

4. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИТРАТОЮ ПАЛИВА

Основне завдання процесу сумішоутворення полягає в отриманні гомогенної (однорідної) суміші пального з повітрям і забезпечення повного випаровування пального. Увесь процес сумішоутворення можна подати як послідовність процесів дозування, розпилення, випаровування пального та перемішування його пари з повітрям. У реальних умовах ці процеси протікають з перекриттям, тому процес утворення горючої суміші представляють двома стадіями: дозування пального (забезпечення кількісного співвідношення між паливом і повітрям) і гомогенізація, тобто отримання однорідної паливно-повітряної суміші.

У сучасних двигунах з подачею бензину у впускний колектор дозування пального здійснюється з допомогою керування електромагнітною форсункою.

До основних переваг такого способу сумішоутворення можна віднести:

- кращу рівномірність розподілення пального по циліндрам двигуна;
- зменшення втрат енергії у впускній системі внаслідок зменшення гідравлічного опору, відсутність потреби у підігріванні суміші під час впуску та підвищення коефіцієнта наповнення;
- можливість підвищити ступінь стискання на 1,5-2,0 одиниці, тому що впорскування бензину в камеру згоряння створює ефект охолодження повітря, що надійшло в циліндр, оскільки при випаруванні дрібно розпиленого пального з повітря відбирається тепло;
- не утворюється паливна плівка у впускному трубопроводі, і, як наслідок, припиняється збіднення горючої суміші при розгоні двигуна та її перезбагачення при гальмуванні;
- можливість використання впускних трубопроводів спеціальної форми, що забезпечує отримання, наприклад, інерційного наддування або направлено руху повітря у камері згоряння;
- незалежність процесу сумішоутворення від положення двигуна дає можливість заощадити до 15% пального.

Однак частину заощадженого пального доводиться витратити на регенерацію нейтралізатора накопичувального типу, що чутливий до наявності сірки у пальному. Тому заощадження пального доводиться добиватися сукупністю заходів:

- рециркуляцією відпрацьованих газів (2%);
- спалюванням бідних сумішей (3%);
- безпосереднім впорскуванням (8%);
- електронним регулюванням системи охолодження (1,5%);
- керуванням фазами газорозподілення (2,5%).

Двигуни з безпосереднім впорскуванням мають внутрішнє сумішоутворення і якісне регулювання суміші, так як пальне впорскується безпосередньо в камеру згоряння, циклова подача повітря змінюється

незначно і регулювати потужність потрібно кількістю впорскуваного пального, тобто якістю суміші без дроселювання повітряного потоку. Тому в системі може бути відсутньою дросельна заслінка, а для отримання необхідної якості суміші використовується ефект розшарування заряду і підвищений тиск впорскування бензину.

Режими роботи двигуна. Сумішоутворення може визначати режими роботи бензинового двигуна з безпосереднім впорскуванням, наведені на (рис. 4.1).

| Режими | ВМТ | НМТ | ВМТ | НМТ |
|--|-------|-----------|-------------|-----|
| | Впуск | Стиснення | Робочий хід | |
| Гомогенний | ■ | | ■ | |
| Пошаровий | | | ■ | ■ |
| Гомогенно-збіднений | ■ | | ■ | |
| Гомогенно-пошаровий | ■ | | ■ | ■ |
| Гомогенно-роздільний | ■ | | ■ | ■ |
| Гомогенно-антидетонаційний | ■ | | ■ | ■ |
| Пошарове нагрівання каталізатора | ■ | | | ■ |
| Пошарове розігрівання накопиченого NO _x | | | ■ | ■ |
| Пошаровий стартовий | | | ■ | ■ |

■ Впорскування ■ Запалювання

Рис. 4.1. Режими роботи бензинового двигуна

При гомогенному (однорідному) режимі пальне подається в точно стехіометричному співвідношенні 14,7:1 до повітря, що надійшло. Пальне впорскується на такті впуску, щоб мати достатньо часу для повноцінного змішування (гомогенізації) суміші. При гомогенному режимі запалювання відбувається біля межі детонації і контролюється блоком керування. Необхідний крутильний момент визначається кількістю повітря, що надійшло і моментом запалювання (рис. 4.2, а).

