

В. Д. Мигаль

МЕХАТРОННІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

*Навчальний посібник відповідає затвердженій програмі
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
з навчальної дисципліни «Мехатронні та телематичні системи
транспортних засобів» для підготовки докторів філософії
галузі знань 27 «Транспорт»,
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»*

Харків «Майдан» 2017

УДК 629.33
М 94

Рецензенти: **Алексієв О. П.**, д-р техн. наук, професор кафедри «Комп'ютерні технології і мехатроніка» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Волонцевич Д. О., д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин ім. О. О. Морозова Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Самородов В. Б., д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою «Автомобіле- і тракторобудування» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Лебедєв А. Т., д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою «Трактори й автомобілі» Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка

Мигаль В. Д.

М 94 Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник /
В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017. – 314 с.
ISBN 978-966-372-665-6.

Узагальнені досягнення науки і практики щодо автомобільної мехатроніки та телематики. Розглянуто: сигнали і датчики мехатронних об'єктів керування автомобіля; обробка і перетворення сигналів; модулі та складові мехатронних систем – приводи і виконавчі органи, мікропроцесорні пристрої і системи, мікроконтролери, блоки керування систем автомобіля.

Описані мехатронні системи двигуна внутрішнього згоряння автомобіля, трансмісії, підвіски, рульового керування, гальмівної системи, освітлення та сигналізації, бортові телематичні системи діагностування, інформаційних і телекомунікаційних послуг в технічній експлуатації автомобілів.

Навчальний посібник розрахований на підготовку докторів філософії та магістрів технічних навчальних закладів автотранспортного спрямування, проектувальників та спеціалістів з експлуатації транспортних засобів.

УДК 629.33

ISBN 978-966-372-665-6

© Мигаль В. Д., 2017

Зміст

Перелік скорочень.....	6
Вступ.....	7
1. Основні поняття і визначення в мехатроніці, телематиці та інформатизації транспортних засобів	9
2. Датчики, обробка й перетворення сигналів у мехатронних системах	15
2.1. Сигнали об'єктів технічних систем, види і характеристика датчиків.....	15
2.2. Абсолютні й відносні, реверсивні й неревверсивні датчики.....	19
2.3. Аналогові та дискретні датчики	20
2.4. Параметричні та генераторні датчики	22
2.5. Властивості та характеристики датчиків	22
2.6. Інтелектуальні датчики.....	23
2.7. Датчики систем керування виконавчими механізмами	25
2.8. Обробка і перетворення сигналів	29
Контрольні запитання.....	34
3. Вузли, модулі, агрегати, приводи і виконавчі органи мехатронних систем.....	36
3.1. Поняття «мехатронний об'єкт», «вузол», «модуль» і «система».....	36
3.2. Мехатронні модулі транспортних засобів	38
3.3. Пристрої, перетворювачі руху і приводи мехатронних систем	40
3.3.1. Виконавчі механізми	40
3.3.2. Електричний привід мехатронних пристроїв і модулів.....	42
3.3.3. Пневматичні та гідравлічні приводи.....	46
3.3.4. П'єзоелектричні та електромагнітні приводи	50
3.3.5. Силкові перетворювачі.....	54
3.3.6. Рівні інтеграції мехатронних систем.....	56
Контрольні запитання	58
4. Електронні системи керування автомобілем	59
4.1. Пристрої і схеми застосування мікропроцесорів.....	59
4.2. Мікроконтролери.....	64
4.3. Електронні блоки керування.....	68
Контрольні запитання	76
5. Мехатронні системи керування двигуном внутрішнього згоряння	78
5.1. Розвиток систем електронного керування паливоподачею двигуна	78
5.1.1. Класифікація паливних систем двигуна	78
5.1.2. Система розподіленого впорскування пального.....	82
5.2. Мікропроцесорні системи керування подачею пального в двигунах.....	84
5.2.1. Мікропроцесорні системи керування запалюванням і впорскуванням у бензинових двигунах.....	84
5.2.2. Керування впорскуванням пального в бензинових двигунах	87
5.2.3. Коригування впорскування та складу робочої суміші.....	91
5.2.4. Компоненти системи регулювання витрати пального	94
5.3. Мікропроцесорна система керування подачею пального дизельного двигуна	95
5.3.1. Електронна система керування.....	95
5.3.2. Зв'язок електронної системи керування двигуном з іншими системами автомобіля	97
5.3.3. Компоненти систем електронного керування.....	99
5.3.4. Функціональні системи керування дизелем.....	103

5.4. Компоненти мехатронних систем електронного керування подачею пального у двигунах.....	106
5.4.1. Бензинові заглибні насоси.....	106
5.4.2. Паливні насоси і фільтри дизельних двигунів.....	107
5.4.3. Системи впорскування з розподільним ПНВТ.....	112
5.4.4. Система паливоподачі з індивідуальним ПНВТ.....	114
5.5. Гідравлічна акумуляторна паливна система двигуна.....	116
5.5.1. Акумуляторна паливна система бензинового двигуна.....	117
5.5.2. Компоненти акумуляторної системи дизельного двигуна.....	120
5.6. Сумішоутворення та розпилення пального.....	130
5.7. Форсунки паливних систем.....	135
5.8. Компоненти системи регулювання температури охолоджувальної рідини та дросельної заслінки.....	151
Контрольні запитання.....	152
6. Мехатронні системи керування підвіскою автомобіля.....	154
6.1. Розвиток конструкції підвісок.....	154
6.2. Елементи підвісок.....	155
6.3. Гідравлічні, пневматичні та газонаповнені мехатронні пристрої керованих підвісок.....	158
6.4. Гідромеханічні та пневмомеханічні вузли керованих підвісок.....	162
6.5. Мехатронні системи керування підвіскою.....	169
6.5.1. Системи й елементи керування підвіскою.....	169
6.5.2. Керування висотою кузова.....	177
Контрольні запитання.....	184
7. Мехатронні системи керування трансмісією.....	185
7.1. Об'єкти керування.....	185
7.2. Загальні принципи керування АКП.....	188
7.3. Системи автоматичного керування зчепленням.....	191
7.4. Система регулювання швидкості автомобіля.....	199
7.5. Електрогідравлічні системи керування зчепленням.....	199
7.6. Мікропроцесорні системи керування трансмісією.....	202
7.6.1. Компоненти мікропроцесорних систем керування гідромеханічною передачею.....	202
7.6.2. Структурна схема системи керування електрогідромеханічною передачею.....	206
Контрольні запитання.....	208
8. Мехатронні системи керування гальмуванням.....	209
8.1. Розвиток мехатронних систем керування гальмуванням.....	209
8.2. Антиблокувальна система.....	210
8.3. Протибуксовна система автомобіля.....	215
8.4. Система керування тяговим зусиллям.....	220
8.5. Електронна система курсової стійкості автомобіля.....	224
8.6. Додаткові функції гальмівної системи.....	231
Контрольні запитання.....	234
9. Мехатронні системи рульового керування.....	236
9.1. Тенденції розвитку мехатронних систем.....	236
9.2. Мехатронні компоненти рульового керування.....	240
Контрольні запитання.....	245

10. Мехатронні системи керування освітленням і контролю тиску в шинах	246
10.1. Електронні системи керування освітленням і світлової сигналізації.....	246
10.2. Системи контролю тиску в шинах.....	248
Контрольні запитання.....	250
11. Бортові мехатронні, телематичні та інформаційні системи діагностики автомобіля	251
11.1. Інформаційні блоки та нормативні вимоги до діагностики автомобіля.....	251
11.1.1. Стандарти бортових систем діагностики автомобіля.....	252
11.1.2. Протоколи обміну даними в OBD-II.....	257
11.1.3. Діагностичний рознімач.....	259
11.1.4. Структура кодів помилок.....	260
11.2. Бортові контролери зв'язку CAN блоків керування автомобіля.....	261
11.2.1. Способи передачі даних.....	261
11.2.2. Компоненти шини CAN.....	267
11.2.3. Бортова система CAN керування двигуном.....	269
11.2.4. Компоновка бортової системи CAN автомобіля.....	272
11.3. Бортові системи діагностування автомобіля.....	276
11.3.1. Класифікація вбудованих засобів самоконтролю технічного стану автомобіля.....	276
11.3.2. Можливості бортової системи самодіагностики.....	281
11.3.3. Системи самоконтролю електронних систем двигуна.....	282
11.3.4. Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю.....	284
11.4. Системи дистанційної діагностики автомобілів.....	286
11.4.1. Бортові системи навігації, мобільного зв'язку та контролю технічного стану автомобіля.....	286
11.4.2. Системи дистанційного контролю і діагностики.....	288
11.4.3. Чинники, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю.....	289
Контрольні запитання.....	300
Література	301
Предметний покажчик	306

Перелік скорочень

- ACC – Adaptive Cruise Control – адаптивний круїз-контроль (може бути Active Cornering Control – система стабілізації поперечного положення кузова)
AFS – Active Front Steering – система активного рульового керування
ASR – Automatic Slip Regulation або Acceleration Slip Regulation (див. ПБС)
AYC – Active Yaw Control – система керування активним диференціалом
CAN – Controller Area Network – мережа контролерів – інтерфейс міжсистемного обміну
EBD – електронна система розподілу гальмівного зусилля
ECU – Electronic Control Unit – електронний модуль (блок) керування
EDC – Electronic Diesel Control – електронна система керування дизелем (а також може бути Elektronische Daempfer Control – електронний контроль амортизатора)
EDS – Elektronische Differenzialsperre – електронне блокування диференціала
EGAS – Elektronisches Gaspedal (електронна педаль газу) – електронне керування дросельною заслінкою
ELB – гальмівна система з електронним керуванням
EMS – Engine Management System – система електронного керування, що забезпечує функціонування, як мінімум, двох систем силового агрегату
EPB – Electromechanical Parking Brake – електромеханічне стоянкове гальмо
EPS – електропідсилювач рульового керування
ESP – Electronic Stability Program – електронна система курсової стійкості (ще ПЗС – протизаходна система)
ETC – Electronic Traction Control – електронна система керування дросельною заслінкою
НАС – система зупинки скочування під кут
GPS – Global Positioning System – супутникова система навігації
GPRS General Packet Radio Service – пакетний радіозв'язок загального користування
LSZ – Lamp Switching Center – керування зовнішнім світлом
MAC – Multiply Accumulate – множення з накопиченням
NTC – Negative Temperature Coefficient – від'ємний температурний коефіцієнт
SBC – Sensotronic Brake Control – електрогідравлічна система гальм
TCS – Traction Control System – протибуксовна система
VGRS – система керування рульовим механізмом
АБС (ABS) – антиблокувальна система гальм
АКП – автоматична (автоматизована) коробка передач
АЛП – арифметико-логічний пристрій
АСПП – акумуляторна система паливоподачі
АЦП – аналого-цифровий перетворювач
БСКД – бортова система контролю і діагностики
ВГ – відпрацьовані гази
ВЗЗ – від'ємний зворотний зв'язок
ВІС – вимірювально-інформаційна система
ВМТ – верхня мертва точка
ГВП – гідравлічний виконавчий пристрій
ГМП – гідромеханічна передача
ДДР – динамічний діапазон роботи форсунки
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння
ЕБК – електронний блок керування
ЕВП – електронне впорскування пального
ЕМП – електромеханічний перетворювач
ЕМФ – електромагнітна форсунка
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина
ЕПС – електронна паливна система
ЕРС – електрорушійна сила
ЕСКД – електронна система керування двигуном
ЗП – запам'ятовувальний пристрій
ІТС – інтелектуальна транспортна система
ККД – коефіцієнт корисної дії
КПП – коробка перемикання передач
МЕМС – мікроелектромеханічна система
МК – мікроконтролер
МП – мікропроцесор
МПК – мікропроцесорний комплект
МПС – мікропроцесорна система
МПСК – мікропроцесорна система керування
ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій
ОП – оперативна пам'ять
ОС – операційна система
ПБС – протибуксовна (антипроковзна) система
ПВВ – пристрій введення-виведення
ПЕП – п'єзоелектричний перетворювач
ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій
ПНВТ – паливний насос високого тиску
ПП – пневматичний привід
ППЗП – перепрограмовуваний запам'ятовуючий пристрій
ПР – поточний ремонт
ПЧ – перетворювач частоти
ТЗ – транспортний засіб
ТЗД – технічні засоби діагностування
ТО – технічне обслуговування
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач
ЦПОС – цифровий процесор обробки сигналів

Вступ

Поняття «мехатроніка» і «телематика» тривалий час не були розкриті. Це пояснюється тим, що в науковому змісті цих понять не було особливої потреби, оскільки техніка (включаючи автомобільну) була порівняно нескладною. Розвиток засобів автоматизації на ранній стадії відбувався через застосування механічних, пневматичних, гідравлічних та електромеханічних систем з аналоговим керуванням.

