

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Центр освітніх послуг

Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говоруценка

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

Удосконалення процесу діагностування бензинових систем впорскування палива

Завідувач кафедри, д.т.н, проф.  Володимир Волков

Нормоконтролер, к.т.н., доц.  Олександр Назаров

Керівник, к.т.н., доц.  Ігор Мармут

Студентка гр. Аз-71-24  Ірина Костенко

Харків 2025

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Центр освітніх послуг

Кафедра Інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говоруценка

Освітній рівень Магістр

Спеціальність 274 "Автомобільний транспорт"

Освітня програма "Автомобільний транспорт"

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____

проф. Волков В.П.

" _____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу студентці
Костенко Ірині Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. *Тема роботи:* “Удосконалення процесу діагностування бензинових систем впорскування палива”

керівник роботи _____ доц. Мармут І.А.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ХНАДУ від " 08 " жовтня 2025 р. № 155

2. *Строк подання студентом роботи:* 10 грудня 2025 р.

3. *Вихідні дані до роботи:*

- літературні джерела по системам впорскування;
- матеріали по обслуговуванню систем впорскування.

4. *Перелік питань, які потрібно розробити:*

ВСТУП

1 Застосування електроніки для управління дозуванням палива

2 Форми реалізації дозування палива в автомобільних двигунах. Аналіз систем впорскування бензину

3 Діагностування і випробування систем подачі палива з електронним управлінням. Випробування форсунок

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

5. *Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)*

1. Об'єкт, мета, задачі дослідження

2. Форми реалізації дозування палива у бензинових двигунах

3. Компоненти систем керування бензинових двигунів

4. Структура системи Motronic

5. Стенд для загального діагностування електронних систем

6. Прилади для діагностування електронної частини систем впорскування палива


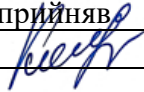
7, 8. Діагностування форсунок

9. Діагностування елементів системи впорскування

10. Розрахунок витрати палива за методикою проф. Говорущенко М.Я.

11. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Всі розділи	Доц. Мармут І.А.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Найменування етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Актуальність та обґрунтування проблеми	01.09.2025 - 25.09.2025	
2. Застосування електроніки для управління дозуванням палива	26.09.2025 - 10.10.2025	
3. Форми реалізації дозування палива у автомобільних двигунах	11.10.2025 - 18.10.2025	
4. Діагностування та випробування систем подачі палива. Випробування форсунок	19.10.2025 - 25.11.2025	
5. Оформлення звіту про дипломну роботу та демонстраційного матеріалу. Затвердження роботи	26.11.2025 - 09.12.2025 10.12.2025	

Студентка  Костенко І.С.

Керівник роботи  Мармут І.А.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 100 с., 24 рис., 1 табл., 1 додаток, 10 джерел.

БЛОК КЕРУВАННЯ, СИСТЕМА ВПОРСКУВАННЯ, ФОРСУНКА, СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ, КЕРУЮЧИЙ ІМПУЛЬС, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ.

Об'єкт дослідження – процеси у системах впорскування палива.

Мета роботи – удосконалення методики діагностування бензинових систем впорскування двигунів.

Методи дослідження – у роботі використані теоретичні методи математичного моделювання, математичної статистики, регресійного аналізу, рішення і аналізу диференціальних рівнянь..

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі:

- проаналізовані методи і засоби діагностування електронних систем впорскування палива в бензинових двигунах;
- проведений аналіз систем впорскування палива та її окремих елементів, зазначені основні вимоги до елементів системи та наведені приклади найбільш поширених у наш час систем управління двигуном;
- розглянуто основні принципи діагностування електронних систем впорскування та прилади, які використовуються для цієї діагностики;
- розглянуто процес діагностування паливних форсунок.

Результати роботи можуть бути використані для удосконалення методики діагностування паливних систем автомобілів з бензиновим впорскуванням.

ABSTRACT

Thesis: 100 pages, 24 figures, 1 tables, 1 appendices, 10 sources.

CONTROL UNIT, INJECTION SYSTEM, INJECTOR, IGNITION SYSTEM, CONTROL PULSE, ACTUATOR.

The object of research is processes in fuel injection systems.

The purpose of the work is to improve the methodology for diagnosing gasoline engine injection systems.

Research methods – the paper uses theoretical methods of mathematical modeling, mathematical statistics, regression analysis, solution and analysis of differential equations.

To achieve the set goal, the following tasks were solved:

- methods and means of diagnosing electronic fuel injection systems in gasoline engines were analyzed;

- an analysis of fuel injection systems and their individual elements was conducted, the main requirements for the system elements were specified, and examples of the most common engine control systems in our time were given;

- the basic principles of diagnosing electronic injection systems and the devices used for this diagnosis are considered;

- the process of diagnosing fuel injectors is considered.

The results of the work can be used to improve the methodology for diagnosing fuel systems of vehicles with gasoline injection.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОНІКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДОЗУВАННЯМ ПАЛИВА.....	8
1.1 Будова блоку управління.....	8
1.2 Електронне управління і регулювання.....	17
1.3 Архітектура програмного забезпечення.....	19
2 ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОЗУВАННЯ ПАЛИВА В АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНАХ. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВПОРСКУВАННЯ БЕНЗИНУ.....	33
2.1 Системи впорскування палива.....	33
2.2 Елементи систем впорскування палива.....	56
3 ДІАГНОСТУВАННЯ І ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМ ПОДАЧІ ПАЛИВА З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ. ВИПРОБУВАННЯ ФОРСУНОК.....	67
3.1 Загальні положення.....	67
3.2 Основні принципи діагностування систем впорску палива.....	67
3.3 Обладнання і пристрої для діагностування електронних систем.....	73
3.4 Діагностика форсунок.....	79
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	82
4.1 Техніка безпеки при роботі на стенді.....	82
4.2 Загальні вимоги безпеки до обладнання.....	83
4.3 Прилади вентиляції.....	85
ВИСНОВКИ.....	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	87
Додаток А Матеріали до кваліфікаційної роботи.....	88

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час, у зв'язку з інтенсивним зростанням кількості автомобілів і великим поглинанням автомобілями енергетичних ресурсів назріла необхідність подальших удосконалень у області моторобудування, перш за все з причини все більш строгого законодавства відносно токсичності відпрацьованих газів (ВГ). Головною метою при розробці ДВЗ стало забезпечення якомога нижчих показників витрати палива і токсичності ВГ при одночасному отриманні вищої потужності двигуна. Важливу роль в прагненні підвищити потужність і комфорт і зменшити викиди шкідливих речовин почала грати електроніка і зокрема електронні системи управління автомобільними двигунами, які суміщають в собі гнучкість управління, простоту використання і високу експлуатаційну надійність.

Важливе значення має впровадження систем впорскування, а також вдосконаленого запалювання, які були об'єднані в нову систему управління двигуном Motronic. У цю систему постійно вводяться все нові і нові підсистеми. Розширення функцій системи Motronic для управління двигуном з іскровим запалюванням з безпосереднім впорскуванням палива в камеру згорання було черговим серйозним технічним проривом.

Трудомісткість робіт по ремонту і обслуговуванню сучасних автомобілів постійно знижується за рахунок вдосконалення електронних систем управління, які забезпечують стабільність показників в експлуатації. Проте, системи впорскування і запалювання з електронним управлінням досить складні, при цьому справа не тільки в електроніці, але і в механіці (форсунка, електробензонасос). Велика кількість елементів електронної системи управління, а також схожість зовнішніх проявів їх відмов, істотно ускладнюють пошук несправностей і вимагають висококваліфікованого діагностування, яке, як правило, полягає в проведенні комплексних перевірок, кожна з яких виконується в певній послідовності. Перевірки здійснюються із застосуванням діагностичних приладів від простих до стаціонарних станцій вищої групи складності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дипломна

робота магістра є продовженням досліджень, проведених проблемною науково-дослідною лабораторією кафедри ТЕСА ХНАДУ по діагностиці і прогнозуванню технічного стану, і направлена на подальше удосконалення методів і способів діагностування автомобілів. Робота виконана в рамках бюджетної теми: 05-53-01 (№ РК 0101U0052G8) «Теорія управління технічним станом транспортних машин на основі діагностичної інформації».

Мета дослідження – удосконалення методики діагностування електронних паливних систем автомобілів.. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати методи і засоби діагностування електронних систем впорскування палива в бензинових двигунах;
- провести аналіз систем впорскування палива та її окремих елементів, зазначити основні вимоги до елементів системи та навести приклади найбільш поширених у наш час систем управління двигуном;
- розглянути основні принципи діагностування електронних систем впорскування та прилади, які використовуються для цієї діагностики;
- розглянути процес діагностування паливних форсунок.

Об'єкт дослідження. Процеси у системах впорскування палива.

Предмет дослідження. Визначення взаємозв'язків між показниками технічного стану системи впорскування при проведенні випробувань за допомогою діагностичного обладнання.

Методи дослідження. У роботі використані теоретичні методи математичного моделювання, математичної статистики, регресійного аналізу, рішення і аналізу диференціальних рівнянь.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримали подальший розвиток методи оцінки технічного стану систем впорскування автомобільного двигуна.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані методи стендової перевірки систем впорскування дають можливість своєчасно виявляти порушення технічного стану автомобілів.

1 ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОНІКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДОЗУВАННЯМ ПАЛИВА

1.1 Будова блоку управління

З розвитком цифрової технології виникають різноманітні можливості управління і регулювання електронних систем в автомобілі. Може одночасно використовуватися безліч параметрів для забезпечення оптимальної роботи різних систем. Електронний блок управління (ECU) приймає електричні сигнали від датчиків, обробляє їх і генерує управляючі сигнали, які поступають на виконавчі механізми. Програми для замкнутого контура управління закладені в пам'ять блоку управління. Реалізація програм здійснюється мікроконтролером. Компоненти блоку управління називаються апаратними засобами. Блок управління Motronic містить всі алгоритми замкнутого і розімкненого контурів управління, необхідні для реалізації процесів управління двигуном (запалення, смесеобразование, впускання і т.д.)

Умови роботи

До блоку управління пред'являються дуже строгі вимоги. Він піддається великим навантаженням із-за:

- екстремальних температур навколишнього середовища (при нормальному режимі роботи від -40 до $+60...+125^{\circ}\text{C}$);
- сильних перепадів температури;
- дії агресивних експлуатаційних матеріалів (масло, паливо і т.д.);
- дії вологості;
- механічних навантажень, наприклад, вібрації двигуна.

Блок управління при пуску двигуна повинен надійно працювати навіть при недостатньо зарядженій акумуляторній батареї (наприклад, при пуску холодного двигуна) і при високій зарядній напрузі (коливання напруги в бортовій мережі).

Інші вимоги базуються на необхідності дотримання електромагнітної сумісності. Дуже високі вимоги відносно чутливості до електромагнітних перешкод і обмеження випромінювання високочастотних сигналів перешкод.

Печатна плата з електричними компонентами (рис. 1) розташовується в корпусі з металу або синтетичного матеріалу. Датчики, виконавчі механізми і електроживлення підключені до блоку управління за допомогою багатополосного штекерного роз'єму 1. Задаючі каскади з великої потужності, які забезпечують безпосередню дію на виконавчі механізми, вбудовані в корпус блоку управління таким чином, що забезпечується дуже хороший теплоотвод на корпус і в навколишнє середовище.

Більшість електронних компонентів виконана за технологією поверхневого монтажу (SMD). Це дозволяє одержати особливо компактні і легкі конструкції. Тільки деякі потужні компоненти виконані на платі по роз'ємній схемі.

Для установки блоку управління безпосередньо на двигуні існують також гібридні варіанти, поєднуючі в собі компактність і високу термостійкість.

Обробка даних

Вхідні сигнали

Датчики, разом з виконавчими механізмами, утворюють периферію блоку управління, що сполучає між собою автомобіль і центральний процесор. Електричні сигнали датчиків поступають в блок управління по кабельній розводці і штекерному роз'єму 1. Ці сигнали можуть мати різні форми: аналогову, цифрову або імпульсну.

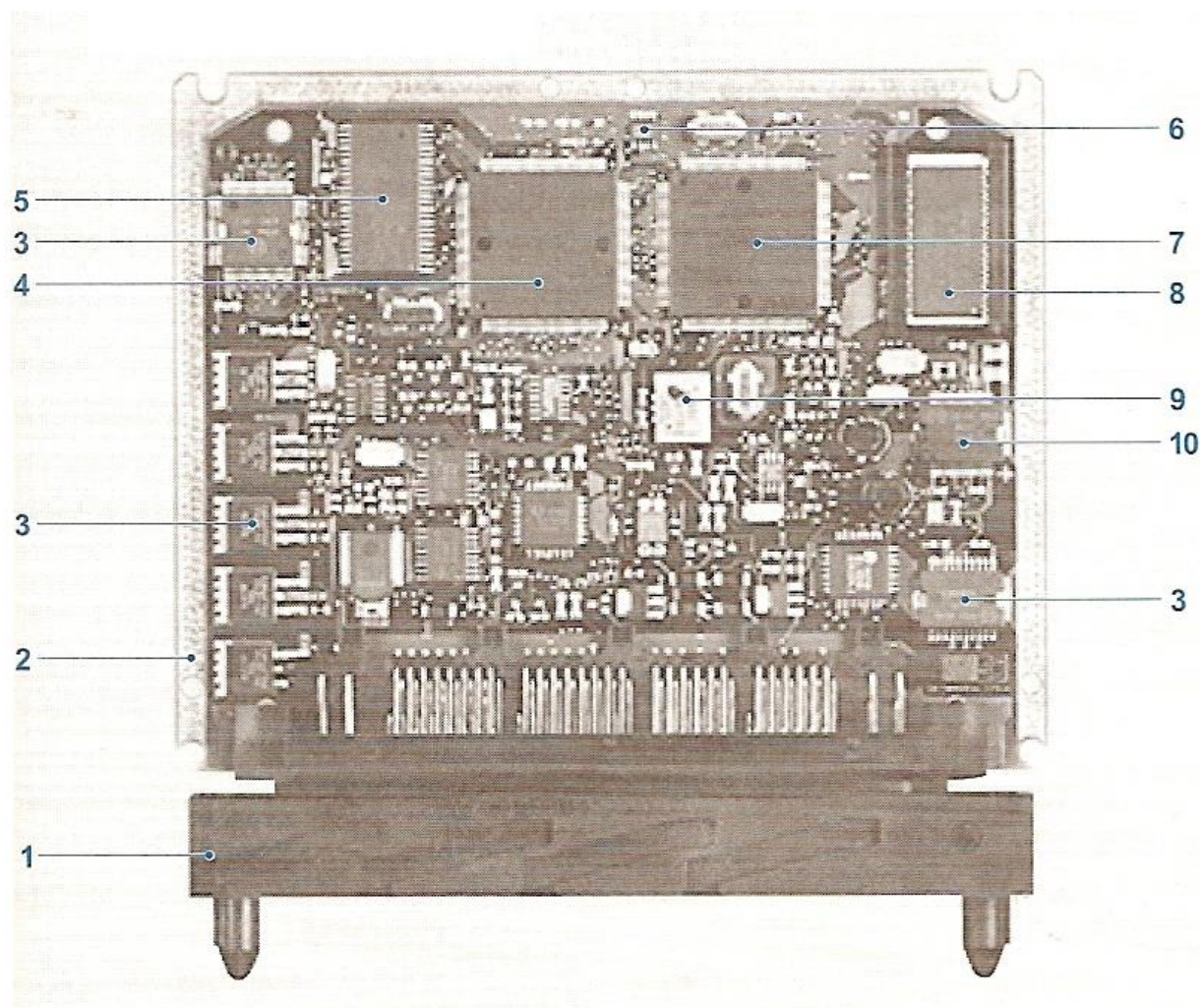
Аналогові вхідні сигнали.

Аналогові вхідні сигнали можуть мати будь-яку величину напруги в межах певного діапазону. Прикладами фізичних величин, які передаються у вигляді аналогових сигналів, є масова витрата повітря, напруга акумуляторної батареї, тиск у впускному трубопроводі і тиск наддуву, а також температура охолоджуючої рідини і всмоктуваного повітря.

Ці сигнали перетворюються в мікроконтролері блоку управління аналого-цифровим перетворювачем (ADW) в цифрову форму, якій може оперувати центральний процесор мікроконтролера. Максимальний дозвіл цих аналогових сигналів рівне 5 мВ. Загалом в вимірювальному діапазоні від 0 до 5 мВ є приблизно 1000 ступенів приростів.

Цифрові вхідні сигнали

Ці сигнали володіють тільки двома станами: „High” (логічна одиниця) і „Low” (логічний нуль). Прикладами цифрових вхідних сигналів є сигнали включення (вкл./выкл.) або цифрові сигнали від датчиків, наприклад, імпульси частоти обертання колінчастого валу датчика Холу або датчика, магніто-резистора. Цифрові сигнали можуть оброблятися безпосередньо в мікроконтролері.



1. Багатополюсний штекерний роз'єм; 2. Печатна плата; 3. Задаючі каскади; 4. Мікроконтролер (функціональний процесор) з пам'яттю ROM; 5. Пам'ять Flash-EPROM з програмами, специфічними для автомобіля; 6. Пам'ять EEPROM; 7. Мікроконтролер (процесор з розширеними можливостями, спеціалізована інтегральна схема. ASIC) з пам'яттю ROM; 8. Пам'ять Flash-EPROM для процесора з розширеними можливостями; 9. Датчик атмосферного тиску; 10. Периферійний модуль (інтегровані подача напруги 5 В і схема попередньої обробки результатів вимірювань індуктивного датчика)

Рисунок 1 – Конструкція блоку управління, використовуваного в системі ME-Motronic

Імпульсні вхідні сигнали

Імпульсні вхідні сигнали від індуктивних датчиків з інформацією про частоту

обертання колінчастого валу і положення контрольних міток обробляються за допомогою спеціальної схеми в блоці управління. При цьому імпульсні перешкоди пригнічуються, а імпульсні сигнали перетворюються в цифрові прямокутні сигнали.

Визначення сигналів

Напруга вхідних сигналів обмежується в схемах захисту до рівнів, що забезпечують їх обробку. Корисний сигнал шляхом фільтрації в значній мірі звільняється від перешкод і, якщо необхідно, шляхом посилення адаптується до допустимої напруги на вході мікроконтролера (0-5 В).

Залежно від ступеня інтеграції обробка сигналів може частково або навіть повністю здійснюватися в самому датчику.

Обробка сигналів

Блок управління є центр включення управління, контролюючий всі функції і послідовність роботи систем управління двигуном. Алгоритми управління реалізуються в мікроконтролері. Вхідними параметрами служать вхідні сигнали від датчиків і інтерфейсів зв'язку з іншими системами, наприклад, шиною бортового контролера зв'язку (CAN). При поступанні на процесор вони ще раз перевіряються на достовірність. За допомогою програмного забезпечення блоку управління розраховуються вихідні сигнали для управління виконавчими механізмами.

Мікроконтролер

Мікроконтролер, будучи центральним компонентом блоку управління (рис.2), управляє послідовністю процесів. Окрім центрального процесора, мікроконтролер містить канали входу і виходу, таймери, модулі пам'яті ROM і RAM, серійні інтерфейси і інші периферійні пристрої, розташовані на мікрочіпі. Тактові імпульси для мікроконтролера створює кварц.

Пам'ять для програм і даних

Мікроконтролер для розрахункових операцій потребує програмного забезпечення. Програма завантажується в програмний запам'ятовуючий пристрій, у вигляді двійкових числових значень, які розділені на набори даних. Центральний процесор прочитує ці дані, інтерпретує їх як команди і послідовно виконує.

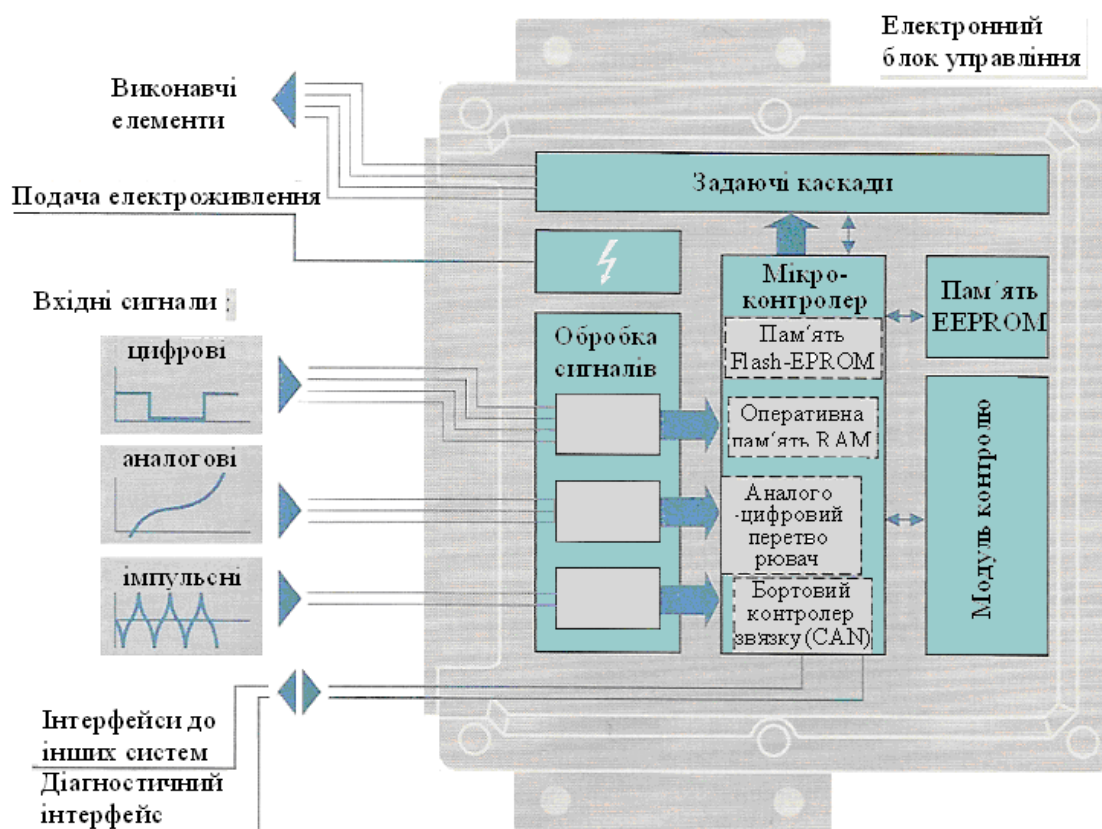


Рисунок 2 – Обробка сигналів в електронному блоці управління

Програма закладена в постійну пам'ять (ROM, EPROM або Flash-EPROM), яка також містить особливі дані (окремі значення, характеристичні криві і діаграми). При цьому йдеться про постійні дані, які не можуть змінюватися в процесі експлуатації автомобіля. Вони впливають на процес програмованого управління (замкнуті і розімкнені контури управління).

Програмний запам'ятовуючий пристрій, може інтегруватися в мікроконтролер і, залежно від застосування, ще додатково розширюватися в окремий компонент, наприклад, за рахунок зовнішнього модуля пам'яті EPROM або модуля пам'яті Flash-EPROM.

Постійна пам'ять (ROM)

Програмовані пристрої, що запам'ятовують, можуть бути виконані постійними (ROM). Зміст цього ПЗП визначається при виготовленні і потім вже не може змінюватися. Місткість пам'яті ROM, інтегрованої в мікроконтролер, обмежена. Для комплексного використання потрібен додатковий запам'ятовуючий пристрій.

Постійна пам'ять з можливістю стирання (EPROM)

Пам'ять EPROM може стиратися шляхом опромінювання ультрафіолетовими променями і заново записуватися програмуючим пристроєм. Найчастіше пам'ять EPROM виконується як окремий компонент. Центральний процесор запрошує пам'ять EPROM через адресну шину і шину даних.

Програмована пам'ять з груповим електричним стиранням (Flash-EPROM або FEPRM)

Пам'ять Flash-EPROM стирається електричним шляхом. Завдяки цьому блок управління з цією пам'яттю може бути перепрограмований в центрі обслуговування без його розкриття. При цьому блок управління з'єднується з центром перепрограмування через інтерфейс.

Якщо мікроконтролер додатково забезпечений постійною пам'яттю (ROM), то в нього закладається комплект програм для флеш-програмування. Пам'ять Flash-EPROM може бути інтегрована разом з мікроконтролером на мікрочіпі (починаючи з моделі EDC16).

Пам'ять Flash-EPROM за рахунок своїх переваг значною мірою витіснила традиційну пам'ять EPROM.

Оперативна пам'ять або пам'ять змінних

Така пам'ять з оперативним записом і прочитуванням необхідна для зберігання таких змінних, як, наприклад, дані розрахунків і значення сигналів.

Оперативна пам'ять з довільною вибіркою (RAM)

Всі поточні значення зберігаються в пам'яті RAM (пристрої оперативного запису і прочитування, що запам'ятовує). Об'єму пам'яті, інтегрованої в мікроконтролер, недостатньо для комплексного застосування, тому необхідне використання додаткового модуля RAM. Він підключається до мікроконтролера за допомогою адресної шини і шини даних.

При відключенні блоку управління від електроживлення, пам'ять RAM втрачає весь масив даних (так званий енергозалежний запам'ятовуючий пристрій). Проте після пуску двигуна блок управління знову повинен мати доступ до коректуючих даних (відповідним технічному стану двигуна і умовам його роботи). Вони не

повинні стиратися з пам'яті при виключенні запалення. Щоб цього не допустити, пам'ять RAM постійно підключається до джерела струму (постійна подача електроживлення). Але при відключенні акумуляторної батареї втрачаються і ці дані.

Електрично стирана і перепрограмована постійна пам'ять (EEPROM або E2PROM)

Дані, які не повинні втрачатися навіть при відключеній акумуляторній батареї (наприклад, що важливі коректують параметри, коди блокування руху автомобіля), повинні постійно зберігатися в незалежному довготривалому запам'ятовуєчому пристрої. Пам'ять EEPROM є постійною пам'яттю з електричним стиранням, в якій, на відміну від пам'яті Flash-EPR0M, інформація в кожному елементі пам'яті може стиратися окремо. Завдяки цьому пам'ять EEPROM може застосовуватися як незалежне запам'ятовує пристрій з оперативним записом і прочитуванням.

