть бути **електричними, механічними, гідromеханічними (комбінованими)**. Проте спосіб, з якого здійснюється зміна величини крутного моменту (електрична трансмісія не в рахунок), досить простий; зміна моменту та швидкості здійснюється шляхом зміни передавального числа. Як ви вже знаєте, для зміни передавального числа існують коробки передач, в яких встановлюється ряд пар шестерень з різними передатними відносинами. Кількість пар шестерень (передач) та їх передатні відносини підбираються таким чином, щоб забезпечити відповідні тягово-швидкісні характеристики автомобіля.

Не секрет, що наші автолюбители ставляться до автомобілів з автоматичними коробками з деякою настороженістю. Тим не менш, автоматичні коробки передач активно витісняють трансмісії з механічними коробками передач. Це особливо помітно на прикладі таких країн, як США, Канада та Японія, де понад 90% легкових автомобілів обладнано автоматичними коробками. Навіть у нашій країні, яка відрізняється настороженим ставленням до АКП, намітилася тенденція до збільшення обсягу продажу автомобілів з трансмісіями, до складу яких входить АКП.

Як стверджують автомеханіки, які стикаються з несправностями АКП, більшість проблем бувають викликані саме порушенням правил експлуатації та несвоєчасним ТО.

Плюси АКП:

- Безумовно, застосування автомата підвищує комфортність водіння. Завдяки наявності гідротрансформатора АКП забезпечує більш м'які умови експлуатації як для двигуна, так і для ходової частини в цілому.

Мінуси АКП:

- ККД автомата на 2-5% нижче, ніж у механічної КП. Втрати відбуваються в гідротрансформаторі, деяка кількість енергії, виробленої двигуном, витрачається на перелопачування трансмісійної рідини, тобто на подолання внутрішнього тертя і нагрівання трансмісійної оливи, що володіє, між іншим, не малою в'язкістю. Таким чином, корисна механічна робота перетворюється на теплову енергію, яка за допомогою радіатора розсіюється на зовнішній простір. Крім того, певну частину енергії забирає насос, що створює робочий тиск у коробці.

За інших рівних умов (потужності двигуна і масі автомобіля) автомобіль, оснащений АКП, по прийомистості поступатиметься автомобілю, що має в активі механічну коробку. Хоча це не завжди так, оскільки сучасні автоматичні трансмісії в деяких режимах руху дозволяють досягти більш високої економічності в порівнянні з механічними КП за рахунок підтримки оптимальних обертів двигуна та інтелектуального керування режимами. І, нарешті, недолік, який багатьом може стати визначальним при виборі автомобіля: автомобіль з АКП не можна завести з штовхача.

6.2.1 Системи управління АКП

В автоматичних трансмісіях **першого покоління** системи управління були цілком гідравлічними. Вони формувалися сигнали, пропорційні швидкості руху автомобіля (**тиск швидкісного регулятора**) і завантаженості двигуна (**тиск клапана-дроселя**). Залежно

від співвідношення цих двох сигналів у коробці і відбувалися відповідні перемикання. Надалі **гідравліку** стали використовувати лише як **виконавчу частину** системи управління. Всі інші функції на сучасних автомобілях передані комп'ютерному блоку управління, який, отримуючи інформацію у вигляді сигналів від численних датчиків, обробляє та аналізує її та приймає рішення про перемикання передач, забезпечуючи при цьому відповідну якість перемикання. З іншого боку, електронний блок управління постійно контролює справність системи, записуючи у пам'ять коди несправностей тих елементів, у яких відбувалися збої у процесі роботи. Цю здатність блоку управління називають функцією самодіагностики.

Комп'ютер управління, включаючи відповідний соленоїд (клапан, керований електромагнітом, що формує величину керуючого тиску), визначає передатне число на кожній передачі АКП, при його невідповідності фіксується помилка даної передачі (припустимо, пробуксовування фрикційних дисків або руйнування планетарного механізму). До речі, може аналізуватися навіть тиск, необхідний для включення кожної муфти. Результати вимірювання тиску включення кожної муфти реєструються, що дозволяє прогнозувати ступінь зношування фрикційних дисків. Це дозволяє прогнозувати ресурс роботи навіть за нормальної роботи коробки.

Незважаючи на переваги та недоліки, всі типи коробок при правильній експлуатації та регулярному кваліфікованому ТО здатні доставити радість власникам автомобілів своєю безвідмовною роботою при пробігу понад 200 тис. км.

У автомобілях пізнішого випуску в блоках управління стали використовувати програмовані запам'ятовуючі пристрої. Такі пристрої дозволяють за допомогою спеціальних приладів досить оперативно коригувати програми керування, нічого не змінюючи у блоці управління.

На початковому етапі руху, коли двигун і трансмісія ще недостатньо прогріті, необхідно забезпечити захист від перевантажень. Для цього в блоці управління є спеціальна програма, відповідно до якої управління двигуном та трансмісією здійснюється **без зворотного зв'язку**, тобто без урахування фактичного стану двигуна та трансмісії. У цьому випадку для прийняття рішень блок управління використовує лише дані, записані у його пам'яті.

Робота двигуна без зворотного зв'язку характеризується **збагаченою сумішшю**, що вимагає скасування роботи системи допалювання відпрацьованих газів та зміни кута випередження запалення. Для трансмісії цей режим характеризується заборонаю блокування гідротрансформатора і пізнішими за обертами двигуна перемикання передач.

6.2.1.1 Системи спільного керування двигуном та трансмісією (на прикладі моделі "Audi-A8").

Принципова електрична схема працює так:

1. Якщо багатофункціональний перемикач F125 знаходиться в положенні "P-parking" або "N-neutral", можливий запуск двигуна стартером. В інших положеннях стартер блокується і запуск ДВС неможливий.

2. Після прогріву ДВС і АКП рух автомобіля "вперед" можна починати, поставивши важіль або положення "1", або положення "D", а при русі "назад" - в положення "R".

3. Якщо важіль встановлений у положенні "2" або "3", то АКП працює з перемиканням швидкостей тільки до встановленої межі та назад.

4. Усі перемикання швидкостей реалізуються за допомогою блоку електромагнітних клапанів G38, який одночасно є цифровим (кодовим) датчиком частоти обертання вторинного валу АКП. Блок G38 управляється електричними сигналами ЕБУ-АКП (J217).

5. Використовуються сигнали від ЕБУ-ABS-EDS (J104) про частоту обертання коліс (датчики G44...G47).

6. Блок ЕБУ (J217) та ЕБУ "Motronic" (J220) постійно обмінюються інформацією, тим самим реалізується своєчасне та якісне (коректне) перемикання передач в АКП та

управління крутним моментом двигуна за допомогою приводу дросельної заслінки (ПДЗ).

7. У режимі "Tiptronic" АКПП працює за програмою SP7 та забезпечує миттєве перемикання швидкостей без переривання тягової сили.

8. Положення важеля АКПП індикуються на світловому табло G96 і на вказівнику, розташованому вздовж основної доріжки важеля.

9. Перемикач програм та показчик обраної робочої програми в системі "АКПП-018" не застосовуються.

10. Для проведення діагностики несправностей АКПП за умов станції технічного обслуговування (СТО) передбачено діагностичний роз'єм Pin7.

Діагностуванню підлягають усі вхідні пристрої та датчики, а також усі електромагнітні клапани.

На рис. 6.1 показана функціональна блок-схема автоматичної КП (модель 018) для автомобіля "Audi-A8".

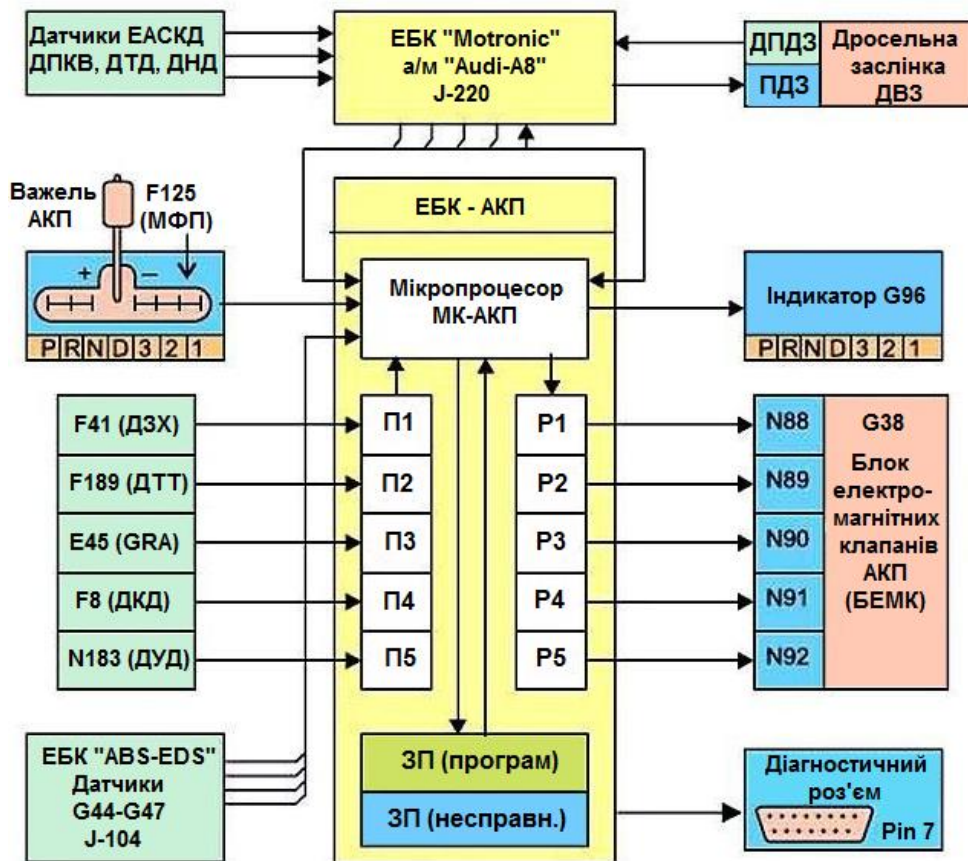


Рис. 6.1 - Функціональна блок-схема автоматичної коробки (модель "Audi-A8-018")

Вхідні сигнали

Вхідними сигналами для ЕБУ-АКПП, за сукупністю яких формується послідовність маніпуляцій (перемикань) у блоці електромагнітних клапанів, можуть бути наступні сигнали:

- частота обертання колінвалу ДВЗ (від ДПКВ);
- частота обертання вторинного (вихідного) валу АКПП або швидкість руху автомобіля (від КД);
- положення дросельної заслінки та швидкість її переміщення (від ДПДЗ);
- навантаження ДВЗ (від ДНД);
- температура ДВЗ (від ДТД);
- температура оливи в АКПП;
- положення важеля АКПП (від МФП);
- становище перемикача програм (якщо є);
- положення перемикача режиму Kickdown (від ДТТ).

Оскільки всі перелічені сигнали управління є неелектричні впливу, всі вони перетворюються на електричні (аналогові чи цифрові) сигнали з допомогою зазначених датчиків для АКП. Якщо автомобіль обладнаний електронними системами керування двигуном (ЕСАУ-Д) і гідравлічними гальмами (ЕСАУ-Г), частина керуючих сигналів для АКП береться з цих систем. Наприклад, від системи ABS використовуються сигнали колісних датчиків (КД), якими обчислюються середня швидкість руху автомобіля або частота обертання вторинного валу АКП.

Від системи управління двигуном до АКП надходять сигнали про частоту обертання та про навантаження ДВЗ, а також сигнал про положення та швидкість переміщення дросельної заслінки.

МК-АКП – мікропроцесор;

П1...П5 – вхідні перетворювачі неелектричних впливів від датчиків електричні сигнали для МК-АКП;

Р1...Р5 – вихідні струмові реле із "сухими" контактами для включення електромагнітних клапанів АКП;

ЗП (П) та ЗП (Н) – запам'ятовуючі пристрої для зберігання програм (П) перемикачів та кодів несправностей (Н) – відповідно.

6.2.1.2 Робота автоматичної коробки передач

На відміну від звичайної механічної коробки передач автоматична КП з гідротрансформатором не має постійного передавального числа в будь-якому з положень перемикача швидкостей, чим забезпечується безступінчаста передача моменту, що крутить, від двигуна до провідних колес при початку руху автомобіля з місця і при розгоні. Пояснюється це тим, що передатне число АКП, поки в ній не заблокований гідротрансформатор, може змінюватися під впливом перерозподілу крутного моменту, між трьома робочими колесами гідротрансформатора.

Перше робоче колесо жорстко з'єднане з колінвалом ДВЗ і називається насосним. Своїми лопатками насосне колесо нагнітає трансмісійне масло під відцентровим тиском (залежним від частоти обертання ДВЗ) на лопатки другого (турбінного) колеса, яке обертає вторинний (вихідний) вал АКП, з яким турбінне колесо пов'язане жорстко.

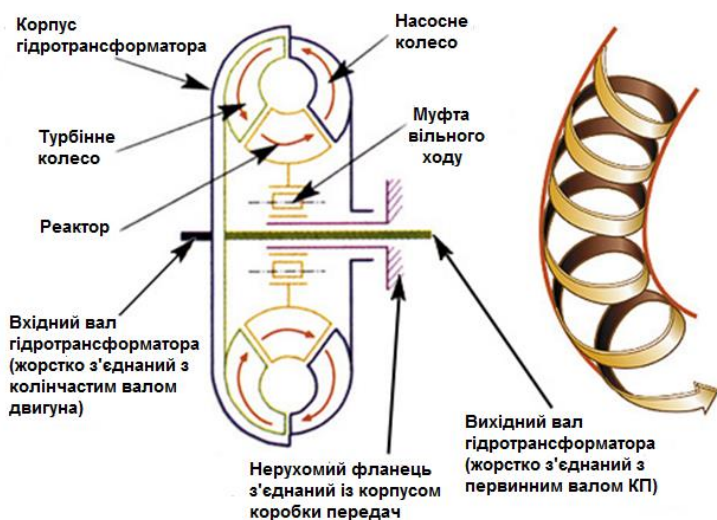


Рис. 6.2 – Гідротрансформатор

Третє робоче колесо встановлено на муфті вільного ходу між насосним та турбінним колесами. Це колесо називається реактором. Лопатки реактора приймають потік масла від турбінного колеса і змінюють напрямок потоку таким чином, що він (потік) повторно спрямовується на лопатки турбінного колеса. Турбіна отримує додатковий момент обертання, що підсумовується з моментом, отриманим турбінним

колесом від насосного колеса. Таким чином, сумарний крутний момент на виході гідротрансформатора може бути більше, ніж на його вході, і визначається частотою обертання турбінного колеса. Якщо швидкість руху автомобіля знижується під впливом збільшення навантаження (підйом у гору), то частота обертання турбінного колеса падає, а крутний момент збільшується. При збільшенні швидкості автомобіля (при розгоні на прямому ділянці дороги) частота обертання турбіни збільшується, що призводить до зменшення крутного моменту в гідротрансформаторі, отже, тягова сила на провідних

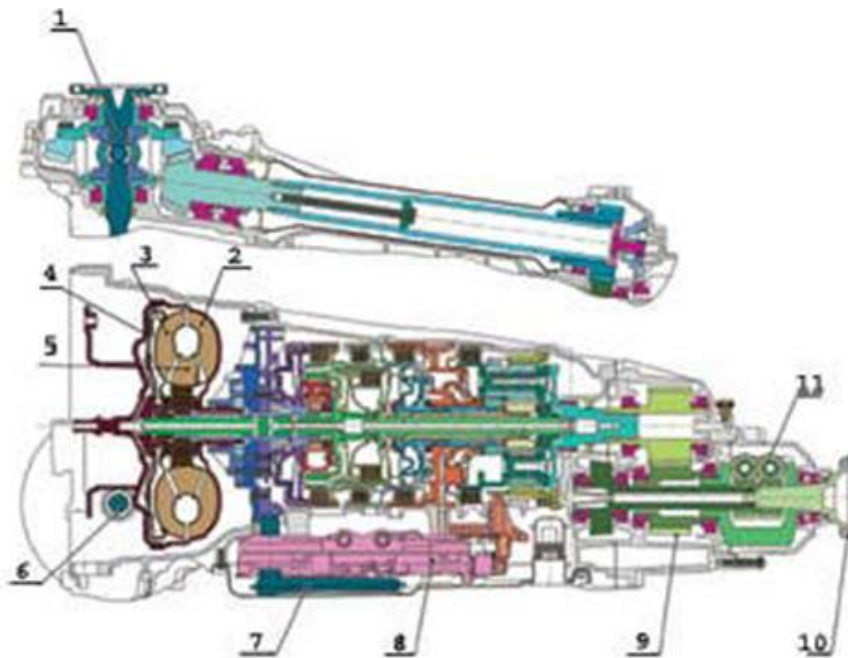
колесах зменшується. При певній частоті обертання вторинного (вихідного) валу АКП реактор починає прокручуватися щодо муфти вільного ходу і гідротрансформатор втрачає властивості перетворювача крутного моменту. При цьому швидкості обертання первинного та вторинного валів АКП стають майже однаковими. Але все ще не передається 100% енергії від двигуна через в'язке тертя оливи.

Діапазон зміни крутного моменту за допомогою гідротрансформатора обмежений збільшенням в 2.5...3 рази. Цього достатньо забезпечення нормальної роботи АКП в одному з фіксованих положень перемикача швидкостей. Але цього недостатньо для стійкої роботи двигуна на всіх можливих режимах руху автомобіля. Тому автоматична КП містить у своєму складі багатоступінчасту механічну коробку з перемиканням швидкостей за допомогою електромагнітних клапанів. Самі клапани керуються сигналами ЕБУ-АКП (див. рис. 3).

Автоматична коробка передач (скорочена назва АКП, повсякденна назва – коробка-автомат) є найпоширенішим пристроєм зміни крутного моменту, застосовуваним в автоматичній трансмісії автомобіля. Традиційно автоматичною називають гідромеханічну коробку передач.

Автоматична коробка має наступний пристрій:

гідротрансформатор; механічна коробка передач; насос робочої рідини; система охолодження робочої рідини; система управління.



- 1 - Міжколісний диференціал.
- 2 - Насосне колесо.
- 3 - Турбінне колесо.
- 4 - Гідротрансформатор.
- 5 - Реактор.
- 6 - Ліва передня піввісь.
- 7 - Маслоприймач з фільтром.
- 8 - Блок керуючих клапанів.
- 9 - Роздавальна коробка.
- 10 - Фланець веденого валу.
- 11 - Міжосьовий диференціал Torsen.

Рис. 6.3 - Поздовжній розріз автоматичної коробки передач Audi A8

Принцип роботи та пристрій АКП аналогічні роботі механічних коробок із шестернями постійного зачеплення. У механічній коробці передач шестерні знаходяться в постійному зачепленні, при цьому шестерні, що ведуть, вільно обертаються на вторинному валу. Включаючи будь-яку передачу, ми автоматично блокуємо відповідну шестерню на веденому валу. Робота автоматичної коробки побудована на такому ж принципі. Якщо говорити спрощено – біля кожної шестерні стоїть фрикційний пакет, що складається з кількох фрикційних елементів. Цей фрикційний пакет таки фіксує шестірню на валу за допомогою сил тертя. Тільки в автоматичній коробці замість косозубих пар шестерень, як правило, застосовуються планетарні передачі. Як уже говорилося, крім гідротрансформатора та планетарного механізму до складу КП-автоматів входить масляний насос, що забезпечує гідротрансформатор та гідравлічний блок керування робочою рідиною. А також радіатор охолодження робочої рідини.

Робоча температура АКП може бути порівнянна з температурою двигуна, інколи ж навіть перевищувати її. Тому автомобілі з АКП мають спеціальну систему охолодження, радіатор якої або вбудований радіатор системи охолодження двигуна, або встановлений

окремо і охолоджується повітряним потоком (рис. 6.4). На старих автомобілях з малим об'ємом двигуна можна зустріти коробки з повітряною системою охолодження. На корпусі гідротрансформатора є додаткове зовнішнє ребра, за допомогою якого і організується більш ефективно відведення тепла.