Вимоги наукового обґрунтування поняття «мехатроніка» стали висуватися на стадії розробки методів створення автоматичних систем керування складними машинами і комплексами; коли науковою базою стала кібернетика та інформаційні технології, а розробка систем автоматизації керування робочими процесами, рухом і діагностуванням автомобілів провадилася із застосуванням мікропроцесорних пристроїв, силових перетворювачів, обчислювальної комп'ютерної техніки із складним програмним забезпеченням. Поєднання механіки (гідравліки і пневматики), електромеханічних і електронних систем з комп'ютерним керуванням потребувало введення нового, більш емного поняття – «мехатроніка». Це поняття показує, на якому синергетичному рівні розв'язується завдання керування.

Розвиток мехатронних систем зумовлений появою та безперервним удосконаленням мікропроцесорів, мікроконтролерів, мікро-ЕОМ. Це дало можливість створити нові методи, засоби і системи високого рівня мехатронізації та інтелектуалізації автомобілів, що дозволяють управляти робочими процесами, діагностуванням, безперервно спостерігати за технічним станом автомобілів в експлуатації.

Сучасні тенденції розвитку інформатизації, створені навігаційні системи і пристрої автомобіля дають можливість дистанційного керування автомобілем, надавати необхідні інформаційні та телекомунікаційні послуги. Комплексне визначення зв'язків комп'ютерних засобів, інформатики та телекомунікацій (усередині автомобіля та зовні) отримало назву «телематика». Телематика є основою для створення інтелектуальних транспортних машин. Завдяки їй сучасний транспортний засіб стає невід'ємною ланкою транспортної інфраструктури.

Питання, що розглядаються у навчальному посібнику, є багатогранними, оскільки мехатронні системи інтегрують механічні, електромеханічні, електронні та комп'ютерні компоненти в єдину систему автоматизованого керування. Створення таких систем потребує знань в області багатьох галузей: механіки, електротехніки, електропривода, електронної техніки, комп'ютерів і мікропроцесорів, їх програмування, теорії систем керування і т. п.

У даному навчальному посібнику зібраний і узагальнений матеріал щодо мехатронних, телематичних та інформаційних систем автомобілів, які експлу-

атуються в наш час. Бібліографічний опис використаних джерел наведений у переліку літератури.

Зміст посібника дає можливість уявити прийняті в мехатроніці, телематиці та транспортній інформатизації поняття і визначення, дати уявлення про структуру і види мехатронних систем автомобіля. Також описані сигнали і датчики об'єктів керування автомобіля, обробка і перетворення сигналів, модулі та складові мехатронних систем – приводи, виконавчі механізми, мікропроцесорні системи і пристрої, мікроконтролери, електронні блоки керування мехатронних систем. Крім того, описані сучасні мехатронні системи: рульового керування, двигуна, трансмісії, підвіски, гальмівної системи, освітлення та сигналізації, бортові та дистанційні системи діагностики, системи інформаційних і телекомунікаційних послуг в технічній експлуатації автомобілів.

Автор навчального посібника прагнув розвинути у читачів критичне ставлення до конструкції транспортних машин, їх подальшої мехатронізації, телематизації та інтелектуалізації, що дозволяє вдосконалити їх робочі процеси, поліпшити проектні характеристики й експлуатаційні властивості.

Навчальний посібник представляє інтерес для студентів, проєктувальників та експлуатаційників транспортних засобів.

Висловлюю щиро подяку доктору технічних наук, професору Бажинову О. В., доктору технічних наук, професору Подригалю М. А., кандидату технічних наук, доценту Леонтьєву Д. М. за рекомендації щодо написання даного навчального посібника; також ст. викладачу Жадану О. І. за комп'ютерний набір і верстку, технічне редагування посібника.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ В МЕХАТРОНІЦІ, ТЕЛЕМАТИЦІ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Мехатроніка на транспорті є продовженням автоматизації керування робочим процесами, удосконалення підсистем і ланок транспортних засобів, втілення гнучких комп'ютеризованих систем транспортного комплексу [1-9].

До сьогодні «Мехатроніка» знаходиться на стадії становлення, тому її визначення та базова термінологія ще повністю не сформовані. Назва «Мехатроніка» отримана через комбінацію термінів «МЕХАніка» та «ЕлекТРОНІКА». Таке поєднання у єдиному словосполученні означає інтеграцію знань у відповідних галузях науки і техніки, що дало можливість створити умови для появи техніки нових поколінь та виробництва найновіших видів обладнання й систем керування.

У відомих визначеннях підкреслюється триєдина сутність мехатронних систем, в основу побудови яких закладена ідея глибокого взаємозв'язку механічних (гідравлічних і пневматичних), електронних і комп'ютерних елементів та систем, і керування в яких здійснюється не механічними чи гідравлічними методами, а електронними. Найпоширенішим графічним символом мехатроніки стали три кола, що перетинаються (рис. 1.1).

Мехатроніка – термін для опису технологій, що виникли на стику електротехніки, машинобудування і програмного забезпечення. Це нова галузь інженерії, яка об'єднує електротехніку, механіку, комп'ютерні та інформаційні технології. Вона спрямована на вдосконалення робочих процесів машин і механізмів, призначених для функціонування з «розумною» поведінкою, тобто працюючих за певною заданою програмою.

Загальне визначення мехатроніки у широкому розумінні наведене у російському державному освітньому стандарті напрямку навчання «Мехатроніка і робототехніка»: «Мехатроніка – це нова галузь науки і техніки, яка основана на синергетичному поєднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними та комп'ютерними компонентами, що забезпечують проектування й виробництво якісно нових модулів систем, машин і систем з інтелектуальним керуванням їх функціональними рухами».

У літературі [10, 12] цей термін визначений так: «Мехатроніка – це нова галузь науки і техніки, присвячена створенню й експлуатації машин і систем з комп'ютерним керуванням рухом, що базується на знаннях в галузі механіки, електроніки і мікропроцесорної техніки, інформатики й комп'ютерного керування рухом машин і агрегатів». Мехатроніка дає змогу проектувати, розвивати й застосовувати інтелектуальні пристрої в суміжних сферах науки і техніки.

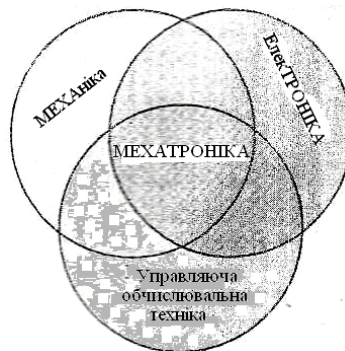


Рис. 1.1. Графічне визначення терміну «мехатроніка»

На сьогодні сучасний автомобіль містить багато мехатронних систем.

Отже, наявність трьох обов'язкових частин – механічної (електромеханічної, пневматичної, гідравлічної тощо), електронної та комп'ютерної, які зв'язані енергетичними й інформаційними потоками, є первинною характерною ознакою мехатронних систем. Електромеханічна частина містить механічні ланки: передачі, робочий орган, електродвигуни, сенсори та додаткові електротехнічні елементи (гальма, муфти тощо).

Електронна частина складається з мікроелектронних пристроїв, силових перетворювачів і вимірювальних засобів. Датчики (або сенсори) призначені для збирання даних про фактичний стан зовнішнього середовища і об'єкта керування для наступної первинної обробки та передачі отриманої інформації до пристрою комп'ютерного керування.

Відсутність єдиної упорядкованої термінології призводить до того, що один термін може мати кілька значень (багатозначність), або для одного поняття існує кілька термінів (синонімія).

Мехатронні технології – це інформаційні технології керування рухом, тобто реалізація за допомогою інформаційних технологій складних законів виконавчих рухів, які з тих чи інших причин не могли бути реалізованими з використанням традиційних технологій раніше. На сьогодні здебільшого використовуються мехатронізовані об'єкти. Основою сучасних транспортних засобів є електронні системи двигуна, зчеплення, коробки передач, кермових приводів, гальмівних пристроїв, підвіски й інших вузлів та агрегатів.

Сучасні тенденції розвитку промисловості зумовлюють таке трактування:

«Мехатроніка – це галузь науки, яка присвячена аналізу виконавчих станів мехатронних об'єктів і функціональної взаємодії механічних, енергетичних та інформаційних процесів між собою та зовнішнім середовищем, а також синтезу мехатронних об'єктів. З іншого боку мехатроніка – це галузь техніки, яка забезпечує повний життєвий цикл мехатронного об'єкта» [8].

Практично будь-який розвиток складних утворень базується на інтегральному застосуванні загальносистемного, синергетичного підходу, що є методологією або сукупністю методів, правил, прийомів створення складних об'єктів та систем, які можуть називатися мехатронними.

Синергетика (синергія) – це взаємодія двох і більше факторів, сумарний ефект яких значно перевищує ефект алгебраїчної суми цих факторів [11].

Синергетика – ефективна сумісна дія різнорідних частин складної системи на основі самоорганізації та інтелектуалізації – надання технічним системам Smart-властивостей поведінки людини: система стає думаючим об'єктом, що має здатність приймати рішення за аналогією дій розуму людини [1, 2]. Синергетика – це теорія самоорганізації.

Синергетика має справу з явищами і процесами, в результаті яких у системи (у цілому) можуть з'явитися властивості, яких немає у жодного елемента системи. Позитивний ефект примножується порівняно з роздільним виконанням тих самих компонентів.

Самоорганізація – одне з ключових понять синергетики. В аспекті утворення це означає самоутворення. Найкраще керування – самокерування.

Інтеграція (лат. integer – ціле) означає об'єднання в ціле будь-яких час-

тин, елементів. Інтеграція електромеханіки (пневматики та гідравліки) й мікроелектроніки дала можливість створити датчики, комплектні мехатронні компоненти, вузли і модулі й розробити на їх основі мікропроцесорні та інтелектуальні програмовані системи керування режимами роботи і рухом автомобіля, а в подальшому – інформаційні технології керування транспортними системами. Раціональне поєднання механічних, електротехнічних та електронних компонентів знаходить своє відбиття в інформаційній технології на логічному і фізичному рівнях керування агрегатами, підсистемами і ланками транспортних засобів. Різні частини мехатронних систем є єдиним цілим і поєднуються на основі інформаційних процесів перетворення даних. Згідно з цим мехатронні пристрої та прилади транспортних машин є складовими телематичної системи.

Інтеграція електромеханіки та мікроелектроніки створила можливість появи комплексних інтегрованих мехатронних модулів руху робочих органів і вузлів машин і систем комп'ютерного керування із програмним забезпеченням.

Розвиток мехатронних систем, зумовлений появою мікропроцесорів, контролерів та мікро-ЕОМ, дав можливість створити електронне керування технічними системами автомобіля. Це дозволило створити нові методи, засоби і системи вищого рівня мехатронізації-інтелектуалізації, які ґрунтуються на безперервному спостереженні за робочими процесами і станом усіх технічних систем автомобіля. Бортова мережа CAN може об'єднувати мехатронні та електронні пристрої автомобіля та управляти ними.

Розвиток процесу мехатронізації транспортних машин полягає у тому, що паралельно з їх комп'ютеризацією відбувається й інтелектуалізація.

Телематика – комплексне визначення для сукупності засобів інформатики та телекомунікацій, які є апаратурою автотранспортних або інших транспортних засобів усередині них або зовні. Наприклад, внутрішньою телематикою є бортові обчислювальні мережі автомобіля. Зовнішня телематика – це вся інформаційна транспортна інфраструктура міста або регіону, яка забезпечує вирішення повного комплексу інформаційних завдань для всіх учасників транспортного процесу [1, 4]. Тому можна визначити саме транспортну тематику як засоби (на базі використання мобільних та стаціонарних комп'ютерних систем, засобів мобільного зв'язку) та методи мехатронізації транспортних машин і систем. Завдяки телематичі сучасний транспортний засіб стає ланкою транспортної інфраструктури.

Вищий рівень мехатронізації – інтелектуалізація. Автомобіль є мехатронним і водночас телематичним, якщо він має електронні системи керування агрегатами і вузлами. Особливо важливим на сучасному етапі розвитку суспільства є його інформатизація, створення єдиного інформаційного простору взаємодії транспортних підсистем та ланок транспортного комплексу.