У деяких варіантах блоків управління використовуються також роздільно стирани області пам'яті Flash-EPR0M як незалежна пам'ять.

Адаптивна інтегральна схема (модуль ASIC)

Із-за постійно зростаючої функціональної складності блоку управління вже недостатньо стандартних мікроконтролерів, що є на ринку. В цьому випадку допомагають модулі ASIC. Ці інтегральні схеми, що розробляються і виготовляються згідно вимогам розробників блоків управління, містять додаткову пам'ять RAM, а також вхідні і вихідні канали, дякуючи чому здатні генерувати і передавати сигнали широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Модуль контролю

Мікроконтролер і модуль контролю в блоці управління контролюють один одного в режимі „запит-відповідь”. Якщо розпізнається збій в роботі, то один з цих елементів (незалежно від іншого) запускає відповідну компенсуючу функцію.

Вихідні сигнали

За допомогою вихідних сигналів мікроконтролер включає задаючі каскади, потужність яких звичайно достатня для безпосереднього управління виконавчими механізмами. Для окремих споживачів високої потужності (наприклад, вентилятор

двигуна деякі задаючі каскади управляють реле.

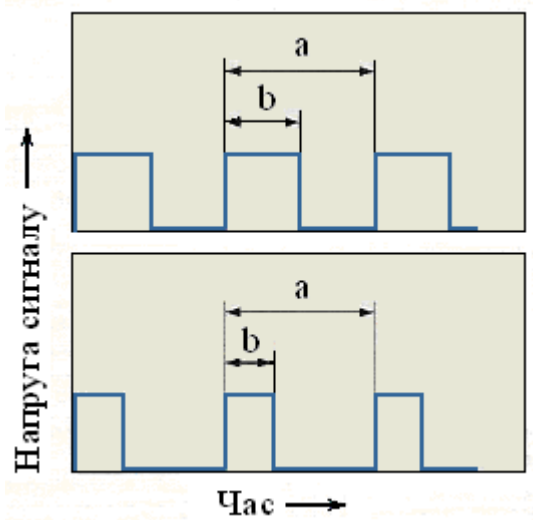
Задаючі каскади захищені від коротких замикань на масу або стрибків напруги, а також від руйнування унаслідок електричного або теплового перевантажень. Інтегральні схеми задаючих каскадів розпізнають ці нештатні ситуації, а також вихід з ладу датчиків як помилки і передають про це сигнал в мікроконтролер.

Комутаційні сигнали

За допомогою комутаційних сигналів включаються і вимикаються виконавчі механізми (наприклад, вентилятор двигуна).

Сигнали ШІМ

Цифрові вихідні сигнали можуть вироблятися як сигнали широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Ці сигнали є послідовними прямокутними імпульсами постійної частоти і змінної тривалості (рис. 3). За допомогою цих сигналів різні виконавчі механізми можуть переводитися в будь-яке робоче положення наприклад, клапан в системі рециркуляції ВГ, регулятор тиску наддуву).



a- постійна частота сигналу, b- тривалість сигналу, що змінюється

Рисунок 3 – Сигнали широтно-імпульсної модуляції (ШІМ)

Передача даних усередині блоку управління

Периферійні пристрої, що підтримують роботу мікроконтролера, повинні мати можливість зв'язку з ним. Це здійснюється за допомогою адресної шини і шини даних. Мікроконтролер видає через адресну шину, наприклад, адреса пам'яті RAM,

зміст якої повинен прочитуватися. Шина даних потім використовується для передачі даних, що відносяться цій адресі. Раніше на автомобілях обходилися 8-бітовою шиною з восьми провідників, по яких одночасно можна передавати 256 значень. За допомогою звичайної для цих систем адресної шини на 16 біт можна запрошувати 65536 адрес. Сьогодні складніші системи вимагають використання шин даних на 16 біт або навіть 32 біт. Для того, щоб зменшити кількість електричних імпульсів, адресна шина і шина даних можуть об'єднуватися в одній мультиплексній системі, тобто адреси і дані передаються із зрушенням за часом і з використанням одних і тих же провідників.

Для даних, які не повинні передаватися так швидко (наприклад, дані пам'яті про несправності), застосовуються послідовні інтерфейси тільки з однією лінією передачі даних.

Програмування EoL

Різноманіття моделей автомобілів, що потребують різних програм управління і баз даних, вимагає обов'язкового зменшення типажу блоків управління, необхідних для конкретного виготівника автомобілів. Для цього весь діапазон пам'яті Flash-EPROM з програмами і специфічним для конкретного варіанту набором даних може програмуватися на кінцевій стадії виробництва автомобіля за допомогою так званого програмування EoL (End Of Line - кінець потокової лінії збірки).

Іншою можливістю зменшення різноманіття цих варіантів є запис в пам'яті декількох варіантів даних (наприклад, модифікацій коробок передач), які потім можуть вибиратися шляхом введення відповідного коду в кінці зборочного конвейєра. Це кодування вводиться в пам'ять EEPROM.

Характеристики блоків управління

Характеристики блоків управління поліпшуються по мірі прогресу у області мікроелектроніки. У перших системах впорскування палива використовувалася аналогова технологія - з обмеженою гнучкістю при реалізації функцій управління. Функції цих блоків управління визначалися апаратними засобами.

Прогрес принесла цифрова технологія з появою мікроконтролера. Все управління двигуном перейшло в цей універсальний напівпровідниковий мікрочіп.

Логічні схеми управління реалізуються в системах програмованим напівпровідниковим чіпом, що запам'ятовує.

На базі систем, які спочатку просто управляли впорскуванням палива, були розроблені комплексні системи управління двигуном. Вони дозволяють управляти не тільки впорскуванням палива, але також і системою запалення з контролем детонації, рециркуляцией ВГ і безліччю інших систем. Цей розвиток продовжуватиметься і далі в найближче десятиліття. Інтеграція функцій і, перш за все, їх комплексність зростатиме. Цей розвиток можливо за тієї умови, що вживані мікроконтролери теж постійно удосконалюватимуться (рис. 4).

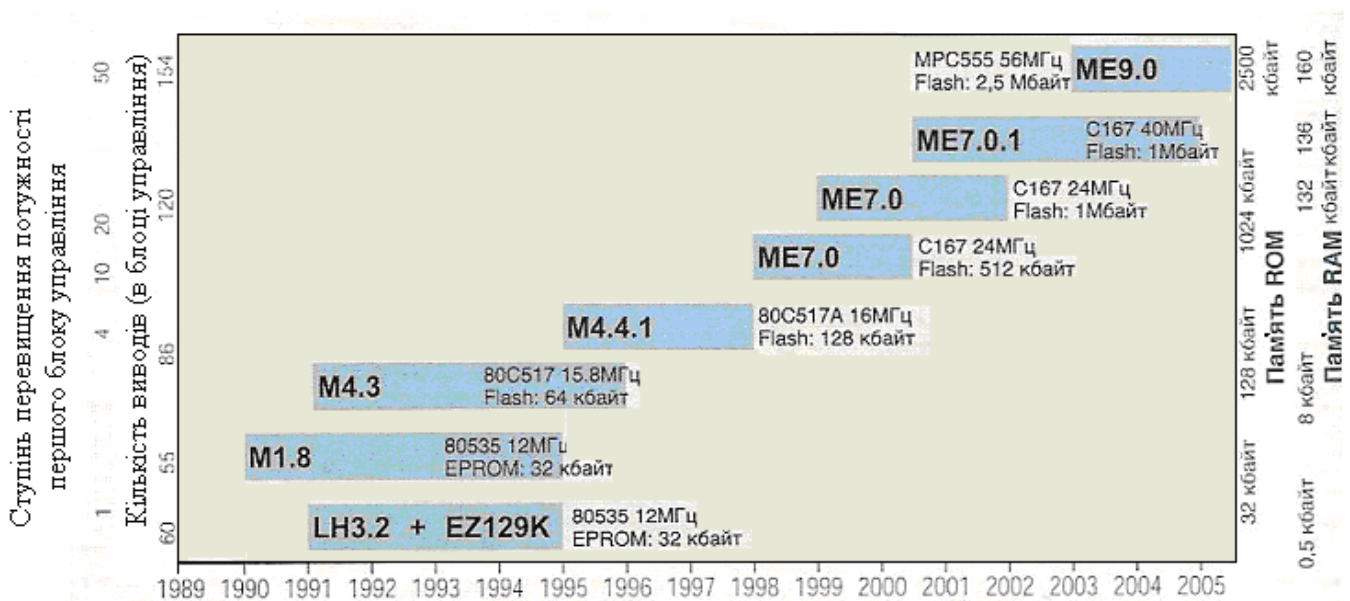


Рисунок 4 – Розвиток електронних блоків управління

1.2 Електронне управління і регулювання

Завданням електронного блоку управління двигуном є управління всіма виконавськими елементами в системі управління двигуном Motronic з метою отримання оптимального режиму роботи двигуна з погляду зниження витрати палива, підвищення потужності, зниження токсичності ВГ і забезпечення комфорту руху. Для цього повинне реєструватися велике число параметрів, що поступають, наприклад, від датчиків і одержані дані повинні оброблятися відповідно до певних алгоритмів. В результаті видаються послідовні сигнали, за допомогою яких

здійснюється управління виконавчими механізмами.

Огляд

Центральним вузлом блоку управління двигуном є невеликий мікрокомп'ютер (функціональний процесор) з програмною пам'яттю (EPROM), в якій записані всі алгоритми управління процесами (рис. 5).



Рисунок 5 – Компоненти електронного управління і регулювання в системі ME-Motronic

Вхідні змінні, які беруться від генераторів необхідних величин і даних датчиків, впливають на алгоритми розрахунків і, отже, на сигнали управління виконавчими механізмами. Виконавчі механізми перетворюють електричні сигнали у фізичні величини (наприклад, ступінь відкриття клапанів).

Блок управління двигуном через бортовий контролер зв'язку (CAN) дозволяє також обмінюватися даними з іншими системами, наприклад, з електронним контролем динаміки автомобіля (ESP). Таким чином, система управління роботою двигуна може інтегруватися в загальну систему управління автомобілем

Системи з електронним управлінням дросельною заслінкою (EGAS) пред'являють високі вимоги відносно функціональної безпеки і надійності, оскільки

тут відсутній механічний зв'язок дії на виконавчий механізм (дросельна заслінка), регулюючий крутотитний момент. Модуль контролю здійснює контроль за функціональним процесором і, у разі збою в роботі, вживає заходи по еквівалентному заміщенню його функцій.

1.3 Архітектура програмного забезпечення

Структура системи

Структура системи описує функціональні і статичні аспекти архітектури програмного забезпечення Motronic, яке підрозділяється на 13 підсистем (наприклад, повітряна система, паливна система), які, у свою чергу, розбиваються на 50 основних функцій (наприклад, регулювання тиску наддуву, лямбда-регулювання) (рис. 6).

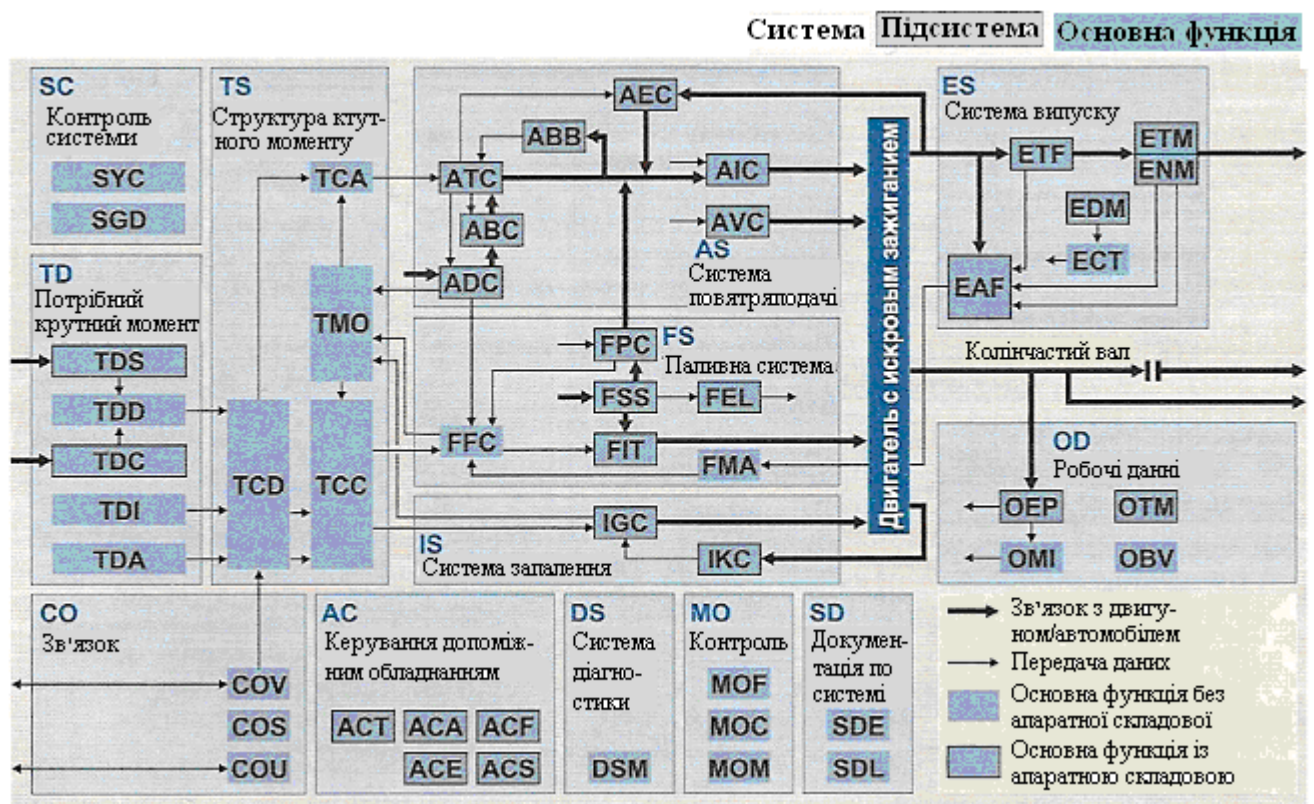


Рисунок 6 – Структура системи Motronic

Функціональним ядром програмного забезпечення Motronic є структура управління, що базується на величині крутного моменту (підсистема „Потрібний

крутний момент” „Структура крутного моменту”). Вони почали використовуватися тільки з введенням в систему ME7 електронно-керованої дросельної заслінки (EGAS). Зміна наповнення циліндрів робочою сумішшю за допомогою дросельної заслінки з електронним управлінням дозволяє регулювати крутний момент залежно від потреби в ньому, що задається шляхом натиснення на педаль газу. Одночасно все інші додаткові потреби в крутному моменті, які залежать від умов руху автомобіля (наприклад, при включенні компресора кліматичної установки), координуються усередині структури крутного моменту.

У колишніх системах M-Motronic всі потреби в крутному моменті, реалізовувалися індивідуально за рахунок розділення функцій шляхом зміни кута випередження запалення („випередження” або „затримка”), регулювання режиму холостого ходу (подача додаткового повітря через байпас) або шляхом зміни смесеобрання (коректування тривалості впорскування палива).

У нових поколіннях систем M-Motronic використовується структура управління, залежна від величини крутного моменту, що дозволяє координувати регулювання цього крутного моменту.

Підсистеми і основні функції

Нижчеприведений опис у загальних рисах дає уявлення про істотні ознаки основних функцій, що реалізуються в системі Motronic

Підсистема „Документація по системі” (SD)

Документація по системі складається з технічних документів, які описують призначений для користувача проект (наприклад: опис блоку управління, дані про двигун і автомобіль).

Підсистема „Контроль роботи системи” (SC)

Ця підсистема об'єднує функції управління системою, що впливають на всю систему Motronic.

Основне завдання функції „Контроль системи” (SYC) визначає статуси мікроконтролера:

- ініціалізація (запуск системи)
- активний стан (нормальна робота) - це статус, при якому реалізуються

основні функції:

- контроль за блоком управління (наприклад, стеження за вентилятором, тест апаратної частини).

Основне завдання функції „Управління системою безпосереднього впорскування палива” (SGD) полягає в координації і перемиканні на різні режими роботи системи безпосереднього впорскування палива (MED-Motronic). Для визначення необхідного режиму роботи координуються запити різних функцій на базі закладених пріоритетів в координаторі режимів роботи.

Підсистема „Потрібний крутний момент” (TD)

У структурі систем ME- і MED-Motronic і все більш в системі M-Motronic послідовно координуються всі потреби в крутному моменті двигуна, на рівні крутного моменту. Підсистема „Потрібний крутний момент” (TD), реєструє всі вимоги до величини крутного моменту, і передає їх в підсистему „Структура крутного моменту” (TS), як вхідні змінні.

Основне завдання функції „Формування сигналу про потрібний крутний момент” (TDS), в основному полягає в реєстрації положення педалі газу. Це положення визначається двома незалежними датчиками кутового положення і інформація від них перетворюється в нормалізований кут педалі газу. При цьому проводиться декілька перевірок на достовірність даних з метою гарантії того, що при збоях в роботі нормалізований кут педалі газу не може бути більше, ніж фактичне положення цієї педалі.

Основне завдання функції „Крутний момент, потрібний водієм” (TDD) полягає в розрахунку, на підставі даних про положення педалі газу, заданої величини крутного моменту двигуна. Крім того, встановлюється характеристика педалі газу.

Основне завдання функції „Потреба в крутному моменті з боку допоміжних пристроїв” (TDA) - формувати внутрішні обмеження крутного моменту двигуна і визначати потребу в ньому (наприклад, обмеження частоти обертання колінчастого валу, демпфування коливань цієї частоти).

Завдання функції „Потреба в крутному моменті при управлінні частотою обертання колінчастого валу на холостому ході” (TDI) - забезпечувати регулювання

частоти обертання колінчастого валу двигуна, коли педаль газу не натиснута. Величина частоти обертання колінчастого валу на холостому ході задається такій, щоб завжди забезпечувалася стійка і рівномірна робота двигуна. Відповідно до цього задана величина частоти обертання колінчастого валу за певних умов (наприклад, при холодному двигуні) встановлюється вище номінальною. Також вища частота обертання колінчастого валу може встановлюватися для забезпечення нагрівання каталітичного нейтралізатора, для збільшення потужності компресора кліматичної установки або при недостатньому ступені зарядженості акумуляторної батареї.

Завдання функції „Круїз-контроль (TDC)” полягають в підтримці постійної швидкості руху автомобіля при ненатиснутій педалі газу, наскільки це можливо в рамках величини реєстрованого крутного моменту. До найважливіших умов відключення цієї функції відносяться такі, як натиснення на клавішу „Вимкнене” на важелі управління водієм, приведення в дію гальм або виключення зчеплення, а також неможливість досягнення необхідної мінімальної швидкості.

Підсистема „Структура крутного моменту” (TS)

У цій підсистемі координуються всі вимоги до крутного моменту. Що в цьому випадку крутний момент потім встановлюється повітряною і паливною системами і системою запалення.

Завдання функції „Координація крутного моменту” (TCD) - координувати всі вимоги до крутного моменту. Різні вимоги (наприклад, з боку водія, функція обмеження частоти обертання колінчастого валу) розставляються по пріоритету і, залежно від активного режиму роботи, перераховуються в установлені величини крутного моменту.

Завдання функції „Зміна масової витрати повітря відповідно до потрібного крутного моменту” (TCA) полягає в розрахунку установленої масової витрати повітря на базі вхідних змінних величини крутного моменту. Ця установлена величина наповнення циліндрів розраховується так, що необхідне співвідношення „масова витрата повітря/крутний момент” досягається точно в той момент, коли реєструються необхідні концентрація кисню і кут випередження запалення.

Завдання функції „Установка параметрів процесів згорання на основі зміни крутного моменту” (ТСС) полягає в розрахунку установочних значень, що стосуються концентрації кисню в повітрі, кута випередження запалення і обмеження величини впорскуваного палива на основі вхідних змінних, що відображають зміну величини крутного моменту.

Завдання основної функції „Крутний момент” (ТМО) полягає в розрахунку (на базі існуючих коефіцієнтів наповнення циліндрів) теоретично оптимального рекомендованого крутного моменту двигуна на основі змісту кисню повітря, кута випередження запалення, передавального відношення в трансмісії і частоти обертання колінчастого валу. Існуючий крутний момент визначається методом ланцюга ККД, яка містить три різні рівні ККД: обмеження величини впорскуваного палива (пропорційно числу циліндрів, в яких відбувається запалення суміші); установка кута випередження запалення (на основі зрушення фактичного кута випередження запалення від оптимального кута випередження запалення); вміст кисню в повітрі (визначається з графіка залежності ККД від складу робочої суміші).

Система повітряпостачання (AS)

У підсистемі „Система повітряпостачання” встановлюється наповнення циліндрів зарядом робочої суміші, необхідне для отримання необхідного крутного моменту. Крім того, функціями системи воздухоподачі є рециркуляція ВГ, управління тиском наддуву, регулювання впускного трубопроводу із змінною геометрією, управління завихоренням потоку повітря і клапанним газорозподілом.

Основним завданням функції „Управління дроселюванням подачі повітря”(АТС) є розрахунок потрібного положення дросельної заслінки на базі установочного значення масової витрати повітря.

Завданням функції „Визначення заряду повітря в циліндрі”(ADC) є визначення за допомогою датчиків навантаження заряду повітря в циліндрі, що складається з свіжого повітря і інертного газу. Значення масової витрати повітря використовується для моделювання тиску у впускному трубопроводі (модель тиску у впускному трубопроводі).

Завданням функції „Управління подачею повітря через впускний

трубопровід” (AIC) є розрахунок установочних характеристик впускного трубопроводу і положення заслінок, що створюють вихровий рух потоку повітря.

Розрідження у впускному трубопроводі робить можливим здійснення рециркуляції ВГ, яка розраховується і управляється функцією „Управління рециркуляцією ВГ”(AEC).

Завдання функції „Управління клапанами”(AVC) – розрахунок установочних значень моменту відкриття і закриття впускних і випускних клапанів і контроль за цим. Виконання цієї функції впливає на кількість рециркулюємих в двигуні залишкових ВГ.

Завданням функції „Управління тиском наддувочного повітря”(ABC) є розрахунок тиску наддуву для двигунів з турбонаддувом з використанням ВГ і управління виконавчими механізмами цієї системи. Двигуни з безпосереднім впорскуванням палива працюють на пошарово розподіленому заряді суміші при повністю відкритій дросельній заслінці на малих навантаженнях. У зв'язку з цим у впускному трубопроводі фактично реєструється атмосферний тиск. Функція „Управління підсилювачем гальм” (ABB) забезпечує отримання достатнього розрідження в підсилювачі гальм за рахунок потрібного обмеження витрати повітря.

Паливна система (FS)

У цій підсистемі відбувається розрахунок вихідних змінних параметрів впорскування палива по відношенню до положення колінчастого валу (тобто моменту впорскування палива) і кількості впорскуваного палива.

Функція „Управління подачею палива” (FFC) служить для розрахунку маси палива по коефіцієнту наповнення циліндрів, вмісту кисню в повітрі і додаткових регулювань (наприклад, перехідна компенсація) або мультиплікативних регулювань (наприклад, для умов пуску, прогрівання і повторного пуску двигуна). Здійснення інших регулювань пов'язане з лямбда- управлінням, пристроєм вентиляції паливного бака і функцією адаптації робочої суміші. У системах MED розраховуються спеціальні дані для різних режимів роботи (наприклад, впорскування палива при такті впускання або стиснення, багатоточкове впорскування палива).

Функція „Момент впорскування палива” (FIT) забезпечує розрахунок часу і

моменту по куту повороту колінчастого валу. Також ця функція служить для гарантування відкриття форсунок точно в необхідний момент по куту повороту колінчастого валу. Час впорскування палива визначається на базі заздалегідь розрахованої маси палива і змінних станів (наприклад, тиск у впускному трубопроводі, напруга акумуляторної батареї, тиск в паливній рампі, тиск в камері згорання).

Функція „Адаптація складу робочої суміші в паливній системі” (FMA) підвищує точність такого управляючого параметра, як вміст кисню в повітрі шляхом адаптації довготривалих відхилень лямбда- регулятора від нейтрального значення. У системах з термоанемометричним плівковим расходомером маси повітря (HFM) це звичайно пов'язано з невеликими витоками повітря з впускного трубопроводу. У системах з датчиками тиску у впускному трубопроводі блок лямбда-управління коректує тиск залишкових ВГ або фіксує помилки в свідченнях датчика тиску. При вищих коефіцієнтах наповнення циліндрів розраховується багатобічний поправочний коефіцієнт, який в основному характеризує помилку термоанемометричного плівкового расходомера повітря (HFM), неточності в роботі регулятора тиску в паливній рампі (у системах MED) і відхилення від запрограмованого моменту спрацьовування форсунок.

Функція "Система подачі палива" (FSS) служить для подачі палива з паливного бака у необхідній кількості і із заданим тиском в паливну рампу. Тиск в системах з управлінням залежно від потреби може регулюватися в діапазоні від 200 до 600 кПа: сигнал тиску виробляє сигнал про фактичну величину цього тиску.

У системах з безпосереднім впорскуванням палива система подачі палива має додатковий контур високого тиску з насосом високого тиску HDP1 і клапаном управління тиском (DSV) або насосом високого тиску HDP2 з управлінням залежно від потреби і клапаном управління кількістю подаваного палива (MSV). За рахунок цього тиск в контурі високого тиску може регулюватися в діапазоні від 3 до 11 МПа. Установочна кількість палива, що подається, розраховується залежно від режиму роботи двигуна, фактичний тиск визначається датчиком високого тиску.

Функція „Вентиляція паливного бака”(FPC) при працюючому двигуні

управляє регенерацією палива, що випаровується в паливному баку і збирається в абсорбері з активованим вугіллям системи уловлювання паров палива. На базі встановленого заданого співвідношення часу відкриття і закриття клапана вентиляції паливного бака і величини тиску в баку розраховується фактична величина масової витрати паливної пари, що проходить через клапан, яка враховується функцією „Управління дросельною заслінкою” (ATC). Також розраховується фактичний вміст палива в паливних парах, яке віднімається з потрібної маси палива.