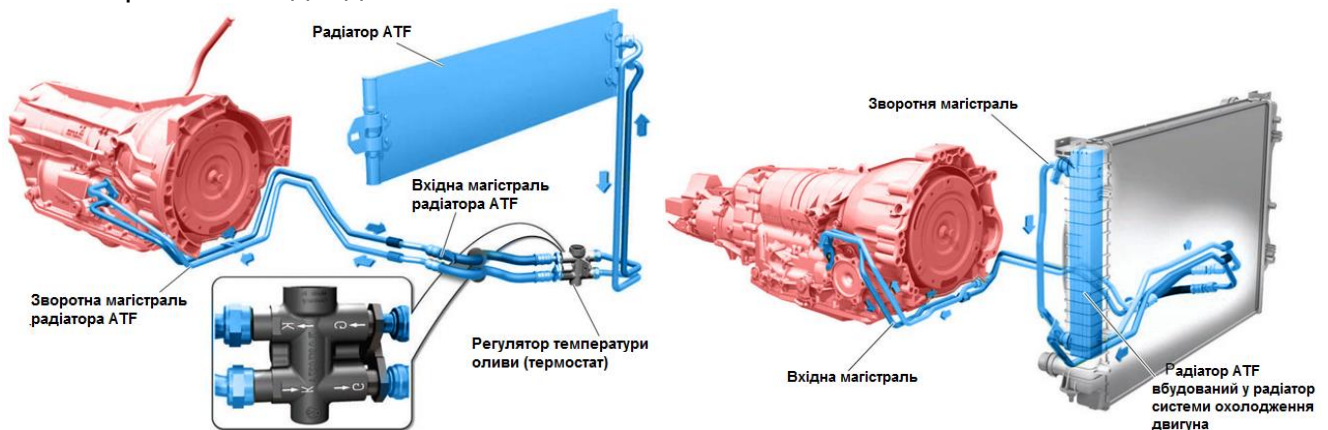


Рис. 6.4 – Різновиди систем охолодження ATF

Істотна відмінність АКП від звичайних механічних коробок полягає в тому, що передачі в автоматах перемикаються практично без розриву потоку потужності за допомогою багатодискових фрикційних муфт, що наводяться гідравлікою.

Сильні ривки при перемиканні передач практично виключені, оскільки їх гасить згаданий вище гідротрансформатор.

За вибір передачі відповідає гідравлічний та електронний блоки управління АКП. Водій крім натискання на акселератор може впливати на процес зміни передач, вибравши зимовий або спортивний алгоритм перемикання або встановивши, наприклад, при русі в складних умовах селектор КП у спеціальне положення, яке не дозволяє автоматичі перемикатися вище за певну передачу.

6.2.1.3 Програмне керування автоматичним перемикачем швидкостей

Автоматичний перемикач швидкостей АКП – це блок електромагнітних клапанів, розташованих знизу коробки передач під планетарним редуктором. Його головна функція полягає у механічному переміщенні шестерень планетарного редуктора у позиції, що відповідають одній з передач АКП. Сучасні автоматичні коробки легкових автомобілів мають 6 або 8 передач переднього ходу та одну назад. Цим забезпечуються стандартні режими руху автомобіля.

Але динаміка руху, а отже, і робота АКП значною мірою визначаються метою поїздки та манерою водіння автомобіля, які визначаються водієм. Наприклад, при поїздки "за місто" на відпочинок водій керує автомобілем неквапливо, спокійно і ставить перед собою головною метою поїздки економію палива та безпеку руху. Такий режим руху при їзді автомобілем з механічною КП реалізується наступним чином:

Водій включає швидкості плавно, розганяє автомобіль повільно та рівномірно, на підвищені передачі перемикається за вказівником спідометра (перша швидкість – до 20 км/год, друга – до 40 км/год, третя – до 60 км/год, четверта – до 80 км/год, п'ята – 100 км/год), нікого без потреби не обганяє. Але таку ж програму руху можна реалізувати і за допомогою автоматичної коробки, якщо алгоритм управління заздалегідь помістити в постійну пам'ять ЕБУ-АКП. Тоді система "АКП" діятиме аналогічно водієві: плавно (повільним відкриттям дросельної заслінки) збільшувати швидкість руху автомобіля; при досягненні швидкості 20 км/год відбудеться автоматичне перемикання з першої передачі на другу, і так далі. Такий режим руху називається "економічним" і закладається на згадку про ЕБУ-АКП як "перший".

Розглянемо інший випадок, коли водієві необхідно терміново приїхати в задане місце, а часу "в обріз". Тепер водій мало думає про обережність та зовсім забуває про

економію палива. Передачі включає швидким поштовхом важеля швидкість автомобіля на розгоні розвиває гранично інтенсивно, з метою форсування двигуна затримує перемикач на підвищену передачу до гранично високих оборотів ДВЗ. Такий режим руху називається "спортивним" і також може бути легко запрограмований для системи "АКП".

При складанні програм для АКП між економічним та спортивним режимами руху на згадку про ЕБУ-АКП записують ще три проміжні стандартні програми для звичайних умов руху.

У автомобілях середнього споживчого класу п'ять стандартних програм можуть вибиратися водієм за допомогою спеціального перемикача програм (рис.), і тоді АКП виконує свої функції в рамках обраного режиму. Водій у будь-який час може перевести АКП з автоматичного керування у режим активного індивідуального керування. Для цього достатньо скористатися важелем перемикачів передач, але режим DSP (автоматичного перемикачів програм) не реалізується.

На автомобілях високого споживчого класу перемикач програм не встановлюється, а програми перемикаються автоматично. Для цього важіль АКП має не одну, а дві доріжки для переміщення.

На першій (основній) доріжці забезпечується фіксація важеля в семи стандартних позиціях: **1, 2, 3, D, N, R, P**. вибирає тобі оптимальний режим роботи). На другу (додаткову) доріжку важіль може бути переведений лише з позиції "**D**" на основній доріжці. Для цього важіль нахилиється праворуч і фіксується. На додатковій доріжці важіль може переміщатися вперед та назад без фіксації у цих положеннях. Переведенням важеля на додаткову доріжку вмикається режим "Tiptronic". У цьому режимі легке проштовхування важеля керування вперед призводить до миттєвого перемикачів АКП наступну підвищену передачу. Дія у зворотному напрямку (назад) АКП переключається на знижену передачу. У режимі "Tiptronic" перемикачів передач виконується без зміни тягової сили, що додається до колес. При форсованому прискоренні автомобіля в режимі "Tiptronic" перемикачів АКП на вищу передачу може здійснюватися тільки вручну, наступним поштовхом важеля вперед. Але зворотне перемикачів швидкостей (зниження) при уповільненні відбувається автоматично.

Для перемикачів системи "АКП" з однієї програми управління на іншу без участі водія додатково використовуються сигнали про положення та швидкість переміщення дросельної заслінки (від датчика положення дроселя ДПДЗ у системі ЕСАУ-Д), а також сигнали про прискорення автомобіля та про різницю частот обертання між колесами переднього та заднього мостів (від датчиків системи ЕСАУ-Г). Таким чином, за сукупністю цих сигналів та сигналів про частоту обертання колінвалу ДВЗ та вторинного валу АКП мікропроцесор (МК) в ЕБУ-АКП визначає поточну динамічну ситуацію руху, аналізує манеру їзди та наміри водія та за результатами обробки інформації обирає відповідну програму управління для АКП.

Для автомобілів високого споживчого класу складається пакет із десяти (**SP1...SP10**) робочих динамічних програм, перші **п'ять** із яких (**SP1...SP5**) стандартні (від економічної SP1 до спортивної SP5) і ще **п'ять спеціальних**. SP6 - програма для фази прогріву ДВЗ, АКП та каталізатора. Програма SP7 є програмою перемикачів АКП у режимі "Tiptronic". Програми SP8, SP9, SP10 орієнтовані працювати АКП під час руху автомобіля у гірській місцевості. Так, програма SP8 запобігає перемикачів на вищу передачу, якщо автомобіль рухається під ухил. Якщо при цьому вводиться в дію гальмо, програма SP9 здійснює перемикачів АКП на нижчу передачу і реалізує додаткове гальмування двигуном. Під час руху на підйом програма SP10 вибирає оптимальну швидкість руху на зниженій передачі, і цим запобігає часте перемикачів швидкостей.

Автоматичний вибір програм дозволяє реалізувати швидке, якісне, коректне, високоточне, а відтак і високонадійне перемикачів швидкостей за різних умов руху автомобіля.

6.2.2 Режими роботи АКП

Важіль вибору діапазону (РВД) роботи коробки або «селектор» має кілька положень, які мають буквене та цифрове позначення. Кількість цих положень у різних моделях автомобілів різна, але на всіх автомобілях РВД обов'язково має положення, позначені літерами "P", "R" і "N".

ПОЗИЦІЯ "P" вибирається при тривалій стоянці автомобіля. У цьому положенні важеля в АКП вимкнено всі елементи управління, а її вихідний вал заблоковано, тому рух автомобіля неможливий. У цьому режимі дозволено запуск двигуна. А як щодо використання гальма стоянки на стоянці? Для надійної фіксації автомобіля під час стоянки на відносно рівних ділянках справного механізму блокування вихідного валу АКП цілком достатньо. Але якщо автомобіль стоїть на ухилі, то включення ручного гальма є обов'язковим. Причому першим необхідно затягнути ручне гальмо і тільки після цього встановити важіль перемикачними режимами коробки положення «P». В цьому випадку ви звільняєте від додаткового навантаження механізм блокування вихідного валу АКП.

ПОЗИЦІЯ «N» – у разі, зазвичай, вимкнені всі елементи управління. Механізм блокування вихідного валу при цьому вимкнено, тобто автомобіль може вільно переміщатися. У цьому режимі дозволено запуск двигуна.

При тривалих зупинках слід переводити важіль у положення «N» у вуличних пробках у спеку, для зниження тепловиділення та запобігання перегріву олії коробки.

ПОЗИЦІЯ "R" - режим руху заднім ходом. Переведення важеля в положення "R" під час руху вперед може призвести до виходу з ладу коробки передач. Якщо важіль у цьому положенні, запуск двигуна неможливий.

Автомобілі, оснащені чотиришвидкісними коробками передач, зазвичай мають чотири положення руху вперед: "D", "3", "2" і "1" ("L"). Слід зазначити, що у разі встановлення РВД в одне з цих положень запуск двигуна неможливий.

ДІАПАЗОН "D" - основний режим руху. Він забезпечує автоматичне перемикачними з першої до четвертої передачі. За нормальних умов руху рекомендується використовувати саме його.

ДІАПАЗОН «3» – дозволено рух на перших трьох передачах. Рекомендується використовувати під час руху горбистою дорогою або в умовах частих зупинок.

ДІАПАЗОН «2» – дозволено рух лише на першій та другій передачах. Рекомендується використовувати на звивистих гірських дорогах. Перемикачними на третю та четверту передачі заборонено.

ДІАПАЗОН «1» («L») – дозволено рух лише на першій передачі. Цей діапазон дозволяє максимально реалізувати тягові можливості двигуна, оскільки переданий на колеса момент, що крутить, максимальний саме на першій передачі. У цьому режимі особливо ефективно гальмування двигуном. Перша передача рекомендується під час руху на крутих підйомах та спусках.

На більшості сучасних автомобілів з автоматичною трансмісією до системи керування закладено кілька варіантів керування перемикачними передач. До них відносяться економічна, спортивна, зимова тощо.

ЕКОНОМІЧНИЙ РЕЖИМ забезпечує рух з мінімальною витратою палива, оскільки двигун на кожному щаблі працює в обмеженому швидкісному діапазоні. При цьому робота коробки передач і двигуна синхронізується таким чином, що при включенні чергової передачі двигун починає працювати практично з холостих оборотів, і при подальшому розгоні обороти двигуна не доводяться до максимальних. Рух автомобіля у разі носить плавний, спокійний характер.

СПОРТИВНИЙ РЕЖИМ дозволяє максимально використовувати потужність двигуна. Включення кожної наступної передачі відбувається при частотах колінчастого валу, близьких до частот, на яких розвивається максимальний момент, що крутить. При подальшому прискоренні частота обертання колінчастого валу доводиться до

максимальних значень, у яких двигун розвиває максимальну потужність. Таким чином двигун працює з найбільшою віддачею. Тобто діапазон зміни частот на кожному щаблі походить від частоти, при якій максимальний момент, до частоти, що відповідає максимальній потужності. Автомобіль у разі розвиває, порівняно з економічної програмою, значно більші прискорення. Для реалізації економічної або спортивної програми на панелі приладів або поряд з важелем вибору діапазону розташована спеціальна кнопка або перемикач, які в залежності від марки автомобіля можуть мати позначення «POWER», «S», «SPORT», «AUTO», «A/T MODE» тощо.

ЗИМОВИЙ РЕЖИМ – для його активізації є спеціальна кнопка або перемикач, які можуть мати позначення WINTER, W, HOLD. Для того щоб виключити прослизання коліс при торканні на слизькому покритті, момент, що крутить, передається від двигуна до колес, повинен бути мінімальним. Це можливо в тому випадку, якщо автомобіль рушатиме або з другої, або з третьої передачі.

Аварійний режим активізується у разі виникнення в трансмісії або системі управління несправності, яка може призвести до серйозної поломки АКП, блок управління починає працювати за програмою захисту трансмісії, що дозволяє автомобілю дістатися своїм ходом до ремонтної майстерні або гаража.

Зазвичай в режимі захисту в коробці передач включається одна передача і заборонені всі перемикачання. Номер передачі, що входить у захисному режимі, зазвичай, відповідає передачі, де всі соленоїди перемикачання перебувають у вимкненому стані. Крім того, в захисному режимі в основній магістралі встановлюється максимальний тиск і блокування гідротрансформатора забороняється.

OVERDRIVE – передача, що підвищує. Позначається зазвичай як «OD» чи «D». Підвищуючу передачу рекомендується використовувати для спокійної, економічної їзди на магістралі.

Kickdown – режим, в який переходить система керування двигуном та коробкою для отримання більш високих значень прискорення, наприклад, під час обгону. Перехід у режим Kickdown здійснюється при різкому натисканні до упору педалі керування дросельною заслінкою, в коробці передач відбудеться перемикачання на один або два ступені вниз. При цьому крутний момент який передається на колеса від двигуна, значно зростає, а двигун в цей момент буде працювати в діапазоні швидкостей, при яких віддача близька до максимальної. Подальший перехід до наступної підвищує передачі у разі може статися лише за досягненні двигуном максимальних оборотів. Якщо відпустити педаль управління дросельною заслінкою, коробка передач перейде в штатний режим роботи.

Адаптивний режим управління АКП. Розвиток "електронних" АКП призвело до появи адаптивних коробок передач. Розроблювані алгоритми управління стають все більш інтелектуальними, що призводить до появи нових якостей у тих самих з механічної точки зору трансмісіях.

Бортовий комп'ютер стежить за манерою та особливостями керування водія та підлаштовує роботу коробки передач та двигуна відповідним чином. Якщо манера руху розмірена і плавна, комп'ютер робить відповідні поправки, у яких двигун не виводиться на потужнісні режими роботи, що позитивно позначається витраті палива. Як тільки водій «занервував» і почав робити часті та різкі натискання на педаль газу, комп'ютер відразу розуміє, що прискорення та обгони потрібно робити швидше. Двигун на кожному щаблі виводиться в режим максимальних обертів. Для більш різких прискорень система управління може здійснювати перемикачання на дві, або навіть на три щаблі вниз. Цікаво й те, що алгоритм роботи, як правило, закладено облік зносу фрикційних елементів АКПП. Все це призводить не тільки до підвищення комфортності поїздки на автомобілі, але й до підвищення його ресурсу та економічності.

Tiptronic – це система управління роботою АКП, у якій поруч із автоматичним передбачено і напівавтоматичний режим управління, у якому команду на перемикачання передачі дає водій, а якість цих перемикачів забезпечує система управління. Залежно від

виробника цей режим може мати різні назви (**Autostick, Steptronic, Tiptronic**), він реалізується тільки на автомобілях, що мають електронну систему управління АКП, і то не на всіх. У автомобілях, обладнаних такою системою, важіль перемикачів має спеціальне положення, в якому активується цей режим. Щодо положення є два протилежні, не фіксовані положення. Ці положення мають позначення "+" ("Up") і "-" ("Dn"), відповідно для перемикачів на більш високу або нижчу передачу.

Режим **Autostick** є скоріше напівавтоматичним, ніж ручним, оскільки комп'ютер АКП не перестає контролювати дії водія і не дозволить йому, наприклад, рушити з вищої передачі або вибрати передачу таким чином, щоб обороти двигуна перевищили допустимі. В іншому створюється повна ілюзія механічної трансмісії.

6.2.3 Експлуатація АКП

Перед початком руху слід натиснути на педаль гальма, перевести селектор в потрібну позицію, не натискаючи при цьому на педаль управління дросельною заслінкою. Після легкого поштовху можна відпустити педаль гальма і почати рух, впливаючи при цьому на педаль управління дросельною заслінкою.

Спочатку після початку руху рекомендується уникати динамічної їзди, поки масло у всіх агрегатах не прогрілося до робочої температури. У холодну пору року до початку руху не завадить трохи прогріти олію в АКП. Для цього необхідно перемістити РВД у всі положення, затримуючись у кожному з них на кілька секунд. Потім увімкніть один із діапазонів руху і кілька хвилин утримуйте автомобіль гальмом, двигун при цьому повинен працювати на холостих обертах.

Буксирування причепа. Тут потрібно пам'ятати, що чим вище навантаження, тим більше виділення тепла в гідротрансформаторі. Якщо ви постійно використовуєте причеп, подумайте про встановлення додаткового радіатора в систему охолодження АКП. Крім того, у разі тривалого буксирування причепа використання підвищуючої передачі небажане. Краще це робити на діапазонах "3" або "2".

Перемикачів важіль вибору діапазону на ходу в положення "**P**" та "**R**" категорично **заборонено**.

6.3 Пристрій та робота різних типів автоматичних коробок передач

6.3.1 Роботизована коробка передач

Роботизована коробка передач (інше найменування - автоматизована коробка передач, повсякденна назва - коробка-робот) є механічною коробкою передач, в якій функції вимкнення зчеплення і перемикачів передач автоматизовані. Автоматизація даних функцій стала можливою завдяки застосуванню в управлінні коробкою електронних компонентів.

Роботизована коробка передач поєднує комфорт автоматичної коробки передач, надійність і паливну економічність механічної коробки передач. При цьому «робот» здебільшого значно дешевше за класичну АКП.

В даний час практично всі провідні автовиробники оснащують свої автомобілі роботизованими коробками. Всі коробки мають свої запатентовані назви та розрізняються за конструкцією. Разом з тим можна виділити наступний загальний пристрій роботизованої коробки передач:

- зчеплення;
- механічна коробка передач;
- привід зчеплення та передач;
- система управління.

Коробки-роботи можуть мати електричний чи гідравлічний привід зчеплення та

передач. В електричному приводі виконавчими органами є сервомеханізми (електродвигуни). Гідравлічний привід здійснюється за допомогою гідроциліндрів. Залежно від типу приводу роботизовані коробки передач мають усталені назви:

- власне роботизовані коробки передач (електропривід);
- секвентальні коробки передач (гідропривід).

Назву "секвентальна" коробка отримала від sequensum - послідовність, мається на увазі послідовне перемикання передач у ручному режимі.

У багатьох джерелах інформації коробки носять одну загальну назву - роботизовані. Електричний привід зчеплення та передач мають наступні конструкції коробок:

- Easytronic від Opel;
- MultiMode від Toyota.

Значно більше конструкцій «роботів» мають гідравлічний привід:

- SMG, DCT M Drivelogic від BMW;
- DSG від Volkswagen;
- S-Tronic від Audi;
- Senso Drive від Citroen;
- 2-Tronic від Peugeot;
- Dualogic від Fiat.

Система управління роботизованою коробкою включає такі конструктивні елементи:

- вхідні датчики;
- електронний блок керування;
- виконавчі механізми коробки.

У роботизованих коробках з гідравлічним приводом у систему керування також включений гідравлічний блок керування, який забезпечує безпосереднє керування гідроциліндрами та тиском у системі.

Принцип роботи роботизованої коробки полягає в наступному. З сигналів вхідних датчиків електронний блок управління формує алгоритм управління коробкою залежно від зовнішніх умов і реалізує через виконавчі механізми.

На всіх роботизованих коробках передбачено режим ручного перемикання передач, аналогічний функції Tiptronic.

Основним недоліком роботизованих коробок є великий час перемикання передач (**до 2 с**), що призводить до провалів і ривків в динаміці автомобіля і знижує комфорт від керування транспортним засобом. Вирішення зазначеної проблеми було знайдено у застосуванні коробки з двома зчепленнями, що забезпечило перемикання передач без розриву потоку потужності.

Дане технічне рішення реалізовано у коробках **DSG, S-Tronic** (час перемикання передач **0,2-0,4 с**), а також коробках SMG та DCT M Drivelogic (час перемикання передач **0,1 с**), що встановлюються на спортивні автомобілі фірми BMW.

В даний час найпоширенішими та технічно досконалішими є роботизовані коробки передач DSG та S-Tronic. Коробка S-Tronic є аналогом коробки DSG, але на відміну від неї встановлюється на задньо- та повнопривідні автомобілі.