Широке поле діяльності телематики спостерігається у сфері «зрощення» телематики і телеметрії. Термін «телематика» має достатньо широке значення: телекомунікаційне керування віддаленими об'єктами, телекомунікаційне керування рухомими об'єктами (навігаційні системи і пристрої в автомобілі, телекомунікаційні послуги). Телематика на транспорті в цілому означає єднання

окремих сервісів у єдину послугу для вирішення загальних питань.

Інформація – одна з властивостей предметів, явищ, об'єктів, систем, процесів об'єктивної дійсності, що містить усі відомості про них, які можна зберігати, передавати і приймати, обробляти й перетворювати. Під інформацією розуміють не самі предмети, явища, об'єкти, системи, процеси, а відомості про них у вигляді чисел, формул, описів, креслень, символів, образів, тексту, мовлення, показань приладів, команд керування і т. п. [37]

Інформаційний пристрій – це пристрій, який перетворює контрольовану величину в сигнал, зручний для вимірювання, передачі, перетворення, зберігання та реєстрації, а також для впливу на процеси, якими управляють.

Інформаційна система – це сукупність організаційних, технічних, програмних та інформаційних засобів, об'єднаних в єдину систему з метою збирання, зберігання, обробки та видачі необхідної інформації, призначеної для виконання заданих функцій. Процес трансформації даних в інформаційних системах можна охарактеризувати наступним чином. Збирання інформації – апаратна й алгоритмічна реалізація вибраних методів первинного перетворення фізичних величин, які кількісно характеризують контрольовані параметри, з метою отримання сигналів, придатних для подальшого використання.

Інтелектуальною системою називають кібернетичну систему, що призначена для вирішення інтелектуальних завдань. Інтелектуальні вимірювальні системи здатні виконувати усі функції вимірювання, контролю й діагностування в реальному часі; забезпечувати безперервнн вимірювання і контроль заданих параметрів, збирання даних та обробку сигналів. Вони можуть бути індивідуально запрограмовані на виконання необхідних завдань, організацію контролю й керування транспортними потоками та виробничими процесами транспортних підприємств.

У світовій практиці керування транспортом бортові технічні засоби у сукупності з інформаційними технологіями та складними комп'ютерними системами отримали назву засобів телематики, що відображає зв'язок телекомунікацій з інформатикою [6]. Телематика є основою для створення інтелектуальних транспортних машин, а системи для керування транспортними комплексами, створені на базі засобів телематики, отримали назву **інтелектуальні транспортні системи (ІТС)**. Саме об'єднання телематики з мехатронікою забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних систем.

Інтелектуальні транспортні системи – системна інтеграція сучасних інформаційних і комунікаційних технологій і засобів автоматизації з транспортною інфраструктурою, транспортними засобами і користувачами, орієнтована на підвищення безпеки та ефективності транспортного процесу, комфортності для водіїв і користувачів транспорту.

Автомобіль є інтелектуальним, якщо крім вказаних або аналогічних автоматизованих систем він обладнаний бортовим обчислювальним комплексом для вирішення завдань навігації та координації робіт.

Об'єднання всіх систем шиною CAN дає можливість розглядати автомобіль як мережний транспортний засіб передачі телеметричних даних від системи до системи.

Телематичні системи – це пристрої для обміну інформацією між систе-

мами автомобіля, водієм та навколишнім світом: бортовий комп'ютер, навігаційна система, засоби зв'язку і т. д. Електронні блоки керування агрегатами автомобіля (двигун, гальма з АБС тощо) видають інформацію системам телематики шиною даних.

Телематичними вважають системи, які функціонують у роздільному інформаційному та комунікаційному середовищі. Це спільне з транспортом середовище, яке використовується телематичними системами для підвищення якості й ефективності роботи транспорту. Впровадження на автомобільному транспорті телематики та елементів, підсистем і ланок мехатронних систем є процесом мехатронізації, оснащенням засобами електронних приладів.

Інформаційно-телекомунікаційна система – сукупність інформаційних та телекомунікаційних систем, які в процесі обробки інформації діють як єдине ціле. Відповідно, транспортна система разом з транспортними комунікаціями – це технічний аналог нейронної мережі.

Автомобільна мехатроніка присвячена проблемі поєднання та організації взаємодії автомобільних телематичних приладів і електронних вузлів, агрегатів та автомобільних приладів і систем у процесі експлуатації транспортних машин для отримання синергетичного ефекту.

На рис. 1.2 наведено схему, яка пояснює синергетичне «вертикальне» та «горизонтальне» об'єднання складових частин транспортної мехатроніки та її фізичну організацію у складних організаційно-технічних системах. У проекті мережного транспортного засобу така розробка ведеться від бортового обчислювального комплексу до системи виконавчих механізмів і пристроїв, інформаційно-вимірювальної апаратури, апаратних і програмних засобів інтерфейсів користувачів – учасників транспортних процесів [1, 3].

Уніфікація – це забезпечення універсальних рішень (структуризація та реалізація модульних конструкцій).

Стандартизація – це використання загальних протоколів (узгодження рівнів сигналів та логіки їх створення і функціонування) передачі даних.

Мехатроніка та телематика на основі синергетичних транспортних машин та систем є основною складовою новітніх інформаційно-комунікаційних технологій. Тому вирішення завдань аналізу та синтезу транспортного комплексу в цілому, його складових елементів зокрема має ґрунтуватися саме на транспортній мехатроніці.

Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень – інтерактивна комп'ютерна система, яка призначена для підтримки прийняття рішень у різ-

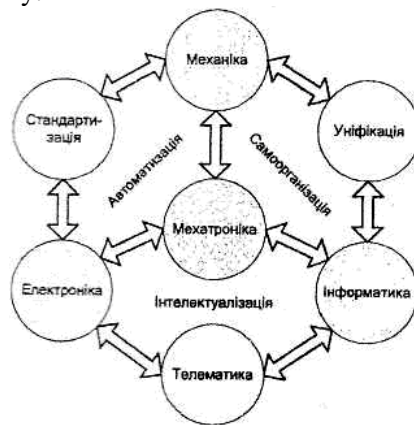


Рис. 1.2. Об'єднання складових частин мехатроніки та організація транспортних мехатронних систем

них сферах діяльності щодо слабо структурованих і неструктурованих проблем і ґрунтується на використанні моделей і процедур з обробки даних та знань на основі технологій штучного інтелекту.

Відмінною рисою будь-якої мехатронної системи є те, що вона спрямована на вдосконалення робочих процесів машин і механізмів, призначених для реалізації механічних технологій.

Основним принципом керування мехатронних систем є принцип зворотного зв'язку, який дає можливість здійснювати контроль якості регулювання за відхиленням контрольованого параметра від заданого значення. В ідеальному для користувача варіанті мехатронна система після отримання на вхід інформації про мету керування буде виконувати заданий функціональний рух з бажаними показниками якості та точності. Отже, мехатронна система по суті повинна мати якості системи, яка самоналаштовується.

Застосування мехатронного підходу при створенні машин з комп'ютерним керуванням визначає їх основні переваги порівняно з традиційними засобами автоматизації [57]:

- відносно невелика вартість завдяки високому ступеню інтеграції, уніфікації та стандартизації усіх елементів та інтерфейсів;
- висока якість реалізації складного та точного руху виконавчих механізмів завдяки застосуванню методів інтелектуального керування;
- висока надійність, довговічність та захищеність від перешкод;
- конструктивна компактність модулів (аж до мініатюризації у мікромашинах);
- покращення масогабаритних та динамічних характеристик машин шляхом спрощення кінематичних і комунікаційних ланок;
- можливість інтегрування функціональних модулів у складні системи і комплекси під конкретні завдання замовника.

Досвід практичної експлуатації сучасних автомобілів з мехатронними системами, порівняно із системами керування попередніх поколінь, показав низку принципово нових можливостей, основними з яких є такі:

- глобальність і безперервність контролю у часі та просторі;
- висока універсальність і гнучкість під час розвитку та формування маршрутної мережі;
- організація контролю маршрутного руху з використанням засобів мобільного і радіозв'язку та навігаційних систем;
- обмін оперативними повідомленнями між водієм контрольованого транспортного засобу і диспетчером системи у будь-який момент часу та у будь-якій точці простору;
- визначення точного місцезнаходження контрольованого транспортного засобу та його відображення на електронній карті місцевості.

Автомобільна мехатроніка присвячена аналізу проблем сполучення та організації взаємодії автомобільних електромеханічних та електронних вузлів, мехатронних агрегатів, а також автомобільних телеметричних приладів і систем у процесі експлуатації транспортних машин для отримання синергетичного ефекту. Для керування електронними пристроями сучасні автомобілі мають бортову мережу шин CAN.

2. ДАТЧИКИ, ОБРОБКА Й ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ У МЕХАТРОННИХ СИСТЕМАХ

2.1. Сигнали об'єктів технічних систем, види і характеристика датчиків

Сигнал об'єкта – це постійна або змінна фізична величина, яка відображає повідомлення або інформацію про яку-небудь подію, процес, явище або стан об'єкта спостереження. Сигнали від первинних датчиків у мехатронних системах проходять вхідну обробку і перетворення.

Відомості, повідомлення, інформація дають можливість з єдиного погляду розглядати процеси взаємодії об'єктів і засобів різної фізичної природи і призначення.

Під сигналом у загальному випадку розуміють фізичний процес перенесення інформації у часі та просторі.

Вимірювальний сигнал – це сигнал, який містить кількісну інформацію про вимірювану фізичну величину.

Сигнали характеризуються такими параметрами:

- тривалість – інтервал часу, протягом якого існує сигнал;
- динамічний діапазон – відношення найбільшої миттєвої потужності сигналу до тієї номінальної потужності, яку необхідно відрізнити від нуля при заданій якості передачі;
- широкий спектр – діапазон частот, у якому зосереджена основна енергія сигналу.

Основними вимірюваними величинами (сигналами), що використовуються у мехатронних системах автомобіля є такі:

- електричні (напруга, струм, напруженість, опір, ємність, індуктивність, намагніченість);
- механічні (переміщення, кут, нахил, рівень, швидкість, частота обертання, прискорення, сила, тиск, момент та ін.);
- термічні (температура);
- хімічні й фізичні (вологість, теплопровідність, рН-значення, вміст пилу, вміст пари, інтенсивність випромінювання, довжина хвилі, колір, молекули газу, рідини, твердого тіла та ін.).

Для контролю технологічних процесів, моніторингу й керування у сучасних мехатронних системах необхідно оперативно визначати багато параметрів, а саме: температуру, тиск, хімічний склад, вологість, радіоактивність, лінійні й кутові розміри, швидкість, прискорення тощо. Для визначення параметрів технологічних процесів використовують датчики.

Датчики – це пристрої, що сприймають зовнішні впливи і реагують на них зміною електричних сигналів. Види зовнішніх впливів наведені у табл. 2.1 [4]. Призначення датчиків – реакція на певну зовнішню фізичну дію та перетворення її на електричний сигнал, сумісний із сигналами у схемах системи контролю й керування. Таким чином, датчик – це перетворювач фізичної величини (часто не електричної) на електричний сигнал. Датчик є відповідальною ланкою в електронній системі керування об'єктом (або його діагносту-

вання) чи вимірювання величини, яку потрібно вимірювати або контролювати. Призначення та технічні характеристики датчиків описані в [4, 5, 6, 16, 25-29, 38]. Під зовнішньою дією розуміють кількісну характеристику об'єкта контролю й керування, його властивість або якість, які необхідно прийняти і перетворити на електричний сигнал.

Таблиця 2.1

Види зовнішніх впливів

Назва	Контрольована (вимірювана) величина
Акустичні	Амплітуда хвилі, фаза, поляризація. Спектр. Швидкість хвилі. Інші
Біологічні	Біомаса (вид, концентрація, стан). Інші
Хімічні	Елементи (ідентичність, концентрація, стан). Інші
Оптичні	Амплітуда хвилі, фаза, поляризація, спектр. Швидкість хвилі. Коефіцієнт відбиття. Випромінювальна здатність. Відбивна здатність, поглинання. Інші
Механічні	Положення (координати лінійні та кутові). Прискорення. Сила. Напруженість, тиск. Деформація. Маса, щільність. Рух, момент. Швидкість потоку, витрата маси. Форма, шорсткість, орієнтація. Твердість, податливість
Електричні	Заряд, струм. Потенціал, напруга. Електричне поле (амплітуда, фаза, поляризація, спектр). Провідність. Діелектрична проникність. Інші
Магнітні	Магнітне поле (амплітуда, фаза, поляризація, спектр). Магнітний потік. Проникність. Інші
В'язкість	Упорядкованість структури, інтеграція. Інші
Випромінювання	Тип. Енергія. Інтенсивність. Інші

Назва	Контрольована (вимірювана) величина
Теплові	Температура. Потік. Тепло. Теплопровідність. Інші

Датчики, виконавчі пристрої, засоби контролю й керування, допоміжні пристрої, що зв'язують їх у єдине ціле, утворюють систему контролю й керування. Об'єкт контролю й керування характеризується своїм станом, який можна визначити з допомогою датчиків.