Функція „Визначення втрат палива на випаровування в паливній системі”(FEL) перевіряє паливну систему на герметичність згідно каліфорнійському законодавству OBD-II.

Система запалення (IS)

У підсистемі „Система запалення” (IS) розраховуються вихідні змінні для запалення і управління котушкою запалення.

Функція „Управління запаленням” (IGC) на базі умов роботи двигуна і з урахуванням втручання з боку структури крутного моменту, визначає установочний кут випередження запалення. Ця функція також забезпечує створення в потрібний момент іскрового розряду на свічці запалення. Кут випередження запалення розраховується на основі базового кута випередження запалення і регулювань кута випередження запалення, а також залежно від режиму роботи двигуна. При визначенні частоти обертання колінчастого валу і базового кута запалення, залежного від навантаження двигуна, враховуються також змінні, пов'язані із зміною фаз газорозподілу, положення заслінки вихрового руху заряду, угруповання циліндрів, а також із спеціальними режимами роботи двигунів з безпосереднім впорскуванням палива. Для розрахунку кута запалення з максимально можливим випередженням коректується базовий кут випередження запалення з регульованими кутами для умов прогрівання двигуна, управління детонацією і роботи системи рециркуляції ВГ. На базі існуючого кута випередження запалення і необхідного часу заряду котушки запалення розраховується і відповідно настроюється момент включення задаючого каскаду запалення.

Функція „Регулювання детонації” (ІКС) забезпечує роботу двигуна біля границі його детонації для оптимізації ККД, але не допускає пошкоджень із-за цієї детонації. Процес згорання у всіх циліндрах контролюється датчиками детонації. Зареєстрований датчиками шум в конструктивних вузлах двигуна порівнюється з контрольним значенням шуму згорання, що виникає при нормальній роботі окремих циліндрів після низькочастотного фільтру. Контрольний рівень шуму є фоновий шум двигуна в режимі роботи без детонації. На основі цього порівняння робиться висновок, наскільки було голосніше дане згорання в порівнянні з фоновим шумом. З певного порогу розпізнається детонація. Як при розрахунку базового рівня, так і при розпізнаванні детонації можуть враховуватися умови роботи, що змінилися (частота обертання колінчастого валу двигуна, динаміка числа оборотів, динаміка зміни цієї частоти і навантаження).

Функція ІКС також забезпечує регулювання моменту запалення в кожному циліндрі. Це враховується при розрахунку фактичного кута випередження запалення (регулювання у бік затримки моменту запалення). При виявленому детонаційному згоранні момент запалення зміщується у бік затримки на необхідну величину. Потім регулювання моменту запалення у бік його затримки дрібними кроками знову знімається, якщо через певний час детонаційного згорання відбуватися не буде.

При детектуванні несправності в апаратній частині задіюється функція безпеки (безпечна затримка запалення).

Система випуску (ES)

Ця підсистема бере участь в приготуванні робочої суміші, регулюючи коефіцієнт надлишку повітря і управляючи продуктивністю каталітичних нейтралізаторів.

Основними завданнями функції „Характеристики і моделювання системи випуску” (EDM) є моделювання фізичних змінних в тракту випуску, обробка сигналів і діагностика несправностей датчиків температури ВГ (при їх наявності) і надання основних характеристик системи випуску для тестування. Модельованими фізичними змінними є температура (наприклад, в цілях захисту елементів системи), тиск (в основному для детектування залишкового ВГ) і масова витрата (для

замкнутого контура лямбда-управління і діагностики нейтралізатора). Разом з цим визначається коефіцієнт надлишку повітря в ВГ (для "управління і діагностики каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NO_x).

Мета функції „Регулювання складу робочої суміші за рахунок зниження токсичності ВГ” (EAF) при розташуванні лямбда-зонда перед переднім каталітичним нейтралізатором полягає в регулюванні коефіцієнта надлишку повітря до отримання заданого значення для мінімізації емісії шкідливих речовин, запобігання коливанням крутного моменту і оптимізації складу робочої суміші на межі її збіднення. Вхідні сигнали від замкнутого контура лямбда-управління, розташованого за основним каталітичним нейтралізатором, дозволяють ще більше понизити цю шкідливу емісію.

Функція „Трьохкомпонентний каталітичний нейтралізатор” (ETF) використовує лямбда-зонд за переднім каталітичним нейтралізатором (якщо він є). Його сигнал є мірою змісту кисню в ВГ і служить базою управління і діагностики каталітичного нейтралізатора. Така функція може істотно поліпшити регулювання складу робочої суміші і, отже, оптимізувати роботу каталітичного нейтралізатора.

Управляюче регулювання конструюється по-різному залежно від системи. Каталітичний нейтралізатор з накопичувачем NO_x , який працює при $\lambda = 1$, при певному вмісті кисню показує якнайкращий ступінь очищення ВГ. Функція управління за рахунок контрольних параметрів встановлює цю продуктивність. Відхилення коректуються за рахунок компенсуючих компонентів.

Функція „Управління роботою трьохкомпонентного основного каталітичного нейтралізатора” (ETM) в основному працює так само, як описана вище функція ETF. У системах з каталітичним нейтралізатором з накопичувачем NO_x перехід на спеціальний режим роботи забезпечує знесірчення цього нейтралізатора.

Функція „Управління роботою каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NO_x ” (ENM) шляхом регулювання роботи каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NO_x (особливо в умовах роботи на збідненій суміші) забезпечує дотримання нормованих граничних значень емісії NO_x .

Залежно від стану каталітичного нейтралізатора, фаза накопичення NO_x

завершується і здійснюється перехід на такий режим роботи двигуна ($\lambda < 1$), при якому відбувається випуск NO_x з накопичувача і перетворення цього компонента в N_2 . Регенерація каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NO_x завершується при зміні сигналу від лямбда-зонда, встановленого за цим нейтралізатором.

Функція „Управління температурою в системі випуску” (ECT) управляє температурою ВГ в системі випуску з метою прискорення прогрівання каталітичних нейтралізаторів до робочої температури після пуску двигуна (нагрів каталітичних нейтралізаторів), запобігання охолодженню цих нейтралізаторів при їх роботі (збереження необхідної температури каталітичних нейтралізаторів), нагрівання каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NO_x для його знесірчення і недопущення термічного пошкодження елементів системи запуску (захист елементів). На базі даних про тепловий потік, необхідний для підвищення температури, визначається резерв крутного моменту для підсистеми. „Структура крутного моменту”(TS). Потім здійснюється підвищення температури, наприклад, шляхом затримки моменту запалення. При роботі двигуна на холостому ході також може бути збільшений тепловий потік за рахунок збільшення частоти обертання колінчастого валу холостому ході.

Робочі дані (OD)

У цій підсистемі реєструються всі важливі експлуатаційні параметри роботи двигуна, здійснюється перевірка на достовірність і, якщо необхідно, надаються заміщаючі дані.

Функція „Робочі дані по управлінню положенням колінчастого і розподільного валів двигуна” (OEP) розраховує на основі оброблених вхідних сигналів, що поступають від датчиків на колінчастому і розподільному валах, положення цих валів. На цій базі далі розраховується частота обертання колінчастого валу двигуна. Синхронізуюче колесо на колінчастому валу (з двома відсутніми зубами) і характеристики сигналу від розподільного валу використовуються для синхронізації двигуна і блоку управління, а також для контролю цієї синхронізації при роботі двигуна.

Для оптимізації часу пуску двигуна здійснюється аналіз форми сигналу від

розподільного валу і положення колінчастого валу при вимкненому двигуні, за рахунок чого досягається швидка синхронізація.

Функція „Робочі дані по вимірюванню температури” (OTM) здійснює обробку інформації про температуру, що поступає від датчиків температури, проводить перевірку цих даних на достовірність і, у разі погрішності, надає замінуючі значення. Разом з температурою двигуна і всмоктуваного повітря, за бажанням можуть визначатися значення температури навколишнього середовища і моторного масла. Для прочитування інформації про температуру призначені вхідні сигнали напруги. Це проводиться після розрахунку характеристичної кривої.

Функція „Робочі дані по напрузі акумуляторної батареї” (OBV) здійснює виробітку сигналів напруги струму живлення і на їх основі проводить діагностичні операції. Знімання необробленого сигналу здійснюється через клему 15 і, якщо необхідно, через головне реле. Функція „Детектування перебоїв в запаленні і нерівномірної роботи двигуна” (OMI) контролює двигун на виникнення перебоїв в запаленні і порушення процесу згорання

Зв'язок (CO)

У цій підсистемі об'єднуються всі основні функції Motronic, пов'язані з іншими системами. Функція „Інтерфейс зв'язку з користувачем” (COU) забезпечує зв'язок з діагностичним (наприклад, тестером двигуна) і калібрувальним обладнанням. Зв'язок здійснюється через К-лінію, хоча для цих цілей може також використовуватися інтерфейс бортового контролера зв'язку (CAN). Для різних цілей застосування є різні протоколи зв'язку (наприклад KWP2000, McMess).

Функція „Інтерфейс зв'язку з автомобілем” (COV) контролює зв'язок з іншими блоками управління, датчиками і виконавчими механізмами.

Функція „Доступ до пристроїв безпеки” (COS) забезпечує зв'язок з іммобілайзером автомобіля і дозволяє (за бажанням) управляти доступом до перепрограмування пам'яті Flash-EPROM.

Управління допоміжним обладнанням (AC)

Ця підсистема управляє допоміжними системами.

Функція „Управління системою кондиціонування повітря” (ACA) управляє

роботою компресора клімат-контролю і оцінює сигнал датчика тиску в системі кондиціонування повітря. Компресор включається у тому випадку, коли, наприклад, через вимикач поступає команда від водія або від блоку управління системою кондиціонування повітря. Блок управління повідомляє в систему Motronic про те, що повинен бути включений компресор. Після цього він включається на короткий час. При роботі двигуна на холостому ході система управління двигуном має досить часу для створення необхідного резерву крутного моменту.

Різні обставини приводять до відключення системи кондиціонування повітря (наприклад, критичний тиск в цій системі, несправність датчика тиску, низька температура навколишнього середовища).

Функція „Управління вентилятором системи охолодження двигуна” (ACF) управляє роботою вентилятора залежно від потреби і розпізнає несправності вентилятора і збої в його управлінні. При певних обставинах може виникнути необхідність в роботі вентилятора навіть при вимкненому двигуні.

Функція „Регулювання температури допоміжного обладнання” (ACT) регулює температуру двигуна залежно від режиму його роботи. Потрібна температура двигуна визначається залежно від потужності двигуна, швидкості руху автомобіля, режиму роботи двигуна і температури навколишнього середовища. Це допомагає двигуну швидше досягти робочої температури з подальшим оптимальним охолодженням. Об'ємна витрата охолоджуючої рідини, що проходить через радіатор двигуна і термостат, розраховується на основі уставовочного значення температури.

Функція „Управління електропристроями” (ACI) відповідає за управління роботою електричних пристроїв (стартера, генератора).

Завданням функції „Управління підсилювачем в приводі рульового управління” (ACS) є управління насосом в сервоприводі рульового управління.

Контроль (МО)

Функція „Контроль за функціонуванням” (MOF) контролює всі елементи системи Motronic, що впливають на величину крутного моменту і частоту обертання колінчастого валу двигуна. Основним завданням цієї функції є порівняння величини

допустимого крутного моменту, розрахованого на основі потреби в ньому з боку водія, з фактичним крутним моментом, розрахованим на основі даних, що поступили від двигуна. При дуже великій величині цього фактичного моменту за рахунок реалізації відповідних заходів забезпечується його зміна до необхідного рівня.

У функції „Управляючий модуль”(МММ) об'єднані всі функції контролю, які сприяють взаємному контролю між процесором і контролюючим модулем. Процесор функцій і управляючий модуль є компонентами блоку управління. Їх взаємний контроль здійснюється шляхом постійного зв'язку в режимі запит-відповідь.

У функції „Моніторинг мікроконтролера” (МММ) об'єднані всі контролюючі функції, які можуть розпізнавати погрішність або збій в роботі самого процесора і його периферійного обладнання.

Приклади:

- тестування аналого-цифрового перетворювача;
- тестування пам'яті RAM і ROM;
- моніторинг реалізації програми;
- перевірка команд.

Діагностична система (DS)

Діагностика компонентів і систем здійснюється за рахунок реалізації основних функцій цієї підсистеми, що проводить також координацію різних результатів діагностики.

Завданням функції „Управління діагностичної системи” (DSM) є:

- збереження в пам'яті деталей збоїв в роботі і пов'язаних з ними умов експлуатації;
- включення лампи-індикатора виникнення несправності;
- створення зв'язку з діагностичними тестерами;
- координація реалізації різних функцій діагностики (з урахуванням пріоритетів і умов блокування) і підтвердження фактів збоїв в роботі.

2 ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОЗУВАННЯ ПАЛИВА В АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНАХ. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВПОРСКУВАННЯ БЕНЗИНУ

2.1 Системи впорскування палива

В даний час найбільшого поширення набула система Motronic Існують наступні варіанти системи Motronic:

- М-Motronic з описаними раніше основними і додатковими функціями;
- ME-Motronic - на базі М-Motronic з додатково інтегрованою в неї системою EGAS (електронно-керована педаль газу);
- MED-Motronic - подальший розвиток системи ME-Motronic за рахунок введення контура управління безпосереднім впорскуванням палива (із зворотним зв'язком).

Існують також системи Motronic з інтегрованим управлінням трансмісією (наприклад, MEG-Motronic). Але вони не дуже поширені із-за високих вимог до їх апаратної частини.

Система М-Motronic

Система М-Motronic включає всі елементи, необхідні для управління двигуном з впорскуванням у впускний трубопровід і традиційною дросельною заслінкою. На рис. 7 показаний приклад системи М-Motronic. Її діапазон застосування визначається вимогами відносно потужності двигуна, а також обмеженнями, що накладаються з боку законодавства на токсичність ВГ. Центральним вузлом управління системи М-Motronic є блок управління двигуном 21, який реєструє всі вхідні сигнали і виробляє сигнали управління, що поступають на виконавчі пристрої.

Впродовж історії еволюції системи Motronic виникли покоління варіантів цієї системи (наприклад, М1, М3, М7), які відрізняються в першу чергу змістом апаратних засобів.

Істотними відмітними ознаками є мікроконтролери периферійні модулі і модулі крайових каскадів (набір чіпів). Варіанти апаратних засобів, що виникають

відповідно до вимог різних виробників автомобілів, відрізняються ідентифікаційними кодовими номерами виробників автомобілів (наприклад, M4.3).

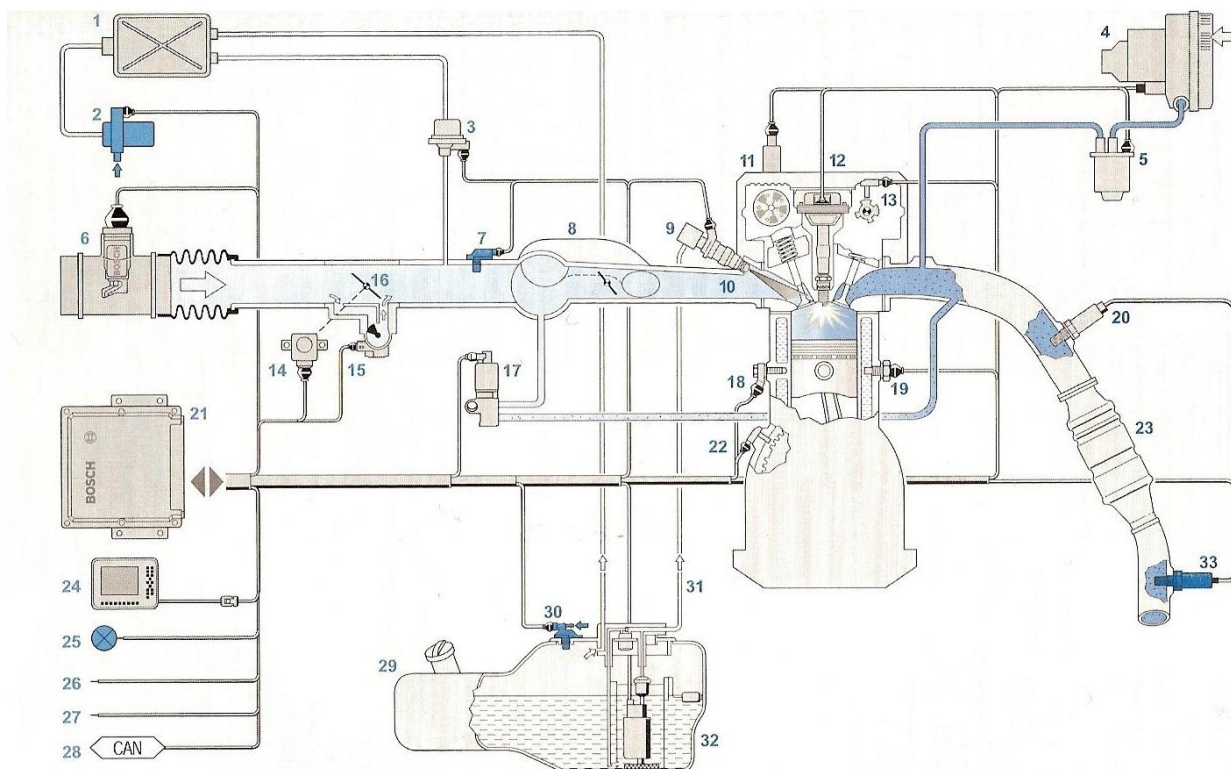


Рисунок 7 – Система M-Motronic

Елементи системи воздухоподачі

Дросельна заслінка

Педаць газу сполучена з дросельною заслінкою 16 механізмом, важеля, або тросом. Положення дросельної заслінки визначає ступінь відкриття воздуховпускного отвору. Це дозволяє управляти масовою витратою повітря, що проходить в циліндри через впускний трубопровід.

Регулятор частоти обертання колінчастого валу на холостому ході

За допомогою регулятора частоти обертання колінчастого валу на холостому ході 15 певний потік повітря може прямувати дросельною заслінкою (байпас). Це дозволяє утримувати частоту обертання колінчастого валу на режимі холостого ходу на постійному рівні (регулювання частоти обертання колінчастого валу на холостому ході). В цьому випадку блок управління двигуном змінює ступінь відкриття байпасного каналу.

Датчики визначення навантаження двигуна

Навантаження двигуна є важливим робочим параметром системи електронного управління двигуном. Вона є мірою наповнення повітрям циліндра на момент згорання і, отже, маси всмоктуваного повітря. Це основний параметр для розрахунку часу впорскування палива.

Існують різні можливості визначення навантаження на двигун. У системах M-Motronic використовуються наступні датчики

- вимірник об'ємної витрати повітря;
- термоанемометричний вимірник масової витрати повітря;
- термоанемометричний плівковий датчик масової витрати повітря;
- датчик тиску у впускному трубопроводі;
- датчик положення дросельної заслінки.

Залежно від конфігурації системи Motronic можуть використовуватися лише окремі датчики або комбінації датчиків.

Датчик об'ємної витрати повітря

Цей датчик розташовується між повітряним фільтром і дросельною заслінкою і визначає об'єм повітря, всмоктуваного двигуном за одиницю часу. Потік повітря впливає на пластину-дефлектор, розташовану в цьому датчику, і відхиляє її, протидіючи зусиллю пружини. Кут відхилення пластини-дефлектора є мірою об'ємної витрати повітря. Цей кут перетвориться потенціометром в електричну напругу.

Для того, щоб враховувати зміни щільності повітря при зміні температури всмоктуваного повітря, в цей датчик вбудований датчик температури, за допомогою сигналу якого блок управління розраховує поправочний коефіцієнт. Раніше датчик об'ємної витрати повітря був стандартним елементом системи M-Motronic, але потім був поступово витиснений вимірниками маси повітря.

Датчик масової витрати повітря

Цей датчик (6, рис. 7) розташовується між повітряним фільтром і дросельною заслінкою і визначає масу повітря, всмоктуваного двигуном за одиницю часу (кг/ч).

Термоанемометричні дротяні і плівкові расходомери є датчиками теплового навантаження. Вони працюють за одним принципом: тіло (сенсорний елемент), що

нагрівається, віддає теплову енергію потоку повітря. Струм напруження, залежний від маси потоку повітря, підтримує температуру сенсорного елемента на постійному рівні. Ланцюг аналізатора оцінює струм напруження і створює сигнальну напругу.

У термоанемометричному дротяному расходомірі маси повітря (HLM) елементом, що нагрівається, - дротом накалу- є тонкий платиновий дріт („гарячий дріт”). У термоанемометричному плівковому расходомірі повітря (HFM) сенсорним елементом, що нагрівається, є платиновий плівковий резистор („гаряча плівка”). Цей елемент розташовується разом з іншими деталями датчика на керамічній пластинці.

При використанні цього датчика враховується щільність повітря, оскільки вона визначає величину тепловіддачі від елемента датчика повітряного потоку. У плівковому расходомірі додатково визначається маса повітря в зворотному потоці і вона враховується при обробці даних.

В останніх системах M-Motronic для вимірювання масової витрати повітря використовуються тільки термоанемометричні плівкові теплові датчики.

Датчик тиску у впускному трубопроводі

Датчик тиску у впускному трубопроводі (7, рис. 7) сполучений з впускним трубопроводом пневматичним шляхом і, таким чином, визначає абсолютний тиск у впускному трубопроводі. На основі даних про цей тиск, температуру всмоктуваного повітря і частоту обертання колінчастого валу може бути розрахована маса повітря, що поступає в циліндри двигуна.

Датчик кутового положення дросельної заслінки

У датчику кутового положення дросельної заслінки (14, рис.7) використовується потенціометр, який визначає положення дросельної заслінки і виробляє аналоговий сигнал напруги. Цей сигнал звичайно використовується тільки як допоміжний сигнал навантаження. Він дає додаткову інформацію для реалізації динамічних функцій і детектування діапазону робочих режимів двигуна (холостий хід, часткове навантаження, повне навантаження) і є дублюючим сигналом при виході з ладу основного датчика навантаження двигуна.

Якщо датчик кутового положення дросельної заслінки використовується як основний датчик навантаження двигуна, то вимоги до точності вимірювань

зростають. Вища точність досягається за рахунок використання двох потенціометрів і поліпшених підшипників поворотного важеля.

Маса всмоктуваного повітря визначається на основі оцінки кута повороту дросельної заслінки і частоти обертання колінчастого валу. Залежні від температури зміни щільності повітря враховуються шляхом вимірювання температури всмоктуваного повітря.

Рециркуляція ВГ

За допомогою рециркуляції ВГ може бути підвищена частка інертного газу в наповненні циліндрів. Система рециркуляції ВГ формує зв'язок між системою випуску і впускним трубопроводом. За рахунок зміни поперечного перетину рециркуляційного клапана (17, рис. 7) можливо визначати частку ВГ, що повторно потрапляють в циліндри (коефіцієнт рециркуляції). Ці рециркулюючі ВГ впливають на процес згорання. Вони знижують пікову температуру і тим самим зменшують емісію NO_x з ВГ.

За рахунок зменшення дроселювання всмоктуваного повітря додатково зменшується витрата палива.

Ступінь відкриття рециркуляційного клапана не безпосередньо регулюється сигналом від електропневматичного перетворювача, блоком управління двигуном, що виробляється. Останні типи клапанів рециркуляції ВГ можуть безпосередньо управлятися електричним шляхом - за рахунок потенціометра до них поступає зворотній сигнал про положення клапана. Цей зворотній сигнал дозволяє забезпечити дуже точну установку ступеня відкриття клапана.

Допустимий ступінь рециркуляції ВГ істотно залежить від режиму роботи і умов експлуатації двигуна (наприклад, від температури двигуна). Дуже високий ступінь такої рециркуляції приводить до уповільнення процесу згорання аж до виникнення перебоїв в запаленні і, отже, до нерівномірної роботи двигуна. Ці обставини повинні враховуватися при калібруванні системи відповідно до параметрів конкретного двигуна.

Змінна геометрія впускного трубопроводу

Впускні трубопроводи із змінною геометрією (8, рис. 7) можуть

застосовуватися для того, щоб мати можливість ефективніше використовувати динамічні ефекти турбонаддува, залежні від частоти обертання колінчастого валу. Системи із змінною геометрією впускного трубопроводу забезпечують краще наповнення циліндрів зарядом робочої суміші і, отже, кращу характеристику крутного моменту.

Геометрія впускного трубопроводу змінюється за допомогою блоку управління двигуном залежно від режиму роботи двигуна (особливо від частоти обертання колінчастого валу і навантаження), наприклад, за допомогою заслінок з електричний або електропневматичним приводом.

Регулювання фаз газорозподілу за рахунок повороту розподільного валу. Завдяки адаптації фаз газорозподілу до режиму роботи двигуна збільшується момент, що крутить, і знижується токсичність ВГ.

Системи із змінними фазами газорозподілу розподільного валу можуть варіювати час відкриття-закриття впускних клапанів. Шляхом зміни фази відкриття впускних клапанів за рахунок зміни положення розподільного валу відносно колінчастого можна регулювати фазу перекриття клапанів і, отже, частку інертних газів в камері згорання.

Вузли паливної системи

Паливний насос з електроприводом

Електропривідний паливний насос (ЕКР) (32, рис.7) прокачує паливо з паливного бака (29, рис.7) через топлівопроводи (31, рис.7) під тиском, визначуваним регулятором. У старих системах впорскування насос вмонтовувався поза паливним баком в топлівопроводі, в нових системах він інтегрований в модуль, вбудований в паливний бак.

Паливний фільтр

Паливний фільтр затримує забруднення, що містяться в паливі, захищаючи від них вузли системи впорскування. Паливний фільтр розташовується в топлівопроводі за межами паливного бака, але він може також інтегруватися в модуль в середині паливного бака.

Регулятор тиску палива

Регулятор тиску палива встановлює в паливній системі тиск певної величини, повертаючи надмірну кількість поданого палива по рециркуляційному теплопроводу назад в паливний бак.