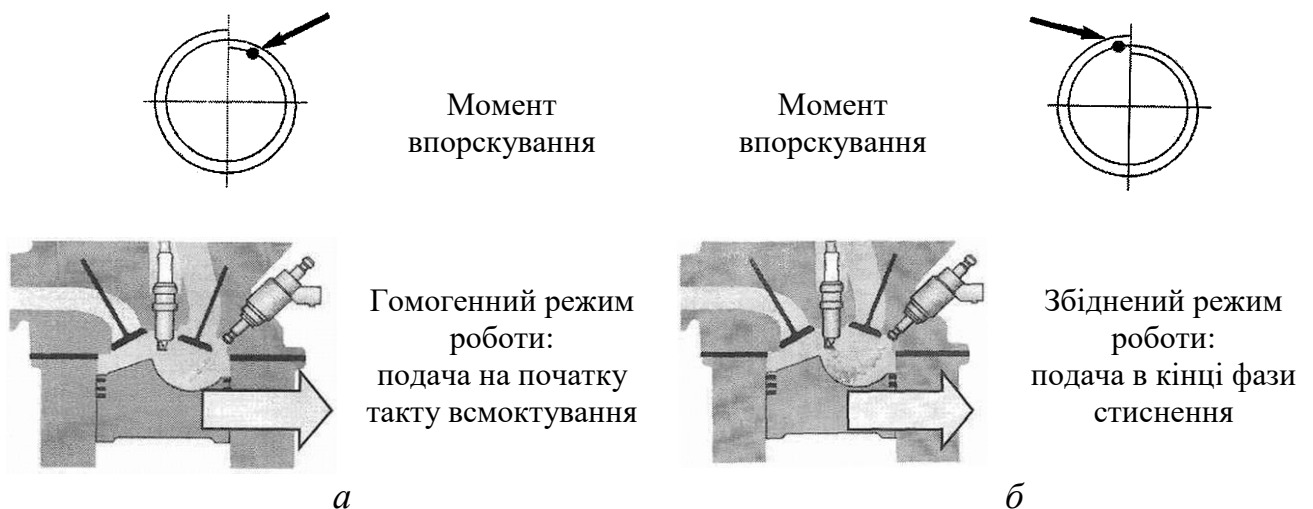


Рис. 4.2. Моменти впорскування

При пошаровому (стратифікованому) режимі пальне подається на

такті стиснення. Пальне перемішується тільки з частиною повітря. В результаті утворюється ідеально розташована хмара (шар) оточена чистим повітрям. Початок подачі дуже важливий при цьому режимі. Хмара повинна бути достатньо гомогенізована і розташована між клапанами, так як навколо неї повинен утворитися шар повітря, то в цілому суміш виходить збідненою. Тут виникає необхідність вартісної обробки NO_x , що утворилися.

Подача пального відбувається в останній третині такту стиснення. Для приготування суміші залишається приблизно $40-50^\circ$ повороту колінчастого вала. Запалювання повинне відбуватися у доволі вузькому діапазоні. Необхідний крутильний момент залежить від кількості впорскуваного пального, маса повітря і запалювання на нього сильно не впливають.

Керування навантаженням двигуна відбувається за рахунок зміни кількості пального, що подається без використання дросельної заслінки, яка залишається повністю відкритою. Цей режим роботи можливий у діапазоні низьких обертів (від холостого ходу до 3500 хв^{-1}) і часткового навантаження. Це дає можливість знизити витрату пального за рахунок зниження насосних і дросельних втрат та покращення ефективності згоряння. Компоненти системи керування крутильним моментом представлені на рис. 4.3.

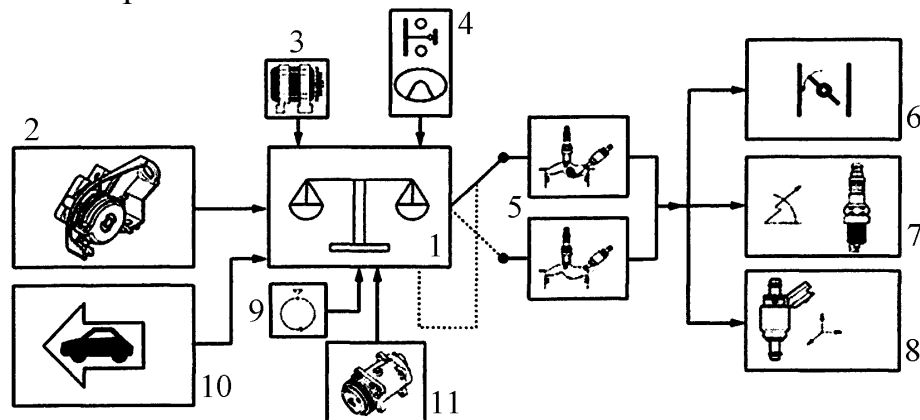


Рис. 4.3. Керування крутильним моментом:

1 – блок керування двигуном; 2 – датчик педалі акселератора; 3 – генератор з прогресивним навантаженням; 4 – рульовий привід із сервоприводом – пневматичний вимикач; 5 – режим роботи; 6 – сервопривід дроселя; 7 – функція запалювання (момент запалювання); 8 – функція впорскування (тиск, момент впорскування, тривалість); 9 – інформація щодо кількості обертів; 10 – регулювання швидкості; 11 – компресор кондиціонера

Тиск у впускному колекторі залишається в межах від 60 до 80 кПа. При більш високих вимогах навантаження двигун переходить безпосередньо на гомогенну суміш. Режим пошарового розподілення неможливий, починаючи з певних частот обертання колінчастого вала, внаслідок скорочуваного часу, що відводиться на формування суміші.

Робота на збіднених сумішах (див. рис. 4.2, б) вважається пріоритетною, оскільки дає можливість суттєво знизити витрату пального.

Згідно з дослідженнями на його частку припадає приблизно 75% робочого часу двигуна.

Пошаровий режим може бути використаний до половини навантаження на двигун. При підвищенні навантаження суміш поступово збагачується і двигун переходить на гомогенний режим роботи.

Гомогенного двигун може працювати на збідненій гомогенній суміші ($\lambda > 1$). Застосовується для усунення втрат при дроселюванні. У такому режимі роботи двигуна збільшується викид NO_x .

Гомогенно-пошаровий. При гомогенно-пошаровому режимі уся камера згоряння заповнена збідненою сумішшю. Це досягається подачею основної кількості пального на такті впуску. Друга подача (*Doppeleinspritzung*) відбувається на такті стиснення. Це впорскування створює багатшу зону в районі свічки запалювання. Суміш у цій зоні легко займається, за рахунок цього відбувається займання решти суміші в камері згоряння.