Датчики, які використовуються на транспорті, базуються на відомих принципах, що впроваджені у засобах автоматизації різного рівня, проте з урахуванням тих складних умов, у яких вони функціонують. До таких складних умов роботи автомобільних датчиків належать вібрація, забруднення, вологість, коливання електромагнітного поля та температури тощо.

Датчики не працюють самі по собі, а входять до складу системи контролю й керування. У цих системах датчики можуть бути як зовнішніми, так і вбудованими. Їх розташовують на входах вимірювальних приладів для реагування на зовнішні дії та інформування системи про зміни в навколишньому середовищі.

Раціональне розміщення різних датчиків на автомобілі представлено на рис. 2.1. Їх призначення й опис можна знайти в [4, 5, 6, 12, 16].

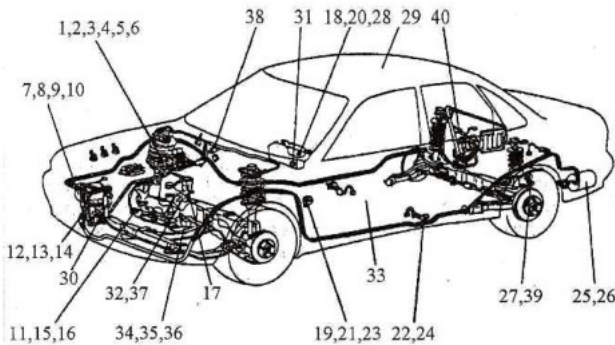


Рис. 2.1. Розміщення датчиків на автомобілі:

1 – датчик конфігурації впускного колектора з керованою геометрією; 2 – датчик тахометра; 3 – датчик положення розподільного вала; 4 – датчик навантаження двигуна; 5 – датчик положення колінчастого вала; 6 – датчик крутильного моменту двигуна; 7 – датчик кількості масла; 8 – датчик температури охолоджувальної рідини; 9 – датчик швидкості автомобіля; 10 – датчик тиску масла; 11 – датчик рівня охолоджувальної рідини; 12 – радарний датчик системи гальмування; 13 – датчик атмосферного тиску; 14 – радарний датчик системи запобігання зіткненням; 15 – датчик швидкості обертання тягового вала коробки передач; 16 – датчик вибраної передачі в коробці передач; 17 – датчик тиску пального у рампі форсунок; 18 – датчик швидкості обертання керма; 19 – датчик положення педалі; 20 – датчик швидкості обертання автомобіля відносно вертикальної осі; 21 – датчик протиугінної системи; 22 – датчик положення сидіння; 23 – датчик прискорення при фронтальному

зіткненні; 24 – датчик прискорення при боковому зіткненні; 25 – датчик тиску пального в баку; 26 – датчик рівня пального в баку; 27 – датчик висоти кузова відносно шасі; 28 – датчик кута повороту керма; 29 – датчик дощу або туману; 30 – датчик температури забортного повітря; 31 – датчик ваги пасажирів; 32 – датчик кисню; 33 – датчик наявності пасажирів на сидінні; 34 – датчик положення дросельної заслінки; 35 – датчик пропусків запалювання; 36 – датчик положення клапана рециркуляції вихлопних газів; 37 – датчик абсолютного тиску у впускному колекторі; 38 – датчик азимуту; 39 – датчик швидкості обертання коліс; 40 – датчик тиску в шинах.

Датчики бувають пасивні й активні (рис. 2.2).

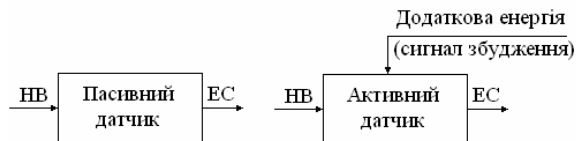


Рис. 2.2. Активні та пасивні датчики:

НВ – неелектричний вплив; ЕС – електричний сигнал

Пасивний датчик не потребує додаткового джерела енергії. Як реакція на змінення зовнішньої дії на., його виході завжди виникає електричний сигнал. В пасивних датчиках електричний сигнал з'являється за рахунок внутрішнього енергетичного перетворення без використання зовнішньої електричної енергії. Це означає, що такий датчик перетворює енергію зовнішнього сигналу на вихідний сигнал. Прикладами пасивних датчиків є термопари, фотодіоди й п'єзоелектричні чутливі елементи.

Активні датчики для своєї роботи потребують зовнішньої енергії, що має назву сигналу збудження. При формуванні вихідного сигналу активний датчик так чи інакше впливає на сигнал збудження. Прикладами активних датчиків є термістори і резистивні тензодатчики. Оскільки такі датчики змінюють свої характеристики, їх іноді називають параметричними. Певні параметри активних датчиків модулюють сигнали збудження, і ця модуляція містить інформацію про значення вимірюваної величини.

Прикладом активного датчика є температурно чутливий резистор (термістор), який працює від джерела постійного струму, що в цьому разі є системою збудження. З виходів датчиків сигнали надходять на мультиплексор. Якщо вихідні сигнали датчиків є аналоговими (неперервними), то вони надходять на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), якщо цифровими – безпосередньо на комп'ютер.

Активні датчики розміщують усередині складних систем (систем контролю та керування) з метою моніторингу умов їх функціонування.

Датчики є невід'ємною частиною систем контролю технологічних процесів.

Усі датчики можна поділити на дві групи: датчики прямої дії та складені датчики. Складені датчики, перш ніж отримати електричний сигнал на виході, повинні виконати кілька перетворень (рис. 2.3). До структури складених датчиків звичайно входить щонайменше один датчик прямої дії та кілька пере-

творювачів.

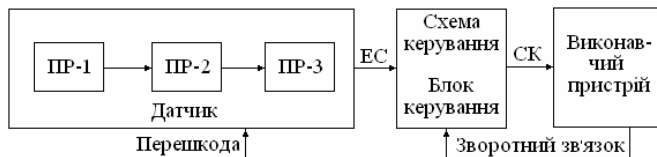


Рис. 2.3. Схема конструкції датчика, що складається з кількох перетворювачів:

ЕС – електричний сигнал; СК – сигнал керування; ПР - перетворювач

Датчиками прямої дії називають датчики, які побудовано на фізичних явищах, що дають змогу проводити безпосереднє перетворення енергії зовнішньої дії на електричні сигнали. Прикладами таких фізичних явищ є фото-ефект, ефекти Холла і Зеебека. Датчики прямої дії перетворюють зовнішню дію безпосередньо на електричний сигнал, використовуючи для цього відповідне фізичне явище, на відміну від складених датчиків, які, як було згадано, здійснюють кілька перетворень енергії, перш ніж отримати електричний сигнал на виході кінцевого датчика прямої дії.

Основними характеристиками датчиків є чутливість, швидкодія, вартість, лінійність, перенавантажувальна здатність, стабільність, наявність гістерезису, габаритні розміри, вибірковість, роздільна здатність, точність, ресурс, вага, наявність мертвої зони, формат вихідного сигналу.

За принципом дії розрізняють датчики опору: потенціометричні, тензометричні, фоторезисторні й терморезисторні; датчики індуктивності та взаємодуктивності: індуктивні, сельсини, мікросини, обертальні трансформатори; магнітоіндукційні, тахогенератори постійного і змінного струму та ін.

2.2. Абсолютні й відносні, реверсивні й нереверсивні датчики

Залежно від вибору точки відліку зовнішнього сигналу датчики можна поділити на абсолютні й відносні. Абсолютний датчик визначає зовнішній сигнал в абсолютних фізичних одиницях, тоді як вихідний сигнал відносного датчика в кожному конкретному випадку трактується по-різному. Прикладом абсолютного датчика є термістор. Його електричний опір безпосередньо залежить від абсолютної температури й змінюється за шкалою Кельвіна. Навпаки, термопара є відносним датчиком, оскільки напруга на його виході є функцією градієнта температури на спаю термопари. Іншими прикладами абсолютних і відносних датчиків є датчики тиску [5].

Показання абсолютного датчика відповідають значенням тиску, які не є нульовими. Для того щоб віднести датчик до тієї чи іншої групи, необхідно знати, які величини з його допомогою можна вимірювати, якими є його характеристики, на якому фізичному принципі реалізований, який механізм перетворень застосований, з якого матеріалу виготовлений, якою є сфера його використання.

Аналізуючи наведені приклади, можна помітити, що датчики використовують різні види енергії додаткового джерела, різні фізичні принципи дії. Крім того, характер зміни їх вихідних сигналів може бути різним – неперервним, імпульсним, релейно-імпульсним тощо.

Важливою властивістю датчика є його здатність розрізнати зміну знака або фази вхідного сигналу. За цією властивістю датчики поділяють на реверсивні (двотактні), у яких знак (фаза) вихідного сигналу змінюється у разі зміни знака вхідного сигналу, і нереверсивні (однотактні), знак (фаза) вихідного сигналу яких не залежить від полярності вхідного [5].

Будь-яка система контролю й керування містить (як функціонально необхідні елементи) один або кілька датчиків, які призначені для одержання первинної інформації про стан об'єкта контролю й керування мехатронних систем.

2.3. Аналогові та дискретні датчики

У загальному випадку за виглядом вихідного сигналу розрізняють аналогові (безперервні) та дискретні (переривчасті) сигнали [4, 6, 10]. На рис. 2.4 зображений умовний вигляд аналогового сигналу, що присутній у будь-який момент часу і може набувати будь-якого кількісного значення A у допустимому діапазоні його зміни. Вихідний сигнал може бути пропорційний вимірюваній величині за рівнем електричного сигналу певного типу (струм, опір, напруга), за частотою або періодичністю, за довжиною сигнального імпульсу.

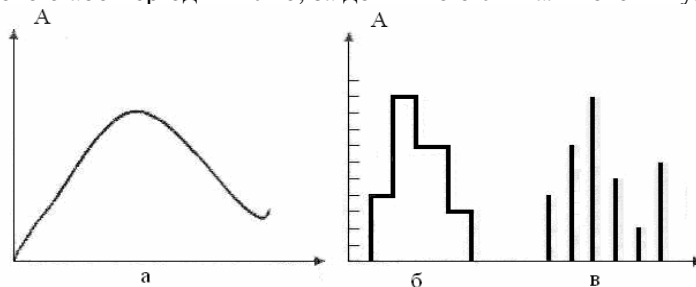


Рис. 2.4. Умовний вигляд вихідних сигналів датчиків:

а – аналогового сигналу; б – дискретних сигналів за рівнем, аналогових за часом; в – дискретних сигналів за рівнем

На рис. 2.4 (б) зображений умовний вигляд дискретного сигналу – сигнал дискретний за рівнем та аналоговий за часом, який присутній у будь-який момент часу, але може кількісно набувати тільки точно певних значень. На рис. 2.4 (в) – сигнал аналоговий, присутній тільки у точно певні моменти часу. Відповідно дискретний сигнал може бути дворівневий (двійковий), багаторівневий з рівномірним або нерівномірним градуванням, цифровий. Якщо певному кількісному значенню сигналу ставиться у відповідність деякий чисельний еквівалент, виражений у цифровій, як правило, двійковій системі числення, то цей еквівалент, що існує у вигляді фізичного сигналу, називається цифровим сигналом [6].

Датчики з аналоговими вихідними сигналами (термоелектричні, п'єзоелектричні, терморезисторні, оптоелектричні та ін.) набули широкого ви-

користання на транспортних засобах для контролю більшості робочих параметрів вузлів автомобіля. В аналогових датчиках використовується два основних принципи: або зміна електричного параметра датчика в залежності від величини контрольованого параметра, або генерація електричного сигналу, пропорційного контрольованому параметру. Серед останніх найбільш поширені термоелектричні та п'єзоелектричні датчики. У табл. 2.2 [6] наведені принципи дії найбільш розповсюджених датчиків. Контрольовані параметри розставлені за ступенем поширення їх контролю на автомобілі. За кожним параметром наведено кілька видів датчиків з різними принципами дії, за ступенем їх розповсюдження і використання.