В паливних системах з рециркуляцією регулятор тиску палива, як правило, встановлений на паливній рампі. Повітряна трубка, яка веде до впускного трубопроводу, створює постійну різницю в тиску між форсунками і впускним трубопроводом.

В паливних системах без поворотного трубопроводу (RLFS) постійний тиск в системі подачі палива підтримується відносно атмосферного. Різниця, що змінюється, між тиском палива і тиском у впускному трубопроводі вимагає введення корекцій при розрахунку часу впорскування. У цих системах регулятор тиску палива вбудований в паливний бак.

Залежно від конструкції системи впорскування коливання тиску можуть демпфуватися за допомогою зменшувача тиску палива.

Система зниження емісії пари палива

Ця система повинна сприяти тому, щоб пари палива не потрапляли в атмосферне повітря. Паливні пари, що випаровуються з паливного бака, уловлюються в заповненому активованим вугіллям абсорбері (1, рис. 7), який є частиною системи зниження емісії і уловлювання парів палива. Пари палива, що накопичуються в цьому абсорбері, захоплюються всмоктуваним через замочний клапан (2, рис. 7) повітрям і прямують у впускний трубопровід, а потім потрапляють в циліндри двигуна. За рахунок цього активоване вугілля знову відновлюється (регенерується). Блок управління двигуном регулює регенерований потік за допомогою клапана регенерації (3, рис. 7) залежно від режиму роботи двигуна.

Паливна рампа

Паливо, подане насосом, поступає в паливну рампу (9, рис. 7), на якій закріплені форсунки.

Електромагнітні форсунки

Електромагнітні форсунки (10, рис. 7) входять у впускний трубопровід таким чином, що струмінь впорскування потрапляє в зону перед тарілкою або

безпосередньо на тарілку впускного клапана (в деяких випадках також на декілька впускних клапанів). Тут у впускному трубопроводі паливо разом зі всмоктуваним повітрям утворює робочу суміш. Кожен циліндр забезпечений форсункою.

Форсунки управляються блоком управління двигуном в тактовому режимі. Тривалість сигналів на впорскування визначає кількість впорскуваного палива. Залежно від типу впорскування, форсунки працюють одночасно або окремо. У нових розробках застосовується тільки послідовне або індивідуальне впорскування палива для кожного циліндра. В кожний циліндр впорскується точно дозована кількість палива в найкращій для цього момент.

Модулі задаючих каскадів інтегровані в блок управління.

Елементи системи запалювання

Котушка запалювання

Котушка запалювання накопичує енергію запалювання, необхідну для займання робочої суміші, і генерує високу напругу (потрібна напруга запалювання), необхідну для створення іскрового розряду на свічці запалювання.

У системі M-Motronic котушка запалювання (12, рис.7) кріпиться безпосередньо до свічки запалювання. Йдеться про систему запалювання з так званим непорушним розподілом запалювання і про одноіскрові котушки запалювання, обслуговуючі кожен циліндр, забезпечуючи генерування високої напруги. Поширені також системи з двухіскровими котушками запалювання, в яких дві свічки запалювання обслуговуються однією загальною котушкою запалювання. Системи тільки з однією котушкою запалювання вимагають застосування розподільника високої напруги з механічним ротором, що обертається. У сучасних системах запалювання ці типи розподілу вже не застосовуються.

Свічки запалювання

Свічка запалювання за рахунок утворення іскрового розряду між електродами запалює робочу суміш, що знаходиться в циліндрі.

Елементи системи очищення

Трьохкомпонентний каталітичний нейтралізатор ВГ

Цей нейтралізатор перетворює токсичні речовини, що утворюються в

результаті згорання робочої суміші, - оксид вуглецю (CO), вуглеводороди (CH) і оксиди азоту (NO_x) у водяну пару (H₂O), азот (N₂) і вуглекислий газ (CO₂).

Лямбда зонди

Лямбда-зонд (20, рис.7) вимірює вміст кисню в ВГ і таким чином дозволяє зробити висновки про склад робочої суміші в циліндрах двигуна. Блок управління двигуном використовує сигнал лямбда-зонда, для того, щоб мати можливість підтримувати стехіометричеське співвідношення палива і повітря в суміші ($\lambda = 1$). При такому складі суміші трьохкомпонентний каталітичний нейтралізатор володіє максимальною ефективністю очищення ВГ від токсичних речовин.

У системах M-Motronic використовуються виключно двоточкові лямбда-зонди. Залежно від системи, за нейтралізатором ВГ може встановлюватися додатковий лямбда-зонд (33, рис. 7) , що підвищує ефективність очищення ВГ і забезпечує контроль за старінням каталітичного компоненту нейтралізатора.

Система подачі додаткових порцій повітря

Короткочасна подача повітря у випускний колектор після пуску двигуна приводить до додаткового згорання незгорілих вуглеводнів (CH), що містяться в ВГ. Цей захід знижує емісію вуглеводнів. З іншого боку, вона скорочує час нагрівання каталітичного нейтралізатора, і він швидше досягає своєї робочої температури.

Це (додаткове) повітря нагнітається допоміжним насосом (4, рис. 7). При цьому подаючий повітропровід при непрацюючому насосі перекритий клапаном подачі додаткового повітря (5, рис. 7). Для цього блок управління двигуном управляє роботою цих об'єктів елементів.

Пристрої бортової діагностики

У каліфорнійських нормах по граничній токсичності ВГ (CARB) регламентуються особливо строгі вимоги до діагностики системи Motronic. Деякі системи, що забезпечують зниження токсичності ВГ, можуть діагностуватися тільки за допомогою додаткових пристроїв.

Робочі характеристики

Разом з вже згадуваними датчиками, робочі характеристики реєструються ще цілим рядом додаткових датчиків. Як приклад можна привести:

- датчик частоти обертання колінчастого валу (22, рис. 7) для визначення положення колінчастого валу і розрахунку частоти обертання колінчастого валу двигуна;
- фазний датчик (13, рис. 7) для визначення положення фази (тобто фази робочого циклу двигуна) розподільного валу;
- датчики температури охолоджуючої рідини (19, рис. 7) і температури всмоктуваного повітря для розрахунку поправок, залежних від цих значень температури;
- датчик детонації (18, рис.7) для визначення детонації двигуна.

Допоміжні системи

Вентилятор двигуна

Залежно від температури двигуна, блок управління включає вентилятор в системі охолодження для додаткового охолодження двигуна і знижує його температуру. Вентилятор двигуна, залежно від системи, може також працювати з декількома швидкостями.

У звичайних системах управління робота вентилятора управляється термостатом.

Компресор в пристрої кондиціонування повітря

Для приводу компресора цього пристрою потрібна велика потужність, яка поступає від двигуна. Тому ця частина потужності в трансмісії автомобіля не використовується. У ситуаціях, коли необхідна повна потужність двигуна (наприклад, під час обгону при повному навантаженні), система управління двигуном може на якийсь час відключати цей компресор.

Системи зв'язку

Інтерфейс бортового контролера зв'язку (CAN)

Залежно від комплектації автомобіля, система M-Motronic може оснащуватися бортовим контролером зв'язку (CAN). Через інтерфейс CAN (28, рис. 7) може здійснюватися обмін даними з іншими електронними системами управління (наприклад, з блоком управління трансмісією, антиблокувальною системою гальм і т. д.).

Лампа-індикатор несправностей (MIL)

Ця лампа (25, рис. 7) вбудована в панель приладів автомобіля або в групу приладів на приладовому щитку автомобіля. Вона інформує водія про збій в роботі системи Motronic.

Сигнал про витрату палива

Система Motronic на базі часу впорскування розраховує витрату палива і передає цю інформацію у вигляді цифрових сигналів в бортовий комп'ютер. Інформація про витрату палива може передаватися через інтерфейс бортового контроллера зв'язку (CAN).

Діагностичний інтерфейс

Такий інтерфейс застосовується для підключення приладів (наприклад KTS500) для тестування системи в сервісних центрах або автомайстернях. Ці прилади можуть прочитувати інформацію про всі збої в роботі, що зберігається в пам'яті системи діагностики при роботі двигуна.

Раніше було можливе прочитування інформації про збої в роботі тільки діагностичною лампою за допомогою мигаючого коду. Тепер інформація може прочитуватися за допомогою тестера двигуна з виведенням інформаційного тексту на дисплей. У автомобілях, оснащених бортовою системою діагностики OBD II, скануючий прилад „Scan-Tool” (тестер) може прочитувати дані, що відносяться до виходу з ладу системи зниження токсичності ВГ, включаючи дані про „умови навколишнього середовища”, які існували у момент виникнення цих несправностей.

Система ME-Motronic

Електронне управління двигуном з електронним управлінням дросельною заслінкою (EGAS) відрізняється тим, що тут відсутнє механічне з'єднання між педаллю газу і дросельною заслінкою (механізм, важеля, або трос). Положення педалі газу, відповідне бажанню водія, визначається потенціометром на педалі газу (датчик ходу педалі в модулі педалі газу 23, рис. 8). Ця інформація поступає в блок 12 управління двигуном у формі аналогового сигналу напруги. У блоці управління генеруються сигнали, які регулюють ступінь відкриття електроркерованої дросельної заслінки 3 так, щоб двигун створював необхідну величину крутного моменту.

Система ME (подальший етап вдосконалення системи Motronic), регулююча потужність двигуна вказаним способом, вперше була введена фірмою Bosch в 1986 р. Тоді, на додаток до блоку управління двигуном, ця система мала окремий блок управління потужностними показниками двигуна.

Підвищення щільності монтажу електронних схем дозволило об'єднати функції системи Motronic і управління потужністю двигуна в одному блоці управління (1994 р.). Але проте все ще залишалося ділення функцій між двома мікроконтролерами. Наступний крок був зроблений в 1998 р. з появою нового покоління системи Motronic ME7, яке включає всі функції управління двигуном в одному мікроконтролері. Цей крок став можливий завдяки все більш високій розрахунковій продуктивності мікрочіпів. Чіп, використовуваний в системі ME7, є 16-бітовий процесор.

На рис. 8 зображений приклад системи ME-Motronic. Об'єм системи визначений вимогами до потужності двигуна, а також вимогами діючого в даний час закону про відпрацьовані гази і діагностику.

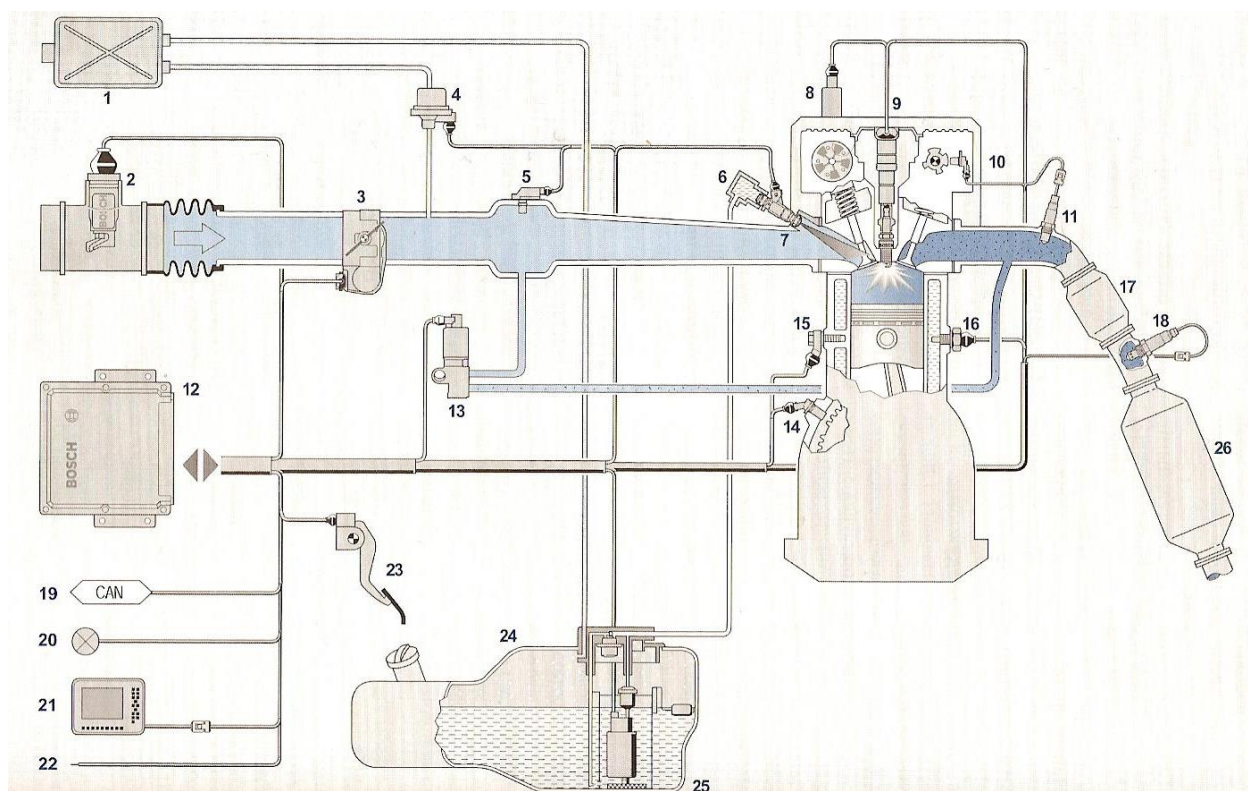


Рисунок. 8 – Система ME-Motronic

Істотними відмітними ознаками системи ME-Motronic в порівнянні з системою

М-Motronic є електронне управління дросельною заслінкою і функціональна структура вживаного програмного забезпечення на базі величини крутного моменту.

Елементи системи повітряпостачання

Дросельна заслінка

У системі ME-Motronic положення дросельної заслінки регулюється електрично за допомогою серводвигуна, інтегрованого в дросельний пристрій (3, рис. 8), тобто управління потужністю двигуна здійснюється електронним шляхом. Завдяки цьому масова витрата повітря у впускному трубопроводі може встановлюватися незалежно від положення педалі газу. Положення цієї педалі, визначуване датчиком 23, служить як вхідний параметр для блоку управління двигуном, будучи мірою бажання водія відносно створення потрібного крутного моменту. На режимі холостого ходу дросельна заслінка відкривається на такий кут, що встановлюється необхідна частота обертання колінчастого валу на холостому ході. Додатковий байпасний повітряний канал, який є в системі М-Motronic, тут не потрібний.

Датчики визначення навантаження двигуна

В якості таких датчиків в системі ME-Motronic застосовуються:

- термоанемометричний плівковий расходомер маси повітря (НFM) (2, рис. 8) і/або
- датчик тиску у впускному трубопроводі (5, рис. 8).

Для визначення навантаження двигуна переважно використовується термоанемометричний плівковий расходомер маси повітря (НFM), який визначає масову витрату повітря, що всмоктується двигуном. На його основі в системі Motronic проводиться розрахунок маси повітря, що поступає в циліндр. Додатковий датчик тиску у впускному трубопроводі при застосуванні расходомера НFM використовується тільки для оцінки роботи системи рециркуляції ВГ.

Як альтернатива цьому способу визначення навантаження існують р-системи (тут р означає тиск), які визначають навантаження двигуна за допомогою датчика тиску у впускному трубопроводі. На основі даних про переважаючий тиск у впускному трубопроводі, температурі всмоктуваного повітря і частоті обертання

колінчастого валу можна також розрахувати масу повітря, що знаходиться в циліндрі двигуна для участі в процесі згорання. У двигунах з турбонаддувом необхідний додатковий датчик, який визначає тиск наддуву.

Елементи системи топлівоподачі

Система топлівоподачі ME-Motronic не відрізняється від системи топлівоподачі M-Motronic. Управління впорскуванням палива через форсунки 7 забезпечується за рахунок послідовних або індивідуальних для кожного циліндра моментів впорскування палива, за винятком деяких умов роботи двигуна.

Елементи системи запалення

У системі ME-Motronic застосовується виключно нерухомий розподіл напруги з одноіскровими (9, рис. 8) або двоіскровими котушками запалення.

Пристрої очищення ВГ

Пристрої очищення ВГ в системі ME-Motronic, так само як в системі M-Motronic, включають:

- один або два трьохкомпонентні каталітичні нейтралізатори (додатковий 17 і головний 26);
- лямбда-зонди до і після (13) каталітичного нейтралізатора.

Можуть також використовуватися і інші елементи, такі як:

- система подачі додаткових порцій повітря, що містить насос і клапан подачі повітря для прискореного нагрівання каталітичного нейтралізатора;
- датчик температури ВГ в двигунах з турбонаддувом (тепловий захист конструктивних елементів).

На рис. 10 показані додатковий каталітичний нейтралізатор, встановлений поблизу двигуна, і розташований за цим нейтралізатором головний каталітичний нейтралізатор. Для вимірювання концентрації кисню в ВГ перед каталітичним нейтралізатором разом з двоточковими зондами використовуються також широкосмугові лямбда-зонди (для управління роботою двигуна на базі даних від лямбда-регулювань). Завдяки цьому забезпечується краща динамічна реакція на роботу замкнутого контура управління. Лямбда-зонди, розташовані за каталітичним нейтралізатором, що використовуються по двохзондській схемі, завжди є

двоточковими.

Спосіб контролю

На режимі експлуатації ні за яких обставин не повинні виникати такі умови роботи двигуна, які можуть приводити до небажаного для водія прискорення автомобіля. Тому до концепції електронного управління потужністю двигуна пред'являються високі вимоги. Для цього блок управління містить, окрім головного процесора, додатковий процесор контролю. Процесори контролюють роботу один одного.

Структура крутного моменту

Система управління на базі величини крутного моменту вперше була введена в системі ME-Motronic. Всі вимоги до потужності (рис.9) двигуна завжди перетворюються в необхідний установочний крутний момент. У блоці-координаторі крутного моменту ці вимоги від внутрішніх і зовнішніх споживачів, а також інші характеристики, що впливають на КПД двигуна, ранжируються по ступеню їх дії на двигун. Результуючий необхідний крутний момент ділиться на складові, пропорційні потребам в системах воздухоподачі, топливоподачі і запалення.

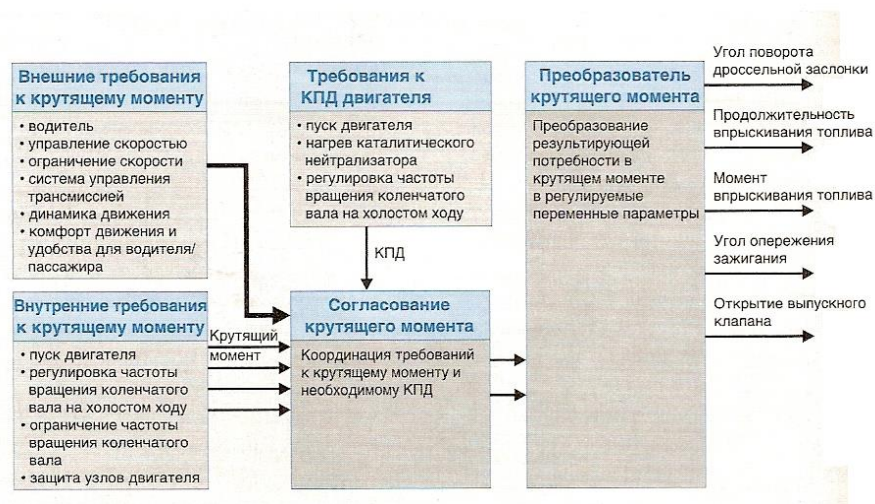


Рисунок 9 – Структура системы ME-Motronic

Складова, що відноситься до воздухоподачі, реалізується шляхом зміни ступеня відкриття дросельної заслінки, а в двигунах з наддувом додатково шляхом управління відкриттям байпасного клапана. Складова, що відноситься до системи топливоподачі, визначається, в основному, кількістю впорскнутого палива з

урахуванням вентиляції паливного бака (системи уловлювання і рециркуляції паливної пари).

Регулювання крутного моменту здійснюється по двох каналах. У повітряному (головному) каналі на базі потрібного крутного моменту розраховується необхідний заряд суміші в циліндрі. На базі цього заряду обчислюється необхідний кут повороту дросельної заслінки. Маса впорскуваного палива при жорстко заданому значенні коефіцієнта надлишку повітря залежить від наповнення циліндра робочою сумішшю. За допомогою повітряного каналу здійснюються тільки поступові зміни крутного моменту (наприклад, інтегральний компонент регулювання частоти обертання колінчастого валу на холостому ході).

Канал, що функціонує синхронно з колінчастим, використовує інформацію про реєстрований в даний момент заряд циліндра, що дозволяє розрахувати крутний момент, максимально можливий для цього робочого режиму. Якщо потрібний крутний момент менше максимально можливого, то швидко його зниження (наприклад, диференціальний компонент регулювання частоти обертання колінчастого валу на холостому ході, зниження крутного моменту при перемиканні передач в трансмісії, демпфування ривків) може бути досягнуте шляхом затримки моменту запалення або шляхом відключення одного або декількох циліндрів (відсічення впорскування палива, наприклад, при включенні протівобуксовочної системи або при роботі двигуна на режимі примусового холостого ходу).

У існуючих дотепер системах M-Motronic зниження крутного моменту (наприклад, при перемиканні передач в автоматичній трансмісії) здійснюється безпосередньо кожною функцією, наприклад, зміною кута випередження запалення у бік запізнювання. Не здійснювалася координація окремих вимог з командними сигналами.

Система MED-Motronic

З впровадженням безпосереднього впорскування палива на двигунах з іскровим запаленням була потрібна нова концепція управління цими двигунами. Форсунка повинна забезпечувати як гомогенний розподіл робочої суміші (гомогенний режим роботи) - як це реалізовано в системах M- і ME-Motronic при

впорскуванні палива у впускний трубопровід - так і її локально обмежений пошаровий розподіл в камері згорання. Гомогенний розподіл суміші досягається шляхом впорскування палива під час такту впускання, а пошаровий розподіл - шляхом впорскування палива безпосередньо перед кінцем такту стиснення, незадовго до моменту запалення. Лише при цьому пошаровому розподілі суміші, який встановлюється в діапазоні середніх значень частоти обертання колінчастого валу і крутного моменту, може виявитися перевага безпосереднього впорскування палива з погляду зниження витрати палива. Але існують також системи з безпосереднім впорскуванням палива, при яких двигун працює на гомогенній стехіометричеській суміші ($\lambda = 1$) на всьому робочому діапазоні двигуна.

Система управління двигуном, що виконує ці вимоги, носить назву MED-Motronic. В порівнянні з системою ME-Motronic, система MED-Motronic вимагає набагато більшої розрахункової потужності.

На рис. 10 показаний приклад системи MED-Motronic. Серійне використання такої системи почалося в 2000 р. на автомобілі Volkswagen Lupo.

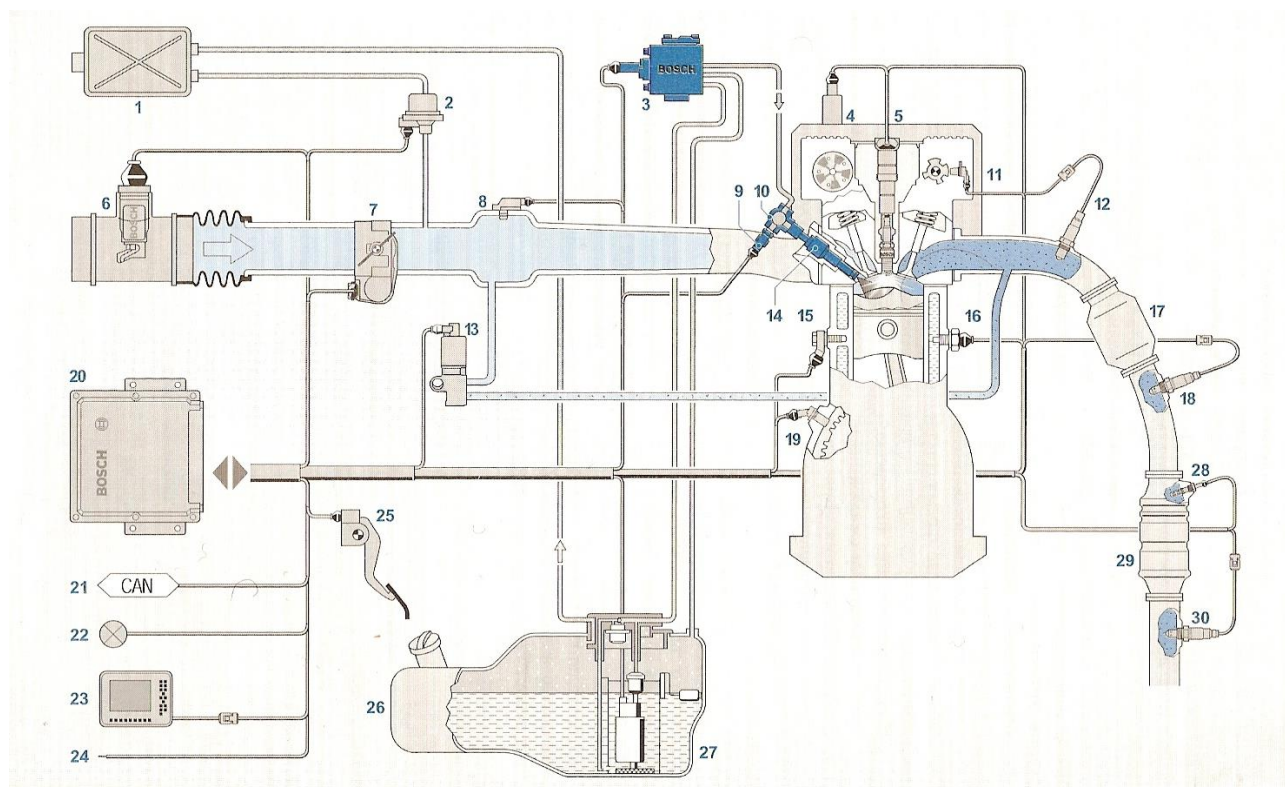


Рисунок 10 – Система MED-Motronic

Основна відмінність між системами MED- і ME-Motronic полягає в конструкції паливної системи, а також системи випуску з накопичувальним каталітичним нейтралізатором NO_x. Далі основний акцент робитиметься на відмінностях цих двох типів систем.