Гомогенно-пошаровий режим активується протягом кількох циклів при переході з пошарового на гомогенне сумішоутворення. В результаті система може краще управляти крутильним моментом вала двигуна під час переходу на інший режим.

Пошаровий – розігрівання каталізатора. Цей тип подвійної паливоподачі дає можливість швидко розігріти випускний тракт. Тут при збідненій суміші, що отримана на такті стиснення (пошаровий режим) здійснюється додаткове впорскування на такті розширення. Ця частина пального згоряє пізно і розігріває випускний тракт. Режим використовується для розігрівання накопичувача NO_x до температури більше $650\text{ }^\circ\text{C}$.

Пошаровий – стартовий. При такому режимі впорскування виконується не на такті впуску, а на такті стиснення. Перевага полягає в тому, що подача виконується в уже стиснене і, відповідно, розігріте повітря. В результаті більша частина пального, яка у разі холодного двигуна залишалася на стінках циліндра і не брала участі у згорянні, тепер переходить у газоподібний стан і згорає. Кількість впорскуваного пального таким чином можна зменшити, що приводить до зниження викидів вуглеводнів. Це важливо з точки зору концепції зниження загальних викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Гомогенно-роздільний режим (Homogen-Split) – спеціальний перехідний режим до гомогенно-пошарового з подвійною паливоподачею. Він використовується у фазі розігріву двигуна для того, щоб швидше розігріти каталізатор. При стабілізуючій другій подачі на такті стиснення момент запалювання дуже пізній (від 15° до 30° після ВМТ). Тому більша частина енергії використовується не на збільшення крутильного моменту, а на збільшення температури відпрацьованих газів. Таким чином, каталізатор розігрівається за кілька секунд.

Гомогенно-антидетонаційний. При цьому режимі застосовується додаткове впорскування при повному навантаженні, без здвигу в пізній кут

запалювання, при появі детонації. Друге впорскування є стабілізуючим і перешкоджає виникненню детонації. Позитивним є те, що раннє запалювання дає можливість зберігати високий крутильний момент.

Протікання процесів сумішоутворення та наступне згоряння суміші залежать від багатьох факторів, у тому числі й від способу подачі пального та повітря.

Розпилення. Після виходу струменя пального з розпилювача починається його розпадань. Цей спосіб розпилення називається повітряним або пневматичним, тому що для роздріблення пального використовується кінетична енергія повітря.

Для обох систем дисперсність розпиленого пального залежить від тиску, форми розпилювальних отворів розпилювача форсунки (інжектора) та швидкості (витрати) пального в них, а також від в'язкості й поверхневого напруження. Від розпилювача залежить потужність, витрата пального і склад вихідних газів.

Процеси формування суміші та рівномірність розподілення її циліндрами залежать від:

- фракційного складу пального, температури випаровування окремих фракцій пального й антидетонатора;
- температури пального і повітря, інтенсивності підігрівання суміші;
- часу випаровування;
- відносної швидкості повітря і крапель пального, ступеня турбулентності потоку, площі поверхні випаровування.

Для покращення розпилення пального з метою більш рівномірного перемішування суміші, розподілення її циліндрами і покращення процесу згоряння використовуються різні пристрої. За способом впливу на потік суміші вони поділяються на такі групи:

- підігрівання повітря, що надходить на дозування;
- підігрівання паливно-повітряної емульсії під час сумішоутворення;
- підігрівання повітря у впускному трубопроводі;
- механічного впливу на паливно-повітряну суміш;
- обробки суміші фізичними впливами різного роду.

Паливна апаратура двигуна з системою пошарового впорскування FSI зроблена за аналогією з дизельними агрегатами: насос високого тиску нагнітає бензин у паливний акумулятор, спільний для усіх циліндрів. Пальне впорскується безпосередньо в камеру згоряння через форсунки з електромагнітними клапанами. Команда на відкриття кожної форсунки подається з центрального блока керування, а фази її роботи залежать від обертів вала і навантаження двигуна. Переваги прямого впорскування:

- завдяки форсункам з електромагнітними клапанами можливе впорскування суворо дозованої кількості пального в камеру згоряння у певний час;
- двигуни з прямим впорскуванням FSI на 15% економічніші, ніж бензинові двигуни з традиційною системою впорскування;
- краще розпилення пального за рахунок більш високого тиску

пального;

- краще наповнення камери згоряння;
- краще внутрішнє охолодження двигуна;
- зниження детонації;
- підвищення ступеня стиснення;
- зниження дросельних втрат при пошаровому впорскуванні;
- відсутність втрат за рахунок змочування впускного колектора;
- ефективна багаторівнева AGR, що знижує тепловіддачу на стінки циліндрів;
- підвищення термодинамічної ефективності за рахунок зниження питомої витрати пального та рівня викидів ВГ.

Основними компонентами системи розподіленого впорскування бензину у впускний колектор є: паливний насос з електричним приводом, паливний гідроаккумулятор, регулятор тиску пального та електромагнітні клапанні форсунки.

Електромагнітна форсунка (рис. 4.4) – це гідравлічний клапан з електромагнітним приводом і є виконавчим пристроєм системи паливоподачі, який дозує та розпилює пальне.