Таблиця 2.2

Принципи дії датчиків та контрольовані ними параметри

Контрольована величина	Принцип дії датчика
Швидкість руху (кількість обертів)	Електромагнітні ефекти (ефект Холла, магніторезистивний ефект), ефект Віганда, електромагнітна індукція
Переміщення, кут	Короткозамкнуте кільце, короткозамкнутий дисковий датчик, потенціометр
Температура	Тонкошарові металеві датчики (терморезистори), напівпровідникові датчики (кремнієві термістори)
Витрати	Нагрівна спіраль або фольга, турбінне колесо (пальне), кулькові циркуляційні датчики
Тиск	П'єзоелектричні та п'єзорезистивні датчики, мембранні елементи з холовським сигналом, тонкошарові та плівкові тензодатчики, ємнісні датчики
Момент	Магнітопружний датчик (тордуктор), датчик на принципі вихрових струмів, оптичний датчик
Прискорення	Пружно-інерційна система з тензодатчиками (фольга, тонкошарові), п'єзоелектричні датчики, п'єзорезистивний напівпровідниковий датчик (монолітний)
Концентрація кисню	Дифузійний зонд із двооксиду цирконію, терморезистивні датчики термоанемометричного типу

Дискретні датчики поділяються на контактні та безконтактні. Контактні датчики (найпростіші з дискретних) – це різноманітні вимикачі, перемикачі, параметричні реле. Прикладами контактних датчиків транспортних засобів є датчики, що використовуються на автомобілях для контролю відкривання дверей, капота, – біметалеві контакти, які перемикаються зміною температури.

Проте дискретні контактні датчики та реле мають суттєвий недолік – окислення та ерозія контактів, особливо при роботі у складних атмосферних умовах. Тому частіше використовуються герметизовані контактні датчики – геркони, у яких контактна пара закрита від зовнішнього середовища, а вплив на контакт реалізується через магнітне поле. Низка параметричних датчиків, що працюють як реле, наприклад, рівня гальмівної рідини, тиску, температури, також мають вихідний сигнал, що відповідає рівню дискретної одиниці бортової системи керування та у багатьох випадках «заводяться» на порт мікропроцесора без додаткових електронних пристроїв або (для захисту мікропроцесора) через оптогальванорозв'язку.

За видом контрольованої (перетворюваної) величини розрізняють датчики положення, швидкості, прискорення, тиску, температури й інших фізичних величин, що є технологічними параметрами, керування якими необхідно здійснювати при автоматизації виробничо-технологічних процесів або об'єктів.

2.4. Параметричні та генераторні датчики

Параметричні та генераторні датчики розрізняють за видом вихідних величин. Частина датчиків безпосередньо перетворює контрольований параметр на електричний сигнал, і такі датчики належать до генераторних датчиків прямої дії, наприклад, температура генерує у термодарі електричний струм, величина напруги якого пропорційна величині перепаду температур кінців термодари. В генераторних датчиках зміна контрольованої величини перетворюється у зміну ЕРС на виході датчика, а це не вимагає окремого джерела живлення. Інші датчики змінюють свої електричні параметри (ємність, опір, магнітне поле) під дією контрольованого параметра і належать до параметричних, а за своєю електричною характеристикою поділяються на резистивні, ємнісні, індуктивні тощо. У багатьох випадках для отримання електричного сигналу потрібне багаторазове перетворення фізичного параметра. Наприклад, розрідження у впускній системі двигуна прогинає мембрану датчика (механічна дія), а наклеєний на мембрану тензорезистор змінює свій опір під дією деформації мембрани, що і є зміною електричного параметра залежно від розрідження (тиску). Такі датчики належать до класу складених (оскільки відбувається декілька перетворень), а за способом перетворення електричного сигналу датчик належить до резистивних параметричних аналогових. Поширеним типом складених датчиків, що використовуються на автотранспорті, є ультразвукові, які складаються з випромінювача ультразвукової частоти та приймача. Для роботи у сучасних мікропроцесорних системах важливу роль відіграє характер вихідного сигналу, з чим пов'язане його наступне перетворення для числової обробки [6].

2.5. Властивості та характеристики датчиків

До характеристик датчиків ставлять такі вимоги: висока динамічна точність (формування сигналу має здійснюватися з мінімальним спотворенням; ця вимога означає, що датчик повинен мати таку передатну функцію, яка в межах смуги пропускання об'єкта контролю й керування зводилася б до постійної величини); висока статична точність роботи; висока надійність роботи в умовах, передбачених виробничо-технологічною і технічною нормувальною документацією; допустимі габарити й маса; високий коефіцієнт перетворення, що забезпечує реагування датчика на відносно невеликі неузгодженості між необхідним і дійсним значеннями контрольованої величини; достатня потужність вихідного сигналу.

Для контролю технологічних процесів у мехатронних системах важли-

вими є такі характеристики датчиків: чутливість, коротко- і довготермінова стабільність, точність, швидкодія, гістерезис, ресурс, вартість, маса, розміри, діапазон вихідних значень, роздільна здатність, вибірковість, лінійність, наявність мертвої зони та її характеристики, формат вихідного сигналу, характеристики у випадках перевантажень.

Відповідно до наведених вимог при вивченні й застосуванні датчиків різних типів необхідно приділяти суттєву увагу таким властивостям: статична характеристика датчика та її вид; значення чутливості або коефіцієнта перетворення, роздільна здатність; потужність шумів, які генеруються датчиком; потужність вихідного сигналу; потужність вхідного сигналу; динамічні характеристики. Тому при виборі принципу дії датчика для контролю того або іншого параметра враховують не лише вартість, але й надійність роботи у складних умовах, простоту установки, діагностики, ремонту. Переваги надаються безконтактним конструкціям, без механічних елементів, що швидко зношуються. Навіть якщо використовується контактний датчик, то із вакуумним захистом від корозії і т. п.

Наведена узагальнена класифікація датчиків за багатьма з розглянутих ознак не є вичерпною і при вивченні окремих функціональних елементів може уточнюватися.

2.6. Інтелектуальні датчики

З огляду на перехід бортових систем автомобілів на цифрові мережі все більше використовують цифрові датчики, які мають у складі інтегральної мікросхеми всі необхідні компоненти для обробки сигналу датчика та вбудований мікропроцесор для передачі цифрового сигналу по мережі або безпосереднього керування певним вузлом, як, наприклад, у системі антиблокування коліс або керування подачею пального.

Тенденція до інтелектуалізації транспортних засобів веде до появи все більшої кількості інтелектуальних датчиків, які поєднують в одному модулі (іноді кристалі) процеси перетворення первинної інформації з подальшою комплексною її переробкою і видачею підсумкової інформації у необхідній для контролю й керування формі.

Датчиком управляє мікропроцесор. Це дає змогу змінювати рівні збудження так, що перемикання датчика між діапазонами вхідних сигналів буде відбуватися автоматично. Крім того, можуть відслідковуватися температура довкілля, відносна вологість, тиск та інші параметри, а також коригування показань датчика з використанням аналогового підсилювача або даних, які зберігаються в мікропроцесорі [5].

Дуже цінною є можливість мікропроцесорної обробки – отримання лінійного сигналу від нелінійного датчика з використанням таблиць відповідності, що зберігаються в пам'ятовувальному пристрої мікропроцесора. Це дає змогу створювати датчики з дуже низьким значенням коефіцієнта нелінійності.

Виходи датчика можуть бути як аналоговими, так і цифровими. Вхід зовнішнього керування дає змогу долучати прилад до складу системи контролю й

керування складним об'єктом (технологічним процесом).

Такі датчики мають можливість відслідковувати аварійні режими роботи (значення сигналів тривоги, які свідчать про перевищення заданого значення сигналу й можуть оперативнo порівнюватися з допусками, що зберігаються в мікропроцесорі).

Окрім того, вбудований запам'ятовувальний пристрій можна використати для протоколювання вимірюваних даних з подальшим передаванням протоколу на верхні рівні ієрархії системи контролю й керування.

Наприклад, інтелектуальний датчик рівня пального має у своїй структурі підсилювач сигналу різниці ємності на електродах, датчик температури для врахування густини палива – елементи для перетворення сигналу, збереження у пам'яті та формування інформаційного сигналу для передачі на органи керування та індикацію рівня для водія (рис. 2.5 [6]). Зміна рівня палива викликає переміщення рухомого електрода (мембрани) відносно нерухомих електродів, що у свою чергу змінює різницю ємності між рухомих та нерухомими електродами. Після підсилення напруги АЦП перетворює сигнал на цифровий та передає його на вбудований у мікросхему мікрокомп'ютер. Аналогічна структура сучасних автомобільних датчиків температури, тиску, мікросхема яких реагує на зміну величини контрольованого параметра, підсилює його, оцифровує та обробляє згідно вбудованої програми.

Згадані раніше складені датчики у багатьох випадках є компонентами інтелектуальних датчиків, які швидше слід називати вимірювальними комплексами (наприклад, радар, який вимірює швидкість автомобіля, що рухається, або датчик положення автомобіля, що включає GPS-приймач і синхронну систему обробки даних з цифровою картою місцевості). Перспективні волоконно-оптичні датчики нечутливі до електромагнітних завад, але чутливі до змін тиску, температури.

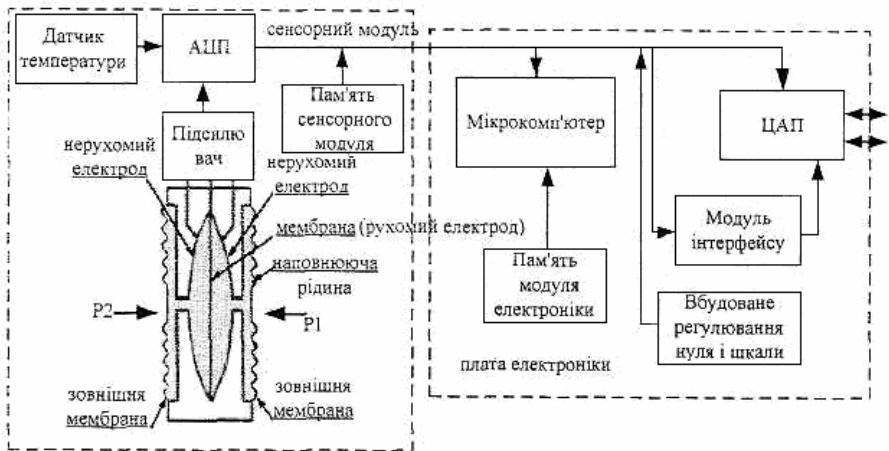


Рис. 2.5. Схема цифрового інтелектуального датчика рівня пального:

Розвиток нанотехнологій приводить до появи безпроводної системи датчиків, де зв'язок здійснюється у GSM діапазоні ($f=2,4$ ГГц) на відстані від 15

до 20 метрів. Це так звана Smart (розумна) технологія, яка у майбутньому обіцяє створити інтелектуальну мережу, призначену для збору, аналізу, обробки і збереження даних у системах транспортної телематики.

2.7. Датчики систем керування виконавчими механізмами

Датчики опорної напруги. Для цих датчиків потрібна постійна напруга і вони використовуються на вході системи керування. Комп'ютер надсилає опорний сигнал напруги на датчик. При нормальному режимі експлуатації датчик певним чином змінює опорну напругу і повертає її до блока керування, де вона порівнюється з еталонним значенням.

Існує кілька типів датчиків опорної напруги: перемикачі, потенціометри та терморезистори. Більшість із них розміщуються з боку «землі».

Вимикач. Функціонує як найпростіший цифровий перетворювач. Він замикає або розмикає вхідне коло блока керування, забезпечуючи тим самим високий або низький рівень сигналу.

В автомобілях вимикачі звичайно використовуються як:

- датчик повного закриття дросельної заслінки (датчик холостого ходу);
- датчик граничного значення температури (висока/низька температура);
- датчик положення важеля вибору діапазону і датчик безпеки.

Нормально розімкнений або нормально замкнений вимикач може використовуватися як датчик і найчастіше встановлюється з боку «землі» (рис. 2.6) [21].

У багатьох системах керування вимикачі використовуються для формування діагностичної інформації.