На автоматизованих коробках SMG та DCT M Drivelogic у системі управління реалізується функція **Drivelogic**, яка передбачає одинадцять програм перемикання передач. Шість програм виконуються в режимі ручного перемикання, а п'ять - це автоматизовані програми перемикання передач. Ця функція дозволяє адаптувати зміну передач під стиль водіння конкретної людини. По суті, ці коробки є адаптивними коробками передач..

6.3.1.1 Роботизована коробка DSG

Роботизована коробка передач DSG (Direct Shift Gearbox) є зараз найдосконалішою автоматизованою коробкою, що встановлюється на масові моделі легкових автомобілів.

Коробка DSG забезпечує перемикання передач без розриву потоку потужності, що

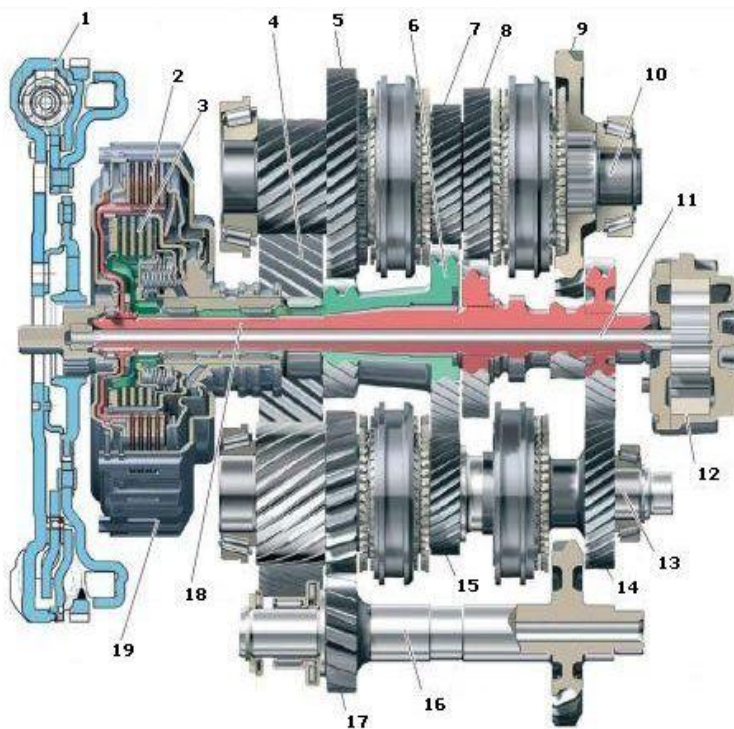
значно підвищує її споживчі якості, порівняно з іншими «роботами».

Безперервна передача крутного моменту від двигуна до провідних колес досягнута за рахунок застосування **двох зчеплень і відповідних їм двох рядів передач**. Коробка передач DSG має шестиступінчасту та семиступінчасту конструкції. Семиступінчаста коробка (крутний момент до 250 нм) встановлюється на автомобілі В, С і деякі моделі D класу. Шестиступінчаста коробка передач передає момент, що крутить, до 350 нм і встановлюється на більш потужних машинах.

Коробка передач DSG має наступний пристрій:

- подвійне зчеплення;
- перший ряд передач;
- другий ряд передач;
- головна передача;
- диференціал;
- система керування коробкою передач;
- корпус (картер) коробки.

Розглянемо пристрій коробки передач DSG на прикладі шестиступінчастої коробки передач



1. двомасовий маховик
2. перша фрикційна муфта
3. друга фрикційна муфта
4. ведена шестерня головної передачі
5. ведена шестерня 2 передачі
6. первинний вал другого ряду
7. ведена шестерня 4 передачі
8. ведена шестерня 3 передачі
9. ведена шестерня 1 передачі
10. вторинний вал 1
11. вал масляного насоса
12. масляний насос
13. вторинний вал 2
14. ведена шестерня передачі 5
15. ведена шестерня передачі 6
16. вісь шестерні заднього ходу
17. шестерня заднього ходу
18. первинний вал першого ряду
19. здвоєне зчеплення

Рис. 6.6 - Схема роботизованої коробки DSG

Подвійне зчеплення забезпечує передачу моменту, що крутить, на перший і другий ряди передач. Зчеплення включає провідний диск, з'єднаний через вхідну маточину з маховиком, і дві фрикційні муфти багатодискові, пов'язані через головну маточину з рядами передач.

На шестиступінчастій коробці подвійне зчеплення «мокрого» типу, тобто. постійно знаходиться у маслі. Семиступінчаста коробка має сухе зчеплення, що дозволяє значно зменшити обсяг масла, що заправляється (з 6.5 л до 1.7 л), знизити енерговитрати і підвищити паливну економічність двигуна. З цією ж метою на семиступінчастій коробці масляний насос із гідравлічним приводом замінений на більш економічний електричний насос.

Перший ряд коробки забезпечує роботу непарних передач та заднього ходу, другий ряд відповідає за парні передачі. Кожен із рядів передач є первинним і вторинним валами з блоками шестерень. Первинні вали розташовані співвісно, при цьому первинний вал

другого ряду виконаний порожнистим і одягнений на первинний вал першого ряду.

Шестерні на первинних валах мають жорстке з'єднання з валом. Шестерні вторинних валів обертаються вільно. При цьому шестерні первинного та вторинного валів знаходяться у постійному зачепленні. Між шестернями вторинного валу розташовані муфти синхронізаторів, які здійснюють увімкнення конкретної передачі. Для виконання реверсивного руху в коробці передбачений проміжний вал з шестернею заднього ходу. На вторинних валах розташовані провідні шестерні головної передачі.

Для управління зчепленням та перемиканням передач призначена система управління коробкою передач. Система управління включає:

- вхідні датчики;
- електронний блок керування;
- електрогідравлічний блок керування;
- виконавчі механізми.

Електронний та електрогідравлічний блоки керування, а також практично всі вхідні датчики, об'єднані в єдиний модуль, що має назву **Mechatronic**. Модуль управління розташований безпосередньо в картері коробки передач.

Вхідні датчики відстежують частоту обертання на вході та виході коробки передач, тиск і температуру масла, а також положення вилок включення передач. Електронний блок управління виходячи з сигналів датчиків реалізує, закладений у нього, алгоритм управління коробкою передач.

Електрогідравлічний блок керування забезпечує роботу гідравлічного контуру керування коробкою передач. До нього входять такі елементи:

- золотники-розподільники;
- електромагнітні клапани;
- клапана регулювання тиску;
- мультиплексор.

Золотники-розподільники наводяться на дію важелем селектора. Електромагнітні клапани здійснюють перемикання передач. Клапани регулювання тиску забезпечують роботу фрикційних муфт. Електромагнітні клапани та клапани регулювання тиску є виконавчими механізмами системи керування коробкою передач.

У коробці застосовано пристрій мультиплексор, який дозволяє керувати вісьмома гідроциліндрами перемикання передач лише за допомогою чотирьох електромагнітних клапанів. У вихідному положенні мультиплексора працюють одні гідроциліндри, у робочому - інші, причому в обох режимах загальні електромагнітні клапани.

Принцип роботи коробки DSG полягає в послідовному включенні передач обох рядів. При цьому під час роботи однієї передачі наступна передача вже обрана і готова до включення.

6.3.2 Варіаторні КП (CVT – Continuously Variable Transmission)

Варіатор (звичайне назва – варіаторна коробка передач) є безступінчастою коробкою передач, тобто. забезпечує в заданому діапазоні плавну зміну передавального числа.

Основна перевага варіатора в порівнянні з іншими коробками полягає в ефективному використанні потужності двигуна за рахунок оптимального узгодження навантаження на автомобіль з оборотами колінчастого валу, тим самим досягається висока економіка палива.

Варіаторна коробка передач має загальновізану назву (аббревіатуру) **CVT – Continuously Variable Transmission** (у перекладі – трансмісія, що постійно змінюється). Зважаючи на обмеження за потужністю, варіатори на сьогоднішній день застосовуються тільки на легкових автомобілях, правда діапазон їх використання внаслідок технічного прогресу постійно розширюється.

Варіаторна коробка має наступний загальний пристрій:

- механізм, що забезпечує роз'єднання коробки від двигуна (нейтральне положення коробки);
- варіатор (варіаторна передача);
- механізм, що забезпечує рух заднім ходом;
- система управління.

Для роз'єднання варіатора від двигуна використовуватимуться такі механізми:

- відцентрове автоматичне зчеплення (варіатор Transmatic);
- електромагнітне зчеплення з електронним керуванням (варіатор Hyper на автомобілях Nissan);
- багатодискове зчеплення з електронним управлінням (варіатор Multitronic на автомобілях Audi, варіатори на автомобілях Honda);
- гідротрансформатор (варіатор Ecotronic на автомобілях Ford, варіатор Extroid на автомобілях Nissan, варіатор Lineartronic на автомобілях Subaru).

З усього різноманіття різних видів варіаторів на автомобілях знайшли застосування лише два види:

- клинопасовий варіатор;
- тороїдний варіатор.

6.3.2.1 Клинопасовий варіатор

Розглянемо схему клинопасового варіатора

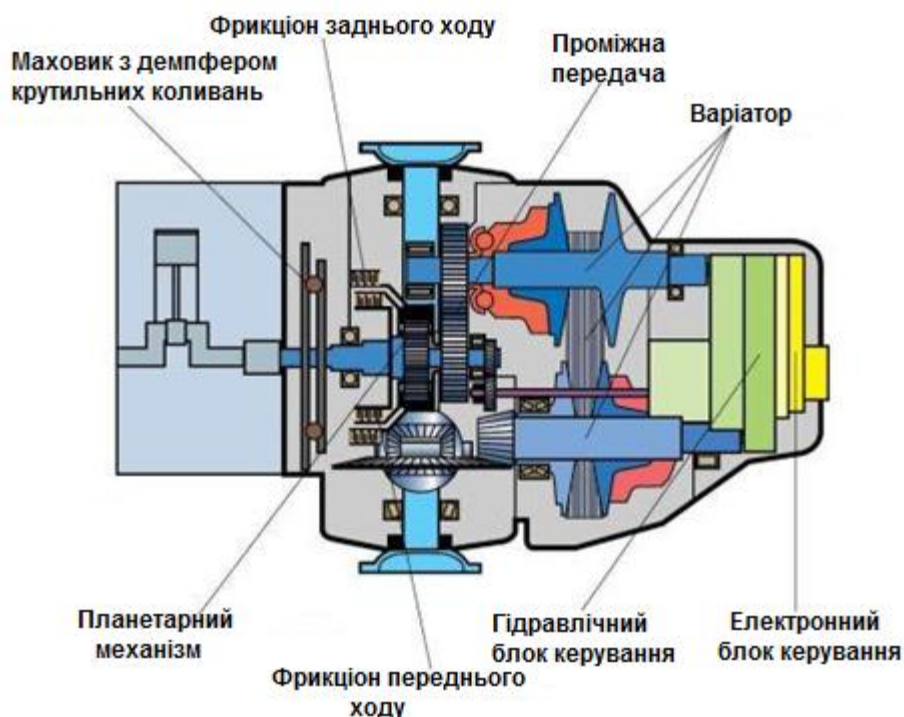
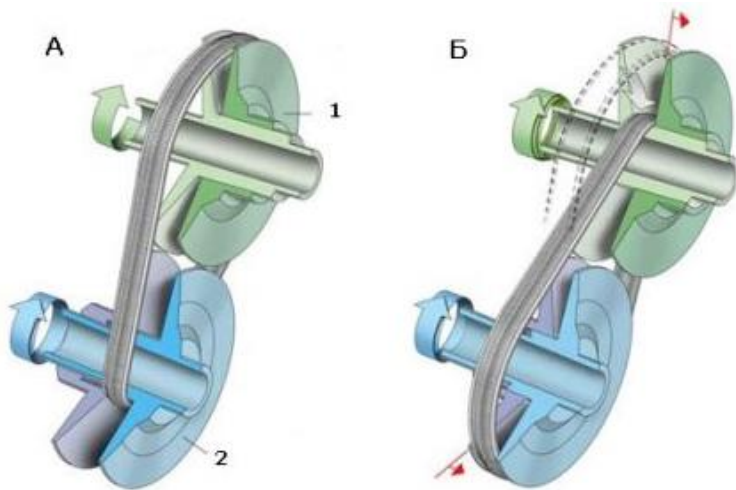


Рис. 6.7 – Схема клинопасового варіатора

Клинопасовий варіатор складається з однієї або двох ременних передач. Передача включає два шківів, з'єднані клиноподібним ремнем. Шківів утворюють два конічні диски, які можуть зрушуватися або розсуватися, забезпечуючи тим самим зміну діаметра

шківів. Ремінь виготовляється із металевих пластин конічної форми. Передача обертання здійснюється за рахунок сил тертя між шківів та бічною поверхнею клиноподібного ремня.

На варіаторах **Multitronic**, **Lineartronic** замість ремня застосовано металевий ланцюг. Такі варіатори мають назву клиноцепний варіатор.



А Знижувальна передача
 Б Підвищуюча передача
 1. ведений шків; 2. провідний шків

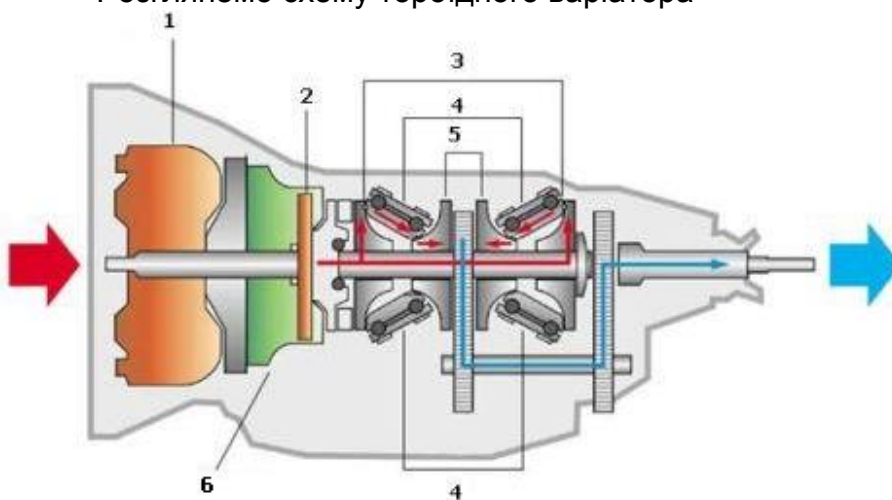
Рис. 6.8 – Схема роботи клинопасового варіатора

Принцип роботи клинопасового варіатора полягає в узгодженій зміні діаметрів шківів залежно від режимів роботи двигуна. Діаметр шківа змінюється за допомогою

спеціального приводу. На початку руху автомобіля провідний шків варіатора має найменший діаметр (конічні диски максимально розтиснуті). Ведений диск має максимальний діаметр (конічні диски максимально стиснуті). При збільшенні числа обертів двигуна діаметр ведучого шківа збільшується, а веденого зменшується, відповідно і зменшується передатне число. При подальшому розгоні варіатор підтримує оптимальні обороти двигуна, у яких реалізується максимальна потужність та забезпечується найкраща динаміка автомобіля.

6.3.2.2 Тороїдний варіатор

Розглянемо схему тороїдного варіатора



1. гидротрансформатор;
 2. шестерні заднього ходу;
 3. провідні диски;
 4. ролики;
 5. ведені диски;
 6. насос

Рис. 6.9 – Схема тороїдного варіатора

Тороїдний варіатор включає два співвісні вали зі сферичною (тороїдною)

поверхнею, між якими затиснуті ролики. Зміна передавального числа в тороїдному варіаторі проводиться за рахунок зміни положення роликів, а передача моменту, що крутить, за рахунок сил тертя між робочими поверхнями коліс і роликів. Найвідомішим тороїдним варіатором є варіатор **Extroid**, що встановлюється на автомобілі фірми Nissan.

З огляду на особливості конструкції варіаторна передача не може забезпечити реверсивного руху. Для здійснення руху заднім ходом у коробці застосовуються додаткові механізми. Як такий механізм зазвичай виступає планетарний редуктор. Принцип роботи планетарного редуктора викладено у статті автоматична коробка передач.

На варіаторній коробці передач застосовується, як правило, електронна система управління, яка виконує такі функції:

- здійснення синхронної зміни діаметра шківів варіатора відповідно до режимів роботи двигуна;
- управління зчепленням;

- забезпечення роботи планетарного редуктора

Безпосереднє керування варіатором здійснюється за допомогою важеля селектора. Режими управління аналогічні режимам автоматичної коробки. У варіаторній коробці може бути реалізована функція вибору фіксованих передавальних відносин (аналогічна функції Tiptronic). Ця функція вирішує в основному психологічну проблему, пов'язану з використанням варіатора на автомобілі, а саме негативне сприйняття водієм постійної частоти обертання двигуна при розгоні.

6.3.2.3 Коробка передач Мультитронік (Multitronic)

Коробка передач Мультитронік (торгова марка Multitronic) є найдосконалішою на сьогоднішній день безступінчастою коробкою передач. Застосування даної коробки забезпечує максимальну динамічність автомобіля, високу економіку палива двигуна і комфорт в керуванні транспортним засобом. Завдяки високим споживчим якостям варіаторна коробка передач встановлюється на автомобілі преміум-класу Audi (моделі A4, A5 та A6).

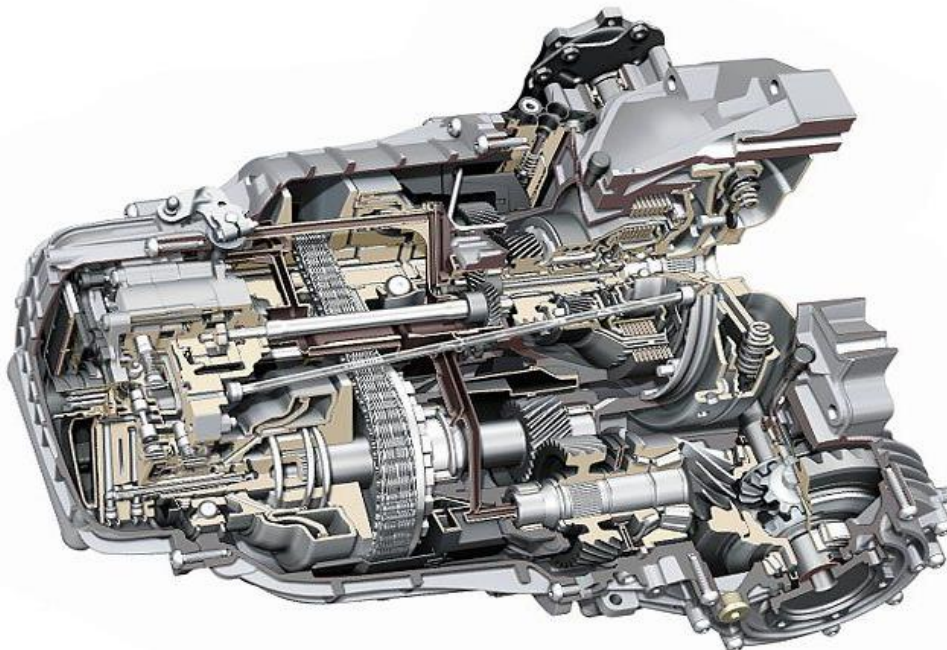


Рис. 6.10 – Коробка передач Мультитронік

Коробка передач Мультитронік має наступний пристрій:

- багатодискове мокре зчеплення;
- планетарний механізм;
- проміжна передача;
- варіатор (варіаторна передача);
- головна передача;
- диференціал;
- система керування коробкою передач;
- картер коробки.

Функцію роз'єднання двигуна від коробки передач у системі Multitronic виконують два мокрі (працюючі в маслі) багатодискові зчеплення. Зчеплення є багатодисковими фрикційними муфти – фрикціонами: фрикціоном переднього ходу і фрикціоном заднього ходу. Конструкція фрикційних муфт аналогічна муфтам, які застосовуються для перемикання передач в АКП.

У коробці передбачено примусове охолодження фрикціонів окремим потоком робочої рідини. Фрикційні муфти мають суттєві переваги в порівнянні з гідротрансформатором, що виконує аналогічну функцію. Вони мають меншу масу,

компактні і простіше в управлінні.

Планетарний механізм використовується лише для руху заднім ходом. Під час руху автомобіля вперед відбувається блокування редуктора фрикціоном переднього ходу. Під час руху назад – фрикціон заднього ходу блокує коронну шестерню редуктора на корпус коробки передач, унаслідок чого планетарний редуктор рухається у протилежний бік. Швидкість руху заднім ходом обмежується системою керування.

Варіатор забезпечує плавну зміну передавального числа. Він складається з наступних конструктивних елементів:

- провідний шків;
- ведений шків;
- ланцюг.