Елементи повітроподачі

Дросельна заслінка

Дросельний пристрій 7 (рис. 10) має таку ж конструкцію, як і в системі ME-Motronic. Але якщо двигун при пошаровому розподілі робочої суміші працює на малих оборотах ($< 3000 \text{ хв}^{-1}$) при невеликій потребі в крутному моменті дросельна заслінка відкрита на великий кут. При такому режимі роботи крутний момент регулюється не масою повітря, що поступило, а кількістю впорскнутого палива. Тому наповнення циліндра повітрям не відповідає величині вихідного крутного моменту.

Датчики для визначення наповнення циліндрів повітрям

Визначення наповнення в двигуні з безпосереднім впорскуванням палива відбувається складнішим способом, ніж при впорскуванні палива у впускний трубопровід, оскільки для зниження емісії NO_x при пошаровому розподілі заряду суміші використовується рециркуляція ВГ. Для того, щоб використовувати перевагу малої витрати палива і зберігати низький рівень токсичності ВГ, необхідні точний контроль і вимірювання масової витрати повітря і повернених назад ВГ. Тому в двигунах з безпосереднім впорскуванням палива використовуються два датчики наповнення циліндрів, за допомогою яких може визначатися масова витрата повітря і ВГ. Для цього існують дві можливості із застосуванням: термоанемометричного плівкового расходоміра маси повітря (НФМ) і датчика тиску у впускному трубопроводі або датчика тиску у впускному трубопроводі і датчика атмосферного тиску.

Термоанемометричеській плівковий расходомір маси повітря (НФМ) і датчик тиску у впускному трубопроводі

За допомогою расходоміра НФМ (6,рис. 10) визначається маса свіжого повітря, що поступає у впускний трубопровід. Ця інформація може використовуватися для

визначення парціального тиску повітря у впускному трубопроводі. Різниця між замірним тиском у впускному трубопроводі, зміряним за допомогою датчика тиску (8, рис. 10), і парціальним тиском повітря дозволяє зробити висновок про масу зворотного потоку ВГ (рециркуляція ВГ).

В умовах роботи на збідненій робочій суміші рециркулюючі ОГ містять частину незгорілого кисню, яка може бути визначена на підставі вимірювань концентрації кисню в ВГ (лямбда-зонд).

Датчик тиску у впускному трубопроводі і датчик атмосферного тиску

За допомогою співвідношення тиску над дросельною заслінкою і температури всмоктуваного повітря можна на базі значення кута повороту дросельної заслінки розрахувати масову витрату свіжого повітря, що проходить через дросельну заслінку. За допомогою того ж алгоритму обчислень визначається масова витрата рециркулюючих ВГ через клапан системи рециркуляції ВГ шляхом використання даних про тиск зворотного потоку ВГ. Для цього необхідна точна інформація про положення клапана системи рециркуляції ВГ.

В обох системах для визначення температури всмоктуваного повітря використовуються датчики температури. За наявності расходоміра НФМ датчик температури може бути вбудований в расходомір, а при використанні окремого датчика температури цей датчик повинен встановлюватися перед дросельною заслінкою.

Елементи паливної системи

Паливна система MED-Motronic складається з контурів низького і високого тиску. За рахунок цього система MED-Motronic помітно відрізняється від ME-Motronic, в якій форсунки підключені до контура низького тиску. На рис. 10 показана стандартна система безпосереднього впорскування палива з одноциліндровим насосом високого тиску HDP2, з управлінням залежно від потреби. Залежно від вимоги виготівника автомобіля, контур низького тиску може бути сконструйований по-різному.

Тут він включає:

- паливний електропривідний насос з вбудованим в нього клапаном обмеження

тиску 2 (рис. 10);

- регулятор низького тиску 4;
- запорний клапан 5.

Контур високого тиску включає:

- насос високого тиску 6, який створює тиск впорскування палива до 12 МПа;
- клапан 7 управління кількістю поступаючого від насоса палива;
- паливну рампу 9, що виконує роль накопичувача для впорскуваного палива;
- датчик тиску 11 в паливній рампі, який забезпечує подачу сигналу (зворотний зв'язок) про дійсний тиск палива в паливній рампі;
- клапан обмеження тиску в паливній рампі до допустимого максимуму.

До паливної рампи підключені форсунки високого тиску. До цих форсунок, в порівнянні з форсунками, вживаними в двигунах з впорскуванням у впускний трубопровід, пред'являються строгіші вимоги. Істотним моментом є те, що кількість палива повинна впорсуватися протягом дуже короткого часу. Для цього потрібен складний управляючий сигнал, який генерується управляючим каскадом, інтегрованим в блоці управління (20, рис. 10).

Елементи системи запалення

Висока напруга, необхідна для отримання іскрового розряду, генерується в системі MED-Motronic одноіскровими котушками запалення, які встановлюються на свічці запалення (5, рис. 10). Для того, щоб можна було запалити робочу суміш, котушка запалення повинна генерувати вищу енергію, ніж в системах з впорскуванням палива у впускний трубопровід. Тому тут потрібні спеціальні котушки запалення.

Елементи системи очищення ВГ

Очищення ВГ в системі MED-Motronic здійснюється з допомогою:

- додаткового трьохкомпонентного каталітичного нейтралізатора (17, рис. 10), встановленого поряд з двигуном;
- головного трьохкомпонентного каталітичного нейтралізатора (29), що містить накопичувач NO_x і встановленого за додатковим нейтралізатором у випускному тракті;

- лямбда-зондів, встановлених перед додатковим нейтралізатором (12) і за головним нейтралізатором (30), а також з датчика температури ВГ(28).

В системі MED-Motronic може здійснюватися подача додаткових порцій повітря, оскільки за рахунок специфіки режиму роботи двигуна відбувається швидке нагрівання випускного тракту. На відміну від впорскування палива у впускний трубопровід, системи безпосереднього впорскування палива потребують використання каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NO_x . Він накопичує оксиди азоту які не віддаються нейтралізації в трьохкомпонентному каталітичному нейтралізаторі, коли двигун працює на суміші з надміром повітря. У міру зростання навантаження на цей нейтралізатор знижується його здібність до хімічного скріплення оксидів азоту. Накопичувач повинен піддаватися регенерації. Для цього система MED-Motronic перемикається на режим гомогенної суміші з надміром палива, при якому оксиди азоту випускаються з накопичувача і хімічно нейтралізуються в трьохкомпонентному каталітичному нейтралізаторі.

Оскільки двигун з безпосереднім впорскуванням палива при пошаровому розподілі робочої суміші працює в цілому на збідненій суміші, то для вимірювання складу ВГ у край необхідний ширококутовий лямбда-зонд, встановлюваний перед каталітичним нейтралізатором.

Робочі характеристики

На додаток до відомих робочих характеристик по системах M- і ME-Motronic, система MED-Motronic доповнюється функцією реєстрації і обліку тиску в паливній рампі за допомогою окремого датчика.

Вибір режимів роботи

Якщо в двигунах з впорскуванням палива у впускний трубопровід можлива їх робота тільки на гомогенній суміші, то при безпосередньому впорскуванні палива можливі і інші типи розподілу суміші. У системі MED-Motronic впорскування палива може здійснюватися таким чином, що до моменту запалення у області свічки запалення утворюється слоїста робоча суміш, а решта частини камери згорання заповнена повітрям і інертними газами (суміш з пошаровим розподілом заряду) або збідненою робочою сумішшю (гомогенно-пошарова суміш). Додатково для певних

робочих режимів можливо використання гомогенних сумішей із захистом від детонації і способу нагрівання каталітичного нейтралізатора при пошаровому розподілі суміші. В умовах роботи двигуна на гомогенній робочій суміші управління крутним моментом, здійснюється за рахунок заданих параметрів наповнення циліндрів і коефіцієнта надлишку повітря (λ). Маса впорскуваного палива регулюється відповідно до наявного заряду свіжого повітря. В умовах пошарового розподілу заряду при роботі на гомогенно-збідненій робочій суміші управління крутним моментом, здійснюється на базі даних про масу впорскуваного палива, тобто на базі тривалості відкриття форсунки. При цьому задається маса впорскуваного палива і двигун працює з максимально можливим обмеженням постачання повітря. Система MED-Motronic має координатор режимів роботи, який забезпечує перехід на інший режим роботи відповідно до потреб двигуна на даний момент. Базою вибору режиму роботи є характеристична діаграма. Складається перелік пріоритетних функцій (рис.11), що дозволяють оцінювати вимоги до певних режимів роботи.



Рисунок 11 – Вибір режиму роботи

Але до того як запалення і впорскування палива будуть змінені відповідно до

нового режиму роботи, включаються в дію імпульси (якщо це необхідно) функції по управлінню рециркуляцією ВГ вентиляцією паливного бака, заслінкою в тракті подачі заряду і положенням дросельної заслінки.

В умовах пошарового розподілу заряду суміші при $\lambda > 1$ дросельну заслінку відкрита на великий кут і всмоктуване повітря може поступати в двигун без дроселювання. Крутний момент пропорційний масі впорскуваного палива. Для переходу на умови роботи на гомогенній суміші маса повітря, на основі якої встановлюється крутний момент, повинна дуже швидко зменшуватися і встановлюватися прийнятна стехіометрична суміш ($\lambda = 1$).

Крутний момент, що створюється двигуном, змінюється відповідно до положення педалі газу (рис. 12) і цей процес зміни залишається для водія непоміченим.

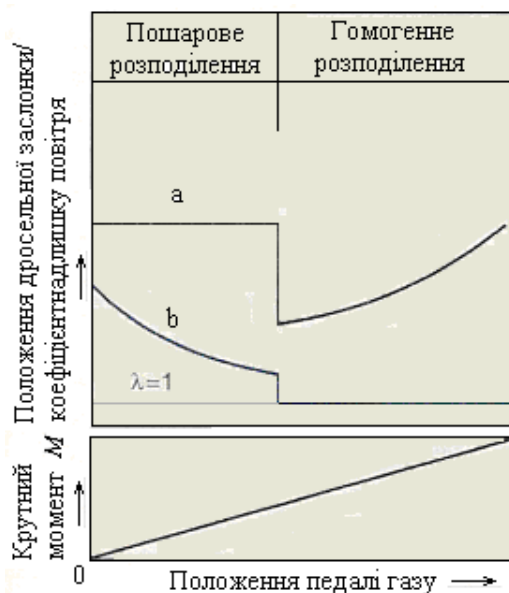


Рисунок 12 – Зміна умов розподілу робочої суміші з пошарового на гомогенне

Регулювання розрідження в підсилювачі гальм

Коли двигун працює без дроселювання поступаючого повітря, розрідження у впускному трубопроводі опиняється недостатнім для ефективної дії підсилювача. За допомогою вимикача зниженого тиску або датчика тиску визначається, чи є достатнє розрідження в підсилювачі гальм. При необхідності може здійснюватися перехід двигуна на інший режим роботи, при якому можна створити необхідне

розрідження.

Бортова діагностика

Істотна відмінність даної системи від ME-Motronic полягає в необхідності мати додаткову діагностику паливної системи високого тиску. При збоях в роботі повинні включатися надійний аварійний режим роботи і відповідна інформація повинна поступати в пристрій запам'ятовуючої системи.

2.2 Елементи систем впорскування палива

Паливні форсунки

При аналізі систем впорскування бензину окремого і детальнішого розгляду заслуговують паливні форсунки з електромагнітним управлінням. Паливна форсунка є головним виконавчим пристроєм, що виконує функцію дозування палива тобто пристроєм що дозволяє значною мірою вирішити проблеми сучасного моторобудування по зниженню витрати палива і токсичності ВГ.

В даний час використовуються два основних типу форсунок для двигунів з розподіленим (впорскуванням у впускний трубопровід) і двигунів безпосереднім впорскуванням палива.

Впорскування палива у впускний трубопровід.

Електромагнітні форсунки (з управлінням соленоїдом) впорскують у впускний трубопровід паливо, що знаходиться під тиском в системі. Вони дозволяють дозувати кількість палива, точно відповідну потребі двигуна, і управляються сигналом, розрахованим системою управління двигуном, за допомогою крайових каскадів, які інтегровані в блок управління двигуном.

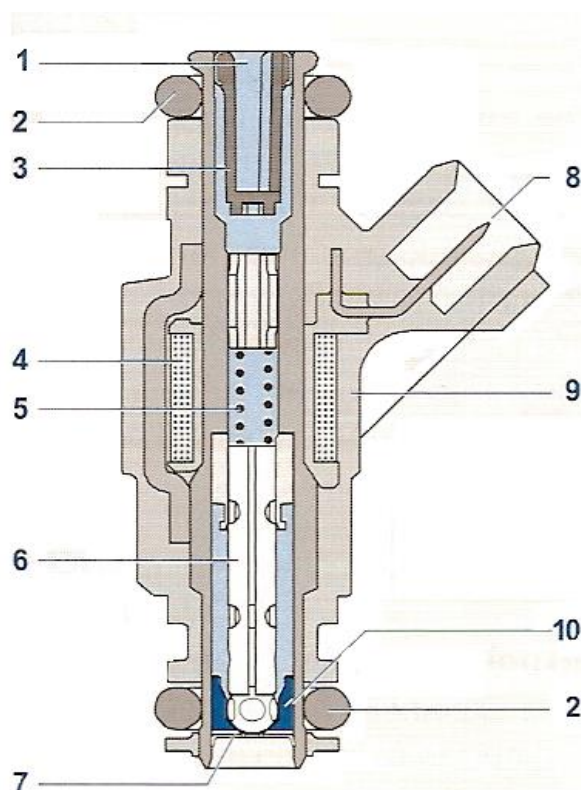
Конструкція і принцип дії

Електромагнітні форсунки (рис. 13) складаються в основному з:

- корпуси 9 з електричним 8 і гідравлічним 1 сполучним роз'ємом;
- обмотки електромагніту 4;
- рухомого голчатого клапана 6 з якорем соленоїда і замочним сферичним елементом;

- сідла 10 клапана з розпилюючою пластиною (з отвором) 7 для впорскування палива;
- пружини 5.

Для забезпечення безперебійної роботи форсунки ті її частини, які контактують з паливом, виготовлені з неіржавіючої сталі. Фільтрувальна сітка 3 в приймальному каналі форсунки захищає її від забруднень, що містяться в паливі.



Риснок 13 – Конструкція електромагнітної форсунки EV6

Сполучні роз'єми.

У використовуваних в даний час форсунках подача палива здійснюється по осі форсунки зверху вниз. Топлівопровод закріплений на гідравлічному сполучному роз'ємі 1 за допомогою спеціального затискного пристрою. Кріпильні хомути забезпечують надійну фіксацію. Кільце, ущільнювача, 2 на гідравлічному сполучному роз'ємі дозволяє герметично з'єднати форсунку з паливною рейкою. Форсунка має електричне з'єднання з блоком управління двигуном.

Робота форсунки

Коли соленоїд форсунки знеструмлений, пружина і зусилля, що виникає за

рахунок тиску палива, притискують голку клапана із замочним сферичним елементом до сідла клапана конічної форми. За рахунок цього система подачі палива герметизується щодо впускного трубопроводу. Коли на обмотку подається напруга, за рахунок струму збудження виникає електромагнітне поле, яке притягає якір голки клапана. Замочний сферичний елемент підводиться над сідлом клапана, і відбувається впорскування палива. Коли струм збудження вимикається, голка клапана, за рахунок зусилля пружини, знову опускається на сідло, закриваючи форсунку.

Впорскування палива

Розпилювання палива здійснюється через одне або декілька отворів в розпилюючій пластині. За допомогою цих отворів досягається точна постійність впорскуваної кількості палива. Розпилююча пластина з отворами виключає утворення опадів палива. Форма струменя палива, що розпилюється, залежить від розташування і числа цих отворів.

Гарна герметичність клапана у області сідла забезпечується за рахунок принципу ущільнення конус/сферический елемент.

Форсунка встановлюється в передбачений для цього отвір у впускному трубопроводі. Нижнє кільце ущільнювача служить для герметизації форсунки щодо впускного трубопроводу. Кількість палива, що впорсується за цикл, в основному визначається:

- тиском в системі подачі палива;
- противотиском у впускному. трубопроводі;
- геометрією зони виходу палива.
- тривалістю керуючого сигналу.

Проте якщо перші три величини, як правило, постійні, то тривалість впорскування змінюється залежно від розрахункової маси палива, причому тривалість впорскування не рівна тривалості сигналу оскільки при тривалості електричних імпульсів близько 4... 20 мс на роботу форсунок починає впливати механічна і електромагнітна інерційність системи, залежна від індуктивності магнітної системи, маси клапана і інших чинників.

Для дослідження впливу різних чинників на елементи руху клапана були проведені досліди по осциллографіюванню електричних і механічних параметрів форсунок. Було встановлено, що рух клапана починається не в момент початку електричного імпульсу τ_e , що подається в обмотку форсунки, а з деякою затримкою τ_1 . Потім слідує рух клапана до повного відкриття (час τ_2).

Час початку закриття клапана не співпадає з моментом припинення дії електричного імпульсу τ_e , клапан починає закриватися дещо пізніше, оскільки спостерігається його залипання протягом часу τ_3 - Клапан повертається до сидла протягом часу τ_4 . (рис 14).

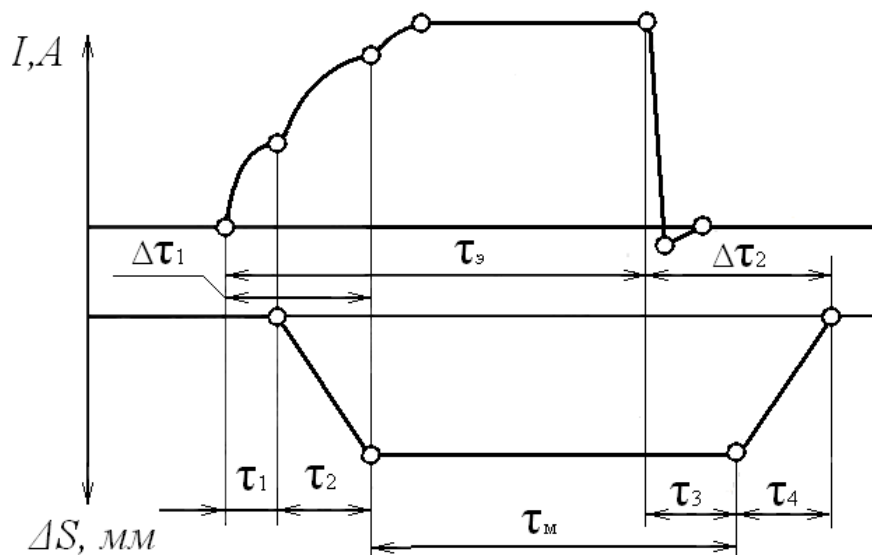


Рисунок 14 – Схема елементів руху клапана форсунки

Час, протягом якого клапан відкритий:

$$\tau_M = \tau_3 - \tau_1 - \tau_2 + \tau_3 + \tau_4. \quad (2.1)$$

При відкритті клапана прохідний перетин змінюється від 0 до $f\phi$, а при закритті $f\phi$ до 0, тому, нехтуючи нерівномірністю швидкості руху клапана, для гідродинамічних розрахунків (при яких припускають, що $f\phi = \text{const}$) з достатньою для практики точністю замість часу τ_2 і τ_4 можна узяти $0,5 \tau_2$ і $0,5 \tau_4$, тоді:

$$\tau_m = \tau_9 - \tau_1 - 0.5 \tau_2 + \tau_3 + 0.5 \tau_4. \quad (2.2)$$

Типи конструкцій

З часом форсунки все більше удосконалювалися і адаптувалися до зростаючих вимог з боку технології, якості, надійності і ваги. Так з'явилися різні конструкції форсунок.

Форсунка моделі EV6

Форсунка EV6 є стандартний інжектор для сучасних систем впорскування палива (рис. 13 і 15а). Ця форсунка відрізняється невеликими зовнішніми розмірами і незначною вагою, дякуючи чому таким форсункам створюють передумови концепції компактних впускних модулів.

Крім того, форсунка EV6 демонструє хороші якості при роботі на гарячому паливі, що, у свою чергу, означає незначну схильність до утворення бульбашок пари палива. Це полегшує застосування систем подачі палива без рециркуляції, в яких температура палива у форсунці вище, ніж в системах з рециркуляцією палива. Завдяки наявності зносостійких поверхонь, форсунка EV6 володіє великим терміном служби і високим ступенем відтворюваності кількості впорскуваного палива за великий проміжок часу.

За рахунок високої герметичності ці форсунки виконують всі перспективні вимоги, що відносяться до досягнення нульової випаровуваності палива. Це означає, що пари палива з форсунки не поступають.

Для кращого розпилювання палива був розроблений варіант форсунки EV6 з повітряним кожухом. Тонке розпилювання палива може створюватися і іншим способом: у перспективі, разом з вживаними сьогодні распилітельними пластинами, що розташовують до чотирьох отворів для впорскування палива, використовуватимуться пластини з десятьма або дванадцятьма отворами. Ці форсунки створюють дуже тонко розпорошену хмару палива.

Для різних областей застосування пропонуються форсунки різної конструкції, що розрізняються завдовжки, витратою палива проходячого через форсунку і електричними характеристиками. Форсунка EV6 підходить також для використання

з паливом, що містить до 85% етанолу (етилового спирту).

Форсунка моделі EV14

Вдосконалення форсунок привело до появи нової моделі EV14 (рис. 15b), яка сконструйована на базі моделі EV6. Нова форсунка стала ще компактніше, що дозволяє інтегрувати її в паливну рейку.

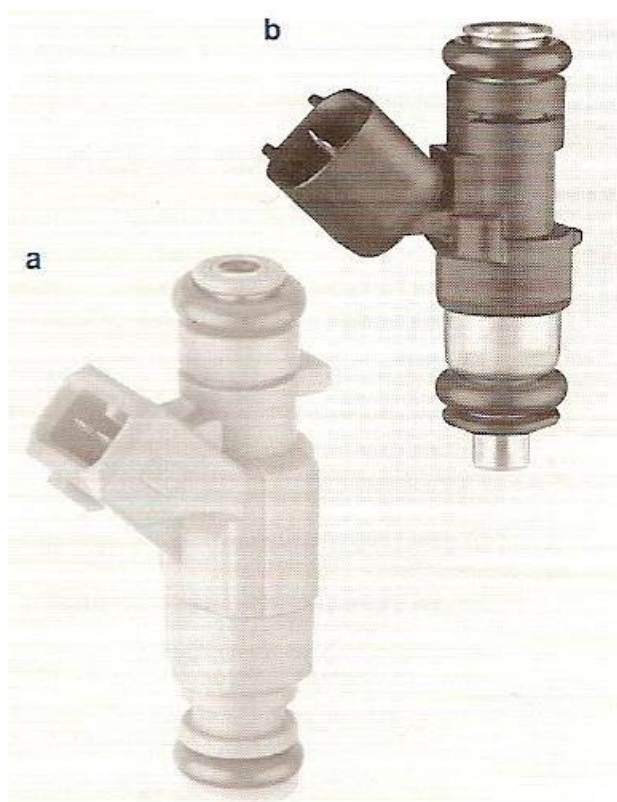
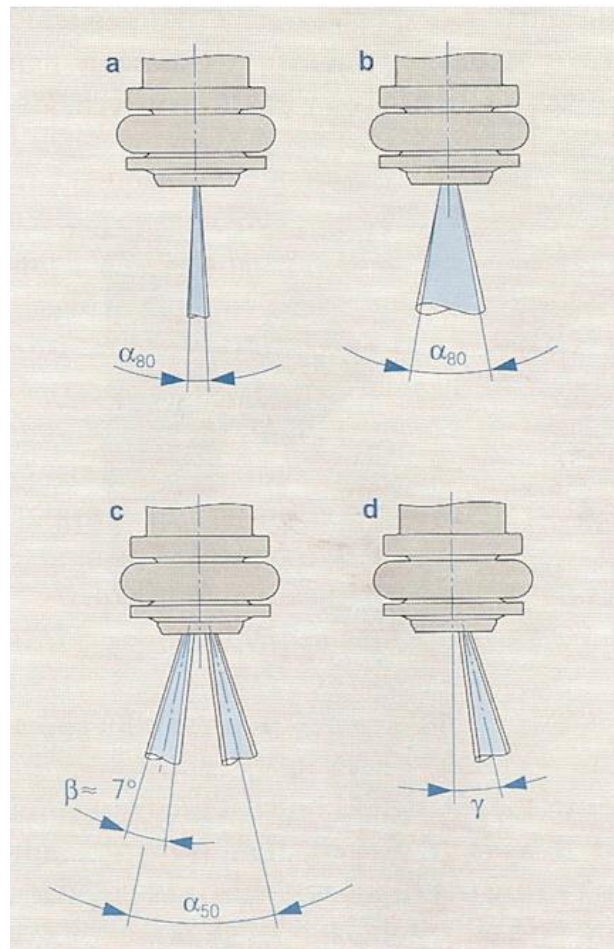


Рисунок 15 – Моделі форсунок

Форсунка EV14 випускається в трьох варіантах (компактний, стандартний і довгий). Це дозволяє забезпечити індивідуальну адаптацію до геометрії впускного трубопроводу двигуна.

Утворення струменя распила палива

Утворення форсункою струменя распила палива, тобто форма, кут напряму струмені і розмір крапель палива в ній, впливає на підготовку робочої суміші. Індивідуальна геометрія впускного трубопроводу і головки блоку циліндрів вимагають створення різних варіантів утворення струменя распила палива. На рис.16 показані найбільш поширені форми струменя распила палива.



а-шнуровий струмінь, в-конічний струмінь, с-подвійний струмінь, d-відхилення распила від подовжньої осі форсунки, кут α_{80} : 80% палива знаходиться усередині кута; α_{50} : 50% палива знаходиться усередині кута; β : 70% палива в окремому струмені знаходиться усередині кута β ; γ : відхилення напрямку струменя від подовжньої осі форсунки

Рисунок 16 – Форми струменя розпила палива

Шнуровий струмінь

З одним отвором для впорскування в розпилюючій пластині форсунки утворюється тонкий, концентрований і імпульсний струмінь палива, який в значній мірі не допускає змочування стінок впускного трубопроводу. Ці форсунки підходять для вузьких впускних трубопроводів і великих проміжків між точкою впорскування і впускним клапаном. Із-за низького рівня атомізації палива, форсунки з шнуровим струменем застосовуються дуже мало.