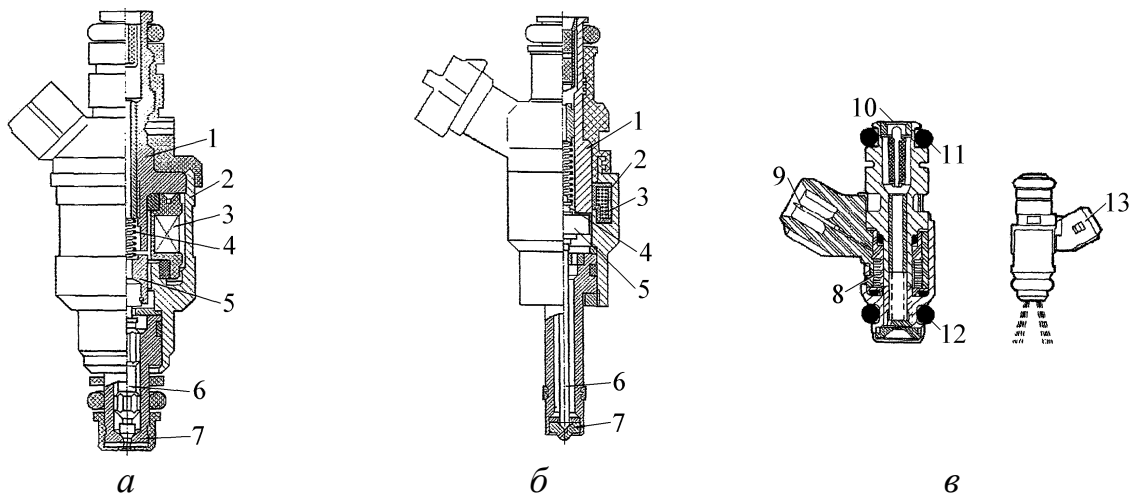


Рис. 4.4. Конструкція електромагнітних форсунок:

- 1, 2 – внутрішній і зовнішній корпус-магнітопровід; 3 – обмотка електромагніта; 4 – поворотна пружина; 5 – ярів електромагніта; 6 – голка розпилювача; 7 – корпус розпилювача; 8 – електрична обмотка; 9 – контакти підключення; 10 – сітка на вході; 11 – ущільнення від планки; 12 – ущільнення до голівки; 13 – рознімач

Електромагнітні форсунки входять у впускний трубопровід таким чином, що струмінь пального потрапляє в зону перед тарілкою або безпосередньо на тарілку впускного клапана (в деяких випадках також на кілька впускних клапанів). Тут у впускному трубопроводі пальне разом з повітрям утворює робочу суміш. Кожен циліндр оснащений форсункою.

Форсунками управляє блок керування двигуна в тактовому режимі. Тривалість сигналів, що подаються на форсунки, визначає кількість впорскуваного пального. В залежності від типу впорскування форсунки

працюють одночасно або окремо одна від одної. У нових розробках використовується тільки послідовна або індивідуальна подача пального для кожного циліндра. В кожний циліндр подається точно дозована кількість пального в потрібний момент.

В залежності від кількості впускних клапанів у циліндрі, конструкції впускного тракту і можливості розміщення форсунок в двигунах з розподіленим впорскуванням пального використовують форсунки з різним кутом конуса розпилення, одноструминні, двоструминні і з боковим спрямуванням факела.

На подачу пального впливають:

- зазори у сполученнях деталей клапана форсунки;
- прохідний переріз отворів розпилювача;
- жорсткість пружини;
- опір та індуктивність котушки.

Технічний стан форсунки погіршується внаслідок: усадки пружини форсунки; спрацювання контактуючих поверхонь «голка-пружина-регулювальний гвинт»; спрацювання запірного конуса голки-розпилювача; забруднення розпилювальних отворів і зменшення прохідних перерізів.

Характерним прикладом електромагнітної форсунки може слугувати форсунка фірми Bosch, показана на рис. 4.5, *а*. Електромагнітні форсунки застосовуються для впорскування пального в циліндри під тиском пального тільки до 12-15 МПа. Такого тиску достатньо для безпосереднього впорскування легкого пального – бензину, скраплених газів і деяких синтетичних – у більшості випадків у циліндри двигунів з іскровим запалюванням.

На рис. 4.4, *в* показана форсунка Fiat Bravo.

Розподілене впорскування бензине передбачає розміщення на впускному колекторі кількох форсунок, кількість яких дорівнює кількості циліндрів. Бензин подається дискретно в область впускних клапанів, де він випаровується, переміщується з повітрям, утворюючи готову гомогенну паливно-повітряну суміш. Розрізняють три способи керування форсунками:

- одночасне впорскування всіма форсунками;
- попарно-паралельне впорскування;
- послідовне (фазоване) впорскування.

При одночасному і попарно-паралельному способах форсунки спрацьовують один раз за кожний оберт колінчастого вала, тобто впорскують бензин двічі за робочий цикл. Це створює неоднакові умови сумішоутворення, тому що для деяких форсунок впорскування припадає на таку фазу робочого процесу, коли відкритий впускний клапан, у той час як для інших форсунок впорскування відбувається при закритих впускних клапанах.

Послідовне (фазоване) впорскування забезпечує рівні умови сумішоутворення для всіх циліндрів, тому що бензин подається при закритих впускних клапанах.