Кожен із шківів є два диски з конічною поверхнею. Ведучий диск з'єднується з колінчастим валом двигуна через проміжну передачу. З веденого диска крутний момент прямує на головну передачу. Один із дисків на кожному шківі рухливий. Це дозволяє у процесі роботи змінювати діаметр шківа.

У варіаторі Multitronic вперше застосовано металевий ланцюг. Дане технічне рішення дозволило значно розширити діапазон передавальних чисел за рахунок зменшення поверхні зіткнення ланцюга зі шківом (порівняно з клиноподібним ременем). Зниження шуму під час роботи металевий ланцюг досягнуто шляхом використання ланок різного розміру.

Привід кожного зі шківів складається з двох гідроциліндрів – притискного та регульовального. Притискний гідроциліндр безпосередньо притискає ланцюг до дисків шківа. Регульовальний гідроциліндр забезпечує зміну діаметра шківа, тобто. регулює передатне відношення. Сила, з якою диски притискаються до ланцюга, контролюється датчиком крутного моменту. Датчик встановлений на диску.

Так як варіатор Multitronic встановлюється на передньопривідні автомобілі, в конструкцію коробки включені головна передача і диференціал.

Система управління коробкою включає такі елементи:

- гідравлічний блок керування;
- вхідні датчики;
- електронний блок керування.

Гідравлічний блок управління здійснює безпосереднє управління фрикціонами переднього та заднього ходу, притискними та регульовальними циліндрами, регулює тиск робочої рідини в системі, а також здійснює охолодження фрикціонів. У гідравлічному блоці є:

- золотник ручного керування;
- гідравлічні клапани;
- електромагнітні клапани керування тиском.

Циркуляцію робочої рідини у системі забезпечує масляний насос шестеренного типу, який має привід від первинного валу. Для охолодження фрикціонів застосовується ежекційний насос, дія якого ґрунтується на подачі робочої рідини за рахунок розрядження. Охолодження робочої рідини проводиться у масляно-водяному теплообміннику, включеному до системи охолодження двигуна.

До вхідних датчиків системи керування коробкою передач відносяться:

- датчик положення важеля селектора;
- датчик числа обертів на вході коробки;
- датчик числа обертів на виході коробки;
- датчик температури робочої рідини;
- датчик тиску робочої рідини.

Електронний блок керування служить для вибору оптимального передатного відношення відповідно до умов руху та бажань водія. З сигналів датчиків електронний

блок управління обчислює величину тиску робочої рідини і реалізує цей тиск шляхом на електромагнітні клапани. Блок керування встановлений безпосередньо на коробці.

Коробка передач Мультиатронік має механічний зв'язок із важелем селектора. Режими керування коробкою передач аналогічні режимам АКПП. У цій коробці реалізований режим "Кік-Даун" (Kick-Down), що передбачає швидке прискорення автомобіля. Використовується функція вибору фіксованих передач Типтронік (Tiptronic).

6.3.2.4 Функція автоматичної коробки передач Типтронік (Tiptronic)

Типтронік (Tiptronic) є запатентованою торговою назвою функції (режиму) ручного перемикачів передач, що реалізується в автоматичній коробці. Крім споживчих якостей, ця функція дозволяє контролювати динаміку автомобіля за певних режимів роботи двигуна (гальмування двигуном та інших.), чого може забезпечити автоматична коробка передач.

Функція Tiptronic застосовується на автоматичних коробках передач, що встановлюються на автомобілі концерну Volkswagen (VW, Audi, Skoda, Seat, Porsche), а також роботизованих коробках передач DSG, S-Tronic і варіаторі Multitronic. Разом з тим назва Типтронік, завдяки широкому поширенню ручного режиму на автоматичних коробках передач, стала номінальною.

У ряді джерел інформації Tiptronic (за аналогією з іншими «троніками») є окремою конструкцією автоматичної коробки передач, що по суті неправильно. Типтронік є лише функцією АКПП.

Аналогічна функція під назвою Стептронік (Steptronic) реалізується автомобілями BMW.



Режим Tiptronic здійснюється за допомогою важеля селектора автоматичної коробки. Для цього в кулісі селектора передбачено спеціальний виріз зі знаками "+" та "-". У ряді комплектацій автомобілів на кермо встановлюються перемикачі передач (т.зв. підрульові «пелюстки»).

Функція реалізується за допомогою спеціальної програми закладеної в електронний блок управління коробкою передач. Роботу системи Типтронік забезпечують такі пристрої:

- датчики у селекторі коробки передач;
- перемикачі на кермовому колесі.

У селекторі коробки може встановлюватися від одного до трьох (залежно від конструкції) датчиків: один – для включення режиму, інший – для перемикачів на вищу передачу і третій – для перемикачів на нижчу передачу. Сигнали від датчиків та перемикачів передаються до електронного блоку управління, де запускається відповідна програма. Блок управління, своєю чергою, дає команди на перемикачів передач.

При натисканні на підрульові "пелюстки" система управління переводить коробку в ручний режим, міняючи перемикачів важеля селектора. Після використання перемикачів після певного часу система управління самостійно переводить коробку в автоматичний режим.

На коробці Multitronic функція Tiptronic здійснюється за рахунок програмування фіксованих передавальних чисел у варіаторі.

6.4 Діагностика АКП

Первинна діагностика без застосування спец. обладнання вкл. наступні етапи:

1 Перевірка рівня трансмісійної рідини

2 Оцінка стану АКП за зовнішнім виглядом трансмісійної рідини

- 3 Оцінка стану АКП під час руху автомобіля
- 4 Перевірка стану гідротрансформатора
- 5 Сторонні шуми в АКП

Для більшості коробок оптимальним є рівень олії, що знаходиться між мітками ADD і FULL на щупі гідравлічної системи АКП, за нормальної робочої температури масла 66 - 93°C. Така температура досягається після пробігу автомобілем щонайменше 13-25 км. Примітка. Якщо автомобіль експлуатувався тривалий час на високих швидкостях або за високої температури навколишнього повітря, правильно рівень масла в АКП може бути виміряний лише через 30 хвилин після зупинки двигуна автомобіля. Цей час необхідний для остигання олії.

Рівень масла в АКП може бути перевірений як при нормальній робочій температурі масла, так і при кімнатній температурі. При перевірці рівня олії та її доведенні при необхідності до оптимального шляхом доливання олії слід уважно стежити за тим, щоб не переповнити гідравлічну систему АКП зайвою олією, що призводить до її спінювання та виливання назовні через сапун.

1. Автомобіль встановлюється на рівній горизонтальній поверхні, двигун працює на оборотах холостого ходу, колеса заблоковані гальмом. Утримуючи натиснутою гальмо педаль, водій послідовно переміщає важіль перемикачів передач у всі його положення з метою заповнення магістралей гідравлічної системи АКП маслом.

2. Важіль перемикачів передач встановити в положення Р (паркінг). На деяких моделях АКП важіль встановлюється в положення N (нейтраль). Відпустити педаль гальма. Витягти із заливної горловини АКП вимірювальний щуп, витерти його насухо і знову вставити в горловину до упору.

3. Вийняти щуп із горловини та перевірити по ньому рівень олії. Рівень повинен бути між мітками ADD і FULL на щупі. При необхідності долити олію. Після кожного доливання провести операції з пп. 1,2 і після цього знову виміряти рівень масла.

4. Встановити щуп у горловину до упору так, щоб він своєю кришкою щільно ущільнював нею, щоб уникнути попадання в АКП бруду, води і т.д.

Методика вимірювання рівня масла при кімнатній температурі (олія холодна) точно така ж, як і при його нормальній робочій температурі. Тільки рівень олії на щупі у разі має бути лише на рівні мітки ADD. Примітка. Багато щупів мають або одну, або дві мітки у вигляді ямочки або наскрізних отворів для позначення рівня холодного масла, інші мають мітки у вигляді написів COLD (холодний) і HOT (гарячий) для позначення рівня відповідно холодного і розігрітого до нормальної робочої температури масла. Увага! При вимірі рівня холодної олії та доведенні її рівня до оптимального слід бути особливо уважним, щоб не переповнити гідравлічну систему АКП зайвою олією. Пам'ятайте, що рівень по щупу олії при доведенні її температури до нормальної робочої вище за рівень такої ж кількості холодної олії на 0,6 - 0,7 см.

Проблеми, пов'язані з переповненням гідравлічної системи АКП. Коли гідравлічна система АКП переповнена зайвою олією, обертання з великою швидкістю внутрішніх вузлів АКП призводить до спінювання олії. Спінене масло з-за повітря, що знаходиться в ньому, не може з потрібним зусиллям стиснути між собою провідні і ведені диски в пакетах фрикціонів, що призводить до їх пробуксовування і згоряння, тобто виходу АКП з ладу. Подібна ситуація спостерігається в гальмівній системі автомобіля при попаданні до неї повітря. Спінена олія також витікає з АКП назовні через сапун.

Проблеми, пов'язані з недостатньою кількістю олії у гідравлічній системі АКП. Через недостатню кількість масла в піддоні АКП масляний насос закачує в магістралі гідравлічної системи АКП масло разом із повітрям. Аналогічно сказаному вище, масло не стискає як слід диски фрикціонів. Результат той самий - пробуксування дисків щодо один одного та їх згоряння.

Оцінка стану АКП на вигляд трансмісійної рідини

Трансмісійна рідина або олія (в англійському варіанті - automatic transmission fluid або скорочено - ATF) в АКП виконують відразу кілька функцій, а саме: - передають крутний момент від насосного колеса гідротрансформатора, з'єданого з двигуном до турбінного колеса, з'єданого з вхідним валом АКП; - є робочим тілом, під тиском якого стискаються між собою провідні та ведені диски в пакетах фрикціонів, включаються сервоприводи, що затискають гальмівні стрічки, що дає можливість включати (вимикати) різні передачі в АКП; - здійснюють мастило шестерень, підшипників та вкладишів; - Здійснюють тепловідведення від АКП при її роботі. Найбільш поширеними марками трансмісійних рідин є DEXRON II, DEXRON III. Фірми - виробники, що випускають трансмісійні олії під іншими назвами, зазвичай вказують, що їхня продукція відповідає стандарту DEXRON.

Про стан АКП багато може сказати колір і запах її трансмісійної рідини (олії). У справній АКП олія має густо-червоний або оранжево-червоний колір. Темно - коричневий або чорний колір олії у поєднанні з його горілим запахом переконливо свідчить про явні неполадки в коробці. Примітка. Якщо на початковій стадії роботи АКП після запуску двигуна масло набуває коричнево - зеленуватий відтінок і неприємний, але не горілий запах, це вважається нормальним і не є ознакою будь-яких несправностей в АКП.

При руйнуванні фрикціонів, гальмівних стрічок, вкладишів, шестерень у маслі будуть присутніми частинки металу, чорні або коричневі частинки зруйнованого фрикційного шару. Якась частина всього цього обов'язково осяде на щупі разом з маслом. Якщо масло на витягнутому з АКП щупі має вигляд біло - рожевої емульсії, це є ознакою того, що в масло потрапили вода або антифриз. При виявленні таких ознак необхідно зняти масляний піддон АКП і ретельно його досліджувати на предмет відкладень. Якщо масло в піддоні брудне або розріджене, або в ньому присутні тверді частинки чогось, АКП підлягає негайному зняттю, розбиранню, чищенню та ремонту. Крім того, обов'язково потрібно промити систему охолодження АКП.

Оцінка стану АКП під час руху автомобіля.

Завдання виявлення несправності в АКП значно спрощується, якщо водій автомобіля з АКП наскільки можливо докладно в міру своїх технічних знань і досвіду водія розповість фахівцеві про симптоми "нездужання" коробки, будь то підозрілі шуми, підтікання масла, недостатньо жвавий розгін автомобіля або ривки при перемиканні передач . На користь власника, передусім економічних, при виявленні найменших несправностей негайно звернутися до фахівця. Так, діагностика АКП буде чогось коштувати, але на порядок менше ремонту "полетілої" з недогляду коробки. Не соромтеся ставити фахівцям питання про особливості конструкції, обслуговування, експлуатації і навіть про особливості керування саме Вашого автомобіля з такою АКП. Дотримання рекомендацій фахівців не буде коштувати Вам нічого, а "життя" Вашій коробці додасть значно і Ваших коштів заощадить досить.

Перевірка стану гідротрансформатора

Найбільш характерними несправностями гідротрансформатора (ГТ), які виявляються при русі автомобіля, є розблокування обгінної муфти (one - way clutch), коли вона вільно обертається навколо своєї осі в обох напрямках, або її повне заклинювання. Нагадаємо, що справна обгінна муфта має обертатися, але лише в одному напрямку. Ознакою того, що обгінна муфта вільно обертається в обох напрямках, є поганий розгін автомобіля з місця до швидкості приблизно 30-45 миль/год (48-72 км/год). Після досягнення автомобілем такої швидкості АКПП надалі працює нормально. Щоб перевірити, що причина саме в ГТ, а не в двигуні, вчиніть так. Зупинивши важіль перемикання передач у положення N (нейтраль), натисканням педалі газу збільшуйте оберти двигуна. Якщо двигун на натискання педалі "відкликається" збільшенням оборотів, отже, несправність над ньому, а ГТ. Якщо Ваш автомобіль нормально розганяється з місця, але з моменту досягнення якоїсь швидкості відмовляється їхати швидше незважаючи на те, що Ви енергійно натискаєте на педаль газу, це говорить про те, що в

ГТ заклинилася муфта. При цьому перегріватиметься двигун та ГТ. Перегрітий ГТ має синюватий відтінок.

Під час руху автомобіля з справною АКП при натисканні та відпусканні педалі газу перемикання передач повинно здійснюватися послідовно та плавно, без поштовхів, ривків та пробуксувань. Необхідно стежити, при якій швидкості автомобіля відбувається включення (вимикання) тієї чи іншої передачі. Пробуксовки, ривки, затримки при перемиканні передач або повна відсутність будь-якої передачі говорять про те, що АКП терміново потрібний ремонт.

Сторонні шуми в АКП

Під час оцінки стану АКП як у рухомому (road test), так і в нерухомому (stall speed test) автомобілі водієві слід уважно прислухатися до звуку роботи силового агрегату (двигуна та коробки). Якщо в рівному однотонному звуку роботи силового агрегату будуть прослуховуватися підозрілі шуми, це може бути наслідком несправності як в двигуні, так і в АКП. До несправностей, що не відносяться до АКП і виробляють нестандартні звуки, можна віднести неполадки у водяному насосі, компресорі кондиціонера, генераторі, рульовій колонці і т.д. Якщо ж точно встановлено, що "тарахтит" коробка, то за тембром і тональністю шуму досвідчений фахівець може приблизно визначити характер несправності. Наприклад:

Виючий, як у сирени, звук. Вважається нормальним, якщо такий звук ненадовго виникає у ГТ під час проведення stall speed тесту та згодом зникає.

Постійний звук, що виє (автомобіль нерухомий), який посилюється або слабшає в залежності від кількості оборотів двигуна, говорить про те, що АКП може бути:

- Недостатній рівень масла;
- попадання повітря в масляний насос через знос ущільнюючих прокладок та кілець;
- пошкодження або зношування шестерень масляного насоса;
- неправильно вставлені шестерні в корпус насоса під час його складання;
- неправильне зчеплення шестерень у насосі.

Звуковий звук - результат або вібрації золотника клапана регулювання лінійного тиску масла, або переміщення якого-небудь зламаного або зношеного ущільнюючого сальника. Сила звуку також залежить від обертів двигуна.

Постійний брязкітний звук - зазвичай буває на низьких оборотах двигуна і свідчить про несправності в ГТ (поломка лопатей насосного, турбінного коліс або демпферних пружин).

Переривання звуку в автомобілі, що рухається, на низьких оборотах двигуна - ознака того, що пошкоджений маховик двигуна, до якого кріпиться ГТ. При переведенні важеля перемикання передач у положення N або P такий звук може на короткий час зникнути.

Якщо сторонній звук присутній на одній передачі і зникає при включенні інших передач, отже, несправний якийсь із планетарних рядів, що працюють на цій передачі. Якщо при включенні інших передач сторонній звук не зникає, а лише змінює свою тональність, найімовірніше несправність криється в завзятих підшипниках або вкладишах.

Враження, ніби вібує двигун, може бути викликане вібрацією трубок живлення або трубок магістралі охолодження масла в АКП через поломку або роз'єднання кріпильних скоб.

Питання і завдання для самоконтролю

1 Кака я коробка передач послужила базой для создания конструкции с электронным управлением?

2 Каким образом передается перемещение рычага селектора на шток выбора и включения передач?

- 3 В каком положении штока выбора и включения передач все управляющие клапаны обесточены?
- 4 Какие компоненты входят в гидравлический блок?
- 5 Сколько клапанов обслуживают гидропереключатель при выборе и включении передач?
- 6 Какие компоненты связаны с электронным блоком управления механической коробкой передач через шину данных CAN?
- 7 При каких обстоятельствах производится остановка двигателя, если автомобиль эксплуатируется на экономичном режиме?
- 8 Какое условие должно быть выполнено, чтобы была снята блокировка рычага селектора в положении "STOP"?
- 9 При каких условиях производится автоматическая остановка двигателя?
- 10 В каких случаях мигает лампа стояночной тормозной системы?
- 11 Автоматическая коробка передач работает в аварийном режиме. Каким образом вы можете определить, исправен прибор управления или нет?
- 12 Какие последствия для движения автомобиля вызывает переход на аварийную программу?
- 13 Какие преимущества имеет 6-ступенчатая коробка передач?
- 14 С какими блоками управления обменивается данными блок управления автоматической коробкой передач посредством шины CAN?

Тема 4: СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ

План:

- 7.1 Антиблокувальна система гальм
- 7.2 Антипробуксувальна система
- 7.3 Система курсової стійкості
- 7.4 Система розподілу гальмівних зусиль
- 7.5 Система екстреного гальмування
- 7.6 Електронне блокування диференціалу
- 7.7 Система активного кермового керування
- 7.8 Активна підвіски автомобіля
- 7.9 Допоміжні системи активної безпеки (помічники водія)
- 7.10 Діагностика та ТО систем активної безпеки

ВСТУП

Основним призначенням систем активної безпеки автомобіля є запобігання аварійній ситуації.

Застосування систем активної безпеки дозволяє в різних критичних ситуаціях зберігати контроль за автомобілем або, іншими словами, зберегти курсову стійкість і керованість автомобіля.

Під курсовою стійкістю розуміється здатність автомобіля зберігати рух заданою траєкторією, протидіючи силам, що викликає занесення і перекидання.

Керованість полягає у здатності автомобіля рухатися у заданому водієм напрямку.

Найбільш відомими та затребуваними системами активної безпеки є:

- антиблокувальна система гальм;
- антипробуксувальна система;
- система курсової стійкості;
- система розподілу гальмівних зусиль;
- система екстреного гальмування;
- електронне блокування диференціала.

Перелічені системи активної безпеки конструктивно пов'язані та тісно взаємодіють з гальмівною системою автомобіля та значно підвищують її ефективність.

Є також допоміжні системи активної безпеки (помічники), призначені для допомоги водієві у важких з погляду водіння ситуаціях. До таких систем належать:

- парктронік;
- адаптивний круїз-контроль;
- система допомоги при спуску;
- система допомоги під час підйому;
- електромеханічне гальмо стоянки;
- та інші.

7.1 Антиблокувальна система гальм

Ідея ABS (антиблокувальна система або Anti-lock Brake System) з'явилася майже 100 років тому, в період стрімкого зростання швидкості пересування. Висока (на ті часи, звичайно) швидкість і більш ефективні гальма поставили автоконструкторів перед проблемою: як зробити гальмування максимально безпечним?

Патент на пристрій, що запобігає блокуванню коліс при гальмуванні, було зареєстровано ще 1936 року. Але власник патенту – компанія Bosch – не мала технічних можливостей для реалізації своєї ідеї. Серійна установка системи ABS вперше була реалізована на автомобілях Mercedes лише у 1978 році, а трохи згодом ідею підхопив і

концерн BMW. З того часу конструкція ABS постійно удосконалюється, але принцип роботи залишається незмінним.

Термін "гальмо" походить від грецького "тормос", що означає отвір для цвяха, що уповільнює обертання колеса. Сьогодні безпека автомобіля немислима без ефективного гальмівного керування, яке відповідно до вимог країн – членів ЄС має складатися з наступних гальмівних систем:

- основна (робоча), яка забезпечує уповільнення легкового автомобіля не менше ніж $5,8 \text{ м/с}^2$; що рухається зі швидкістю не більше 80 км/год при зусиллі на педаль менше 50 кг;
- допоміжна (аварійна), що забезпечує уповільнення не менше $2,75 \text{ м/с}^2$;
- стоянкова, яка може бути поєднана з аварійною.