Конічний струмінь

Через отвори для впорскування палива в пластині форсунки поступають окремі струмені палива, при складанні яких утворюється конус. Типовою областю

застосування форсунок з конічним струменем распила є двигуни з одним впускним клапаном на циліндр. Але конічний струмінь підходить і для двох впускних клапанів на циліндр.

Подвійний струмінь

Приготування двох струменів часто використовується в двигунах з двома впускними клапанами на одному циліндрі, а при трьох впускних клапанах подвійний струмінь обов'язково необхідний.

Отвори для впорскування палива в пластині форсунки розташовані таким чином, що з клапана впорскування викидаються два струмені палива, які можуть бути складені з декількох окремих струменів (два конічні струмені), і впорскуються перед впускними клапанами або на розділову перегородку між ними.

Відхилення осі розпила від подовжньої осі форсунки

Струмінь палива може бути відхилений від подовжньої осі форсунки на певний кут. Форсунки, що забезпечують таку форму струменя, знаходять застосування в умовах ускладненого їх монтажу.

Безпосереднє впорскування

Форсунка високого тиску є перехідний пристрій між паливною рейкою і камерою згорання. Завдання цієї форсунки полягає в тому щоб забезпечувати дозування палива і шляхом його розпилювання добиватися контрольованого змішування палива і повітря в певній зоні камери згорання. Залежно від режиму роботи двигуна, паливо концентрується в зоні навколо свічки запалення (пошаровий розподіл заряду) або рівномірно розпилюється по всій камері згорання (гомогенний розподіл заряду).

Конструкція і принцип роботи

Форсунка високого тиску (рис. 17) складається з наступних елементів:

- корпусу 5;
- сідла 7;
- голки розпилювача 6 з якорем соленоїда;
- пружини 3
- соленоїда 4.

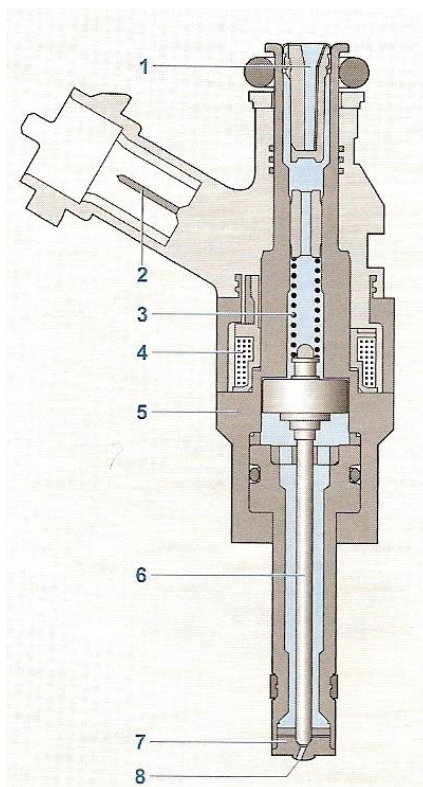


Рисунок 17 – Конструкція форсунки високого тиску

Коли електричний струм проходить через обмотку соленоїда, створюється магнітне поле. За рахунок цього голка, протидіючи тиску пружини, підіймається над сідлом і відкриває інжектуючий отвір 8 форсунки. За рахунок різниці в тиску між паливною рейкою і камерою згорання паливо впорскується в камеру згорання.

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 перетину отвору, і знову закривається, долаючи тиск в паливній рейці. Кількість впорскнутого палива (при даній площі поперечного перетину отвору), залежить від тиску в паливній рейці, протivotиску в камері згорання і тривалості відкриття форсунки. За рахунок відповідної геометрії розпилювача на кінці форсунки досягається дуже хороше розпилування палива.

На відміну від впорскування у впускний трубопровід, паливо при безпосередньому впорскуванні поступає в камеру згорання швидше, точніше і з кращим формуванням струменя палива.

Вимоги

Істотними відмінностями безпосереднього впорскування палива, в порівнянні з впорскуванням у впускний трубопровід, є вищий тиск палива і помітно менший час, що надається для надходження палива безпосередньо в камеру згорання. На рис. 18 показані технічні вимоги, що пред'являються до форсунки. При впорскуванні палива у впускний трубопровід впорскування забезпечується за два обороти колінчастого валу. При частоті обертання колінчастого валу 6000 хв^{-1} відповідає тривалості впорскування 20 мс.

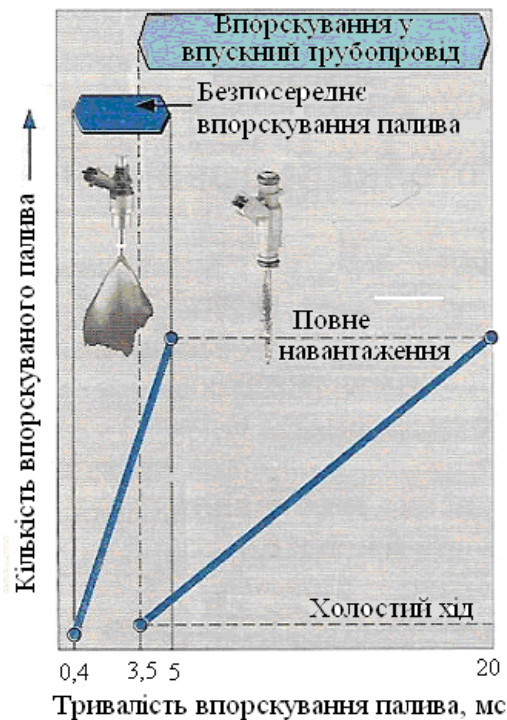


Рисунок 18 – Порівняння систем з безпосереднім впорскуванням палива і впорскуванням у впускний трубопровід

При безпосередньому впорскуванні палива ця тривалість ще менша. При гомогенному розподілі суміші паливо повинне впорскуватися при такті впускання. При цьому процес впорскування палива повинен відбуватися тільки за пів-оберта колінчастого валу. При частоті обертання колінчастого валу 6000 хв^{-1} це відповідає тривалості впорскування 5 мс. При безпосередньому впорскуванні палива потреба в паливі на режимі холостого ходу набагато менше в порівнянні з режимом повного навантаження при впорскуванні у впускний трубопровід (відношення 1:12). Звідси тривалість впорскування палива на холостому ході рівна приблизно 0,4 мс.

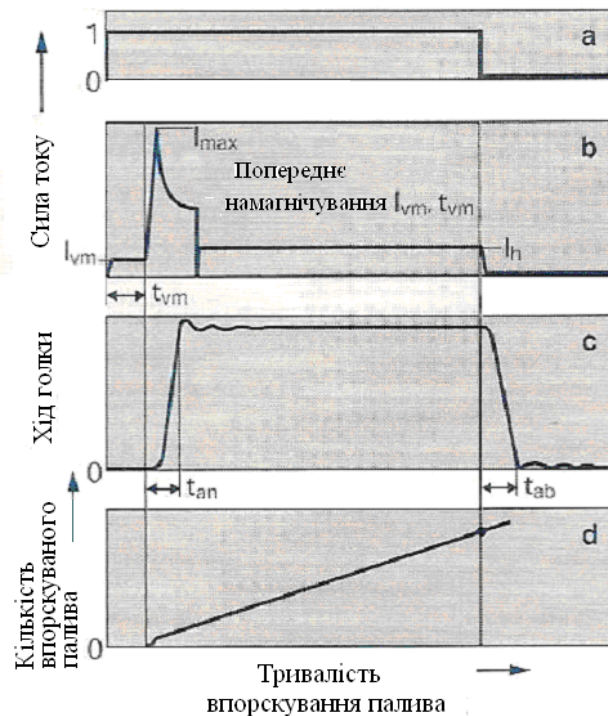


Рисунок 19 – Характеристики сигналів управління форсункою високого тиску

Управління форсункою високого тиску

Для того, щоб забезпечити визначений і відтворюваний процес впорскування палива, форсунка високого тиску повинна включатися по складній струмовій характеристиці. Мікроконтролер в блоці управління двигуном подає цифровий сигнал (рис.19а) на включення форсунки. На основі цього сигналу спеціальний управляючий модуль, створює дійсний сигнал на виході, за допомогою якого крайовий каскад приводу форсунки забезпечує впорскування палива.

Бустерний конденсатор створює напругу, що управляє, в 50...90 В, достатньо високе для отримання великого електричного струму на початку процесу включення і, завдяки цьому, забезпечує швидкий підйом голки (рис. 19с). При відкритій форсунці (максимальний хід голки) досить меншого керуючого електричного струму, для того, щоб підтримувати постійним підйом голки. При цьому постійному підйомі голки досягається пропорційність кількості впорскуваного палива тривалості впорскування (рис. 19d).

При розрахунку тривалості впорскування палива враховується час попереднього намагнічення, в період якого форсунка ще не відкривається.

3 ДІАГНОСТУВАННЯ І ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМ ПОДАЧІ ПАЛИВА З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ. ВИПРОБУВАННЯ ФОРСУНОК

3.1 Загальні положення

Електронна самодіагностика

Інтегрована в блоці управління система діагностики є стандартним компонентом електронних систем управління двигуном. Алгоритми контролю перевіряють вхідні і вихідні сигнали при нормальному режимі роботи автомобіля. Крім того, вся система перевіряється на наявність збоїв в роботі і погрешностей. При цьому виявлені дефекти зберігаються в пам'яті блоку управління у вигляді кодів несправностей. При діагностиці автомобіля під час технічного обслуговування ця інформація, що збереглася в пам'яті, прочитується за допомогою послідовного інтерфейсу і таким чином забезпечує швидкий і надійний пошук і усунення несправностей.

Спочатку концепція полягала в особливій для кожного виготівника автомобілів самодіагностики, особливістю якої було проведення швидкої і зручної діагностики при технічному обслуговуванні автомобіля. Законодавчі норми в поєднанні з об'ємом функцій електронних систем, що росте, згодом привели до створення систем управління двигуном, що включають можливості діагностики.

3.2 Основні принципи діагностування систем впорску палива

Контроль вхідних сигналів

Стан датчиків і сполучних дротів, що ведуть до блоку управління, контролюється системою шляхом обробки вхідних сигналів (див. табл. 1). За допомогою такого контролю можуть реєструватися, разом з визначенням збоїв в роботі датчиків, короткі замикання на акумуляторну батарею і на „масу”, а також обриви дротів. Система забезпечує свою функціональність шляхом:

- контролю подачі напруги до датчика;

- аналізу зареєстрованих даних на відповідність встановленому діапазону значень (наприклад, температура двигуна від -40 до $+150^{\circ}\text{C}$);
- проведення перевірки на достовірність реєстрованих даних за наявності додаткової інформації (наприклад, порівняння частоти обертання колінчастого і розподільного валів);
- дублювання особливо важливих датчиків (наприклад, датчиків переміщення педалі газу), у зв'язку з чим їх сигнали можуть корелювати один з одним і порівнюватися між собою.

Таблиця 1 – Контроль найважливіших вхідних сигналів

Сигнальная цепь	Контроль
Датчик перемещения педали газа	Контроль напряжения питания и диапазона сигналов Проверка на достоверность избыточного сигнала Достоверность стоп-сигнала
Датчик частоты вращения	Проверка диапазона сигналов Проверка на достоверность сигналов с датчика частоты вращения распределительного вала Проверка временных изменений (динамическая достоверность)
Датчик температуры двигателя	Проверка диапазона сигналов Логическая достоверность сигнала о частоте вращения коленчатого вала
Концевой выключатель педали тормоза	Проверка на достоверность сигнала избыточного контакта выключения
Сигнал о скорости движения автомобиля	Проверка диапазона сигналов Логическая достоверность сигнала о частоте вращения коленчатого вала и количестве впрыскиваемого топлива/нагрузке двигателя
Исполнительный механизм клапана в системе рециркуляции ОГ	Проверка на короткое замыкание и разрыв проводов Замкнутый контур управления системой рециркуляции ОГ Проверка реакции системы на управление клапаном системы рециркуляции ОГ
Напряжение аккумуляторной батареи	Проверка диапазона сигналов Проверка достоверности данных о частоте вращения коленчатого вала (в настоящее время — на двигателях с искровым зажиганием)
Датчик температуры топлива	Проверка диапазона сигналов (в настоящее время — на дизельных двигателях)
Датчик давления наддува	Проверка напряжения питания и диапазона сигналов Проверка достоверности сигнала от датчика атмосферного давления и/или других сигналов
Устройство управления давлением наддува (байпасный клапан)	Проверка на короткое замыкание и разрыв проводов Отклонения в регулировании давления наддува
Расходомер массы воздуха	Проверка напряжения питания и диапазона сигналов Проверка логической достоверности
Датчик температуры воздуха	Проверка диапазона сигналов Проверка логической достоверности сигнала от датчика температуры двигателя
Датчик сигнала сцепления	Проверка достоверности данных о скорости движения
Датчик атмосферного давления	Проверка диапазона сигналов Проверка логической достоверности сигнала от датчика давления во впускном трубопроводе

Контроль вихідних сигналів

За допомогою цієї функції забезпечується контроль за роботою виконавчих механізмів, а також їх дротяних з'єднань з блоком управління. При проведенні цього контролю, окрім помилок в роботі виконавчих механізмів, можуть розпізнаватися також дефекти з'єднань і короткі замикання. Ці функції здійснюються шляхом:

- контролю вихідного сигналу за допомогою задаючого каскаду (електричний ланцюг контролюється на наявність коротких замикань на акумуляторну батарею і на „масу”, або на розриви ланцюга);
- кореляції системних даних з командними сигналами виконавчих механізмів з метою визначення достовірності їх дій. Наприклад, система рециркуляції ВГ перевіряється на відповідність певного тиску у впускному трубопроводі включенню виконавчого механізму.

Контроль за передачею даних між блоками управління

Зв'язок між блоками управління здійснюється, як правило, за допомогою шини бортового контролера зв'язку (CAN). У протоколи CAN включені контролюючі механізми розпізнавання несправностей, що дозволяє детектувати цю інформацію, перш ніж сигнали будуть зняті з чіпа CAN. Крім того, в блоці управління здійснюються і інші варіанти контролю. Оскільки більшість повідомлень CAN від кожного блоку управління здійснюються через регулярні проміжки часу, то вихід з ладу будь-якого з блоків управління може бути виявлений шляхом перевірки цих тимчасових проміжків. За наявності в блоці управління надмірної інформації, вона використовується для перевірки приймаємих сигналів тим же способом, яким перевіряються всі вхідні сигнали.

Контроль внутрішніх робітників функцій блоків управління

Для забезпечення надійної і адекватної роботи блоку управління в нього закладені функції апаратного і програмного контролю (наприклад, „інтелектуальні” чіпи задаючого каскаду).

Функції контролю перевіряються окремими компонентами усередині блоку управління (наприклад, мікроконтролер, пам'ять flash-EPROM, RAM і т. п.). Ряд перевірок проводиться відразу після включення блоку управління. Інші перевірки

повторюються через регулярні інтервали часу при нормальному режимі роботи автомобіля, для того, щоб виявити вихід з ладу будь-якого його елемента під час експлуатації. Перевірки, що вимагають обробки великого об'єму даних (наприклад, перевірка пам'яті EPROM), проводяться в „робочій” для поста фазі після виключення двигуна в даний час - тільки на двигунах з іскровим запаленням). За рахунок цього виключається негативний вплив на інші функції. На дизельних двигунах ця фаза використовується для перевірки ланцюгів відключення.

Обробка сигналів про збої в роботі

Розпізнавання збоїв в роботі

Ланцюг сигналу класифікується як дефектна, якщо погрішність в свідченнях зберігається протягом певного часу. До остаточної класифікації виду дефекту в системі використовуються останні зафіксовані дані. Одночасно з класифікацією дефекту, як правило, запускається функція заміщення (наприклад, заміщаюча величина температури двигуна $T = 90 \text{ }^\circ\text{C}$).

Для більшості помилок можлива їх повторна перевірка за допомогою спеціального сигналу, для чого ланцюг цього сигналу повинен протягом певного часу вважатися справною.

Зберігання інформації про несправності

Кожен збій в роботі системи у вигляді коду несправності реєструється в незалежній пам'яті. При кожному записі цього збою в роботі в пам'ять вноситься, разом з кодом погрішності, додаткова інформація, наприклад, у вигляді „стоп-кадру” робочого режиму і умов навколишнього середовища на момент збою в роботі (частота обертання колінчастого валу, температура двигуна). Як інша інформація в пам'ять вносяться вигляд несправності (наприклад, коротке замикання, розрив дроту) і статус несправності (наприклад, постійний дефект або одиничний збій в роботі).

Для багатьох несправностей, що впливають на емісію шкідливих речовин в ВГ, наказані коди несправностей, що регламентуються нормами. Додатково може зберігатися інша, специфічна для даного автомобіля інформація про збої в роботі, необхідна автомеханікам при обслуговуванні окремих моделей автомобілів.

Після реєстрації коду несправності, процес діагностики фокусується на окремих системах або компонентах. Якщо при подальшій роботі несправність більше не виникає (наприклад, одинична погрішність), то після виконання встановлених умов ця інформація в пам'яті несправностей стирається.

Доступ до кодів несправностей

Прочитування кодів несправностей, що зберігаються в пам'яті, може проводитися за допомогою спеціального тестера (наприклад KTS500 фірми Bosch) або приладу для сканування (скан-тестер). Тестер може також стирати ці коди після їх прочитування і усунення відповідної несправності.

Діагностичний інтерфейс

Дані від системи бортової діагностики через інтерфейси зв'язку поступають на зовнішній тестер, обов'язкові характеристики якого регламентуються стандартом ISO 9141 (діагностичний COM-інтерфейс). Цей послідовний інтерфейс працює із швидкістю передачі від 10 бод до 10 Кбод. Він виконаний у вигляді однопровідного інтерфейсу із загальним каналом передачі і прийому даних або двопровідного інтерфейсу з роздільними каналами передачі даних (COM) і включення (L). До одного діагностичного роз'єму може бути підключено декілька блоків управління.

Тестер посилає адресний сигнал включення всім блокам управління, один з яких розпізнає цю адресу і передає код розпізнавання назад. Використовуючи інтервали часу між фронтами імпульсів як індекс швидкості передачі інформації в бодах, тестер створює свою швидкість передачі сигналів.

У перспективі зв'язок между блоками управління і тестерами здійснюватиметься за допомогою шини бортового контролера зв'язку (CAN).

Нормативне регулювання

Спочатку самодіагностика обмежувалася тільки перевіркою працездатності електричних компонентів. Зростаюча складність діагностичних функцій, що реалізуються за допомогою нових методів тестування (наприклад, перевірка на достовірність), в поєднанні з вимогами необхідності діагностики систем і компонентів, що впливають на токсичність ВГ, примусила перейти до використання однієї стандартизованої діагностичної системи. В результаті цього на базі методів

самодіагностики була розроблена система бортової діагностики (OBD).

Система бортової діагностики (OBD)

Нові моделі автомобілів відрізняються забезпеченням тенденції зниження токсичності ВГ. Для того, щоб виготівником автомобіля дотримувалися задані граничні величини емісії токсичних компонентів при звичайній експлуатації, необхідний постійний контроль роботи двигуна і його вузлів. Тому законом наказані обов'язкові до виконання норми, що визначають методи діагностики тих вузлів і систем, які впливають на склад ВГ.

В 1988 р. в штаті Каліфорнію (США) почала застосовуватися система бортової діагностики OBD I, що задовольняє стандарту Каліфорнійського управління по охороні повітряного басейну (CARB). Все нові автомобілі, зареєстровані в штаті Каліфорнію, повинні відповідати вимогам цього стандарту. З 1994 р. почала використовуватися система OBD II.

У решті штатів США з 1994 р. діють норми, розроблені Агентством з довілля охорони (EPA). Об'єм методів діагностики EPA, в основному, відповідає стандарту CARB (OBD II), але по окремих пунктах вимоги декілька пом'якшені.

Система OBD, гармонізована відповідно до європейських вимог, одержала назву EOBD і почала використовуватися в 2000 р. Ця система, в основному, схожа з системою EPA-OBD. Вимоги до системи EOBD, проте, пом'якшені в порівнянні з системою EPA-OBD.

Система OBD I

Перший ступінь системи CARB-OBD здійснює перевірки електричних компонентів, що відносяться до емісії ВГ на відсутність короткого замикання або розривів дротів. Електричні сигнали повинні знаходитися в заданих межах достовірності.

При детектуванні системою дефекту або збою в роботі включається індикаторна лампа, розташована на панелі приладів автомобіля. За допомогою бортових засобів (наприклад, миготливого коду за допомогою підключеної діагностичної лампи) можна визначити, який компонент вийшов з ладу.

Система OBD II

Методи діагностики другого ступеня CARB-OBD виходять далеко за межі об'єму системи OBD I. На додаток до перевірки ланцюгів проходження електричних сигналів в системі OBD II також здійснюється контроль за функціонуванням всієї системи. Вже недостатньо перевіряти, наприклад, електричний сигнал датчика температури двигуна тільки на перевищення встановлених граничних значень, в системі OBD II також визначаються помилки, що є слідством надзвичайно низької температури (наприклад, 10 °C) при роботі двигуна (перевірка на достовірність).

Система OBD II вимагає, щоб контролювалися всі системи і їх елементи, які, у разі їх несправності, можуть привести до помітного підвищення емісії шкідливих речовин в ВГ. Додатково повинні контролюватися також всі елементи, що потенційно впливають на результати діагностики. Інформація про кожен розпізнаний дефект повинна зберігатися в запам'ятовуючому пристрої. Індикаторна лампа, розташована на панелі приладів, повинна інформувати про будь-яку або всіх несправностях. Коди несправностей, що зберігаються в запам'ятовуючому пристрої прочитуються діагностичними тестерами.

Нормативні вимоги до системи OBD II наказують стандартизацію протоколів несправностей згідно регламентації Суспільства автомобільних інженерів США (SAE), відповідної стандарту ISO 15031. Це забезпечує доступ до кодів несправностей за допомогою використання стандартних широко поширених приладів для сканування („скан-тестерів”).

3.3 Обладнання і пристрої для діагностування електронних систем

Для проведення ефективної перевірки функціонування системи необхідне спеціалізоване діагностичне обладнання. Якщо раніше систему впорскування ще можна було перевірити простими вимірювальними приладами (наприклад, мультиметром), то сьогодні, із-за постійного вдосконалення електронних систем, необхідне застосування комплексних діагностичних приладів, таких як сканери, мотортестери і діагностичні комплекси. На підприємствах автосервісу достатньо широкого поширення набули такі сканери, як АСКАН-8, ДСТ-2М, LAUNCH X-431

PRO SE (рис.20а), а також діагностичне обладнання серії KTS (BOSCH), наприклад, мобільна діагностична система KTS500 (540, 570) або діагностичний стенд KTS500С, використовуваний спільно з системою ESI(tronic) (рис.20б). Це обладнання надає різноманітні можливості для їх застосування в автосервісі за рахунок використання діагностичної і вимірювальної систем з графічними відображеннями, наприклад, результатів вимірювання. Нижче це діагностичне обладнання іменуватиметься системним тестером.



а)



б)

Рисунок 20 – Сканер LAUNCH X-431 PRO SE і діагностична система KTS

Функції діагностичної системи KTS500

Система KTS500 забезпечує виконання безлічі функцій, доступ до яких здійснюється за допомогою меню па дисплеї великого формату шляхом введення коду доступу. Далі перераховуються найважливіші функції, які має в своєму розпорядженні система KTS500.

Прочитування кодів несправностей: система KTS500 може використовуватися для прочитування цих кодів, що зберігаються в пам'яті блоку управління, при проведенні діагностики несправності - коди несправностей показуються на екрані монітора у вигляді звичайного розшифрованого тексту.

Прочитування фактичних значень: контрольовані дані, наприклад, результати процесу обробки інформації в блоці управління двигуном, перетворюються у фізичні

одиниці (наприклад, частота обертання колінчастого валу в хв-1

Функції мулітімметра: можуть вимірюватися сила струму, напруга і опір.

Криві зміни контрольованих даних: ці дані (наприклад, напруга лямбда-зонда) можуть зображатися графічно у вигляді кривої зміни сигналу, порівнянної з тією, яка може бути одержана на осцилографі.

Додаткова інформація: спеціальна інформація, що відноситься до окремих елементів і виявлених несправностей, також може бути вибрана для виведення на дисплей (наприклад, розміщення елементів, контрольні параметри, електричні комутаційні схеми).

Роздрук: всі дані можуть роздруковуватися на звичайному принтері DIN-A4-PC (з переліком результатів випробувань, які є документом для клієнта).

Можливості діагностичної системи KTS500 використовуються на підприємствах автосервісу залежно від системи перевіряемого автомобіля. При цьому не всі системи автомобіля можуть забезпечувати повну функціональність цієї діагностичної системи.

Інша перевага системи KTS500 полягає в можливості під'єднання діагностики блоку управління до системи електронної сервісної інформації ESI(tronic) через пристрій CAS (Computer-Aided Service). В цьому випадку від інтерфейсу ESI(tronic), як частина процесу пошуку несправностей, підключається діагностика блоку управління. Можливі коди несправностей показуються в системі ESI(tronic) для використання при виконанні ремонтних операцій.

Стандартні методи обслуговування

Основні методи діагностики всіх електронних систем однакові. Найбільш важливим обладнанням є системний тестер, який за допомогою діагностичного інтерфейсу підключається до електронних блоків управління в автомобілі.

Ідентифікація автомобіля

Спочатку повинна бути вибрана модель автомобіля. Ця інформація вводиться в системний тестер, що дає можливість доступу до даних, потрібних для проведення випробувань конкретного автомобіля.

Прочитування коду несправностей

Більшість систем в автомобілі забезпечена діагностикою блоку управління, що дозволяє перевіряти електричні схеми на відсутність збоїв в роботі. Розпізнана несправність у вигляді коду постійно зберігається в запам'ятовуючому пристрої разом з даними:

- про контур з несправністю (наприклад, датчик температури двигуна);
- про вид несправності (наприклад, коротке замикання на „масу”, недостовірний сигнал);
- про статус несправності (наприклад, постійно реєстрований або періодично виникаючий дефект);
- про зовнішні умови (дані про частоту обертання колінчастого валу, температуру і т. д., які контролюються при зберіганні коду несправності).