В залежності від застосування вимикачі можуть визначати наступні стани: «УВИМКН» або «ВИМКН», «розімкнений» або «замкнений», «так» чи «ні», «високий» або «низький», «теплий» або «холодний» і т. п.

Потенціометри – це резистори зі змінним опором, за допомогою яких визначається переміщення або положення будь-якого елемента. Потенціометр має три клеми, які використовуються для:

- підведення опорної напруги;
- виходу сигналу;
- з'єднання із «землею».

Блок керування надсилає опорну напругу 5 В до однієї з клем резистора. Клеми на протилежному боці резистора з'єднуються із «землею» і забезпечують зворотний зв'язок. Третя клема розміщена між двома іншими і з'єднана механічним зв'язком з рухомим елементом. Положення цієї клемми і визначає величину сигналу, що надходить до блока керування.

Терморезистор – резистор, опір якого залежить від температури. Вони

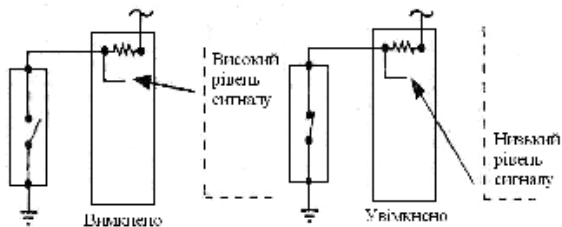


Рис. 2.6. Принцип використання вимикача в якості датчика

класифікуються на дві групи:

- резистори з від'ємним температурним коефіцієнтом, їх опір зменшується зі збільшенням температури;
- резистори з додатним температурним коефіцієнтом, їх опір збільшується зі збільшенням температури.

Блок керування надсилає опорну напругу до терморезистора, визначає падіння напруги на ньому і трансформує його у зміну температури (рис. 2.7) [21]. Залежність опору терморезистора від температури – це ідеальний аналоговий сигнал.

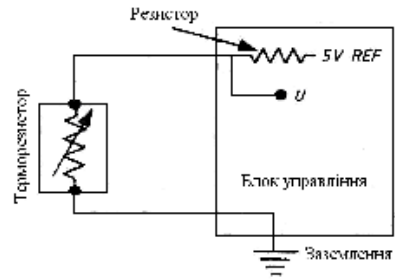


Рис. 2.7. Принцип роботи терморезистора

Датчики-генератори напруги – активні елементи, які самі формують власну напругу і не залежать від опорної напруги. Такі датчики звичайно використовуються для визначення частоти обертання.

Існує три типи датчиків-генераторів напруги:

- генератор магнітних імпульсів;
- датчик на основі ефекту Холла;
- гальванічний акумулятор.

Генератор магнітних імпульсів. Має кілька назв: магнітний датчик, індукційний датчик та ін. Магнітний датчик – це котушка, всередині якої розташований постійний магніт. У момент проходження зубця шестірні через магнітне поле датчика, в його котушці збуджується напруга.

Цей імпульс напруги надходить до блоку керування. Частота імпульсів визначається частотою обертання шестірні. Більшість датчиків обертів елементів трансмісії – це генератори магнітних імпульсів. Вони також використовуються і для визначення частоти обертання колінчастого вала двигуна, швидкості автомобіля, швидкості обертання коліс і т. д.

Датчик Холла. Він так само формує імпульси напруги і може використовуватися для визначення частоти обертання. Однак, на відміну від генератора магнітних імпульсів, для роботи датчика Холла необхідно підвести напругу ззовні.

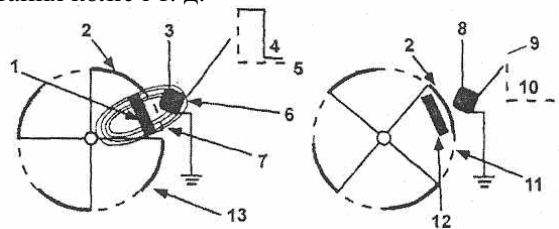


Рис. 2.8. Датчик Холла:

1, 12 – магніт; 2 – лопатка; 3 – підведена напруга; 4 – низький рівень сигналу; 5 – напруга; 6 – елемент Холла; 7 – сильне магнітне поле; 8 – вихідна напруга; 9 – високий рівень сигналу; 10 – напруга; 11 – вікно; 13 – елемент, що обертається

У разі роботи з датчиком Холла, блок керування подає напругу на один з елементів датчика, який, за своєю суттю, є невеликою мікросхемою. Магніт, розташований навпроти мікросхеми, створює магнітне поле і елемент з отворами, який обертається, формує всередині мікросхеми імпульси напруги (рис. 2.8) [21]. Частота імпульсів змінюється пропорційно частоті обертання

вала.

Виконавчі механізми. Після того, як блок керування обробить вхідні сигнали та визначить необхідну реакцію, він надсилає необхідні сигнали на виконавчі механізми. Виконавчий механізм перетворює електричні сигнали блока керування у механічні (рис. 2.9). Таким чином комп'ютер здійснює керування тією чи іншою системою [21].



Рис. 2.9. Принцип перетворення виконавчим механізмом електричного сигналу електронного блока керування у механічний сигнал:

1, 5 – опорна напруга; 2 – п'єзоелектричний сигнал; 3 – високе значення вихідного сигналу; 4 – однаковий тиск, низький опір; 6 – низьке значення вихідного сигналу; 7 – різний тиск, високий опір

Більшість виконавчих механізмів містять деяку котушку, опір якої не повинен бути нижчим певного значення.

Якщо опір занадто малий, то струм, що проходить крізь котушку, викликає підвищене розсіювання енергії, яке полягає у нагріванні виконавчого механізму, а це може перегріти і зруйнувати його.

В автомобілях як виконавчі механізми найчастіше використовуються реле, крокові двигуни та соленоїди. У системах керування трансмісією використовуються, як правило, соленоїди.

При подачі напруги на котушку соленоїда відбувається переміщення соленоїда, а у разі зникнення напруги осердя під впливом пружини повертається у початкове положення (рис. 2.10 [21]).

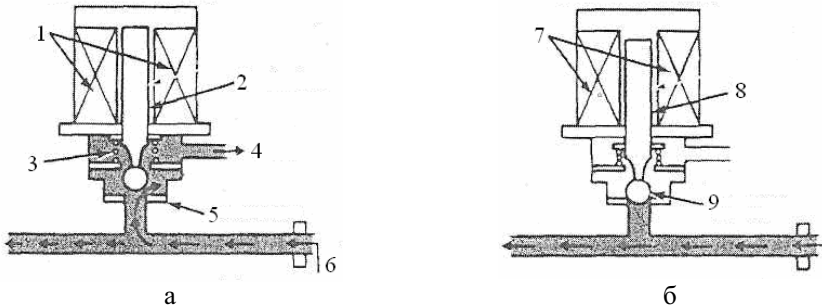


Рис. 2.10. Соленоїд з широтно-імпульсною модуляцією керуючих імпульсів:

а – соленоїд вимкнений; б – соленоїд увімкнений; 1, 7 – обмотка; 2, 8 – осердя; 3 – пружина; 4 – злив; 5 – ущільнення; 6 – від регулятора тиску; 9 – кульковий клапан

Таким чином, соленоїд перетворює електричну напругу у механічний рух. **Соленоїд** – дискретний пристрій, оскільки він може перебувати тільки у двох станах: відкритий або закритий.

В автоматичних трансмісіях соленоїди використовуються для керування

блокуванням гідротрансформатора, перемикання передач та формування тиску.

Соленоїди можуть працювати в одному з двох режимів: «УВИМКН» або «ВИМКН», або ж знаходитися у стані безперервної пульсації. Соленоїди, що працюють у першому режимі, називаються перемикаючими і використовуються для керування блокуванням трансформатора та для перемикання передач. Соленоїди, які працюють у другому режимі, називають соленоїдами з широтно-імпульсною модуляцією керуючих імпульсів, з допомогою яких можна формувати тиск заданої величини.

Принцип роботи соленоїдів з широтно-імпульсною модуляцією керуючих імпульсів. Всі соленоїди працюють на постійному струмі. Як уже зазначалося, вони можуть знаходитися тільки у двох станах: ввімкнений або вимкнений. Однак, якщо керуючу напругу сформувати у вигляді циклів, що йдуть безперервно, то соленоїд не буде постійно перебувати в одному з цих положень.

Кожен цикл складається з двох фаз: наявність сигналу (напруги) і його відсутність (рис. 2.11), причому, тривалість кожного циклу T постійна, а час наявності сигналу t може змінюватися [21].

Такий спосіб керування соленоїдом дозволяє використовувати його для регулювання тиску. Збільшуючи або зменшуючи час дії сигналу всередині кожного циклу, можна збільшувати або зменшувати тиск.

Частота циклів може бути будь-якою. Наприклад, соленоїд керування блокувальною муфтою гідротрансформатора автоматичної трансмісії працює при частоті циклів 32 Гц, у той час як соленоїд регулювання тиску в основній магістралі на тій же трансмісії функціонує з частотою 292,5 Гц. Слід зазначити, що чим вища частота пульсації соленоїда, тим точніше відбувається процес регулювання тиску.

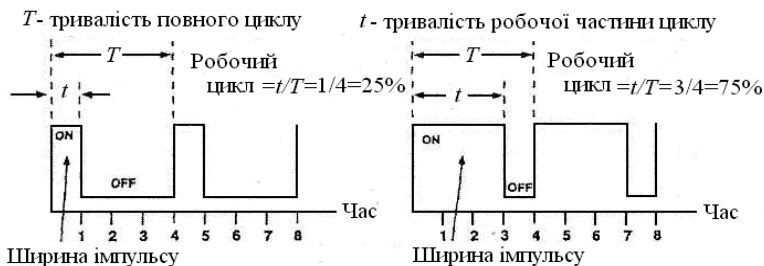


Рис. 2.11. Цикли роботи соленоїда з широтно-імпульсною модуляцією керуючих імпульсів

Загальний час циклу складається з часу, коли на соленоїд подається сигнал та часу відсутності сигналу. Відсоток часу дії сигналу до загального часу циклу називається робочим циклом.

Ширина імпульсу – час, протягом якого діє сигнал, звичайно вимірюється у мілісекундах. Соленоїди, що працюють в режимі широтно-імпульсної модуляції, дозволяють перетворити дискретний сигнал блока керування в сигнал, близький до аналогового.

2.8. Обробка і перетворення сигналів

Усі датчики, в тому числі й датчики положення, перетворюють контрольовану величину у вихідний електричний сигнал для подальшого вимірювання або перетворення. Перетворення, як правило, включає: нормування вихідного сигналу, усунення перешкод, компенсацію коливання нульової точки.

Вимірювальний перетворювач – це засіб вимірювання, призначений для вироблення спільного з вимірювальною схемою сигналу вимірювальної інформації в формі, зручній для передавання, подальшого перетворення, обробки та зберігання.

Деякі механізми перетворення наведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Механізми перетворення деяких фізичних величин

Тип величин	Механізми перетворення
Фізичні	Термоелектрика, фотоелектрика, фотомагнетизм, магнітоелектрика, електромагнетизм, термопружність, електропружність, термомагнетизм, термооптика, фотопружність та ін.
Хімічні	Хімічні перетворення, фізичні перетворення, електрохімічний процес, спектроскопія та ін.
Біологічні	Біохімічні перетворення, фізичні перетворення, вплив на контрольовані організми, спектроскопія та ін.

Для перетворювачів властиві такі основні характеристики: чутливість, стабільність (короткочасна і тривала), точність, швидкодія, характеристики під час перевантаження, гістерезис, експлуатаційний ресурс, вартість, розміри, вага, діапазон вхідних значень, роздільна здатність, вибірковість, довкілля, лінійність, мертва зона, формат вихідного сигналу та ін.

Нормувальний перетворювач – це засіб для обробки результатів вимірювання, призначений для перетворення електричного сигналу від вимірювального перетворювача у нормований сигнал.

Зберігання, генерація, передача, перетворення й приймання інформації здійснюється сигналами, тобто матеріальним носієм інформації є сигнал. Сигналом може бути або фізичний процес зі змінюваними параметрами або речовина, стан якої точно відповідає відомостям про джерело інформації або змісту повідомлення, яке передається.