Для бензинових двигунів з подачею пального у впускний колектор існує три різновиди сигналу керуючого імпульсу на форсунки: для традиційної (16 Ом) форсунки системи розподіленого впорскування бензину, для низькоомної (1,5-4 Ом) форсунки, для обох систем – розподіленої та центральної подачі бензину. В залежності від варіанту сигналу необхідно по-різному враховувати дійсну тривалість керуючого імпульсу.

Кількість впорскуваного пального за цикл з постійним тиском на вході в форсунку залежить тільки від тривалості керуючого імпульсу.

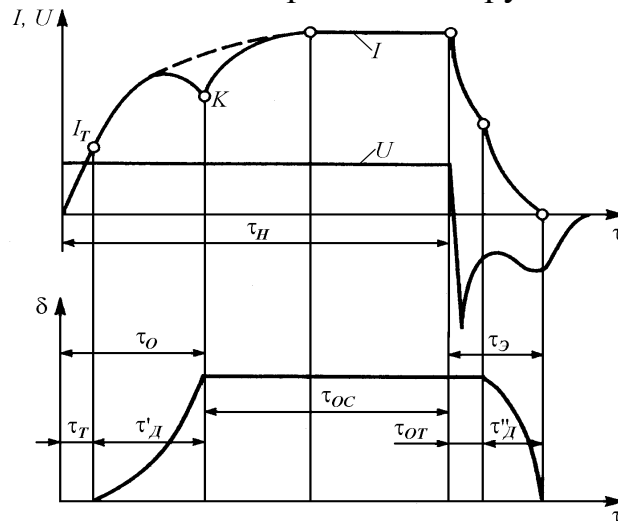


Рис. 4.6. Діаграма зміни електричних та механічних параметрів електромагнітної форсунки:

τ_0 – фаза відкриття клапана; τ_t , τ'_d – періоди зрушення з місця та руху запірного елемента при відкритті клапана; τ_{oc} – фаза відкритого стану форсунки; τ_3 – фаза закриття клапана; $\tau_{от}$, τ''_d – періоди відпускання і руху запірного елемента; τ_H – тривалість керуючого електричного імпульсу; I , U – струм і напруга в обмотці електромагніта; δ – робочий хід запірного елемента

У реальній форсунці час відкритого стану клапана не збігається з тривалістю керуючого імпульсу. Після подачі керуючого електричного імпульсу на форсунку в обмотці електромагніта виникає струм самоіндукції, який перешкоджає наростанню магнітного потоку в системі. Клапан відкривається із затримкою за часом (рис. 4.5). Після припинення подачі керуючого імпульсу в результаті самоіндукції збережений магнітний потік буде перешкоджати швидкому відпусканню запірного елемента. Тому тривалість відкритого стану клапана форсунки τ_H відрізняється від тривалости електричного керуючого імпульсу. На запізнення спрацювання форсунки додатково впливають механічні втрати в системі переміщення елементів форсунки.

Підвищити швидкодію електромагнітної форсунки можна за рахунок зменшення кількості витків обмотки електромагніта та її індуктивності. Однак при цьому зменшується опір обмотки і збільшується споживаний нею струм. Для обмеження сили струму послідовно з обмоткою включають резистор.

При виборі (підборі) форсунки для конкретного двигуна необхідно

враховувати її основні характеристики:

- статична витрата пального;
- динамічний діапазон роботи;
- мінімальна циклова подача пального;
- час відкриття і час закриття форсунки;
- кут конуса розпилення та далекобійність факела пального;
- дрібність розпилення та розподілення пального у факелі.

Статична витрата пального характеризується кількістю пального, що проходить через форсунку за одиницю часу із заданим тиском та з повністю відкритим клапаном форсунки. Фірма випускають сімейства форсунок з різними статичними витратами, що дає можливість забезпечити роботу двигунів з різним робочим об'ємом циліндрів.

Форсунки, які використовує концерн Фольксваген у системах впорскування бензину в камеру згоряння (див. рис. 4.4, б), відрізняються від попередніх подовженою частиною розпилювача, тому що працюють у важчих температурних умовах, а також формою магнітопровода та кількістю витків котушки електромагніта, бо безпосереднє впорскування бензину має обмеження за часом, тому електромеханічні перетворювачі (ЕМП) повинні мати більшу швидкодію.

Але для всіх наведених варіантів форсунок характерною ознакою є наявність елементів електромеханічних перетворювачів: феромагнітного магнітопровода, який охоплює котушку, та рухомого якоря. Тобто, усі вони електромеханічні з електромагнітним приводом безпосередньої дії.

Електромеханічний перетворювач є інтерфейсом зв'язку між електричною частиною системи керування і механічним клапаном форсунки. В основу його роботи покладений принцип перетворення електричної енергії в механічну.

Форсунки, що мають ЕМП, який безпосередньо піднімає клапан (голку), отримали назву електромеханічних. У більшості відомих конструкцій електромеханічних форсунок закривання клапана (голки) здійснюється з допомогою пружини. При цьому голка жорстко зв'язана з рухомою частиною електромеханічного привода. Величина циклової подачі в електромеханічній форсунці визначається тривалістю включення електромеханічного привода і величиною тиску пального на вході у форсунку.

За принципом дії електромеханічні перетворювачі діляться на: електромагнітні, електродинамічні, магнітострикційні та п'єзоелектричні. Електромагнітні та електродинамічні перетворювачі основані на зовнішніх ефектах взаємодії магнітних полів, створюваних різними методами. Магнітострикційні та п'єзоелектричні побудовані на використанні внутрішніх фізичних властивостей речовин і особливостей їх кристалічної будови. Ці властивості проявляються при взаємодії кристалів у відповідності з магнітним і електричним полем.