Програма „Пам'ять несправностей” може бути вибрана для передачі даних від блоку управління в системний тестер. Інформація про несправності виводиться на дисплей у вигляді розшифрованого тексту паралельно з вказівкою контура з цією несправністю, місцеположення, статусу несправності і т.п.

Пошук несправностей

Не всі причини збоїв в роботі двигуна можуть бути встановлені діагностикою блоку управління. Фахівці автосервісу повинні також швидко і надійно діагностувати і усувати несправність.

У обох випадках (з внесенням коду несправностей в запам'ятовуючий пристрій несправностей або без цього внесення) система ESI(tronic) сприяє виконанню процесу діагностики. Існують інструкції по діагностиці, що охоплюють всі можливі проблеми (наприклад, нерівномірна робота двигуна), а також специфічні дефекти (наприклад, коротке замикання в датчику температури двигуна і т. п.).

Усунення несправностей

Після локалізації причини несправності за рахунок інформації, що одержується з системи ESI(tronic), виконується робота по усуненню цієї несправності.

Стирання кодів несправностей з пам'яті

Після усунення несправності, відповідний її код повинен бути стертий з

пам'яті. Це виконується за рахунок запуску функції „Стирання коду несправності з пам'яті” в системному тестері.

Дорожні випробування

На наступній стадії здійснюються дорожні випробування, покликані підтвердити усунення несправності. Під час цих випробувань система діагностики блоку управління перевіряє систему і вводить інформацію про будь-яку іншу несправність в пам'ять у вигляді нового коду несправності.

Перевірка запам'ятовуючого пристрою несправностей.

Після дорожнього випробування пам'ять в запам'ятовуючому пристрої, перевіряється ще раз. Воно повинне бути тепер порожнім, що указує на успішне усунення дефекту.

Інші методи діагностики

Системний тестер KTS500, окрім своїх стандартних функцій, надає і інші можливості діагностики електронних систем. Він запускає функції, а блок управління виконує їх.

Діагностика виконавчих механізмів

Багато функцій блоків управління (наприклад, вентиляція паливного бака діють тільки за певних умов роботи автомобіля. Це означає, що неможливо включити в дію (без використання допоміжних засобів) кожен виконавчий механізм (сервоприлад) для індивідуальної перевірки його працездатності (наприклад, продувочний клапан резервуару з активованим вугіллям).

За допомогою системного тестера можна включити виконавчі механізми для перевірки їх функціонування в умовах майстерні (рис. 21а). Їх ефективна робота може бути потім підтверджена за рахунок акустичної або візуальної зворотної інформації. За допомогою діагностики виконавчих механізмів перевіряється весь електричний ланцюг від блоку управління двигуном через пучок дротів до виконавчого механізму, а також функціональність самого виконавчого механізму.

Діагностика виконавчих механізмів, як правило, проводиться на стоячому автомобілі в певні обмежені періоди часу. Це обмеження за часом служить для усунення пошкодження виконавчих механізмів і приводних електродвигунів.

Форсунки включаються також на мінімальний час, для того, щоб не викликати пошкодження каталітичного нейтралізатора впорскнутим паливом.

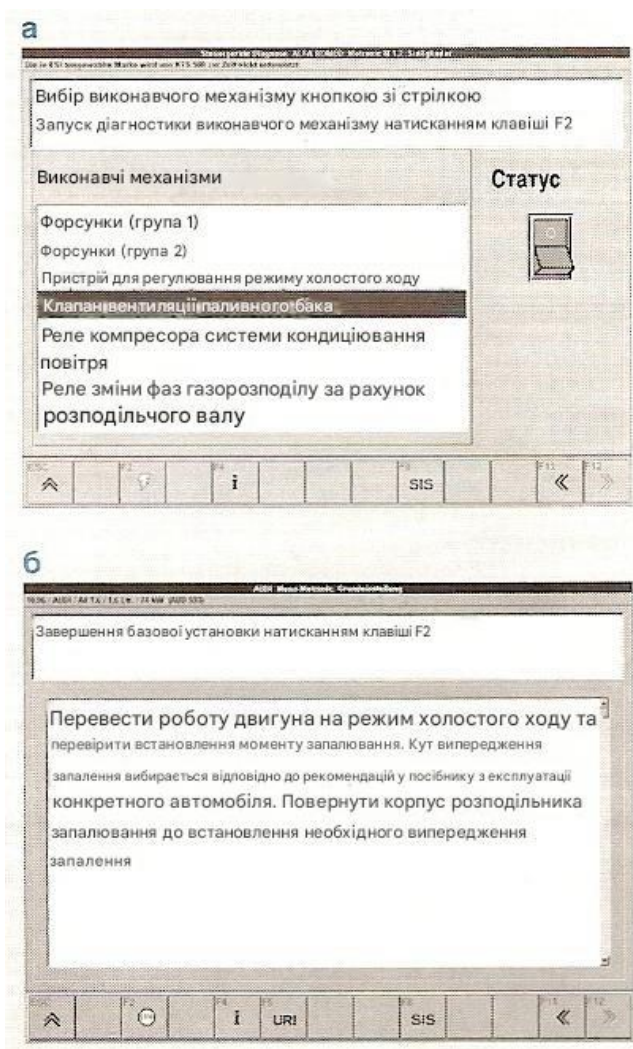


Рисунок 21 – Ілюстрація діагностичних функцій за допомогою тестера KTS 500

Перевірка управляючих сигналів

При виникненні несправності фахівець може використовувати осцилограф для перевірки характеристики сигналів на включення. Це, перш за все, відноситься до тих механізмів, які не включені в систему діагностики виконавчих механізмів.

Нові діагностичні функції сучасних блоків управління

Базова настройка блоку управління При базовій настройці блок управління двигуном ініціюється для визначення закритого положення дросельної заслінки EGAS (після заміни деталей в результаті ремонту).

На рис. 21b показаний екран дисплея тестера KTS-500 з інформацією про

реалізацію цієї функції.

Вільна, схема з'єднань блоку управління (варіантне кодування)

При установці нового блоку управління двигуном в нього повинні бути введені правильні коди несправностей в автомобілі.

3.4 Діагностика форсунок

Однією з причин порушення, що найбільш часто зустрічаються, в роботі бензинового двигуна є несправність паливної апаратури. Паливна форсунка є головним елементом, дозуючим паливо, і будь-які зміни її характеристик, викликані забрудненням або несправністю механічної частини, значною мірою позначаються на роботі двигуна. Тому особливо важливо проведення якісної діагностики цього виконавчого пристрою.

Основні несправності форсунок можуть бути продіагностіковані безпосередньо на автомобілі, але повна діагностика можлива лише при знятті з автомобіля і установці на спеціальному стенді.

Діагностика на автомобілі

Діагностика на автомобілі зводиться до наступних операцій:

- прочитування кодів несправностей з пам'яті систем бортової діагностики
- перевірка балансу форсунок
- діагностика за допомогою осцилографа

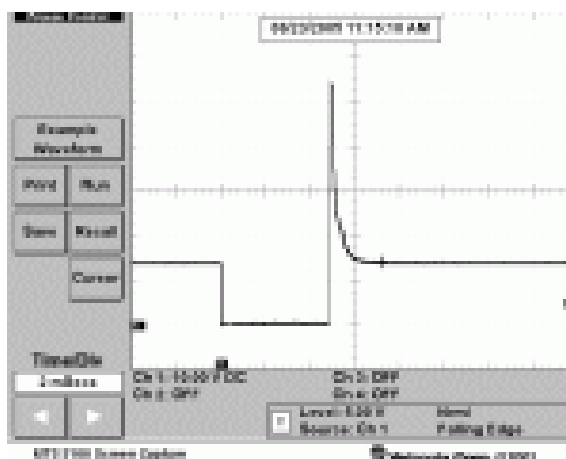
Перевірка балансу форсунок

При перевірці балансу форсунок порівнюється витрата форсунок при подачі на кожну з них набору управляючих імпульсів певної частоти і тривалості. Витрата форсунки реєструється за допомогою манометра сполученого з паливною рампою по падінню тиску в рампі при спрацьовуванні форсунки.

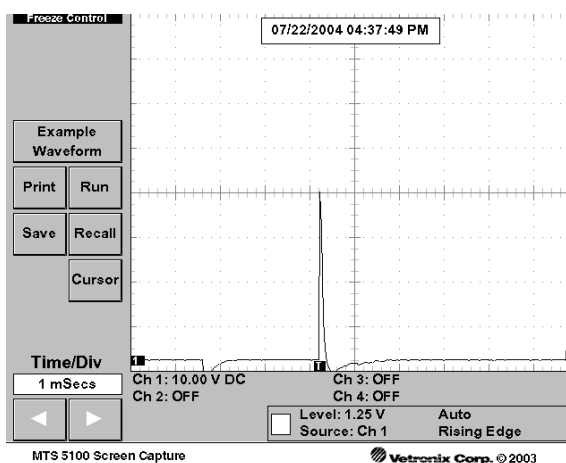
Діагностика за допомогою осцилографа

Робота всіх форсунок або кожній окремо зображається у вигляді осцилограми. По характеру протікання процесу і порівнянні його з еталонним, можна судити про справність форсунки (рис 22).

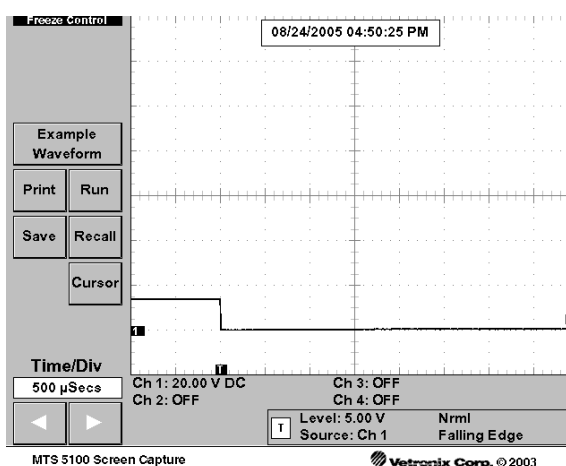
a)



b)



c)



а-еталон; б-неисправна форсунка; с- заклинювання електромагнітного клапана у форсунці

Рисунок 22 – Діагностика форсунки за допомогою осцилографа

Діагностика із зняттям форсунок з автомобіля

Діагностика форсунок із зняттям з автомобіля проводиться на спеціальних стендах для тестування і промивки (рис 23). Ці стенди повністю імітують роботу

форсунки на автомобілі і дозволяють оцінити герметичність форсунки, продуктивність, баланс продуктивності і факел розпилу, а також провести промивку форсунок і усунення відкладень за допомогою ультразвука.



Рисунок 23 – Стенди для тестування і промивки форсунок

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки при роботі на стенді

Автомобіль і особливо моторне відділення є джерелом потенційної небезпеки для того, хто користується приладом для перевірки. В зв'язку з цим всі перевірочні, регулювальні і ремонтні роботи повинні проводитися фахівцями або під їх керівництвом. Те ж саме відноситься до підключення тестерів і їх обслуговування.

Перед підключенням, обслуговуванням і введенням в експлуатацію тестерів необхідно ретельно вивчити інструкцію з експлуатації тестера, щоб із самого початку виключити всяку небезпеку і пов'язаний з цим ризик.

Всі втручання і роботи, а також підключення тестерів в моторному відділенні і до системи запалювання повинні проводитися тільки при зупиненому двигуні і вимкненій системі запалювання.

Обов'язково враховувати:

при підключенні тестерів від мережі, прилад повинен обов'язково перед включенням автомобіля заземлений і включений.

ніколи не включати двигун або запалювання до тих пір, поки тестер не сполучений з масою двигуна або мінусовою клемою акумулятора.

Система запалювання.

Електронні системи запалювання працюють в такому діапазоні потужності, при якому небезпечна напруга може виникати не тільки на окремих агрегатах, таких наприклад, як котушка запалення або розподільник запалювання, але і на всій системі запалювання - на пучку дротів, на штекерних з'єднаннях, підключеннях для тестерів і т.д. Таким чином, вони виникають не тільки у вторинному ланцюзі, але і в первинному. Якщо встановлені небезпечні пробої напруги в автомобілі, особливо системи запалювання (вторинний ланцюг або первинний або пошкоджена або дефектна ізоляція, особливо на дротах запалювання), то ці помилки повинні бути усунені перед тим, як буде підключений тестер. Тому, в основному при втручаннях в систему запалювання, запалення треба вимикати.

Втручаннями в систему запалювання є, наприклад:

підключення тестерів;

заміна частин системи запалювання і т. д.;

підключення демонтованих агрегатів для перевірки на випробувальних стендах.

При включеному запалюванні не можна доторкатися по всій системі запалювання до провідних напругу деталей. Під час перевірочних і регулювальних робіт те ж саме відноситься до всіх підключень автомобіля до тестерів і підключень агрегатів до випробувальних стендів.

Дроти для підключення потрібно прокладати так, щоб окремі частини дроту не торкалися нагрітих частин двигуна, особливо не повинні бути близько розташовані або торкатися вихлопної труби. Крім того, потрібно стежити за тим, щоб дроти для підключення не були прокладені дуже близько до деталей, що обертаються.

Штекерніє з'єднання повинні бути правильно закріплені. Якщо в наявності немає специфічних для автомобіля штекерних з'єднань або дротів-адаптерів і підключення проводиться через звичайні штекерніє з'єднання, то потрібно обов'язково стежити за місцями з'єднань, щоб вони не були розхитані вібрацією.

Ніколи не проводити підключення без відповідних сполучних елементів за допомогою шпильок, скріпок і т.д., оскільки при цьому виникає небезпека нещасного випадку і можливо можуть бути пошкоджені електронні прилади управління.

4.2 Загальні вимоги безпеки до обладнання

Машини, апарати і інше обладнання, вживані в різних галузях, надзвичайно різні за принципом дії, конструкції, типам і розмірам. Проте існують деякі загальні вимоги, дотримання яких при конструюванні обладнанням дозволяє забезпечити безпеку його експлуатації.

Безпека обладнання забезпечується правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів, робочих процесів і т.п.; максимальним

використанням засобів механізації, автоматизації, дистанційного керування; застосуванням в конструкції спеціальних захисних засобів; виконанням ергономічних вимог включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту, транспортуванню і зберіганню.

В процесі експлуатації обладнання не повинне забруднювати навколишнє середовище шкідливими речовинами вище встановлених норм і не повинно представляти небезпеки з погляду вибуху і пожежі.

При проектуванні обладнання потрібно враховувати умови його експлуатації з тим, щоб при дії вологості, сонячної радіації, механічних коливань, високого і низького тиску і температур, агресивних речовин, вітрових навантажень, мікроорганізмів грибків і т.п. обладнання не ставало небезпечним.

Матеріали, вживані в конструкції обладнання, не повинно бути небезпечними і шкідливими. Нові матеріали повинні заздалегідь піддаватися перевірці на гігієнічність і вибухонебезпеку.

Представляючі небезпеку рухомі частини обладнання повинні бути захищені або забезпечені засобами захисту, за винятком частин, огорожа яких не допускається їх функціональним призначенням. В цьому випадку потрібно передбачати спеціальні заходи захисту.

Обладнання не повинне служити джерелом виділення в робочу зону виробничих приміщень шкідливих речовин, різного роду випромінювань вище гранично допустимих рівнів (концентрацій) великих кількостей теплоти і вологи. Для функціонального видалення і аварійного скидання шкідливих, вибухо- і пожежонебезпечних речовин обладнання слід оснащувати спеціальними пристроями.

Конструкція обладнання повинна забезпечувати виключення або зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвука, інфразвуку, вібрацій.

Вхідні в конструкцію обладнання робочі місця і їх елементи повинні забезпечувати зручність і безпеку.

Конструкція обладнання повинна забезпечувати захист людини від поразки електричним струмом.

4.3 Прилади вентиляції

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях, в робочій і обслуговуваній зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища, відповідних гігієнічним і технічним вимогам.

Раціонально спроектовані і правильно експлуатовані вентиляційні системи сприяють поліпшенню самопочуття працюючих і підвищенню продуктивності праці. За наявними даними, кондиціонування повітря може підвищити продуктивність праці на 4...10%.

Системи вентиляції класифікують за способом переміщення повітря, напрямом потоку повітря, зоною дії, часу роботи.

Залежно від способу переміщення повітря розрізняють вентиляцію природну і механічну. Природну вентиляцію підрозділяють на організовану і неорганізовану. Організована природна вентиляція може бути каналною і безканалною (аерація).

Існують і змішані системи вентиляції.

Залежно від напрямку потоку повітря вентиляції бувають приточною і витяжною. Вентиляцію у виробничих будівлях звичайно виконують приточно-витяжною

По зоні дії розрізняють вентиляцію загальнообмінну, місцеву і змішану (комбіновану). При загальнообмінній вентиляції відбувається обмін повітря у всьому приміщенні. Вона застосовується тоді, коли виділення шкідливих чинників незначні і рівномірно розподілені за всім обсягом приміщення. Місцева вентиляція може бути витяжною і приточною. Витяжна призначена для видалення повітря безпосередньо від місць виникнення або виходу шкідливих виділень, приточна - для подачі чистого повітря на певні робочі місця або ділянки.

ВИСНОВКИ

1. Сучасні електронні системи керування двигунами є дуже надійними але й дуже складними як з точки зору електроніки і програмного забезпечення, так і з точки зору механіки, тому вони накладають підвищені вимоги до діагностики, а саме до діагностичного обладнання та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

2. Під час виконання магістерської роботи були розглянуті проблеми дослідження методів і засобів діагностування електронних систем впорскування палива, розкрита актуальність застосування електроніки в сучасних автомобільних двигунах, описаний пристрій електронної частини і основні елементи архітектури програмного забезпечення сучасних систем, проведено аналіз систем впорскування палива та її окремих елементів, зазначені основні вимоги до елементів системи та приведені приклади найбільш поширених у наш час систем управління двигуном.

3. Були розглянуті основні принципи діагностування електронних систем впорскування та прилади, які використовуються для цієї діагностики, наведені приклади осцилограм отриманих при діагностуванні паливних форсунок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СТВНЗ 10.1-02:2023 «Текстові документи у навчальному процесі. Вимоги і правила оформлення». Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/111stvnz_10.1-02.pdf.
2. Волков В.П. Методичні вказівки до виконання дипломної роботи магістрів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / Волков В.П., Мармут І.А., Горбік Ю.В., Павленко В.М. – Харків: ХНАДУ, 2023. – 39 с. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://surl.li/katfv>.
3. Наказ МНС України № 964 від 09.07.2012 «Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті». Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text>.
4. Types of Fuel Injection System. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.spinny.com/blog/types-of-fuel-injection-systems/> .
5. System components for the gasoline port fuel injection. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surli.cc/dcmjbf> .
6. Fuel Injection System- Know Functions, Components, Working, Types, and Applications. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.lt/efljqo> .
7. How do fuel injectors work? Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.cummins.com/news/2023/10/19/how-do-fuel-injectors-work>.
8. Engine Control. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/engine-control>.
9. Gasoline Engine Management Systems and Components. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.lu/pkwrrz>.
10. Bosch Fuel Injection Systems. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.lu/zewnwn>.

Додаток А
Матеріали до кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Центр освітніх послуг

Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говорущенка

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
магістра

Удосконалення процесу діагностування бензинових систем впорскування палива

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.



Володимир Волков

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.



Олександр Назаров

Керівник канд. техн. наук, доц.



Ігор Мармут

Студентка гр. Аз-71-24



Ірина Костенко

Харків 2025

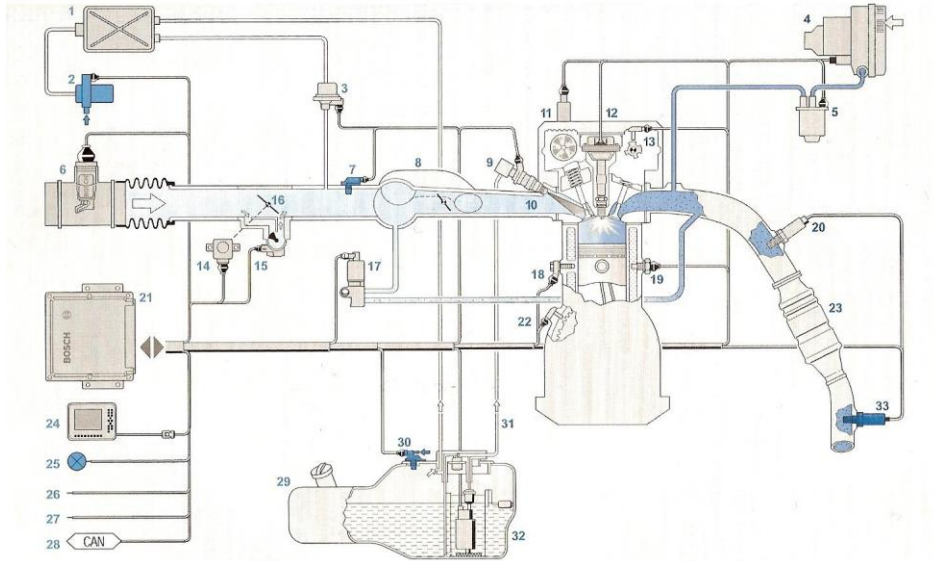
Об'єкт дослідження – процеси у системах впорскування палива.

Мета роботи – удосконалення методики діагностування електронних паливних систем автомобілів.

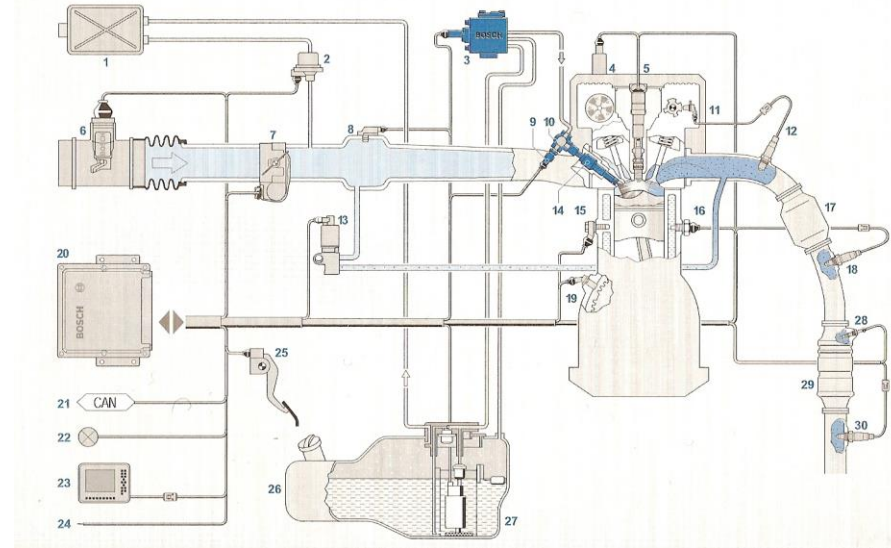
Задачі дослідження

1. Проаналізувати методи і засоби діагностування електронних систем впорскування палива в бензинових двигунах.
2. Провести аналіз систем впорскування палива та її окремих елементів, зазначити основні вимоги до елементів системи та навести приклади найбільш поширених у наш час систем управління двигуном.
3. Розглянути основні принципи діагностування електронних систем впорскування та прилади, які використовуються для цієї діагностики.
4. Розглянути процес діагностування паливних форсунок.