Найбільш поширеними механізмами перетворень сигналів є фізичні, хімічні та біологічні (див. табл. 2.3). На датчики діють наступні зовнішні впливи: акустичні (амплітуда, фаза, поляризація хвилі, спектр, швидкість); електричні (заряд, струм, потенціал, напруга, електричне поле, провідність, електрична проникність); магнітні (магнітне поле, магнітна проникність, магнітний потік); механічні (розташування, сила, прискорення, тиск, деформація, маса, щільність, рух, момент, швидкість потоку, втрата маси, форма, жорсткість, піддатливість, орієнтація); оптичні (амплітуда, фаза, поляризація хвилі, спектр і швидкість, коефіцієнт відбиття, відбивна здатність, поглинання); теплові (температура, потік, тепло, теплопровідність); хімічні (ідентичність, кон-

центрація, стан); біологічні (біомаса, вид, концентрація, стан); випромінювання (тип, енергія, інтенсивність, потужність) [5].

За принципом дії електромеханічні перетворювачі поділяють на: електромагнітні, електродинамічні, магнітострикційні та п'єзоелектричні. Електромагнітні й електродинамічні перетворювачі основані на зовнішніх ефектах взаємодії магнітних полів, створюваних різними методами. Магнітострикційні та п'єзоелектричні ґрунтуються на використанні внутрішніх фізичних властивостей речовин та особливостей їх кристалічної будови. Ці властивості проявляються при взаємодії кристалів відповідно з магнітним і електричним полем [14].

Використання інформації в мехатронних системах пов'язане з її передаванням від датчиків до електронного блока керування (ЕБК) та від ЕБК до виконавчих пристроїв (приводів).

Процес циркуляції інформації між вузлами мехатронних систем містить такі операції (див. рис. 2.12): генерація (1), сприймання (2), перетворення (3), передача (4), прийом (5), обробка (6), зберігання (7), подача (8), формування (генерація) зворотного сигналу (9) та його передача (10), вплив (11) на об'єкт контролю й керування. Датчики сприймають різні зміни на об'єкті контролю й керування і перетворюють їх на електричні сигнали, які надходять на вимірювачі, що виконують операції порівняння з мірою квантування, кодування і т. ін. Частину операцій вимірювачів можуть виконувати перетворювачі. Вимірювачі й перетворювачі часто виконують і операції узгодження сигналів між датчиками й каналами передачі.

Комутатори забезпечують почергове приєднання одних пристроїв до інших, наприклад, вимірювача через перетворювач до каналу передачі.

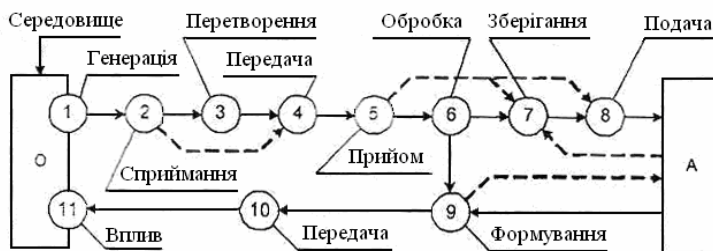


Рис. 2.12. Процес циркуляції інформації

Для реалізації операцій (рис. 2.12) використовуються різні пристрої, прилади, блоки, елементи й цілі підсистеми, до яких належать [5]:

а) датчики – для генерації та сприймання інформації про стан об'єкта або його окремих частин;

б) перетворювачі сигналів – для нормалізації сигналів, їх підсилення, модулювання, квантування, кодування тощо, тобто для подачі перешкодостійких сигналів під час передачі, а також для їх демодуляції, декодування тощо, тобто для виокремлення корисного сигналу на тлі перешкод;

в) передавачі – для узгодження сигналів з лінією зв'язку;

г) приймачі – для приймання сигналів з лінії зв'язку (приймачі й переда-

вачі є різновидом перетворювачів сигналів);

д) пристрої обробки інформації (наприклад, розв'язувальні або операційні пристрої);

е) запам'ятовувальні пристрої;

ж) формувачі – для визначення й формування сигналів зворотного зв'язку або формування сигналів з певними характеристиками (за формою, величиною, часом і т. ін.);

з) виконавчі пристрої – для безпосереднього впливу на об'єкт.

Передача повідомлень полягає в перенесенні їх на відстань з допомогою сигналів різної фізичної природи. Це перенесення здійснюється через канали передачі (електричні, механічні, гідравлічні, пневматичні, акустичні, електричні, електромагнітні).

Прийом повідомлень на другому боці каналу має характер вторинного сприйняття з властивими йому операціями (демодуляція, декодування та ін.), виокремлення корисного сигналу на фоні перешкод.

Отримані повідомлення оброблюються за певними законами (алгоритмами) у засобах керування. Проміжним станом обробки повідомлення може бути зберігання його або його частини в пам'яті.

Під час обробки повідомлень визначається новизна повідомлення (тобто виявляється відносна зовнішня інформація). Адресату (А, рис. 2.12) може подаватися інформація як після обробки, так і безпосередньо після прийому. На основі отриманих даних формується керуючий (або стимулюючий) сигнал, який передається на об'єкт контролю й керування.

Обробка й перетворення сигналів, що надходять від первинних датчиків, в цифровій необхідній формі та величини потрібні для введення сигналів у мікро-ЕОМ, яка працює від стабілізованого джерела живлення напругою 5 В і не може приймати сигнали з напругою більшою за 12 В. Тому сигнали від первинних датчиків проходять через схеми вхідної обробки (рис. 2.13).

У вимірювальній інформаційній системі використовують мікропроцесори для зв'язку приладів у єдиний комплекс та виконання таких функцій: контролюючих, обчислювальних, тестових, сервісних, розподіленої обробки даних.

Крім того, слід відмітити функції метасистеми, що забезпечує виконання усіх перерахованих функцій та їх узгодження між собою.

Контрольні функції інформаційних систем можна поділити на низку таких підфункцій:

- керування вимірювальним колом, тобто перемикання каналів та діапазонів, підключення зразкових мір;

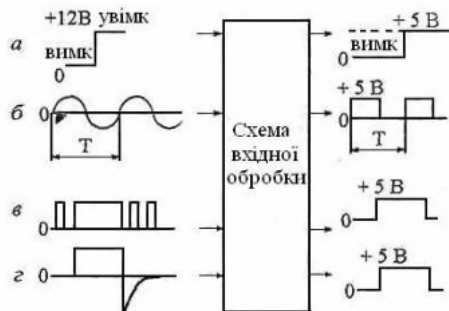


Рис. 2.13. Форма вхідних та вихідних сигналів:

а – що перевищують напругу; б – змінної полярності; в – що містять перешкоди; г – що містять пікові напруги

- керування вимірювальними підсилювачами, що зазвичай виконується чисто програмними методами (інколи із залученням таймера) – з допомогою мікропроцесора та портів введення-виведення;
- керування аналого-цифровим перетворювачем;
- керування засобами спілкування з оператором – керування клавіатурою, індикаторами, звуковою сигналізацією та дисплеєм;
- керування реєстраторами, тобто пристроями для друку, самописцями, графопобудувачами, накопичувачами на магнітних носіях;
- керування зовнішньою пам'яттю в режимі двостороннього обміну з дисками та додатковими зовнішніми модулями пам'яті.

Обчислювальні функції. До них належать первинна, вторинна та остаточна обробка даних. Це калібрування, нормалізація, масштабування, фільтрація, стиснення даних, розпізнавання, усунення помилок, статистична обробка, кореляційний, спектральний, аплітудно-часовий аналіз тощо.

Тестові функції. До цих функцій належать виявлення і локалізація несправності, у більшості випадків до типового елемента. Відомі три класи тестування:

- із застосуванням зовнішніх мікропроцесорних засобів;
- повністю автономне тестування;
- комбіноване.

Для першого класу застосовуються спеціальні тестери, мікро-ЕОМ. Програми тестування входять у програмне забезпечення тестера або самої системи. Для другого класу – функції тестування найчастіше виконує основний процесор вимірювально-інформаційної системи (ВІС), але можлива наявність спеціального мікропроцесорного вузла, призначеного тільки для автоматичної діагностики. Тестування виконується в двох основних режимах: визначення роботоздатності та діагностика несправності. При цьому програма тестування зберігається або на зовнішньому пристрої пам'яті, якщо такий пристрій є у ВІС, або в тестовому постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП).

Сервісні функції розширяють можливості вимірювальних приладів і систем із вбудованими мікропроцесорами або мікро-ЕОМ, збільшуючи обсяг інформації, кількість режимів вимірювань та обробки, кількість параметрів і їх комбінацій, кількість додаткових директив, обсяг візуальної та звукової інформації, кількість альтернативних варіантів вимірювання й обробки.

При цьому можна виділити низку етапів вимірювання та аналізу із застосуванням діалогу: введення завдання, збирання і попередня обробка первинної інформації, вторинна обробка та інтерпретація результатів, виведення результатів дослідження для виготовлення документації, архівації та керування.

Швидкодія системи визначається тривалістю реакції системи на збурення середовища на об'єкті контролю й керування. Це – відрізок часу $t_{ш}$ від моменту виникнення збурення середовища на об'єкті до моменту виконання керуючого впливу [5]:

$$t_{ш} = t_3 + t_k + t_O + t_B + t_{K33} + t_{П}$$

де t_3 – час збору інформації про поточний стан об'єкта; t_k – час передачі повідомлення про поточний стан об'єкта; t_O – час обробки поточного стану (тобто

порівняння поточного стану з бажаним на певний момент); t_B – час вироблення (формування) керуючого (або стимулюючого) впливу; $t_{ККЗ}$ – час передачі керуючого (або стимулюючого) впливу через канал зворотного зв'язку; $t_{П}$ – час дії виконавчого пристрою (час перехідних процесів).

Кожна зі складових $t_{ш}$ залежить від багатьох факторів і, насамперед, від виду сигналів, які циркулюють в об'єкті та засобах контролю й керування, швидкості обробки інформації в окремих пристроях і системах в цілому, елементної бази, на якій побудовано апаратуру, стійкості до перешкод та ефективності передачі інформації.

Вихідні сигнали мікро-ЕОМ у більшості випадків не можуть бути використані для привода механізмів, тому що напруга на виході мікро-ЕОМ дорівнює 5 В, а номінальна напруга виконавчих механізмів – форсунок, транзисторних комутаторів, крокових електродвигунів – 14 В. Тому між мікро-ЕОМ та виконавчими механізмами встановлюють електронний підсилювач.

Обмеження кількості каналів зв'язку для конкретної лінії зв'язку визначається її фізичною взаємодією з вибраним типом сигналу. Можливий такий поділ сигналів: часові, частотні, кодові, амплітудні. При часовому поділі для передачі кожного сигналу або повідомлення надається фіксований інтервал часу. Частотний поділ ґрунтується на виділенні для кожного сигналу або повідомлення власної несучої частоти, а приймач повинен мати можливість вибору кожної з частот. Поділ за амплітудою здійснюється зміною амплітуди характерного параметра (струм, напруга тощо) при переході до наступного сигналу або повідомлення. Кодове розділення полягає у доповненні переданої кодової комбінації кількома розрядами, які містять адресу одержувача даного повідомлення [6].

Перетворювачі кодів і сигналів. До них належать модулятори-демодулятори для передачі та прийому сигналів під час роботи по каналу зв'язку, вузли тактової синхронізації, блоки підвищення достовірності, перетворювачі послідовного коду в паралельний, пристрої пам'яті.

Вид оброблюваних сигналів визначає схемотехніку пристроїв і систем, які поділяються на цифрові й аналогові. У першому випадку необхідно враховувати тип лінії зв'язку, швидкість передачі даних, розрядність повідомлень, відстань між пристроями тощо. Під час обробки аналогових сигналів слід враховувати їх мінімальне та максимальне значення, швидкість зміни.

Перетворення сигналів з аналогової форми на цифрову і навпаки здійснюють спеціалізовані пристрої, які відповідно називають аналого-цифровими та цифро-аналоговими перетворювачами.

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) – це перетворювачі, які конвертують аналогові дані (пересічно це напруга) в еквівалентний цифровий сигнал, сумісний з цифровим пристроєм обробки даних. Основними характеристиками АЦП є абсолютна і відносна похибки, лінійність, роздільна здатність, швидкість перетворення, стабільність, здатність не пропускати коди, вартість.

Існує значна кількість датчиків з аналоговим вхідним сигналом, після обробки якого електронним блоком він передається до мережі як частотний сигнал генераторних датчиків, що спрощує і прискорює обробку сигналу мікропроцесором. Аналоговий принцип контролю параметрів також поширений на

транспортних засобах.