Електронні системи, що забезпечують управління гальмами, за функціональним призначенням, можуть бути класифіковані на антиблокувальні, регулювання гальмівних сил і повністю електронні.

Основні виробники антиблокувальних систем та їх компонентів це фірми «Bosch», «Tevis» (Німеччина) та «Bendix» (США); компанія "Kelsi-Hase" охоплює замовників з великими обсягами виробництва: вантажні автомобілі "Mazda", "Isudzu" (Японія), "Ford" (США).

Електронні блоки управління АБС розрізняються внутрішнім змістом, а головне – алгоритмом функціонування (досягнення в цій галузі становлять предмет ретельної охорони, так як найбільшою мірою визначають якість системи в цілому).

Основним завданням АБС є підтримка в процесі гальмування автомобіля такого гальмівного моменту, який при даному стані дорожнього покриття виключає можливість блокування коліс і забезпечує максимально можливий ефект гальмування.

При екстремому гальмуванні автомобіля можливе блокування одного або кількох коліс. У цьому випадку весь запас зі зчеплення колеса з дорогою використовується у поздовжньому напрямку. Заблоковане колесо перестає сприймати бічні сили, що утримують автомобіль на заданій траєкторії, та ковзає по дорожньому покриттю. Автомобіль втрачає керованість і найменше бічне зусилля призводить його до занесення.

Антиблокувальна система гальм АБС (Antilock Brake System) призначена запобігти блокуванню коліс при гальмуванні та зберегти керованість автомобіля. Антиблокувальна система не зменшує довжину гальмівної колії, а підвищує ефективність гальмування на різному дорожньому покритті.

Антиблокувальна система гальм випускається з 1978 року. З 1985 року система інтегрована з антипробуксовувальною системою. Провідним виробником системи АБС є фірма Bosch.

Система АБС встановлюється в штатну систему гальмівну без зміни її конструкції.

Найбільш перспективною є антиблокувальна система гальм з індивідуальним регулюванням ковзання колеса. Індивідуальне регулювання дозволяє отримати оптимальний гальмівний момент на кожному колесі відповідно до дорожніх умов і, як наслідок, мінімальний гальмівний шлях.

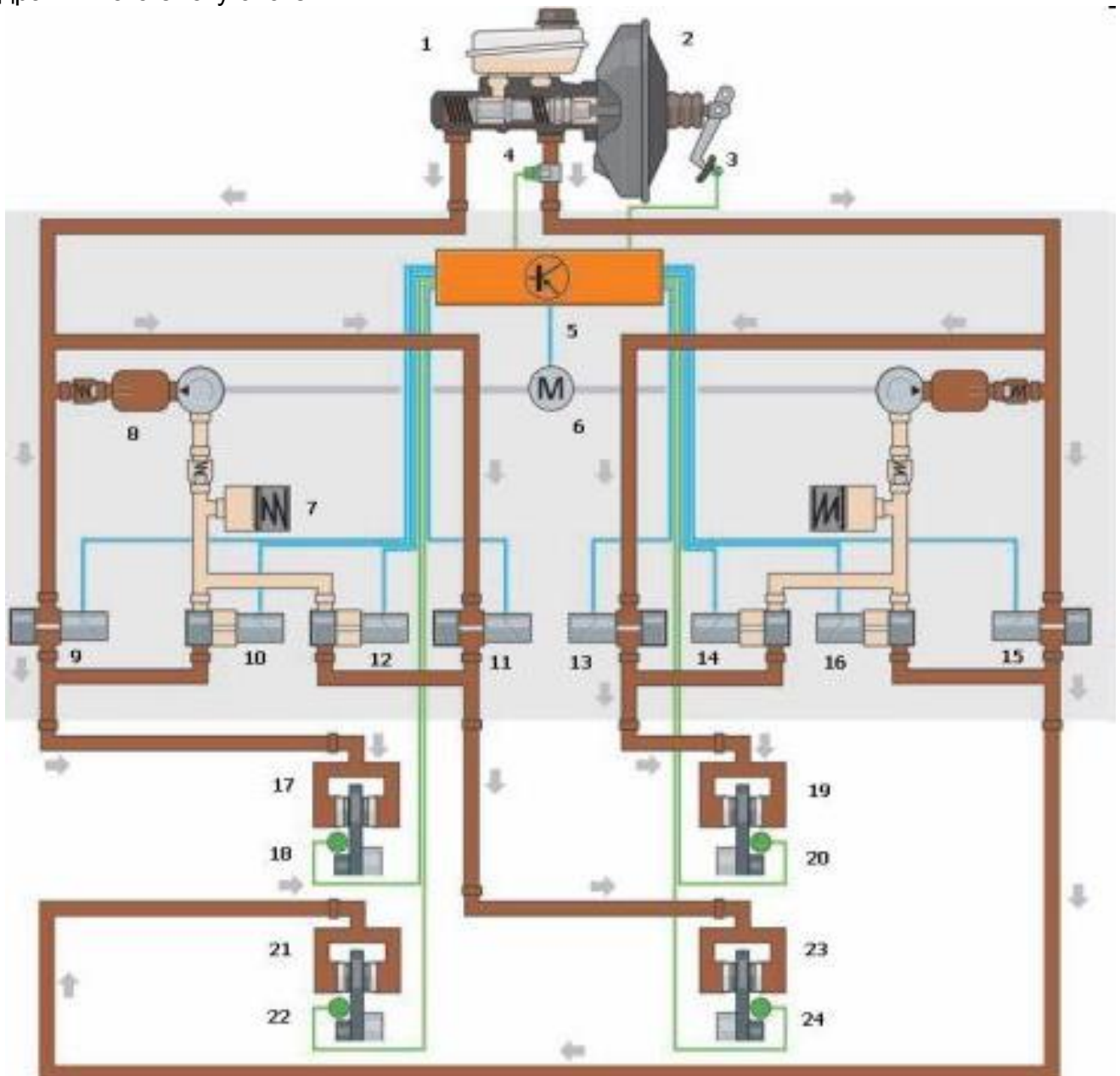
Антиблокувальна система має такий пристрій (рис.7.1):

- датчики кутової швидкості коліс;
- датчик тиску у гальмівній системі;
- блок керування;
- гідравлічний блок;
- контрольна лампа на панелі приладів.

Датчик кутової швидкості встановлюється на кожне колесо. Він фіксує поточне значення частоти обертання колеса та перетворює його на електричний сигнал.

З сигналів датчиків блок управління виявляє ситуацію блокування колеса. Відповідно до встановленого програмного забезпечення блок формує управляючі на виконавчі пристрої – електромагнітні клапани і електродвигун насоса зворотної подачі

гідралічного блоку системи.



1 – компенсаційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик положення педалі гальма; 4 – датчик тиску у гальмівній системі; 5 – блок управління; 6 – насос зворотної подачі; 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9 – впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10 – випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11 – впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12 - випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13 – впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14 - випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15 - впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16 – випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17 – передній лівий гальмівний циліндр; 18 – датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19 – передній правий гальмівний циліндр; 20 – датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21 – задній лівий гальмівний циліндр; 22 – датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23 - задній правий гальмівний циліндр; 24 – датчик частоти обертання заднього правого колеса.

Рис. 7.1 – Схема антиблокувальної системи гальм ABS

Гідравлічний блок поєднує наступні конструктивні елементи:

- впускні та випускні електромагнітні клапани;
- акумулятори тиску;
- насос зворотної подачі з електродвигуном;
- демпфуючі камери.

У гідравлічному блоці кожному гальмівному циліндру колеса відповідає один впускний та один випускний клапани, які керують гальмуванням у межах свого контуру.

Акумулятор тиску призначений для прийому гальмівної рідини при скиданні тиску в гальмівному контурі.

Насос зворотної подачі підключається, коли ємності акумуляторів тиску недостатньо. Він підвищує швидкість скидання тиску.

Демпфуючі камери приймають гальмівну рідину від насоса зворотної подачі і гасять її коливання.

У гідравлічному блоці встановлюється два акумулятори тиску і дві демпфуючі камери, за кількістю контурів гідроприводу гальм.

Контрольна лампа на панелі приладів сигналізує про несправність системи.

Принцип роботи антиблокувальної системи гальм

Робота антиблокувальної системи гальм носить циклічний характер. Цикл роботи системи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

На підставі електричних сигналів, що надходять від датчиків кутової швидкості, блок управління ABS порівнює кутові швидкості коліс. При виникненні небезпеки блокування одного з коліс блок управління закриває відповідний впускний клапан. Випускний клапан також закритий. Відбувається утримання тиску в контурі гальмівного циліндра колеса. При подальшому натисканні на педаль гальма тиск у гальмівному циліндрі колеса не збільшується.

Якщо блокування колеса продовжується, блок управління відкриває відповідний випускний клапан. Впускний клапан залишається закритим. Гальмівна рідина перепускається до акумулятора тиску. Відбувається скидання тиску в контурі, швидкість обертання колеса збільшується. При недостатній ємності акумулятора тиску блок керування ABS підключає до роботи насос зворотної подачі. Насос зворотної подачі перекачує гальмівну рідину в демпфуючу камеру, зменшуючи тиск в контурі. Водій при цьому відчуває пульсацію педалі гальма.

Як тільки кутова швидкість колеса перевищить певне значення, блок управління закриває випускний клапан і відкриває впускний. Відбувається збільшення тиску в контурі гальмівного циліндра колеса.

Цикл роботи антиблокувальної системи гальм повторюється до завершення гальмування або припинення блокування.

Система ABS не вимикається.

7.2 Антипробуксувальна система

Антипробуксовочная система (інше найменування – протибуксувальна система) призначена для запобігання пробуксовування провідних коліс.

Залежно від виробника антипробуксувальна система має такі торгові назви:

- система **ASR** (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) на автомобілях Mercedes, Volkswagen, Audi та ін;
- система **ASC** (Anti-Slip Control) на автомобілях BMW;
- система **A-TRAC** (Active Traction Control) на автомобілях Toyota;

- система **DSA** (Dynamic Safety) на автомобілях Opel;
- система **DTC** (Dynamic Traction Control) на автомобілях BMW;
- система **ETC** (Electronic Traction Control) на автомобілях Range Rover;
- система **ETS** (Electronic Traction System) на автомобілях Mercedes;
- система **STC** (System Traction Control) на автомобілях Volvo;
- система **TCS** (Traction Control System) на автомобілях Honda;
- система **TRC** (Traking Control) на автомобілях Toyota.

Незважаючи на різноманіття назв, конструкція та принцип роботи даних протибуксувальних систем багато в чому схожі, тому розглянемо їх на прикладі однієї з найпоширеніших систем – **системи ASR**.

Антипробуксовочна система побудована на конструктивній основі антиблокувальної системи гальм (див. рис. 7.2). У системі ASR реалізовано дві функції:

- електронне блокування диференціала;
- керування крутним моментом двигуна.

Для реалізації протибуксувальних функцій у системі використовується насос зворотної подачі та додаткові електромагнітні клапани на кожне з провідних коліс у гідравлічному блоці ABS:

- перемикаючий клапан;
- клапан високого тиску.

Управління системою ASR здійснюється за рахунок відповідного програмного забезпечення, включеного до блоку управління ABS.

У роботі блок управління ABS/ASR взаємодіє з блоком управління системи керування двигуном.

Принцип роботи антипробуксувальної системи

Система ASR попереджає пробуксування коліс у всьому діапазоні швидкостей автомобіля:

- при низьких швидкостях руху (від 0 до 80 км/год) система забезпечує передачу крутного моменту, за рахунок підгальмовування провідних коліс;
- при швидкості вище 80 км/год зусилля регулюються рахунок зменшення переданого від двигуна крутного моменту.

На підставі сигналів датчиків кутових швидкостей коліс блок управління ABS/ASR визначає такі характеристики:

- кутове прискорення провідних коліс;
- швидкість руху автомобіля (на підставі кутової швидкості неведучих коліс);
- характер руху автомобіля - прямолінійний або криволінійний (на підставі порівняння кутових швидкостей неведучих коліс);
- величину прослизання провідних коліс (на підставі різниці кутових швидкостей провідних та неведучих коліс).

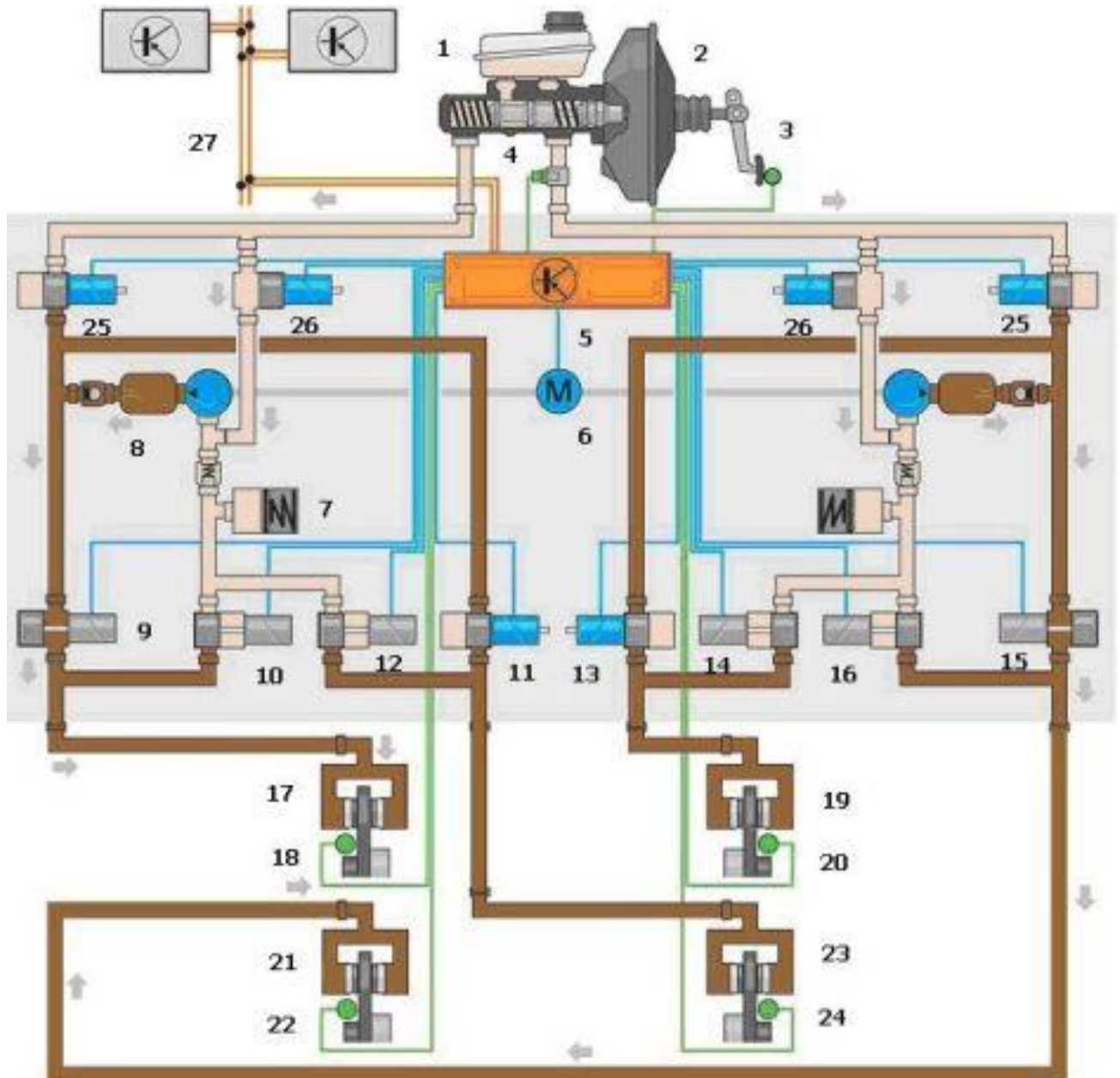
Залежно від поточного значення експлуатаційних характеристик проводиться управління гальмівним тиском або управління крутним моментом двигуна.

Управління гальмівним тиском здійснюється циклічно. **Робочий цикл має три фази:**

- **збільшення тиску,**
- **утримання тиску,**
- **скидання тиску.**

Підвищення тиску гальмівної рідини в контурі забезпечує гальмування ведучого колеса. Воно проводиться за рахунок включення насоса зворотної подачі, закриття перемикаючого клапана та відкриття клапана високого тиску. Утримання тиску досягається за рахунок відключення насоса зворотного подавання. Скидання тиску проводиться після закінчення пробуксовки при відкритих впускному та перемикаючому

клапанах. За потреби цикл роботи повторюється.



1 – компенсаційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик положення педалі гальма; 4 – датчик тиску у гальмівній системі; 5 – блок управління; 6 – насос зворотної подачі; 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9 – впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10 – випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11 – впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12 - випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13 – впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14 - випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15 - впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16 – випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17 – передній лівий гальмівний циліндр; 18 – датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19 – передній правий гальмівний циліндр; 20 – датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21 – задній лівий гальмівний циліндр; 22 – датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23 - задній правий гальмівний циліндр; 24 – датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25 - перемикаючий клапан; 26 – клапан високого тиску; 27 – шина обміну даними.

Рис. 7.2 – Схема антипробуксувальної системи ASR

Управління крутним моментом двигуна здійснюється у взаємодії із системою управління двигуном. На підставі інформації про прослизання провідних коліс, що отримується від датчиків кутової швидкості коліс, і фактичної величини крутного моменту, одержуваної від блоку управління двигуном, блок управління протибуксувальної системи обчислює величину необхідного крутного моменту. Ця інформація передається в блок управління системи керування двигуном і реалізується за допомогою наступних дій:

- зміни положення дросельної заслінки;
- пропуску впорскування палива в системі упорскування;
- пропуску імпульсів запалення або зміни кута випередження запалення у системі запалення;
- скасування перемикання передачі у автомобілях з автоматичною коробкою передач.

При спрацьовуванні протибуксівної системи загоряється контрольна лампа на панелі приладів. Система має можливість вимкнення.

7.3 Система курсової стійкості

Система курсової стійкості (інше найменування - система динамічної стабілізації) призначена для збереження стійкості та керованості автомобіля за рахунок завчасного визначення та усунення критичної ситуації.

Система дозволяє утримувати автомобіль у межах заданої водієм траєкторії при різних режимах руху (розгоні, гальмуванні, русі по прямій, поворотах і при вільному кочуванні).

Залежно від виробника розрізняють такі системи курсової стійкості:

- система **ESP** (Electronic Stability Programme) на більшості автомобілів у Європі та Америці;
- система **ESC** (Electronic Stability Control) на автомобілях Honda, Kia, Hyundai;
- система **DSC** (Dynamic Stability Control) на автомобілях BMW, Jaguar, Rover;
- система **DTSC** (Dynamic Stability Traction Control) на автомобілях Volvo;
- система **VSA** (Vehicle Stability Assist) на автомобілях Honda, Acura;
- система **VSC** (Vehicle Stability Control) на автомобілях Toyota;
- система **VDC** (Vehicle Dynamic Control) на автомобілях Infiniti, Nissan, Subaru;
- система **VDIM** (Vehicle Dynamics Integrated Management) на автомобілях Toyota.

Пристрій та принцип дії системи курсової стійкості розглянемо на прикладі найпоширенішої системи **ESP**.