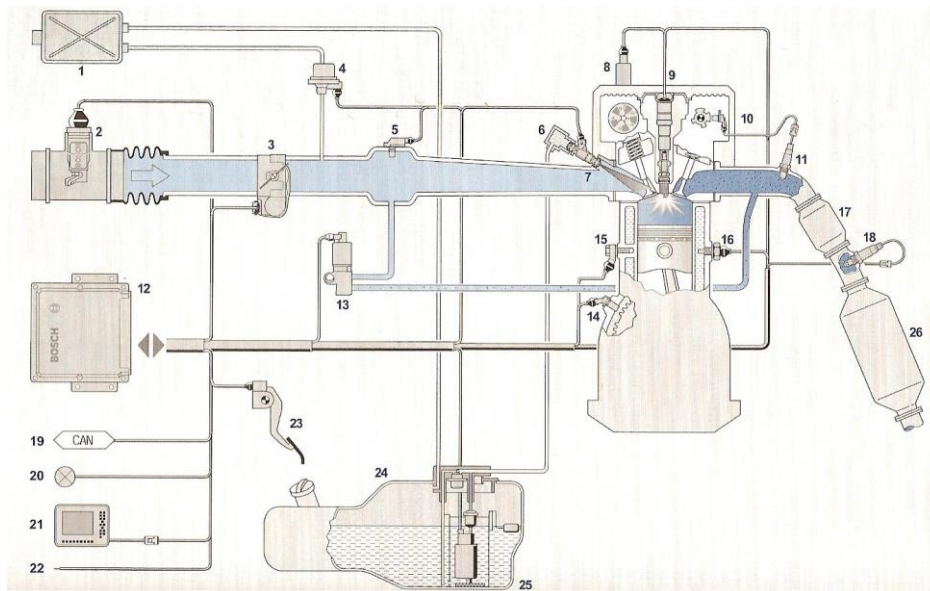
Форми реалізації дозування палива у бензинових двигунах 2



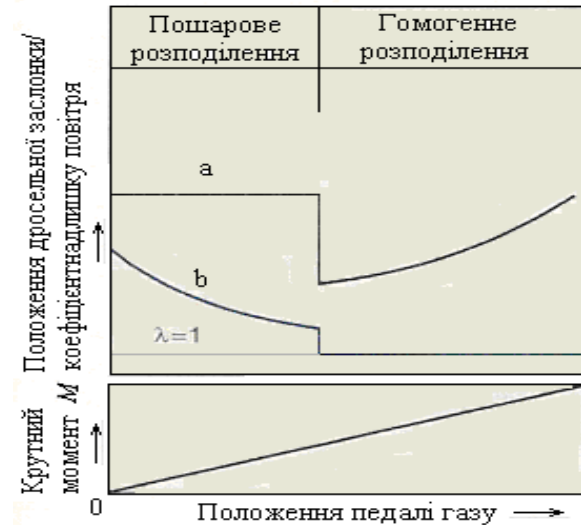
Система M-Motronic



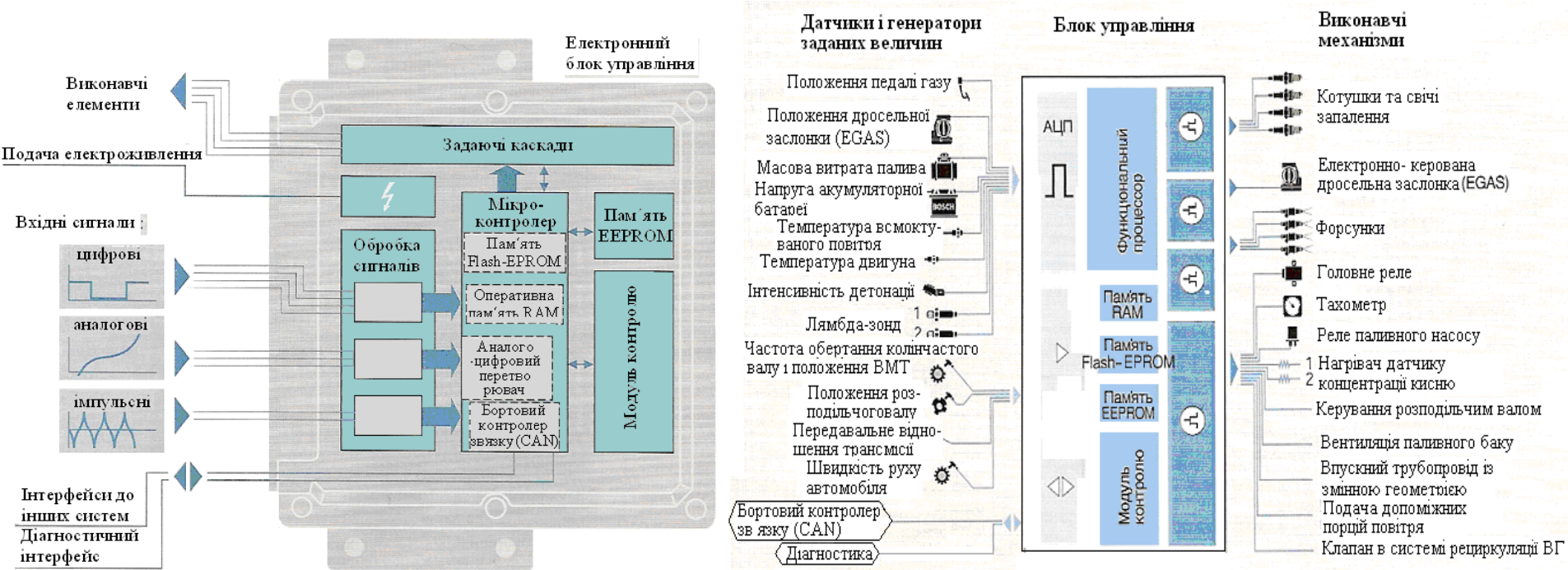
Система MED-Motronic



Система ME-Motronic

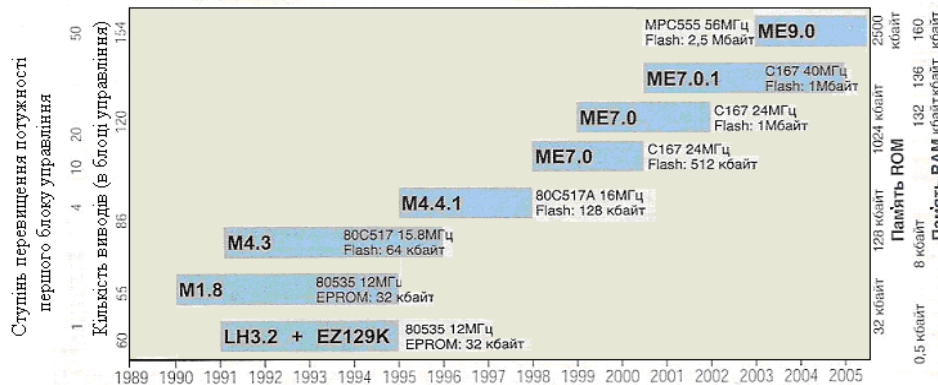


Зміна умов розподілу робочої суміші з пошарового на гомогенне



Обробка сигналів в електронному блоці управління

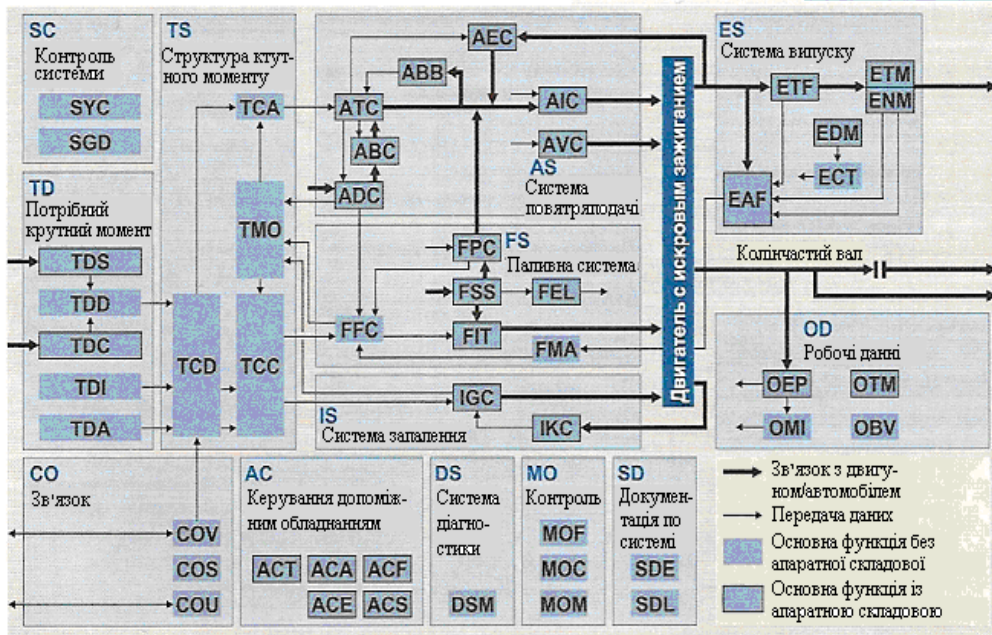
Компоненти електронного управління і регулювання в системі ME-Motronic



Розвиток електронних блоків управління

Структура системи Motronic

Система Підсистема Основна функція



SYC- Контроль системи
SGD- Управління системою безпосереднього впорскування палива
TDS- Формування сигналу про потрібний крутний момент
TDD- Крутний момент, який потрібний водію
TDC- Круїз-контроль
TDI- Потреба в крутному моменті при управлінні частотою обертання колінчастого валу на холостому ході
TDA- Потреба в крутному моменті від допоміжних пристроїв

TCD- Координація крутного моменту
TCA- Зміна масової витрати повітря відповідно до потрібного крутного моменту
TCC- Встановлення параметрів процесів згорання на основі зміни крутного моменту
TMO- Крутний момент
ATC- Управління дроселюванням подачі повітря
ADC- Визначення заряду повітря в циліндрі
AIC- Управління подачею повітря через впускний трубопровід
AEC- Управління рециркуляцією ВГ
AVC- Управління клапанами

ABC- Управління тиском наддувочного повітря
ABB- Управління підсилювачем гальм
FFC- Управління подачею палива
FIT- Момент впорскування палива
FMA- Адаптація складу робочої суміші в паливній системі
FSS- Система подачі палива
FPC- Вентиляція паливного бака
FEL- Визначення втрат палива на випаровування в паливній системі
IGC- Управління запаленням
IKC- Регулювання детонації
EDM- Характеристики і моделювання системи випуску
EAF- Регулювання складу робочої суміші за рахунок зниження токсичності ВГ
ETF- Трьохкомпонентний каталітичний нейтралізатор
ETM- Управління роботою трьохкомпонентного основного каталітичного нейтралізатора
ENM- Управління роботою каталітичного нейтралізатора з накопичувачем NOx
ECT- Управління температурою в системі випуску

OEP- Робочі данні по управлінню положенням колінчастого і розподільного валів двигуна
OTM- Робочі данні по вимірюванню температури акумуляторної батареї
OMI- Детектування перебоїв в запаленні і нерівномірній роботі двигуна
COU- Інтерфейс зв'язку з користувачем
COV- Інтерфейс зв'язку з автомобілем
COS- Доступ до пристроїв безпеки
ACA- Управління системою кондиціонування повітря
ACF- Управління вентилятором системи охолодження двигуна
ACT- Регулювання температури допоміжного обладнання
ACE- Управління електропристроями
ACS- Управління підсилювачем в приводі рульового управління
MOF- Контроль за функціонуванням
MOM- Управляючий модуль мікроконтролера
MOC- Моніторинг мікроконтролера
DSM- Управління діагностичної системи

→ Зв'язок з двигуном/автомобілем
 → Передача даних
 [Blue box] Основна функція без апаратної складової
 [Light blue box] Основна функція із апаратною складовою



Діагностичний стенд FSA надає усі передові можливості моторної і системної діагностики в одному пристрої.

У тому числі:

- генератор сигналів дозволяє перевіряти датчики і з'єднання, не відключаючи їх від автомобіля;
- осцилограф з частотою розвертки до 50 МГц;
- перевірка проходження сигналу по шині CAN;
- тривалий замір втік ток з акумулятора (до 24 годин) зі збереженням результатів вимірювань

Прилади для діагностування електронної частини систем впорскування палива

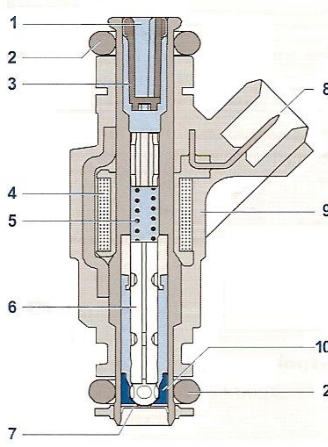


Сканер LAUNCH X-431 PRO SE

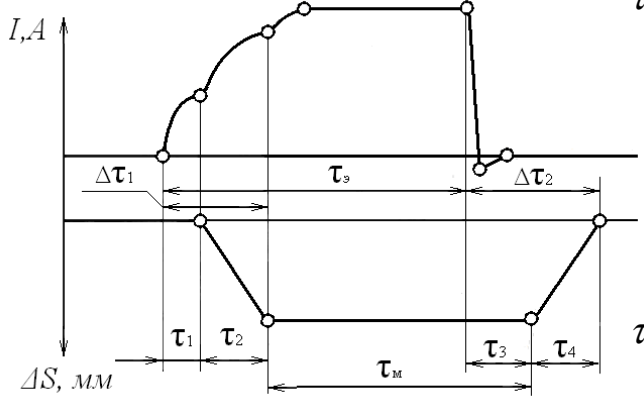


Діагностична система KTS

Діагностування форсунок



- 1.З'єднувальний роз'єм
- 2.Ущільнювальне кільце
- 3.Фільтрувальна сітка
- 4.Обмотка
- 5.Пружина
- 6.Голка клапана
- 7.Розпилювальна пластина
- 8. Електричний роз'єм
- 9.Корпус форсунки
- 10.Сідло клапана

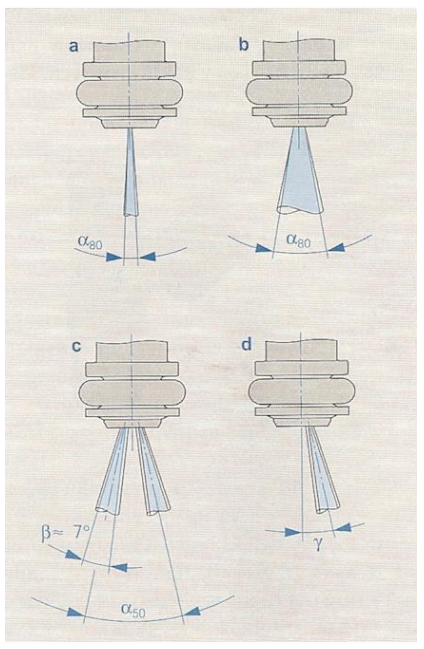


$$\tau_M = \tau_3 - \tau_1 - \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$$

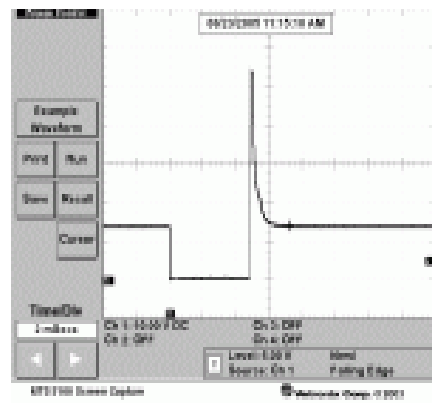
так як прохідний перетин змінюється від 0 до f_ϕ при відкритті, а при закритті від f_ϕ до 0, то

$$\tau_M = \tau_3 - \tau_1 - \frac{1}{2} \tau_2 + \tau_3 + \frac{1}{2} \tau_4$$

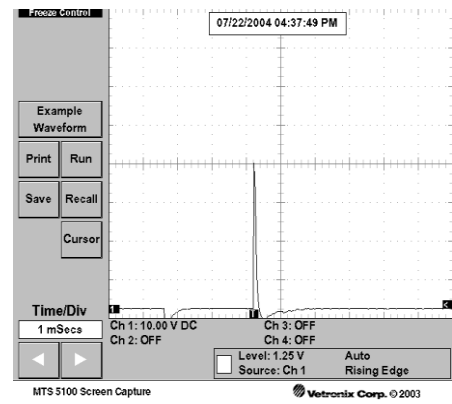
Схема елементів руху клапана



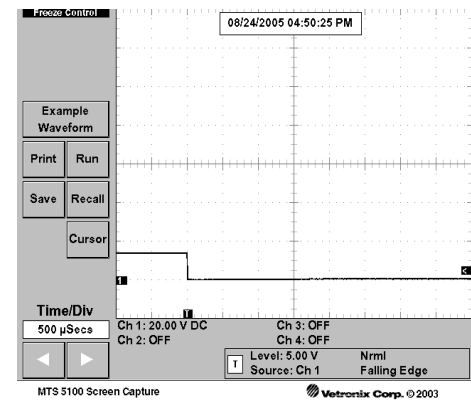
Форми струміней розпилу



еталон



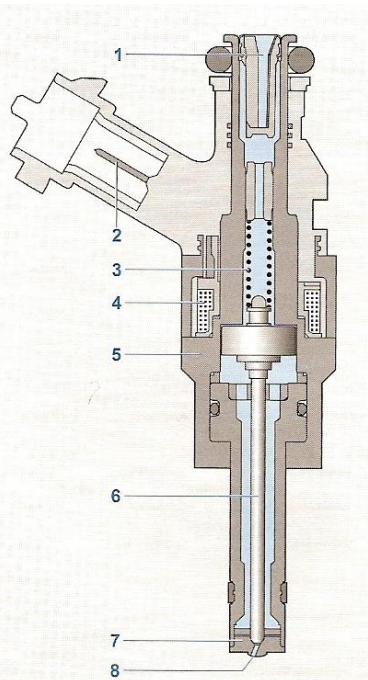
несправна форсунка



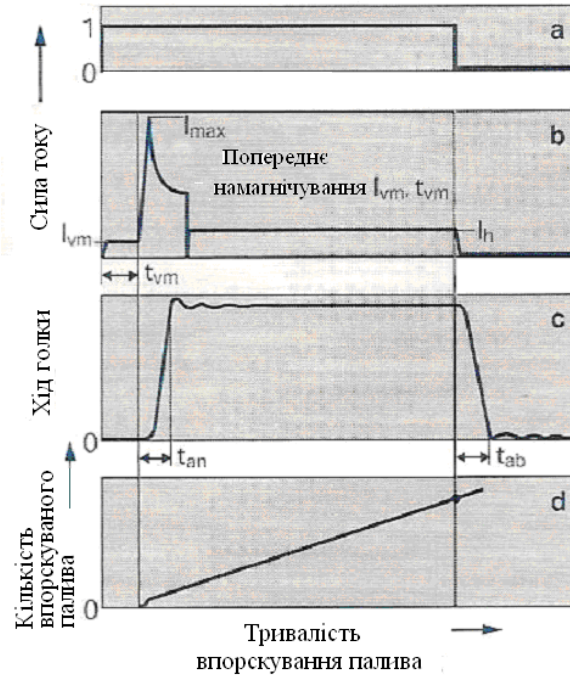
Заклинювання електромагнітного клапана

Діагностування форсунки за допомогою осцилографу

Діагностування форсунок



1. Впускний канал з сітчастим фільтром
2. Електричний роз'єм
3. Пружина
4. Соленоїд
5. Корпус форсунки
6. Голка розпилювача з якорем соленоїда
7. Сідло
8. Інжектуючий отвір форсунки

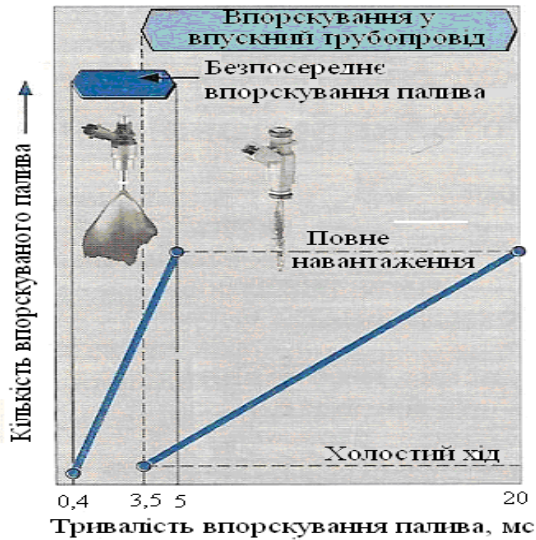


a- управляючий сигнал на відкриття форсунки

в- токова характеристика форсунки

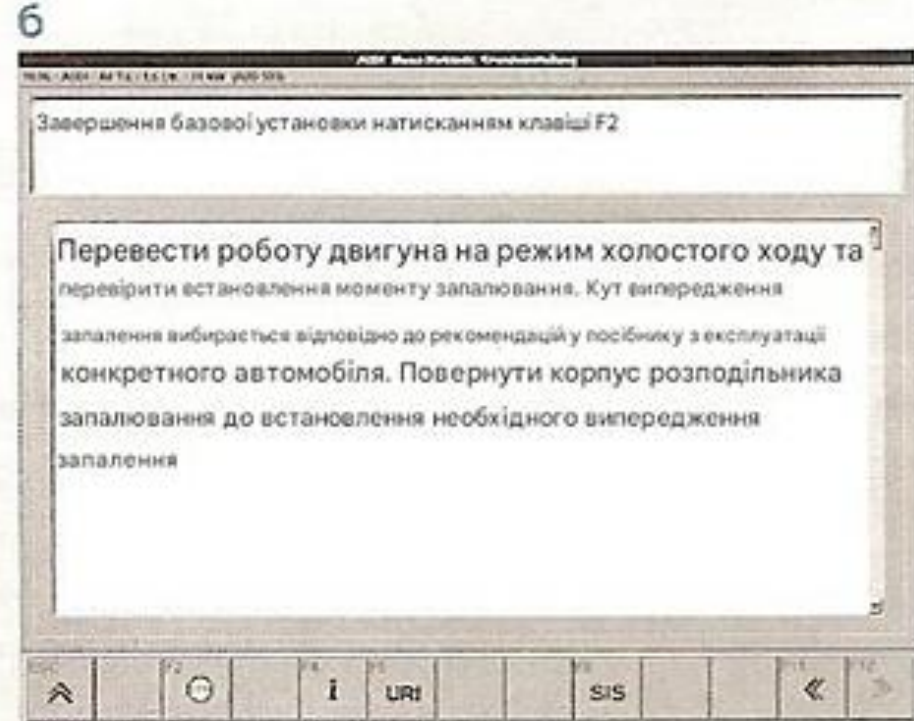
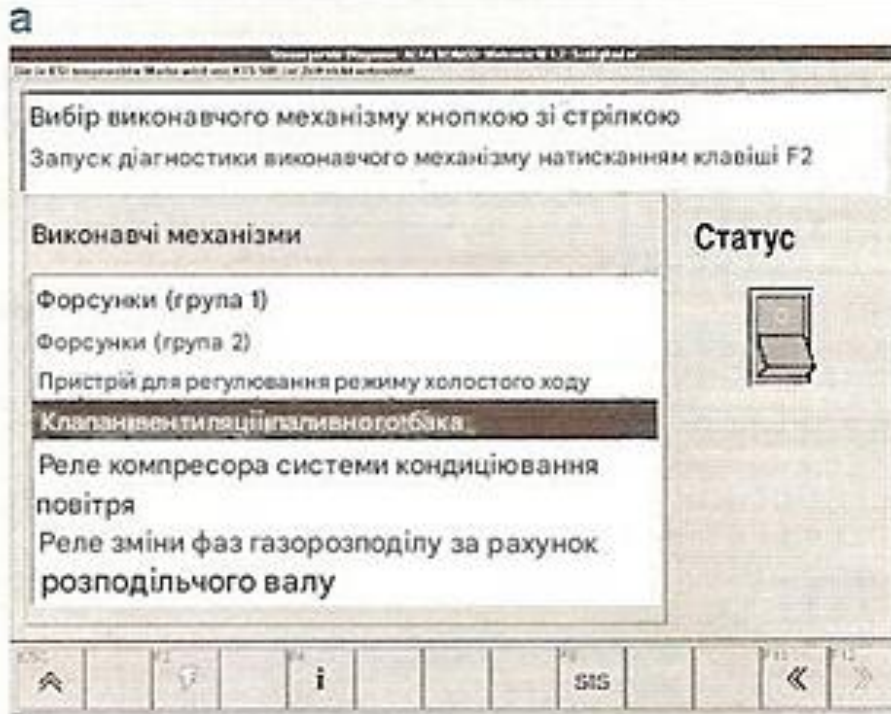
с- хід голки

d- кількість впорскуваного палива



Стенди для промивки и ультразвукової чистки форсунок

Порівняння систем з безпосереднім впорскуванням палива і впорскуванням у впускний трубопровід



Ілюстрація діагностичних функцій за допомогою тестера KTS 500

Розрахунок витрати палива за методикою проф. Говорущенко М.Я.

Витрату палива розраховуємо за формулою:

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \cdot \left[A \cdot i_K + B \cdot i_K^2 \cdot V_a + C \left(G_a \cdot \Psi + 0,077 \cdot kF \cdot V_a^2 \right) \right]$$

де V_a - швидкість автомобіля

A, B, C - коефіцієнти, постійні для даної марки автомобіля

η_i - індикаторний ККД

i_k - середньовзвжене передавальне число коробки передач

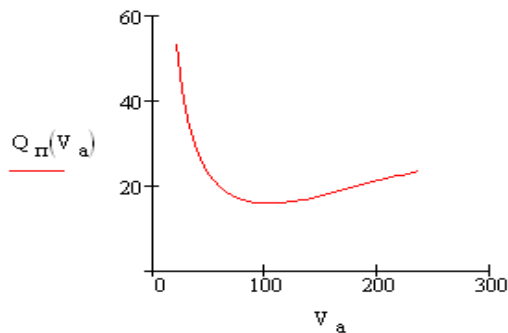
ψ - коефіцієнт сумарного дорожнього опору руху автомобіля

kF - фактор обтічності, $H \frac{c^2}{m^2}$

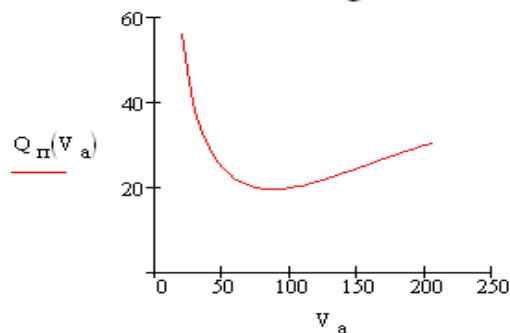
G_a - вага автомобіля, H

- для автомобілів з бензиновим двигуном $A = \frac{358 \cdot V_h \cdot i_0}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_K}$ $B = \frac{9V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_K^2}$ $C = \frac{100}{H_H \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}$

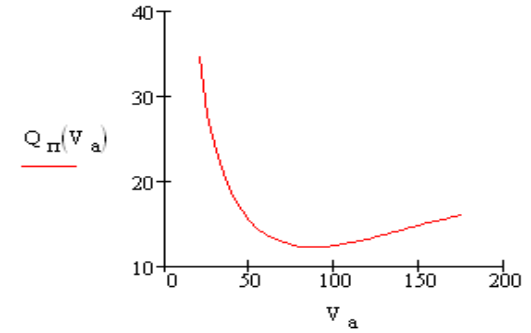
Skoda Superb 2.8



VW Touareg 3.2 V6



Opel Zafira 1.6



ВИСНОВКИ

1. Сучасні електронні системи керування двигунами є дуже надійними але й дуже складними як з точки зору електроніки і програмного забезпечення, так і з точки зору механіки, тому вони накладають підвищені вимоги до діагностики, а саме до діагностичного обладнання та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

2. Під час виконання магістерської роботи були розглянуті проблеми дослідження методів і засобів діагностування електронних систем впорскування палива, розкрита актуальність застосування електроніки в сучасних автомобільних двигунах, описаний пристрій електронної частини і основні елементи архітектури програмного забезпечення сучасних систем, проведено аналіз систем впорскування палива та її окремих елементів, зазначені основні вимоги до елементів системи та приведені приклади найбільш поширених у наш час систем управління двигуном.

3. Були розглянуті основні принципи діагностування електронних систем впорскування та прилади, які використовуються для цієї діагностики, наведені приклади осцилограм отриманих при діагностуванні паливних форсунок.