Динамічний діапазон роботи форсунки (ДДР) визначається відношенням максимальної і мінімальної циклових подач пального в

діапазоні їх зміни, при якому з точністю до 2-3% зберігається лінійний зв'язок між тривалістю імпульсу відкриття форсунки і величиною циклової подачі пального. Величина ДДР – важливий чинник, так як визначає можливість збереження точного керування подачею пального при зміні навантаження; на неї сильно впливає маса рухомого елемента форсунки (якоря електромагніта з клапаном).

Порушення лінійності характеристики у значній мірі пов'язане із впливом перехідних процесів відкриття і закриття форсунки. Крім маси рухомого елемента на ці процеси впливає і сила пружини клапана. Збільшення затяжки пружини збільшує час відкриття форсунки.

У системах з центральним впорскуванням пального у зону над дросельною заслінкою величина циклової подачі пального також визначається тривалістю відкриття клапана форсунки. Щоб забезпечити рівномірне розподілення пального по циліндрам, синхронізують впорскування пального з тактами всмоктування усіх циліндрів.

На рис. 4.7 представлена форсунка високого тиску Siemens (VDO).

Особливостями таких форсунок є:

- керуюча напруга приблизно 75 В;
- електромагнітний привід;
- розміщується на боці всмоктування в головці циліндрів;
- контроль спрацьовування;
- тиск впорскування від 4 до 12 МПа;
- перед подачею потік пального закручується;
- підключення до гідроаккумулятора через гумове кільце;
- ущільнення в голівці тефлонове (змінне);
- можливість реалізації трьох впорскувань (Porsche-DFI);
- тривалість паливоподачі при 4 МПа – 0,6 мс, об'єм пального – 80 мг/цикл;
- тривалість паливоподачі при 12 МПа – 5,2 мс, об'єм пального – 80 мг/цикл;
- висота підйому голки форсунки 50 мікрон;
- середній розмір крапель пального приблизно 30 мікрон в діаметрі.

Електрогідравлічні форсунки. Найбільше розповсюдження в акумуляторній паливній апаратурі автомобільних дизелів отримали електрогідравлічні форсунки.

Система з насос-форсунками. Насос-форсунка подає пальне в камеру згоряння в момент, що визначає блок керування, у потрібному обсязі та під потрібним тиском на всіх режимах роботи дизеля. Завдяки компактності та універсальності конструкції агрегата магістраль високого тиску не потрібна, а це покращує протікання процесу впорскування.

Система с насос-форсунками UIS (Unit Injector System) належить до так званих індивідуальних систем і конструктивно – це окремих ПНВТ, об'єднаний з форсункою, на кожний циліндр двигуна з приводом безпосередньо від розподільного вала. Конструкція UIS системи виглядає:

- насос форсунка встановлена у головці блока двигуна над кожним

циліндром;

- розпилювач форсунки 4 знаходиться у камері згоряння 8;
- розподільний вал двигуна 2 має по кулачку привода на кожен насос-форсунку;
- момент подачі та циклова подача пального регулюються з допомогою електромагнітного клапана 3 насос-форсунки.

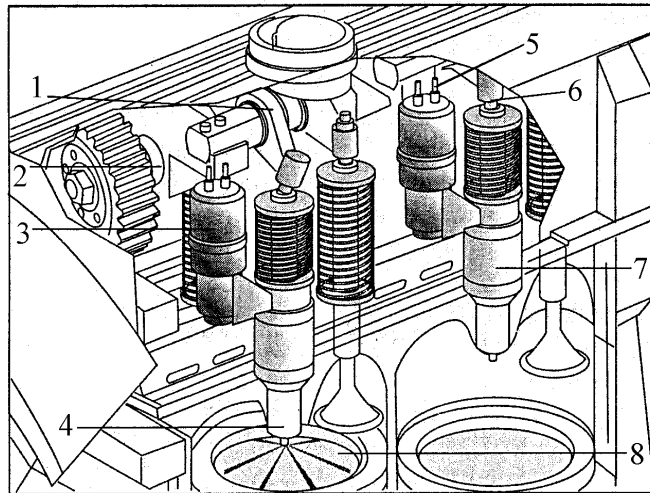


Рис. 4.6. Компонівка на двигуні системи с насос-форсунками UIS:

1 – коромисло привода UIS; 2 – розподільний вал двигуна; 3 – електромагнітний клапан UIS; 4 – розпилювач UIS; 5 – рознімач підключення UIS; 6 – плунжер UIS; 7 – корпус UIS; 8 – камера згоряння двигуна

Підйом кожного кулачка передається через коромисло 1 на плунжер насоса, що здійснює при цьому зворотно-поступальні рухи.

Окрім регулювання з допомогою електромагнітного клапана, момент початку впорскування та величина циклової подачі залежать від реальної швидкості руху плунжера, яка визначається формою кулачка. Навантаження, що виникають під час роботи механізму подачі пального, призводять до виникнення крутильних коливань розподільного вала, що негативно відбивається на характеристиках впорскування та міжциклової стабільності. Для зниження цих коливань настійливо необхідно виконання підсиленого механізму подачі пального, тобто привода розподільного вала, самого вала (який звичайно підсилюють на кручення), коромисел та їх опор.