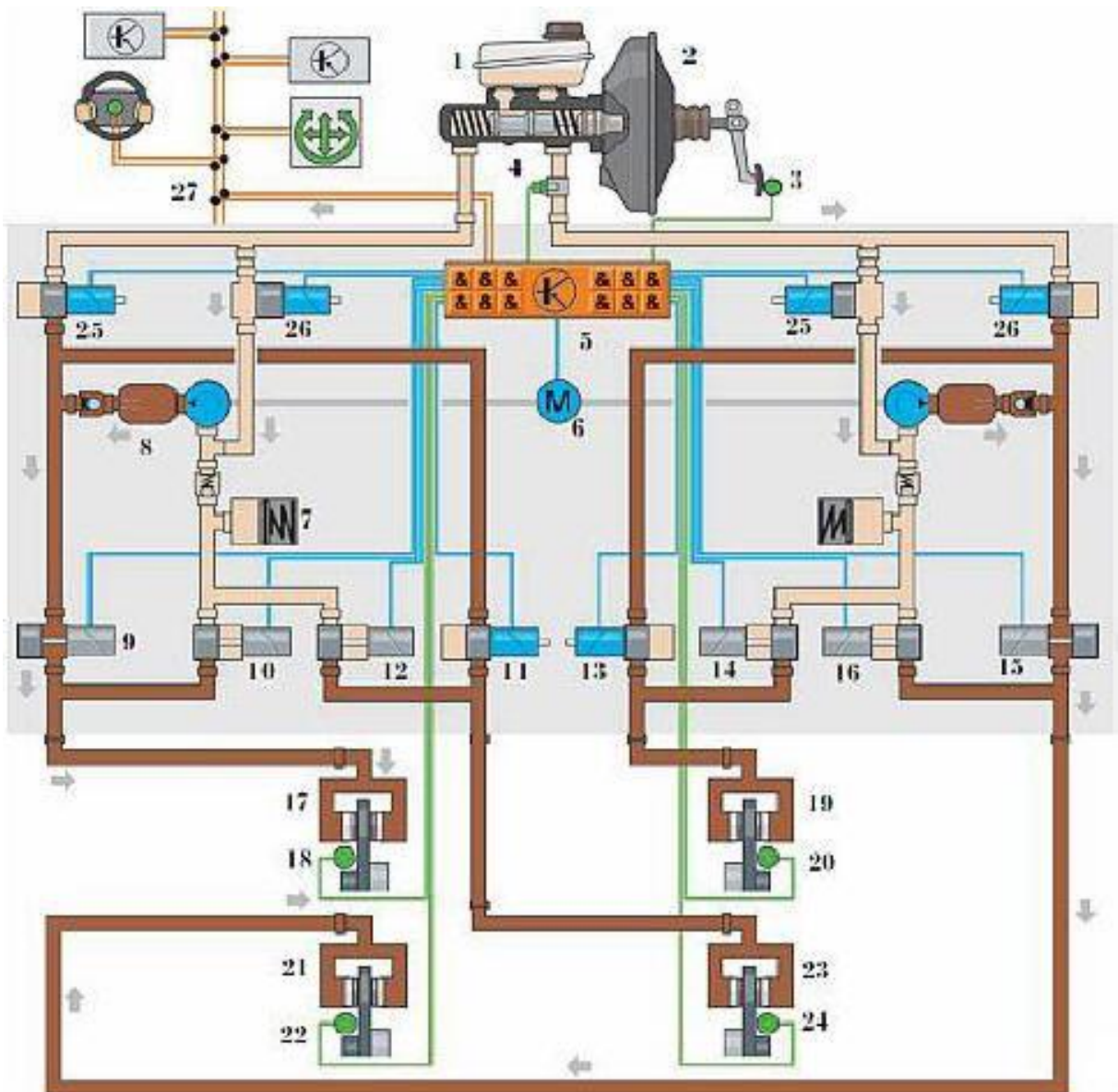
Влаштування системи курсової стійкості наступне (див. рис. 7.3):

Система курсової стійкості є системою активної безпеки більш високого рівня і включає наступні системи:

- антиблокувальну систему гальм (ABS),
- систему розподілу гальмівних зусиль (EBD),
- електронне блокування диференціала (EDS),
- антипробуксовочну систему (ASR).

Система ESP випускається із 1995 року. Система курсової стійкості має такий пристрій:

- вхідні датчики;
- блок керування;
- гідравлічний блок.



1 компенсацийний бачок; 2 вакуумний підсилювач гальм; 3 датчик положення педалі гальма; 4 датчик тиску в гальмівній системі; 5 блок керування; 6 насос зворотної подачі; 7 акумулятор тиску; 8 демпфуюча камера; 9 впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10 випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11 впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12 випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13 впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14 випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15 впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16 випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17 передній лівий гальмівний циліндр; 18 датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19 передній правий гальмівний циліндр; 20 датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21 задній лівий гальмівний циліндр; 22 датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23 задній правий гальмівний циліндр; 24 датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25 перемикаючий клапан; 26 клапан високого тиску; 27 шина обміну даними.

Рис. 7.3 – Схема системи курсової стійкості ESP

Вхідні датчики фіксують конкретні параметри автомобіля та перетворюють їх на електричні сигнали. За допомогою датчиків система динамічної стабілізації оцінює дії

водія та параметри руху автомобіля.

До вхідних датчиків системи ESP відносяться: використовуються в оцінці дій водія:

використовуються в оцінці дій водія	<ul style="list-style-type: none">• датчик кута повороту кермового колеса;• датчик тиску у гальмівній системі;• вимикач стоп-сигналу;
використовуються в оцінці фактичних параметрів руху	<ul style="list-style-type: none">• датчики кутової швидкості коліс;• датчик поздовжнього прискорення;• датчик поперечного прискорення;• датчик швидкості повороту автомобіля;• датчик тиску в гальмівній системі

Блок управління системи ESP приймає сигнали від датчиків і формує керуючі на виконавчі пристрої підконтрольних систем активної безпеки:

- впускні та випускні клапани системи ABS;
- перемикачі та клапани високого тиску системи ASR;
- контрольні лампи системи ESP, системи ABS, гальмівної системи.

У своїй роботі блок управління ESP взаємодіє з блоком управління системи керування двигуном та блоком управління автоматичної коробки передач.

Для роботи системи динамічної стабілізації використовується гідравлічний блок ABS/ASR з усіма компонентами.

Принцип роботи системи курсової стійкості

Визначення настання аварійної ситуації здійснюється шляхом порівняння дій водія та параметрів руху автомобіля. У випадку, коли дії водія (бажані параметри руху) відрізняються від фактичних параметрів руху автомобіля, система ESP розпізнає ситуацію як неконтрольовану та вмикається в роботу.

Стабілізація руху автомобіля за допомогою системи курсової стійкості може досягатися кількома способами:

- підгальмовування певних коліс;
- зміною крутного моменту двигуна
- зміною кута повороту передніх коліс (за наявності системи активного рульового управління);
- зміною ступеня демпфування амортизаторів (за наявності адаптивної підвіски).

Підгальмовування коліс здійснюється шляхом включення в роботу відповідних систем активної безпеки Робота за своєю суттю носить циклічний характер: **збільшення тиску, утримання тиску, скидання тиску.**

Зміна крутного моменту двигуна в системі ESP може здійснюватися кількома шляхами:

- зміною положення дросельної заслінки;
- перепусткою впорскування палива;
- перепусткою імпульсів запалювання;
- зміною кута випередження запалення;
- скасуванням перемикачів передач в АКП;
- перерозподілом крутного моменту між осями (за наявності повного приводу).

7.3.1 Додаткові функції системи курсової стійкості

У конструкції системи курсової стійкості можуть бути реалізовані такі додаткові функції (системи):

- гідравлічний підсилувач гальм;

- система запобігання перекиданню;
- система запобігання зіткненню;
- система стабілізації автопоїзда;
- система підвищення ефективності гальм при нагріванні;
- система видалення вологи з гальмівних дисків та ін.

Усі перелічені системи, переважно, немає своїх конструктивних елементів, а є програмним розширенням системи ESP.

Система запобігання перекиданню ROP (Roll Over Prevention)

Система запобігання перекиданню ROP стабілізує рух автомобіля при загрозі перекидання. Запобігання перекиданню досягається за рахунок зменшення поперечного прискорення шляхом підгальмовування передніх коліс і зниження крутного моменту двигуна. Додатковий тиск у гальмівній системі створюється за допомогою активного підсилювача гальм.

Система запобігання зіткненню (Braking Guard)

Система запобігання зіткненню може бути реалізована в автомобілі, оснащеному адаптивним круїз-контролем. Система запобігає небезпеці зіткнення за допомогою візуальних та звукових сигналів, а у критичній ситуації – шляхом нагнітання тиску у гальмівній системі (автоматичного включення насоса зворотного подавання).

Система стабілізації автопоїзда

Система стабілізації автопоїзда може бути реалізована в автомобілі, обладнаному тягово-зчіпним пристроєм. Система запобігає нищпоренню причепа при русі автомобіля, яке досягається за рахунок гальмування коліс або зниження крутного моменту.

Система підвищення ефективності гальм при нагріванні FBS (Fading Brake Support)

Система підвищення ефективності гальм при нагріванні FBS, інше найменування - Over Boost) запобігає недостатньому зчепленню гальмівних колодок з гальмівними дисками, що виникає при нагріванні шляхом додаткового збільшення тиску в гальмівному приводі.

Система видалення вологи з гальмівних дисків

Система видалення вологи з гальмівних дисків активується на швидкості понад 50 км/год та увімкнених склоочисниках. Принцип роботи системи полягає у короткочасному підвищенні тиску в контурі передніх коліс, за рахунок чого гальмівні колодки притискаються до дисків та відбувається випаровування вологи.

7.4 Система розподілу гальмівних зусиль

Система розподілу гальмівних зусиль призначена для запобігання блокуванню задніх коліс за рахунок керування гальмівним зусиллям задньої осі.

Сучасний автомобіль влаштований так, що на задню вісь припадає менше навантаження, ніж на передню. Тому для збереження курсової стійкості автомобіля блокування передніх коліс повинно наступати раніше за заднє колесо.

При різкому гальмуванні автомобіля відбувається додаткове зменшення навантаження задню вісь, оскільки центр тяжіння зміщується вперед. А задні колеса, при цьому, можуть виявитися заблокованими.

Система розподілу гальмівних зусиль є програмним розширенням антиблокувальної системи гальм. Іншими словами, система використовує конструктивні елементи системи ABS у новій якості.

Загальноприйнятими торговими назвами системи є:

- **EBD**, Electronic Brake Force Distribution;
- **EBV**, Elektronische Bremskraftverteilung.

Принцип роботи системи розподілу гальмівних зусиль.

Робота системи EBD, як і система ABS, носить циклічний характер. Цикл роботи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

За даними датчиків кутової швидкості коліс блок управління ABS порівнює гальмівні зусилля передніх та задніх коліс. Коли різниця з-поміж них перевищує задану величину, включається алгоритм системи розподілу гальмівних зусиль.

З різниці сигналів датчиків блок управління визначає початок блокування задніх коліс. Він закриває впускні клапани у контурах гальмівних циліндрів задніх коліс. Тиск у контурі задніх коліс утримується на поточному рівні. Впускні клапани передніх коліс залишаються відкритими. Тиск у контурах гальмівних циліндрів передніх коліс продовжує збільшуватись до початку блокування передніх коліс.

Якщо колеса задньої осі продовжують блокуватися, відкриваються відповідні випускні клапани та тиск у контурах гальмівних циліндрів задніх коліс зменшується.

При перевищенні кутової швидкості задніх коліс заданого значення тиск у контурах збільшується. Відбувається гальмування задніх коліс.

Робота системи розподілу гальмівних зусиль закінчується із початком блокування передніх (провідних) коліс. При цьому в роботу вмикається система ABS.

7.5 Система екстреного гальмування

Система екстреного гальмування призначена для ефективного використання гальм у екстреній ситуації. Як показує практика, застосування системи екстреного гальмування на автомобілі дозволяє скоротити гальмівний шлях в середньому на 15-20%. Це часом є вирішальним фактором запобігання аварії.

Конструкції систем екстреного гальмування можна розділити за принципом на дві групи:

- пневматичні системи екстреного гальмування;
- гідравлічні системи екстреного гальмування.

Пневматичні системи екстреного гальмування забезпечують ефективну роботу вакуумного підсилювача гальм. До таких систем належать:

- системи **BA** (Brake Assist), **BAS** (Brake Assist System), **EBA** (Emergency Brake Assist) на автомобілях Mercedes, Toyota та ін;
- система **AFU** на французьких автомобілях Renault, Peugeot, Citroen.

Пневматична система екстреного гальмування має такий пристрій:

- датчик швидкості переміщення штока вакуумного підсилювача;
- електронний блок управління;
- електромагнітний привід штока.

Пневматична система екстреного гальмування встановлюється на автомобілі обладнані системою ABS.

Принцип роботи цієї системи заснований на розпізнаванні ситуації екстреного гальмування за швидкістю натискання педалі гальма. Швидкість натискання на педаль гальма фіксує датчик швидкості руху штока вакуумного підсилювача і передає сигнал в електронний блок управління. Якщо величина сигналу перевищує встановлене значення, електронний блок керування активує електромагніт приводу штока. Вакуумний підсилювач

гальм дотискає педаль гальма. Екстрене гальмування відбувається до спрацювання системи ABS.

Гідравлічні системи екстреного гальмування забезпечують максимальний тиск рідини у гальмівній системі. До таких систем належать:

- система **HBA** (Hydraulic Braking Assistance) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- система **HBB** (Hydraulic Brake Booster) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- система **SBC** (Sensotronic Brake Control) на автомобілях Mercedes;
- система **DBC** (Dynamic Brake Control) на автомобілях BMW.

Гідравлічні системи екстреного гальмування є, зазвичай, програмним розширенням системи курсової стійкості, тобто. власне вони мають самостійних конструктивних елементів.

Система **HBA** розпізнає екстрену ситуацію зі швидкістю та силою натискання педалі гальма. У роботі системи використовується датчик тиску гальмівної системи, датчики частоти обертання коліс, вимикач стоп-сигналу. На підставі сигналів, що надходять, електронний блок управління при необхідності включає насос зворотної подачі, який доводить тиск в гальмівній системі до максимального. Дія програми відбувається до спрацювання системи ABS.

Система **HBB** у певних режимах експлуатації автомобіля (прогрів двигуна та ін.) дублює вакуумний підсилювач гальм. У роботі системи використовуються датчик тиску в гальмівній системі, датчик розрядження у вакуумному підсилювачі, вимикач стоп-сигналу. При недостатньому розрядженні в камерах вакуумного підсилювача система HBB включає насос зворотної подачі та підвищує тиск у гальмівній системі до необхідної величини.

Найбільш досконалою системою екстреного гальмування є система **SBC**. У роботі система враховує безліч чинників, зокрема: швидкість перенесення ноги з педалі газу на педаль гальма, силу натискання на педаль гальма, якість дорожнього покриття, напрям руху, інші параметри. Відповідно до конкретних умов руху електронний блок управління формує оптимальне гальмівне зусилля на кожне колесо.

7.6 Електронне блокування диференціалу

Електронне блокування диференціала (**EDS**, Elektronische Differenzialsperre) призначене для запобігання пробуксовування ведучих коліс при торканні автомобіля з місця, розгоні на слизькій дорозі, русі по прямій і поворотах за рахунок підгальмовування провідних коліс. Система отримала свою назву за аналогією з відповідною функцією диференціалу.

Система **EDS** спрацьовує при прослизанні одного з провідних коліс. Вона підгальмовує ковзне колесо, за рахунок чого на ньому збільшується крутний момент. Так як провідні колеса з'єднані симетричним диференціалом, на іншому колесі (з кращим зчепленням) крутний момент також збільшується.

Система працює у діапазоні швидкостей від 0 до 80 км/год.

Система EDS побудована на основі антиблокувальної системи гальм. На відміну від системи ABS у конструкції електронного блокування диференціала передбачена можливість самостійного створення тиску у гальмівній системі. Для реалізації цієї функції використовується насос зворотної подачі та два електромагнітні клапани (на кожне з провідних коліс), включені в гідравлічний блок ABS:

- перемикаючий клапан;
- клапан високого тиску.

Управління системою здійснюється за допомогою відповідного програмного забезпечення у блоці керування ABS.

Електронне блокування диференціала, як правило, є складовою частиною **антипробуксової системи**.

Принцип роботи електронного блокування диференціалу

Робота електронного блокування диференціала має циклічний характер. Цикл роботи системи включає три фази:

- збільшення тиску;
- утримання тиску;
- скидання тиску.

Пробуксовка ведучого колеса визначається виходячи з порівняння сигналів, які надходять від датчиків кутових швидкостей колес. При цьому блок керування закриває перемикаючий клапан та відкриває клапан високого тиску. Для створення тиску в контурі гальмівного циліндра ведучого колеса вмикається зворотний насос. Відбувається збільшення тиску гальмівної рідини в контурі та гальмування ведучого колеса.

При досягненні необхідної величини гальмівного зусилля для запобігання пробуксовуванню проводиться утримання тиску. Це досягається відключенням насоса зворотного подавання.

Після закінчення пробуксовки проводиться скидання тиску. При цьому впускний і перемикаючий клапани в контурі гальмівного циліндра ведучого колеса відкриті.

У разі потреби цикл роботи системи EDS повторюється.

Аналогічний принцип має система **ETS** (Electronic Traction System) від Mercedes.

7.7 Система активного кермового керування



До системи активного кермового управління можна віднести систему кермового управління з електропідсилювачем керма.

Електропідсилювачем кермового керування (звичайна назва – електропідсилювач керма) називається конструктивний елемент кермового управління автомобіля, в якому додаткове зусилля при повороті кермового колеса створюється за допомогою електричного приводу. У конструкції сучасного автомобіля електропідсилювач рульового керування поступово замінює гідропідсилювач керма.

Основними перевагами електропідсилювача керма в порівнянні з гідропідсилювачем кермового керування є:

- зручність регулювання характеристик рульового управління;
- висока інформативність рульового управління;
- висока надійність у зв'язку з відсутністю гідравлічної системи;
- паливна економічність, обумовлена економічним витрачанням енергії.

Розрізняють дві схеми компонування електропідсилювача рульового керування:

- зусилля електродвигуна передається на вал кермового колеса;
- зусилля електродвигуна передається на рейку кермового механізму.

Найбільш досконалим з погляду конструкції є електромеханічний підсилювач кермового управління. Відомими конструкціями такого підсилювача є:

- електромеханічний підсилювач керма із двома шестернями;
- електромеханічний підсилювач керма з паралельним приводом.

7.7.1 Електромеханічний підсилювач керма з двома шестернями

Електромеханічний підсилювач рульового управління має наступний пристрій:

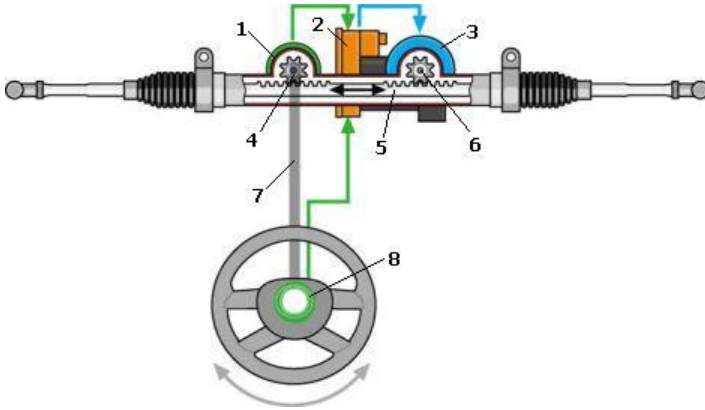
- електродвигун підсилювача;
- механічна передача;
- система управління.

Електропідсилювач керма об'єднаний з кермовим механізмом в одному блоці. У

конструкції підсилювача встановлюється, зазвичай, асинхронний електродвигун.

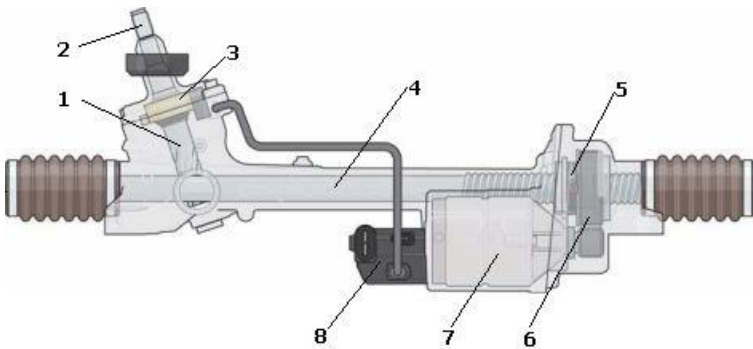
Механічна передача забезпечує передачу крутного моменту від електродвигуна до рейки рульового механізму.

В електропідсилювачі з двома шестернями одна шестерня передає крутний момент на рейку рульового механізму від рульового колеса, інша - від електродвигуна підсилювача. Для цього на рейці передбачені дві ділянки зубів, одна з яких є приводом підсилювача.



1 – датчик крутного моменту на рульовому колесі, 2 – електронний блок управління, 3 – електродвигун, 4 – шестерня валу рульового управління, 5 – зубчаста рейка, 6 – шестерня підсилювача керма, 7 – карданний вал рульового управління, 8 – датчик кута поворота рульового колеса
Рис. 7.4 – Схема електромеханічного підсилювача керма з двома шестернями

7.7.2 Електромеханічний підсилювач керма з паралельним приводом



1 – вал-шестерня, 2 – торсіонний стрижень, 3 – датчик крутного моменту на кермовому колесі, 4 – зубчаста рейка, 5 – гайка на циркулюючих кульках, 6 – ремінна передача, 7 – електродвигун, 8 – електронний блок управління.

Рис. 7.5 – Схема електромеханічного підсилювача керма з паралельним приводом:

В електропідсилювачі з паралельним приводом зусилля від електродвигуна передається на рейку кермового механізму за допомогою ремінної передачі та спеціального кульковинтового механізму.

Система управління електропідсилювачем керма включає такі елементи:

- вхідні датчики;
- електронний блок управління;
- виконавчий пристрій.

До вхідних датчиків відносяться датчик кута повороту рульового колеса і датчик крутного моменту на рульовому колесі. Система управління електропідсилювачем керма також використовує інформацію, що надходить від блоку управління ABS (датчик швидкості автомобіля) та блоку управління двигуном (датчик частоти колінчастого валу двигуна).

Електронний блок керування обробляє сигнали датчиків. Відповідно до закладеної програми виробляється відповідний керуючий вплив на виконавчий пристрій - електродвигун підсилювача.

Електропідсилювач керма забезпечує роботу кермового керування автомобіля в наступних режимах:

- поворот автомобіля;
- поворот автомобіля на малій швидкості;
- поворот автомобіля на великій швидкості;
- активне повернення коліс у середнє положення;

- підтримка середнього положення коліс.

Поворот автомобіля здійснюється поворотом кермового колеса. Крутний момент від кермового колеса передається через торсіон на кермовий механізм. Закрутка торсіону вимірюється датчиком крутного моменту, кут повороту рульового колеса – датчиком кута повороту рульового колеса. Інформація від датчиків, а також інформація про швидкість автомобіля, частоту обертання колінчастого валу двигуна передаються в електронний блок управління. Блок управління розраховує необхідну величину крутного моменту підсилювача електродвигуна і шляхом зміни величини сили струму забезпечує її на електродвигуні. Крутний момент від електродвигуна передається на рейку кермового механізму і далі, через кермові тяги, на провідні колеса.

Таким чином, поворот коліс автомобіля здійснюється за рахунок об'єднання зусиль, що передаються від кермового колеса та електродвигуна підсилювача.

Поворот автомобіля на невеликій швидкості зазвичай здійснюється при паркуванні. Він характеризується великими кутами повороту кермового колеса. Електронна система управління забезпечує в даному випадку максимальний крутний момент електродвигуна (т.зв. «легке кермо»).

При повороті на високій швидкості, навпаки електронна система управління забезпечує найменший крутний момент (т.зв. «важке кермо»).

Система управління може збільшувати реактивне зусилля, що виникає під час повороту коліс. Відбувається т.зв. активне повернення коліс у середнє положення.

При експлуатації автомобіля нерідко виникає потреба у підтримці середнього становища коліс (рух при бічному вітрі, різному тиску в шинах). І тут система управління забезпечує корекцію середнього становища керованих коліс.

7.8 Активна підвіски автомобіля

Існує два подібних поняття, які часто плутають один з одним: адаптивна та активна підвіски. Але все простіше, ніж здається. Адаптивна підвіска - конструкція, що дозволяє змінювати характеристики підвісок у ручному режимі (наприклад, натисканням кнопки в салоні). А в активній схемі все відбувається автоматично (за допомогою різних датчиків, камер та різних пристроїв). У будь-якому випадку мета у цих підвісок одна - покращення керованості та стійкості автомобіля за рахунок зміни своїх налаштувань під стиль водіння та певні умови.

Підвіска сучасного автомобіля є компромісом між керованістю, стійкістю і комфортом. Жорстка підвіска забезпечує мінімальні крени, а значить кращу керованість та стійкість. М'яка підвіска відрізняється плавністю ходу, але при маневруванні призводить до розгойдування автомобіля, погіршення керованості та стійкості. Тому багато автовиробників розробляють та впроваджують на свої автомобілі різні конструкції активної підвіски.

Під терміном активна розуміється підвіска, параметри якої можуть змінюватися при експлуатації. Електронна система керування у складі активної підвіски дозволяє автоматично змінювати параметри. Конструкції активної підвіски можна умовно розділити на елементи підвіски, параметри якої змінюються:

Елемент підвіски	Змінюваний параметр
Амортизатор	ступінь демпфування; жорсткість підвіски
Пружний елемент	жорсткість підвіски; висота кузова
Стабілізатор поперечної стійкості	жорсткість стабілізатора
Важелі	довжина важеля; сходження коліс

У ряді конструкцій активної підвіски використовується дія на кілька елементів.

Найбільш широко в конструкції активної підвіски використовуються амортизатори з регульованим ступенем демпфування. Даний вид активної підвіски має власну назву - **адаптивна підвіска**. Таку підвіску називають напівактивною підвіскою, т.к. у її конструкції не використовуються додаткові приводи. У конструкції адаптивної підвіски зазвичай передбачено три режими роботи: нормальний, спортивний та комфортний.

Режими вибираються водієм залежно від потреби. У кожному режимі здійснюється автоматичне регулювання ступеня демпфування амортизаторів у межах встановленої параметричної характеристики.

При регулюванні демпфуючої здатності амортизатора реалізується два підходи: використання електромагнітних клапанів в амортизаторній стійці та застосування спеціальної магнітно-реологічної рідини для наповнення амортизатора. Електроніка дозволяє регулювати ступінь демпфування індивідуально для кожного амортизатора, чим досягаються різні характеристики жорсткості підвіски (високий ступінь демпфування – жорстка підвіска, низький ступінь демпфування – м'яка підвіска). Відомими конструкціями адаптивної підвіски є:

- Adaptive Chassis Control, DCC (Volkswagen);
- Adaptive Damping System, ADS (Mercedes-Benz);
- Adaptive Variable Suspension, AVS (Toyota);
- Continuous Damping Control, CDS (Opel);
- Electronic Damper Control, EDC (BMW).

Окрему групу складають конструкції активної підвіски, у яких змінюється жорсткість стабілізатора поперечної стійкості. При прямолінійному русі стабілізатор поперечної стійкості вимикається, рахунок чого збільшуються ходи підвіски, краще обробляються нерівності і цим досягається висока плавність і зручність пересування. При повороті або різкій зміні напрямку руху жорсткість стабілізаторів збільшується пропорційно силам, що впливають, і запобігають кренам кузова. Відомими конструкціями активної стабілізації підвіски є:

- Dynamic Drive від BMW;
- Kinetic Dynamic Suspension System, KDSS від Toyota.

Одну з найцікавіших конструкцій активної підвіски пропонує на своїх автомобілях компанія Hyundai. Система активного керування геометрією підвіски (Active Geometry Control Suspension, AGCS) дозволяє змінювати довжину важелів підвіски, за рахунок чого змінюється сходження задніх коліс.

7.9 Допоміжні системи активної безпеки (помічники водія)

Система допомоги під час спуску

Система допомоги при спуску призначена для запобігання прискоренню автомобіля під час руху гірськими дорогами. Наявність даної системи на автомобілі підвищує зручність керування та безпеку. Система допомоги при спуску встановлюється зазвичай на легкові автомобілі підвищеної прохідності.

Залежно від автовиробника система має такі назви:

- **HDC**, Hill Descent Control - Volkswagen, BMW та ін;
- **DAC**, Downhill Assist Control – Toyota;
- **DDS**, Downhill Drive Support - Nissan.

Система допомоги при спуску є програмним розширенням системи курсової стійкості та використовує конструктивні елементи даної системи, тому по суті є функцією, а не системою.

Принцип роботи системи ґрунтується на підтримці постійної швидкості при спуску за рахунок підгальмовування коліс. Система активується увімкненням відповідної клявіші на панелі приладів. При цьому алгоритм керування системою спрацьовує за певних умов: автомобіль заведений, педалі газу та гальма відпущені, швидкість руху менше 20 км/год, додання ухилу більше 20%.

На підставі сигналів датчиків блок управління включає насос зворотної подачі, відкриває впускні клапани та клапани високого тиску. Випускні та перемикаючі клапани закриті. За рахунок цих маніпуляцій у гальмівній системі створюється необхідний тиск, який забезпечує зниження швидкості автомобіля до певного значення. Величина підтримуваної системою швидкості залежить від початкової швидкості автомобіля та включеної передачі.

При досягненні швидкості автомобіля заданого значення гальмування припиняється. При подальшому прискоренні цикл роботи системи допомоги під час спуску повторюється. Таким чином, швидкість руху на спуску підтримується у певному безпечному діапазоні.

Система допомоги при спуску дезактивується примусово (по-друге натисканням клявіші) або автоматично при натисканні на педаль газу або гальма, а також зниження величини ухилу менше 12%.

Система допомоги під час підйому

Система допомоги підйому призначена для запобігання відкочування автомобіля при торканні на підйомі (похилій площині). Застосування даної системи полегшує торкання автомобіля на підйомі, виключаючи використання гальма стоянки, і підвищує безпеку. Система встановлюється як опція на деякі легкові автомобілі.

Залежно від автовиробника система має таку назву:

- **HHC**, Hill Hold Control від Volkswagen;
- **Hill Holder** від Subaru, Fiat;
- **HAC**, Hill-Start Assist Control від Toyota;
- **USS**, Uphill Start Support від Nissan.

Система допомоги при підйомі побудована на базі системи динамічної стабілізації і є програмним розширенням даної системи.

Принцип роботи системи ґрунтується на уповільненні зниження тиску в гальмівній системі при відпусканні педалі гальма. Алгоритм роботи системи допомоги під час підйому активується за певних умов: **автомобіль заведений, педаль гальма натиснута, величина підйому перевищує 5%.**

Система працює циклічно. Цикл роботи включає чотири фази:

- створення гальмівного тиску;
- утримання гальмівного тиску;
- зниження гальмівного тиску;
- скидання гальмівного тиску.

При гальмуванні на підйомі гальмівна система працює в режимі, при якому впускні та перемикаючі клапани відкриті, а випускні та клапани високого тиску закриті. В результаті в системі створюється гальмівний тиск, який утримує автомобіль на місці.

При відпусканні педалі гальма закриваються перемикаючі клапани, в контурах утримується тиск на колишньому рівні, ніж запобігає відкочування автомобіля назад.

При натисканні на педаль газу відбувається поступове відкриття перепускних клапанів, що забезпечує зниження тиску гальма.

При торканні автомобіля з місця і досягненні величини крутного моменту, достатньої для руху, перемикаючі клапани повністю відкриваються, і відбувається скидання тиску в системі.

Необхідно відзначити, що система працює завжди на підйом незалежно від напрямку руху, що актуально для торкання на підйомі заднім ходом.

Паркувальна система (Парктронік)

Паркувальна система (звичайна назва – парктронік) є допоміжною системою безпеки автомобіля. Вона полегшує процес паркування автомобіля за рахунок контролю відстані до перешкоди. Найбільша ефективність від застосування паркувальних систем реалізується під час руху автомобіля заднім ходом, у темний час доби, при сильному тонуванні скла, а також у стиснених умовах.

Відомими паркувальними системами є:

- система PTS (Parktronic System) на автомобілях Audi;
- система PDC (Parking Distance Control) на автомобілях BMW;
- система APS (Acoustic Parking System) на автомобілях Audi;
- система OPS (Optical Parking System) на автомобілях Audi;
- паркувальний автопілот (Park Assistant) на автомобілях Volkswagen.

Торгова назва Парктронік (Parktronic System), зважаючи на його популярність, стала загальним ім'ям всіх паркувальних систем, що встановлюються на автомобілі.

Парктронік має такий загальний пристрій:

- датчики паркування;
- електронний блок управління;
- влаштування індикації.

У паркувальних системах використовуються ультразвукові датчики паркування. Парктронік зазвичай включає 4-8 датчиків паркування, з яких 4 задніх датчика і, при необхідності, 2-4 передніх датчика.

Датчик посилає сигнал ультразвукової частоти (близько 40 кГц) та приймає його відбиття від перешкоди. Чим менший час повернення сигналу, тим ближче перешкода. Ефективна робота датчика паркування складає відстані 0,25–1,8 м від перешкоди.

Електричні сигнали від датчиків надходять до електронного блоку управління. Залежно від величини сигналів, електронний блок керує роботою пристрою індикації.

Пристрій індикації (індикаторний пристрій) використовується для попередження про наближення перешкоди. У пристроях застосовуються такі види індикації:

- звукова;
- світлодіодна;
- цифрова;
- оптична.

Найпростішим є звукова індикація. Робота пристрою характеризується частотою подачі звукових сигналів (від переривчастого до безперервного сигналу). Звукова сигналізація використовується у системі **APS**.

У пристроях, що обладнані світлодіодною індикацією, використовується світлова шкала. Залежно від відстані до перешкоди відбувається зміна кольору від зеленого до червоного.

Пристрій цифрової індикації відображає відстань до перешкоди. Зазвичай цифрова індикація поєднана зі світлодіодною.

Оптична індикація передбачає наявність рідкокристалічного дисплея, на який виноситься цифрова та кольорова інформація, а також схематичне зображення автомобіля. Прикладом оптичної системи паркування є система OPS.

З метою поліпшення заднього огляду на додаток до системи паркування може встановлюватися камера заднього виду. Камера знімає те, що відбувається за автомобілем, і передає на дисплей. Увімкнення камери здійснюється при увімкненні передачі заднього ходу.

Наступним поколінням розвитку паркувальних систем є т.зв. паркувальний автопілот. Ця система, крім контролю дистанції, здійснює активну допомогу при паркуванні заднім ходом. Робота паркувального автопілота поділяється на такі етапи:

- включення;

- пошук місця на стоянці;
- автоматичне паркування.

Включення паркувального автопілота проводиться примусово - спеціальною кнопкою в кабіні автомобіля.

Для пошуку місця на стоянці в конструкції системи передбачено чотири ультразвукові датчики. Два датчики розташовані з лівого боку автомобіля, інші два – з правого боку. При русі автомобіля датчики фіксують відстань між автомобілями, що стоять. При визначенні достатньої для паркування відстані, на дисплеї автомобіля відображається відповідна інформація.

Автоматичне паркування провадиться за рахунок відповідного програмного забезпечення в електронному блоці управління. У роботі електронний блок взаємодіє з такими системами:

- електропідсилювач рульового керування;
- гальмівна система;
- системи ABS та ESP;
- система керування двигуном;
- система управління АКП.

Включення в роботу зазначених систем здійснюється відповідно до певного алгоритму, що забезпечує автоматичне паркування автомобіля. У будь-який момент роботи автопілота можна перейти з автоматичного в ручний режим.

Адаптивний круїз-контроль

Система адаптивного круїз-контролю (**ACC**, Adaptive Cruise Control) призначена для підтримки швидкості та безпечної дистанції під час руху автомобіля. Адаптивний круїз-контроль є подальшим розвитком системи круїз-контролю. Відомою конструкцією адаптивного круїз-контролю є система **Distronic**.

Система адаптивного круїз-контролю має наступне влаштування:

- ультразвуковий датчик;
- блок керування.

Ультразвуковий датчик служить для вимірювання швидкості і відстані до автомобіля, що йде попереду. Швидкість автомобіля, що йде попереду, оцінюється зі зміни частоти відбитої хвилі, а відстань до машини - за часом повернення сигналу. Встановлені параметри перетворюються на електричні сигнали і передаються блок управління.

Датчик встановлюється на передньому бампері чи решітці радіатора автомобіля. Радіус дії ультразвукового датчика становить близько 150 м. У сучасній системі Distronic використовується два ультразвукові датчики - далекої та ближньої дії. Це розширює функціональні можливості системи та дозволяє її використовувати при русі автомобіля з малою швидкістю на невеликій дистанції (наприклад, при русі в "пробках").

Електронний блок керування приймає сигнали від датчика. Програмне забезпечення, встановлене в блоці, порівнює фактичні параметри руху із заданими та формує керуючі сигнали щодо зміни швидкості. Сигнали передаються до блоку управління системи курсової стійкості, який здійснює уповільнення або прискорення автомобіля.

Принцип роботи адаптивного круїз-контролю

Робота системи адаптивного круїз-контролю здійснюється в діапазоні швидкостей від 30 до 180 км/год (для системи Distronic – від 0 до 200 км/год).

Адаптивний круїз-контроль забезпечує рух автомобіля у наступних режимах:

- постійної швидкості;
- прискорення;
- уповільнення.

За відсутності на дорозі інших автомобілів система підтримує задану водієм

швидкість.

При прискоренні або перебудові автомобіля, що йде попереду, відбувається прискорення автомобіля до заданої водієм швидкості.

При уповільненні або перебудові із сусіднього ряду автомобіля, що йде попереду, відбувається уповільнення автомобіля до заданої водієм дистанції. На низькій швидкості уповільнення досягається за рахунок роботи гальмівної системи (збільшення тиску гальмівної рідини в системі), на високій швидкості – за рахунок зниження потужності двигуна (зменшення подачі повітря) та, за необхідності, роботи гальмівної системи.

Електромеханічне гальмо стоянки

Електромеханічне гальмо стоянки (Electromechanical Parking Brake, **EPB**) є сучасною конструкцією гальмівної системи стоянки, в якій використовується електромеханічний привід гальмівних механізмів.

Електромеханічне гальмо стоянки виконує наступні функції:

- утримання автомобіля на місці під час стоянки;
- аварійне гальмування під час руху автомобіля;
- утримання автомобіля під час рушання на підйомі.

Система **EPB** встановлюється на задні колеса автомобіля. Електромеханічне гальмо стоянки має наступний загальний пристрій:

- гальмівний механізм;
- гальмівний привід;
- електронна система управління.

У системі використовуються штатні гальмівні механізми, конструктивні зміни внесені до робочих циліндрів.

Гальмівний привід встановлюється на супорті гальмівного механізму. Гальмівний привід перетворює електричну енергію бортової мережі на поступальний рух гальмівних колодок. Для виконання покладених функцій привод включає такі конструктивні елементи:

- електродвигун;
- ремінна передача;
- планетарний редуктор;
- гвинтовий привід.

Усі елементи перебувають у одному корпусі. Обертальний рух електродвигуна через ремінну передачу передається на планетарний редуктор. Застосування планетарного редуктора обумовлено зниженням рівня шуму, маси приводу, а також суттєвою економією простору. Редуктор здійснює переміщення гвинтового приводу, що у свою чергу забезпечує поступальний рух поршня гальмівного механізму.

Електронна система управління гальмом стоянки об'єднує:

- вхідні датчики;
- блок керування;
- виконавчі механізми.

До вхідних датчиків відносяться кнопка включення гальма, датчик нахилу, датчик педалі зчеплення. Кнопка включення розташована на центральній консолі автомобіля. Датчик ухилу інтегрований у блок керування. Датчик педалі зчеплення розташований на приводі зчеплення та фіксує два параметри – положення та швидкість відпускання педалі зчеплення.

Блок управління перетворює сигнали датчиків у керуючі на виконавчі пристрої. У роботі блок управління взаємодіє із системою управління двигуном і системою курсової стійкості ESP.

У ролі виконавчого механізму системи управління виступає електродвигун приводу.

Принцип роботи електромеханічного гальма стоянки

Робота електромеханічного гальма стоянки носить циклічний характер: **включення - вимикання.**

Увімкнення гальма стоянки здійснюється натисканням кнопки на центральній консолі. При цьому активується електродвигун, який за допомогою редуктора та гвинтового приводу притягує гальмівні колодки до гальмівного диска. Гальмівний диск жорстко фіксується.

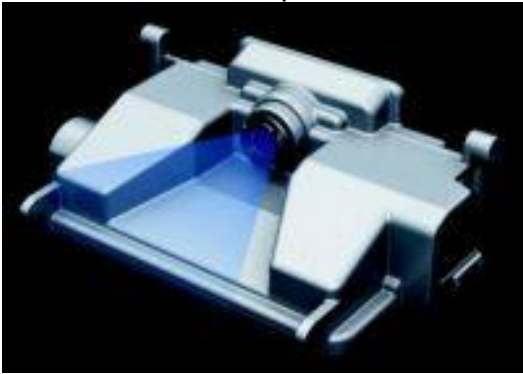
Вимикання електромеханічного гальма стоянки проводиться автоматично при торканні автомобіля з місця. Передбачено вимкнення гальма вручну при натиснутій педалі гальма. При вимиканні гальма стоянки блок управління аналізує наступні параметри:

- величину ухилу;
- положення педалі газу (від блоку управління двигуном);
- положення та швидкість відпускання педалі зчеплення.

Це дозволяє проводити своєчасне вимикання гальма стоянки, у тому числі вимикання з тимчасовою затримкою, що запобігає відкочування автомобіля при торканні на підйомі.

Система допомоги руху по смузі

Система допомоги руху по смузі (інші найменування – помічник руху по смузі, помічник утримання смуги руху) допомагає водієві дотримуватися обраної смуги руху і тим самим запобігати аварійним ситуаціям. Система ефективна під час руху автомагістралями і облаштованим дорогам, тобто. там, де є якісна дорожня розмітка.