Така конструкція забезпечує високий гідравлічний ККД, тиск до 200 МПа і, відповідно, низьку питому витрату пального, хороші екологічні характеристики та високий крутильний момент. Єдиним суттєвим недоліком системи UIS є високу пульсуюче навантаження на привід розподільного вала, так, наприклад, аналогічне навантаження в системі UPS (Unit Pump System) на порядок нижче.

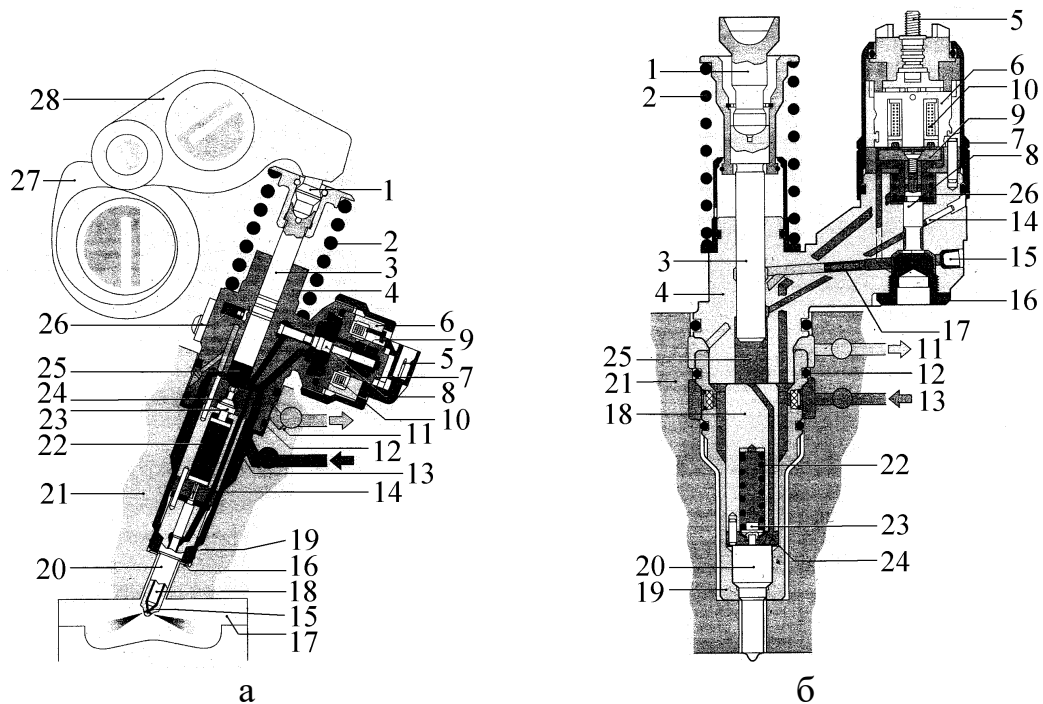


Рис. 4.7. Конструкція насос-форсунок для легкового (а) та вантажного (б) автомобілів:

а: 1 – сферичний наконечник; 2 – поворотна пружина; 3 – плунжер насос-форсунки; 4 – корпус насос-форсунки; 5 – штекер подачі напруги; 6 – осердя електромагніта; 7 – вирівнювальна пружина; 8 – голка клапана; 9 – яркір електромагніта; 10 – котушка електромагніта; 11 – канал зворотного зливання пального (контур низького тиску); 12 – ущільнення; 13 – отвори підведення пального (приблизно 350 пропалених лазером отворів, що слугують фільтром); 14 – гідравлічний упор (демпфірувальний елемент); 15 – сідло голки розпилювача; 16 – ущільнювальна шайба; 17 – камера згоряння двигуна; 18 – голка розпилювача; 19 – гайка розпилювача; 20 – складений розпилювач; 21 – голівка блока циліндрів; 22 – пружина розпилювача; 23 – плунжер акумулятора (зрівнювальний поршень); 24 – акумулюючий об'єм; 25 – камера високого тиску (в плунжерній парі); 26 – пружина електромагнітного клапана; 27 – кулачковий вал привода насос-форсунок; 28 – коромисло з роликівим приводом; б: 1 – сферичний наконечник; 2 – поворотна пружина; 3 – плунжер насос-форсунки; 4 – корпус насос-форсунки; 5 – штекер подачі напруги; 6 – осердя електромагніта; 7 – накидна гайка електромагніта; 8 – голка клапана; 9 – яркір електромагніта; 10 – котушка електромагніта; 11 – канал зворотного зливання пального (контур низького тиску); 12 – ущільнення; 13 – канал підведення пального; 14 – порожнина низького тиску; 15 – заглушка каналу низького тиску; 16 – упор голки клапана; 17 – дросель; 18 – стакан пружини розпилювача; 19 – гайка розпилювача; 20 – складений розпилювач; 21 – голівка блока циліндрів; 22 – пружина розпилювача; 23 – грибок голки розпилювача; 24 – проставка; 25 – камера високого тиску (в плунжерній парі); 26 – пружина електромагнітного клапана

Система с насос-форсунками працює таким чином:

- пальне подається з бака електричним насосом під тиском 0,1-0,15 МПа на вхід механічного шибєрного насоса, що приводиться в дію розподільним валом. Насос створює в магістралі низького тиску насос-форсунок необхідний робочий тиск (від 0,3 МПа на холостому ході до 0,75 МПа на максимальній частоті обертання колінчастого вала двигуна);
- плунжер насос-форсунки, що приводиться в дію коромислом

розподільного вала, створює високий тиск у розпилювачі в момент включення електромагнітного клапана. Моментом впорскування і кількістю циклової подачі пального управляє ЕСКД;

- високий тиск розвивається насос-форсунками безпосередньо у зоні впорскування пального в камеру згоряння. Через дуже короткий паливний канал інерція у створенні необхідного тиску відсутня, що і забезпечує можливість досягнення пікових значень тиску пального до 200 МПа;

- дуже короткий час подачі, характерний для системи UIS, призводить до підвищеної шумності роботи двигуна та збільшення викиду оксидів азоту у відпрацьованих газах. Для боротьби з цими явищами використовується попереднє впорскування пального;

- ЕСКД, інтегрована у загальну систему керування автомобіля, забезпечує виконання функцій керування рециркуляцією відпрацьованих газів, тиском наддування, захистом від несанкціонованого запуску двигуна, обмін даними з системою керування трансмісією, кондиціонером та іншими системами автомобіля.

В керуючій програмі ЕСКД «Bosch EDC 15P» передбачені режими захисту двигуна у разі відмови компонентів системи керування. Так, при виході з ладу різних датчиків (температури, позиції педалі акселератора, витрати повітря) або у разі низького тиску наддування відключається режим повної подачі пального або ж фіксовано встановлюється режим холостого ходу. Якщо з'являться такі несправності, як відмова однієї чи кількох форсунок, вихід з ладу датчиків, ЕСКД блокує роботу двигуна.

Регулювання температури охолоджувальної рідини дає можливість привести її у відповідність с режимами роботи двигуна. Регулювання температури здійснюється за даними вхідних параметрів (рис. 4.18):

- частота обертання колінчастого вала;
- навантаження двигуна – сигнал датчика масової витрати повітря;
- температура охолоджувальної рідини на виході з двигуна;
- температура охолоджувальної рідини на виході з радіатора;
- швидкість автомобіля.

Якщо вхідні сигнали свідчать про необхідність збільшення інтенсивності охолодження, блок керування двигуном подає команду на відкриття термостата згідно з багатопараметровою характеристикою. При цьому починає діяти великий контур системи охолодження. Подальше підсилення охолодження двигуна відбувається в результаті увімкнення обох вентиляторів і регулювання їх згідно з багатопараметровою характеристикою. При цьому увімкнення додаткового вентилятора здійснює окремий блок керування.

Положення дросельної заслінки визначає ступінь відкриття повітропропускного каналу (отвору). Це дає можливість управляти витратою повітря, що надходить у циліндри.

Керування дросельною заслінкою здійснюється за даними основних вхідних сигналів з модуля педалі акселератора (рис. 4.8) та додаткових сигналів блока керування (6):

- сигнали з системи регулювання швидкості;
- сигнали з системи кондиціонування;
- сигнали з системи регулювання складу суміші;
- сигнали з автоматичної трансмісії;

- сигнали з АБС;
- сигнали з підсилувача керма;
- сигнали з генератора.

Сигнали з модуля педалі акселератора, положення якої змінює водій, надходять на вхід блока керування двигуном. У блоці керування виконується обробка цих сигналів з урахуванням усіх додаткових величин і визначається оптимальний режим роботи двигуна, що відповідає крутильному моменту, який задає водій.

Перехід на новий режим роботи двигуна здійснюється поворотом дросельної заслінки (який виконує електромотор) при відповідних установках систем запалювання і впорскування пального.

Про виникнення в системі якої-небудь несправності водій узнає за світінням контрольної лампи.

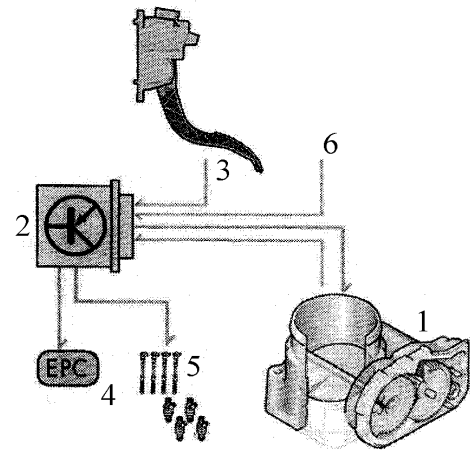


Рис. 4.8. Керування дросельною заслінкою:

- 1 – блок керування дросельною заслінкою; 2 – блок керування двигуном; 3 – модуль педалі акселератора; 4 – контрольна лампа електропривода дросельної заслінки ЕРС (Electronic Power Control); 5 – система запалювання і впорскування; 6 – додаткові сигнали

Контрольні запитання

1. Які етапи розвитку паливних систем автомобіля?
2. Який склад компонентів мають мехатронні системи керування паливоподачею?
3. Як вибирають алгоритми керування паливоподачею?
4. Назвіть компоненти електронної системи розподіленого впорскування пального.
5. Як здійснюється керування основним впорскуванням, тривалістю, обсягом впорскування?
6. Як здійснюється коригування впорскування робочої суміші?
7. З якою метою здійснюється попереднє впорскування пального?
8. Назвіть компоненти електронної системи керування подачею пального дизельного двигуна.