У різних автовиробників система допомоги руху по смузі має свої торгові назви, але пропонувані системи мають переважно схожу конструкцію:

- Lane Assist від Audi, Volkswagen;
- Lane Departure Warning System від BMW, Citroen, Kia, General Motors, Opel, Volvo;
- Lane Departure Prevention від Infiniti;
- Lane Keep Assist System від Honda, Fiat;
- Lane Keeping Assist від Mercedes-Benz;
- Lane Keeping Support System від Nissan;
- Lane Monitoring System від Toyota.

Розрізняють два види систем допомоги руху по смузі: пасивні та активні.

Пасивна система попереджає водія про відхилення від обраної смуги руху.

Активна система поряд із попередженням проводить коригуюче втручання у роботу кермового управління.

Система допомоги руху по смузі є електронною системою і має наступний пристрій:

- клавіша управління;
- камера;
- блок керування;
- виконавчі механізми.

За допомогою кнопки керування здійснюється включення системи. Клавіша може розташовуватись на важелі перемикачів повороту, панелі приладів або центральній консолі.

Камера робить запис зображення на певній відстані від автомобіля та його оцифрування. У системі використовується монохромна камера, яка розпізнає лінії розмітки як різку зміну сірого градації. Камера об'єднана із блоком управління. Об'єднаний блок знаходиться на лобовому склі за дзеркалом заднього виду.

Обстановка перед автомобілем проєктується на світлочутливу матрицю камери і перетворюється на чорно-біле зображення, яке аналізується електронним блоком керування.

Алгоритм роботи блоку управління визначає:

- положення ліній розмітки смуги,
- оцінює якість розпізнавання розмітки,
- обчислює ширину смуги та її кривизну,
- розраховує положення автомобіля на смугі.

На підставі проведених обчислень здійснюються керуючий вплив на кермо (коригуюче підрулювання), і якщо необхідний ефект утримання автомобіля на смугі не досягається - попереджається водій (вібрація кермового колеса, звуковий і світловий сигнали).

При навмисному перебудові з однієї лінії на іншу повинен бути включений сигнал повороту, інакше система перешкоджатиме маневру. За несприятливих умов (відсутність однієї лінії або всієї розмітки, забруднене або засніжене дорожнє полотно, вузька смуга руху, нестандартна розмітка на ділянках, що ремонтуються, поворот малого радіуса) система деактивується.

Передбачено три режими роботи системи допомоги по смугі:

- система включена та активована (активний режим);
- система включена та деактивована (пасивний режим);
- система вимкнена.

Система допомоги при перебудові

Перебудова автомобіля з одного руху в інший часто спричиняє аварії, т.к. водій не помічає транспортних засобів на інших шпальтах. Система допомоги при перебудові (інші назви – система моніторингу «сліпих» зон, система інформування про «мертву» зону, система безпечної перебудови з ряду в ряд) попереджає водія про небезпеку зіткнення при зміні смуги руху.



Відомими розробниками таких систем є:

- Audi, Volkswagen – система Side Assist;
- BMW – система Lane Change Warning;
- Mazda – система Rear Vehicle Monitoring, RVM;
- Mercedes-Benz – система Blind Spot Assist;
- Porsche - система Spurwechselassistent, SWA;
- Ford – система Blind Spot Information System, BLIS/BLISTM;

System, BLISTM;

- Volvo – система Blind Spot Information System, BLIS.

Система Audi Side Assist визнана Європейським комітетом незалежної експертизи безпеки автомобілів (Euro NCAP) однією з найкращих систем безпеки 2010 року.

Принцип роботи системи Side Assist заснований на контролі зон руху поряд з автомобілем і позаду нього за допомогою радара і включення попереджувального сигналу при намірі водія змінити смугу руху та наявності перешкоди на іншій смугі.

Система включає такі конструктивні елементи:

- кнопка (клавіша) увімкнення на важелі перемикача покажчика поворотів (панелі дверей);
- радари у зовнішніх дзеркалах заднього виду з правого та лівого боку;
- електронні блоки керування;
- сигнальні лампи (запобіжні індикатори) на зовнішніх дзеркалах заднього виду з правого та лівого боку;
- контрольна лампа на панелі приладів.

Система допомоги при перебудові включається відповідним перемикачем, що активується при досягненні автомобілем швидкості **60 км/год**. Радар у зовнішньому

дзеркалі заднього виду випромінює радіохвилі у певну область біля машини.

Електронні блоки управління аналізують відображені випромінювання радару, на підставі яких:

- провадиться стеження за рухомими об'єктами;
- розпізнаються нерухомі об'єкти (припарковані автомобілі, дорожня огорожа, стовпи та ін);
- у разі потреби вмикається сигнальна лампа.

Сигнальна лампа працює в двох режимах:

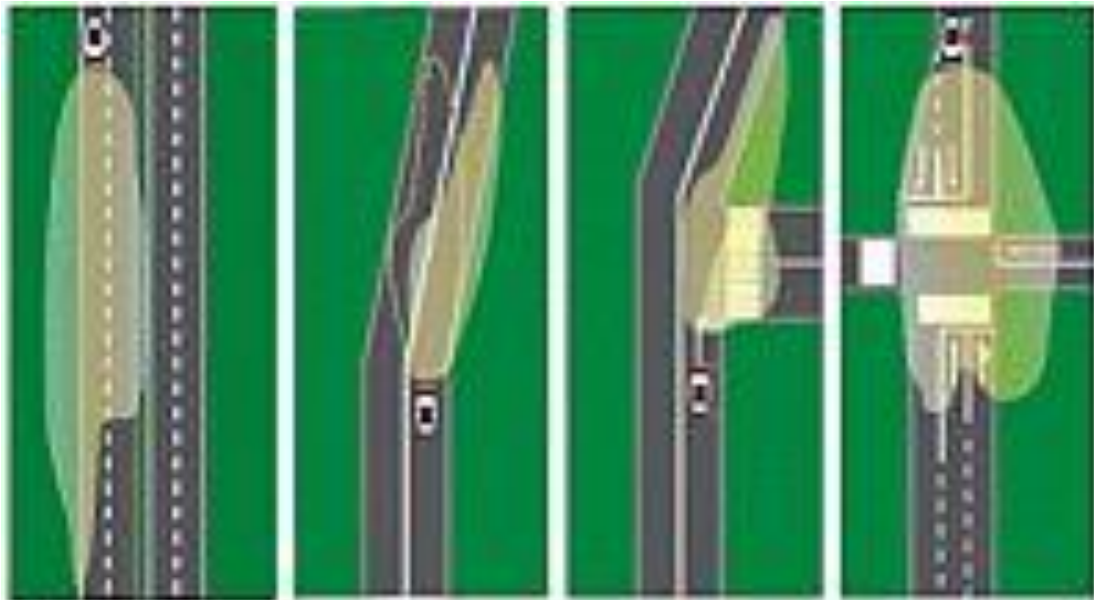
- інформування - горить безперервно при знаходженні об'єкта в «мертвій» зоні;
- попередження - блимає при перебудові з ряду в ряд і при знаходженні об'єкта в «мертвій» зоні.

Система активного головного світла

Система активного головного світла (**Active Front-lighting System, AFS**) служить для кращого освітлення дороги при прямолінійному русі та повороті.

Система активного головного світла реалізована у вигляді **двох функцій**:

- динамічне активне головне світло;
- статичне активне головне світло.



Динамічне активне головне світло забезпечує регулювання світла під час руху за рахунок повороту модуля лампи в горизонтальній площині.

Статичне активне головне світло надає додаткове освітлення при повороті шляхом увімкнення додаткової лампи.

Система активного головного світла є електронною системою управління світлом фар автомобіля. Система має такий пристрій:

- вхідні датчики;
- блоки керування;
- виконавчі механізми.

Вхідні датчики призначені для вимірювання фізичних параметрів і перетворення їх в електричні сигнали.

Система у своїй роботі використовує такі датчики:

- датчик положення модуля лампи (2 шт.);
- датчик рівня кузова (4 шт.);
- датчик кута повороту рульового колеса.

Датчик положення модуля лампи служить для визначення кута повороту лампи в горизонтальній площині.

Датчик рівня кузова забезпечує вимірювання положення автомобіля у вертикальній площині.

Радіус повороту оцінюється датчиком кута повороту кермового колеса.

Електричні сигнали від датчиків передаються відповідні електронні блоки управління.

Блок управління виробляє обробку електричних сигналів і формує на підставі їх управляючі на виконавчі механізми. Система активного головного світла поєднує три блоки керування:

- блок управління системи;
- два блоки керування фарами.

Блок управління системи активного головного світла та коректора фар приймає інформацію від датчиків рівня кузова, датчиків частоти обертання коліс системи ABS і видає сигнали, що управляють, на блоки управління фарами. У роботі блок управління взаємодіє коїться з іншими системами: системою управління двигуном, бортової мережею, рульової колонкою.

Кожен із блоків керування фарою додатково приймає сигнали від датчиків положення модуля лампи. У сукупності одержуваних сигналів блок управління формує керуючі на виконавчі механізми.

Виконавчими механізмами системи активного головного світла є:

- електродвигун коректора фари;
- електродвигун динамічного активного головного світла;
- лампа статичного головного світла.

Електродвигун коректора фари повертає модуль лампи у вертикальній площині залежно від горизонтального положення кузова автомобіля.

Електродвигун динамічного активного головного світла забезпечує поворот модуля лампи горизонтальній площині залежно від величини радіуса повороту і швидкості руху. Максимальна величина кута повороту модуля лампи становить **15°** для внутрішньої сторони повороту (фара, найближча до центру повороту) та **7,5°** для зовнішньої сторони повороту.

Лампа статичного активного головного світла активізується при повороті на невеликій швидкості (**до 50 км/год**) та включеному ближньому світлі фар.

Принцип роботи системи активного головного світла

Система активного світла вмикається перемикачем режимів освітлення на панелі приладів.

При повороті в міському циклі руху та включеному ближньому світлі активізується статичний активний головне світло. На підставі сигналів відповідних датчиків включається лампа статичного головного світла з боку повороту. Після завершення повороту лампа плавно вимикається.

При повороті в замському циклі руху на швидкості понад 10 км/год активізується динамічне головне світло. На підставі сигналів датчиків включається електродвигун динамічного активного головного світла, і модуль кожної лампи повертається в бік повороту. При цьому кут повороту лампи з внутрішньої сторони повороту вдвічі більший, ніж кут повороту із зовнішньої сторони. Цим забезпечується максимальна ширина освітлення. Після завершення повороту модулі ламп повертаються у вихідне положення.

Коригування положення модулів ламп у вертикальній площині здійснюється на всіх режимах освітлення. На підставі сигналів датчиків рівня кузова включаються електродвигуни коректорів фар, модуль лампи приймає оптимальне положення.

Автомобільна система нічного бачення

Система нічного бачення призначена для надання водієві інформації про умови

руху у темний час доби. Система дозволяє розпізнавати різні перешкоди, учасників дорожнього руху, пішоходів на неосвітленій дорозі, а також подальшу траєкторію траси.



Система допомагає зняти навантаження з водія в умовах поганої видимості і тим самим забезпечує підвищення безпеки руху. В даний час система нічного бачення встановлюється як опція на легкові автомобілі преміум-класу.

Принцип дії системи нічного бачення ґрунтується на фіксації інфрачервоного (теплого) випромінювання об'єктів спеціальною камерою та його проектуванні на дисплей у вигляді сірого масштабного

образу.

Розрізняють два типи систем нічного бачення: активні та пасивні. Активні системи використовують додаткове джерело інфрачервоного світла, яке встановлюється на автомобіль. Вони характеризуються високою роздільною здатністю зображення та дальністю роботи близько **150-250 м**.

Відомими активними системами нічного бачення є:

- **Night View Assist** від **Mercedes-Benz**;
- **Night View** від **Toyota**.

Пасивні системи нічного бачення немає власного джерела інфрачервоного випромінювання. Теплова камера (тепловізор) фіксує інфрачервоне випромінювання об'єктів на відстані **до 300 м**. Вони мають високий рівень контрастності та низьку роздільну здатність зображення.

Пасивні системи нічного бачення:

- **Night Vision Assistant** від **Audi**;
- **Night Vision** від **BMW**;
- **Night Vision** від **General Motors**;
- **Intelligent Night Vision System** від **Honda**.

Найбільш технічно та функціонально досконалою системою нічного бачення є остання розробка Mercedes-Benz – система Night View Assist Plus. Окрім стандартних функцій інформування водія, система попереджає пішоходів про потенційну небезпеку.

Конструктивно система **Night View Assist Plus** поєднує:

- інфрачервоні активні камери у фарах головного світла;
- відеокамеру за лобовим склом;
- електронний блок управління;
- інформаційний дисплей у кабіні.

Інфрачервоні камери фіксують дорожню обстановку. Відеокамера визначає, в який час доби рухається машина, а також наявність інших машин попереду або на зустрічній смузі. Інформація від камер надходить у електронний блок управління, обробляється та виводиться на інформаційний дисплей.

Як інформаційний дисплей використовується рідкокристалічний дисплей на щитку приладів (S-клас) або екран навігаційної системи (E-клас). У ранніх системах нічного бачення інформація виводилася на лобове скло.

Попередження пішоходів про небезпеку здійснюється шляхом подачі коротких світлових сигналів у бік пішохода або їхнього освітлення протягом п'яти секунд фарами автомобіля. За наявності автомобілів попереду або на зустрічній смузі система не спрацьовує, щоб не засліплювати інших учасників руху.

Алгоритм програми реалізується за швидкості руху понад **45 км/год** та розташуванні пішоходів на відстані не більше **80 м**.

Ще далі у цьому напрямку пішла компанія BMW, представивши інтелектуальну систему нічного бачення для виявлення пішоходів у небезпечній близькості до проїжджої частини. Система Dynamic Light Spot за допомогою датчиків серцебиття визначає наявність живих істот на відстані до **100 м** від машини.

7.10 Діагностика та ТО систем активної безпеки

Самодіагностика. Це обов'язкова функція всіх сучасних антиблокувальних систем, яка враховує всі фізичні дані та на їх основі контролює коректність роботи компонентів. За наявності несправності на панелі світиться індикатор, а в електронний блок керування записується код помилки. Після цього електроніка вимикає ABS.

ABS має лампу-індикатор відмови. Передбачено та зчитування кодів несправностей. Також можна відстежувати параметри елементів та керувати деякими з них, наприклад, клапанами та насосом модуля ABS. Найкраще використовувати дилерське діагностичне обладнання.

Помилки модуля керування.

Найчастіше це внутрішні електронні несправності модуля. Іноді такі помилки мають випадковий характер, тобто після видалення більше не виникають. Якщо помилки не видаляються або виникають повторно, модуль управління підлягає заміні: ремонт не передбачено.

Помилки датчиків швидкості коліс.

Можливі причини – від несправності проводки до відмови самого датчика. Якщо використаний активний датчик, то несправність може бути обумовлена підвищеним люфтом ступичного підшипника (надто великий повітряний зазор між датчиком і магнітним кільцем на підшипнику) або тим, що під час заміни підшипника його просто поставили не тією стороною. При використанні пасивного датчика проблему може створити гребінка на приводі: під час заміни ступичного підшипника або при знятті-установці приводу її могли трохи змістити з посадкового місця. Сигнал цього датчика часом слабшає через бруду, що накопичився, або металевих частинок на гребінці. Обидва датчики бояться сильних вібрацій, але особливо активний. Через це датчик часом неможливо зняти без пошкодження, адже удари молотком навіть не по ньому, а поруч! - здатні його зруйнувати.

Інші типи помилок.

Модуль ABS пов'язаний CAN-шиною з іншими модулями управління. Частина помилок може стосуватися самого ланцюга зв'язку. До ABS відноситься і датчик педалі гальма. Іноді лампу помилки запалюють інші модулі. Або вона реагує на несправності, навіть пов'язані безпосередньо з ABS.

Увага! При горінні лампочки понад 6-10 секунд або моргання під час їзди слід обов'язково найближчим часом провести діагностику ABS.

Деякі несправності неможливо виявити у нерухомому стані авто. Серед більшості поломок ABS виділяють чотири основні:

При запуску двигуна антиблокувальна система вимикається та висвічується помилка. Причиною цієї несправності найчастіше стає обрив проводів чи помилка у блоці контролера.

Після запуску ABS відбувається самотестування і після цього деактивується. Таку реакцію системи можуть створити дроти, що окислилися, проблеми з живленням або замикання датчиків.

Наявність помилки при діагностиці, хоч система активна. У разі найчастіше несправний одне із колісних датчиків чи відсутня його постачання струмом.

Відмова системи запускатись. Серед причин можуть бути дроти, збільшений люфт підшипників маточок, надламаний або зламаний ротор датчика. При відмови системи слід терміново здійснити ремонт ABS.

Елементи антиблокувальної системи

Вся система складається з чотирьох груп елементів:

- гідроблок;
- блок керування;
- датчики, які вимірюють швидкість обертання дисків;
- механізми гальмування.

Гідроблок складається з магнітних клапанів, гальмівного циліндра та гідроаккумулятора. Робота гідравлічного блоку полягає в тому, щоб запобігти блокуванню коліс навіть при повністю вичавленій педалі газу. Блок управління відповідає за прийом та аналіз сигналів з датчиків. Ця частина системи дуже рідко ламається, але при поломці потребує серйозного ремонту.

Датчики відповідають за моніторинг швидкості обертання дисків, і при виході з ладу може знадобитися заміна ABS. Датчик ABS – основний елемент системи.

При несправності датчика блок управління перестає отримувати правильні сигнали, а то й зовсім не отримує їх. Найчастіше при такій поломці системи відбувається блокування коліс при гальмуванні. Однією з найчастіших причин стає обрив дроту. Наші майстри проведуть дослідження та відремонтують датчик.

Після діагностики та ремонту системи відбувається прокачування гальм з ABS. Цей етап є важливим для грамотного функціонування гальмівної системи. Тільки після прокачування ABS можна підтвердити повну справність системи.

Питання і завдання для самоконтролю

1. Яким показником характеризується зчеплення колеса з дорогою?
2. Які показники вимірюють для оцінки зчеплення коліс з дорогою?
3. За яких умов відбувається блокування коліс?
4. Назвіть основні складові антиблокувальної системи.
5. Коли у роботі ABS застосовується фаза «утримання тиску»?
6. Коли блок керування ABS застосовує фазу «скидання тиску»?
7. Коли у роботі ABS застосовується фаза «збільшення тиску»?
8. Які експлуатаційні властивості транспортного засобу поліпшуються завдяки ABS?
9. За яких умов відбувається буксування ведучих коліс?
10. Назвіть основні складові протибуксувальної системи.
11. Які фази управління тиском застосовуються у роботі ASR?
12. Які експлуатаційні властивості транспортного засобу поліпшуються завдяки застосуванню ASR?
13. Які показники вимірюють для оцінки курсової стійкості?
14. Яка система є основою для встановлення ESP?
15. Які датчики встановлюють додатково для функціонування ESP?
16. Втручанням у яку систему розпочинаються дії ESP при недостатній здатності повороту?
17. Втручанням у яку систему розпочинаються дії ESP при надлишковій здатності повороту?
18. Що розуміється під терміном «активна» підвіска автомобіля?
19. Що таке адаптивна підвіска?
20. В чому суть активної стабілізації підвіски автомобіля?
21. Перелічіть основні компоненти системи адаптивного керування ходовою частиною.

Рекомендована література:

1. Базова література

- 1.1. Інтелектуальні системи контролю технічного стану транспортних засобів: підручник / Волков В.П., Грицук І.В., Мармут І.А. та ін. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 268 с.
- 1.2. Інжиніринг систем автосервісу: підручник / Марков О.Д., Матейчик В.П., Волков В.П. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 508 с.
- 1.3. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: підручник / В.Д. Мигаль, В. П. Волков. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 420 с.
- 1.4. Пойда А.М. Лабораторний практикум з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» розділ «Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування». – Х.: Вид. ХНАДУ. – 2017. – 174 с.
- 1.5. Горбик Ю.В. Програма, методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування» для студентів центру освітніх послуг спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». – Х.: ХНАДУ. – 2020. – 19 с.

2. Допоміжна література

- 2.1. 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. Режим доступу: <http://surl.li/dvdqgd> .
- 2.2. Двигуни внутрішнього згоряння : [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.
- 2.3. Двигуни внутрішнього згоряння : [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.
- 2.4. Двигуни внутрішнього згоряння : [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.
- 2.5. Автомобільний довідник BOSCH. Режим доступу: <https://avtomanual.com/book/269-skachat-avtomobilnyjj-spravochnik-bosch.html>.

3. Додаткові джерела:

- 3.1. Горбик Ю.В. Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування. Конспект лекцій., – 2023. Режим доступу: <http://surl.li/ibrno> .