Залежно від розрядності АЦП величина кожного ступеня напруги коду буде різна. Величина розрядності вказує на кількість дискрет, на які буде поділений вхідний аналоговий сигнал. На транспорті використовують АЦП середньої розрядності, достатньої для точності вимірювання (16-тирозрядні, 32, 64).

Цифрові сигнали можна зберігати в незмінному вигляді необмежений час. Цифрові алгоритми легко перевести з обладнання одного виробника на обладнання іншого.

Цифрові системи є малочутливими до параметрів навколишнього середовища, їх можна адаптувати й легко перепрограмувати.

Цифрова обробка сигналів (англ. digital signal processing) застосовується для вирішення різноманітних завдань, наприклад, фільтрації сигналів від перешкод, передача даних обробки і розпізнавання зображень, стиснення й редагування відеосигналів тощо.

Цифрові процесори обробки сигналів (ЦПОС, англ. Digital Signal Processor – DSP) є програмованими мікропроцесорами, що призначені для реалізації алгоритмів цифрової обробки сигналів. Їх розрізняють між собою за типом використовуваної арифметики, розрядністю і швидкодією. За типом арифметики всі ЦПОС поділяються на дві групи: з фіксованою і рухомою точками. Сучасні ЦПОС здатні виконувати обчислення з рухомою точкою над операндами з розрядністю до 40 розрядів.

Відмітними характеристиками ЦПОС є операції, що підтримуються на апаратному рівні: високошвидкісне виконання операції множення з накопиченням MAC (MAC – Multiply Accumulate ($R \leftarrow R + ax$), де R – вміст регістра-акумулятора, a – множник, x – множене); багатократний доступ до пам'яті (дає змогу процесору звертатися до пам'яті кілька раз за час виконання однієї команди); спеціальні режими адресації; керування циклами; наявність на кристалі додаткових пристроїв вводу-виводу цифрових і аналогових сигналів.

Ці особливості архітектури обумовлені специфікою багатьох стандартних алгоритмів цифрової обробки сигналів, для реалізації яких і розробляють ЦПОС, завдяки таким особливостям:

- застосування RISC-архітектури;
- велика розрядність;
- апаратна підтримка програмних циклів і буферів;
- можливість багатократного доступу до пам'яті;
- наявність кеш-пам'яті.

Контрольні запитання

1. Наведіть найменування сигналів об'єктів технічних систем автомобілів і сфери їх застосування.
2. Якими параметрами характеризуються сигнали?
3. Яке призначення датчиків?
4. Які бувають датчики?
5. За якими ознаками можна поділяти датчики на групи?
6. Представте схему датчика прямої дії.
7. Наведіть приклади датчиків абсолютних і відносних, реверсивних і неревверсив-

них.

8. Наведіть аналогові та дискретні датчики.
9. Які принципи дії та параметри датчиків?
10. Наведіть параметричні та генераторні датчики.
11. Які принципи роботи інтелектуального датчика?
12. Наведіть датчики системи керування виконавчими механізмами.
13. Які принципи роботи соленоїда?
14. Для чого призначені вимірювальні перетворювачі?
15. Які характеристики і механізми перетворення сигналів?
16. Які є форми вхідних і вихідних сигналів?
17. Яке призначення і принципи роботи аналогово-цифрових перетворювачів?

3. ВУЗЛИ, МОДУЛІ, АГРЕГАТИ, ПРИВОДИ І ВИКОНАВЧІ ОРГАНИ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

3.1. Поняття «мехатронний об'єкт», «вузол», «модуль» і «система»

Оскільки первинними ознаками мехатронних систем є наявність трьох обов'язкових частин – механічної (електромеханічної), електронної і комп'ютерної, зв'язаних енергетичними та інформаційними потоками, то впровадження на автомобільному транспорті телематики, елементів та ланок мехатронних систем є процесом мехатронізації, що спрямований на інтелектуалізацію модуля, агрегату або систем.

В ієрархії пропонованих термінів мехатроніки термін «мехатронний об'єкт» - це узагальнююче поняття, що включає в себе мехатронні систему, агрегат, модуль або вузол (можливо різного рівня інтеграції). На рис.3.1 [1] приведено схему, яка в цілому пояснює поняття транспортної мехатроніки.

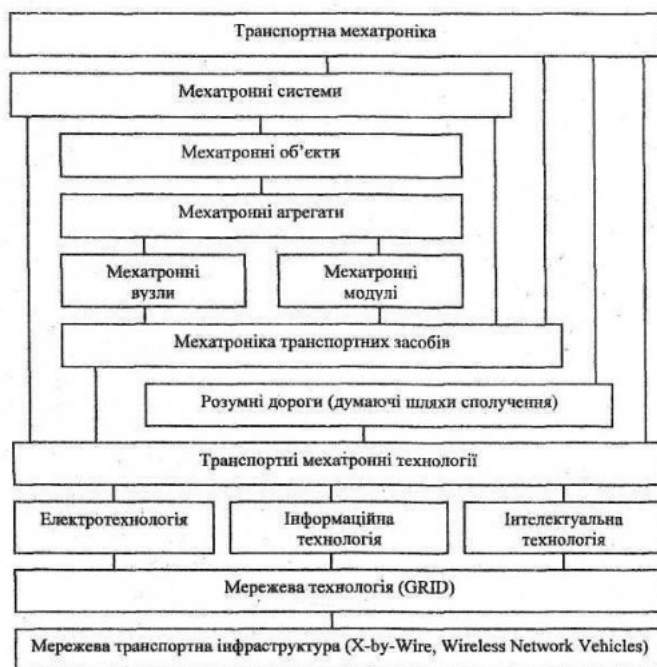


Рис. 3.1. Взаємозв'язок складових частин транспортної мехатроніки

Мехатронний об'єкт синтезується на синергетичному об'єднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними та комп'ютерними компонентами, що забезпечують проектування і виробництво якісно нових модулів, систем, машин з інтелектуальним керуванням їх функціональними станами (у тому числі рухом).

Мехатронний модуль – уніфікований мехатронний об'єкт, функціонально і конструктивно самостійний виріб для реалізації руху із взаємопроникненням та синергетичною, апаратно-програмною інтеграцією його складових елементів, що мають різну фізичну природу. До елементів різної фізичної природи відносять механічні (перетворювачі руху, трансмісії, ланки); електротехнічні (двигуни, гальма, муфти); електронні (електронні блоки, мікропроцесори); інформаційні (датчики). Прикладами мехатронних модулів можуть бути окремі системи автомобіля: двигун, коробка передач, паливна система, програма керування, редуктор, кроковий двигун з програмним забезпеченням.

В ідеальному для користувача варіанті мехатронний модуль руху, отримавши на вхід інформацію про мету руху, буде виконувати заданий функціональний рух з допустимою похибкою. Апаратне об'єднання елементів у єдині конструктивні модулі обов'язково супроводжують розробкою інтегрованого програмного забезпечення.

Мехатронний вузол принципово відрізняється від модуля тим, що він не уніфікований.

Мехатронний агрегат складається з кількох модулів, призначених для реалізації заданих рухів в умовах взаємодії із зовнішнім середовищем.

Мехатронні пристрої можуть бути визначені як множина мікропристроїв різноманітних конструкцій і призначення, які виробляють з використанням схожих методів з використанням модифікованих групових технологічних прийомів мікроелектроніки. В літературі для їх позначення також використовують термін мікроелектромеханічні системи.

Мехатронна система – вищий рівень мехатронності – складається з кількох агрегатів або агрегата і низки окремих модулів, тобто з об'єктів однакових або різних нижчих рівнів (вузол, модуль). Мехатронна система – це сукупність компонентів, що яким-небудь чином пов'язані між собою; підпорядковані певному відношенню, залежності або закономірності; функціонують як одне ціле. Вона повністю відповідає цьому визначенню як сукупність механічних, електронних і керуючих компонентів, що утворюють синергетичну єдність, яка функціонує як одне ціле. Наприклад, сучасна система керування двигуном.

Завданням мехатронної системи є перетворення вхідної інформації, яка надходить з верхнього рівня керування, у цілеспрямований рух з керуванням на основі принципу зворотного зв'язку.

Характерно, що електрична енергія (рідше гідравлічна або пневматична) використовується у сучасних системах як проміжна енергетична форма.

Особливість мехатронного підходу до проектування полягає в інтеграції у єдиний функціональний модуль двох або більше елементів, можливо навіть різної фізичної природи.

Термін «пристрій» використовується як загальна назва для вузла (модуля), агрегата автомобіля. Термін «прилад» стосується вимірювальних та регулювальних пристроїв, які призначені для отримання і перетворення інформації.

Важливим є визначення ознак мехатронності. Мехатронними об'єктами є більшість сучасних електромеханічних систем з комп'ютерним керуванням. Дуже багато електронних об'єктів автомобіля, що мають мікропроцесорне ке-

рування, фактично є мехатронними.

До об'єктів з різним ступенем мехатронності або різного рівня інтеграції можна віднести автомобіль, промислових і спеціальних роботів, багато зразків авіакосмічної та військової техніки.

Мехатронність об'єктів – динамічне явище, яке формується в процесі їх еволюційного розвитку та вдосконалення. Звідси і різний ступінь інтеграції їх компонентів та рівня інтелектуалізації.

Першим кроком мехатронізації було переведення колишнього керування багатьма пристроями автомобіля, яке здійснювалося з використанням електромеханічних реле, на мікропроцесорне керування, яке має пам'ять і можливість програмування, модульну структуру будови. Електронні модулі керування (англ. ECU – Electronic Control Unit) стали основним напрямом подальшого вдосконалення автомобілів і їх показників. Практично на кожний автомобільний механічний вузол створені та впроваджуються їх електромеханічні аналогі з позитивними характеристиками – це стосується двигунів, приводів коліс, трансмісії, вузлів зчеплення, гальмування тощо, які мають мікропроцесорне керування.

Мехатронні системи можна об'єднувати в мехатронні комплекси.

Мехатронний комплекс – це ієрархічно організована сукупність мехатронних систем, обчислювальних та інших інформаційно пов'язаних і взаємодійних систем, що цілеспрямовано функціонують і забезпечують виконання у повному обсязі завдань, пов'язаних з обслуговуванням певних об'єктів і технологічних процесів.

Керування – це цілеспрямований вплив на об'єкт керування, який компенсує дію зовнішнього середовища і приводить робочі процеси об'єкта до необхідного стану.

3.2. Мехатронні модулі транспортних засобів

Мехатронний модуль конструктивно і функціонально самостійний виріб, який включає в себе механічну (гідравлічну, пневматичну), електромеханічну, електронну й інформаційну частину і може бути використаний індивідуально та в різних комбінаціях з іншими модулями. На відміну від механічних модулів в мехатронних модулях з'явилися електронні та інформаційні пристрої [8]. Мехатронні модулі є базовими функціональними пристроями, з яких можна компонувати складні мехатронні системи, які знаходять все ширше застосування у різних транспортних системах.

Мехатронні модулі руху – це синергетична сукупність механічних, електромеханічних, електронних компонентів, а також інформаційних і програмних засобів, які реалізують досягнення заданого керування рухом.

Сучасний автомобіль так начинений мехатронними пристроями, що його можна вважати мехатронною системою, до якої входять:

- зовнішні датчики системи безпеки;
- антирадар;
- керування паливним насосом;
- керування аудіосистемою;

- електронний компас;
- датчики системи безпеки;
- керування апаратурою заднього сидіння;
- приймач GPS;
- керування світлом;
- запалювання;
- керування швидкістю;
- гальма;
- двірники;
- панель керування;
- проекційний дисплей;
- керування дзеркалами;
- кондиціонер;
- керування сидінням;
- автопідкачування коліс;
- активна підвіска;
- керування замками;
- керування трансмісією;
- запобігання зіткненню;
- система запобігання занесенню.

Функціонування різних агрегатів і вузлів автомобіля пов'язане з використанням електричних, електромеханічних, електронних пристроїв і приладів з програмним забезпеченням.

Сучасна автомобільна мехатронна система містить, як правило, цілу низку підсистем, які виконують, наприклад, такі функції:

- керування двигуном;
- керування підвіскою;
- керування коробкою передач;
- забезпечення безпеки руху (гальма, діагностика, підвіска, подушки безпеки, круїз-контроль, система навігації);
- забезпечення комфорту (клімат-контроль, автоматичне керування аудіо-та відеосистемами).

Система оптимізації внутрішнього середовища автомобіля та система адаптації до умов зовнішнього середовища пов'язані між собою. Це, наприклад, система керування роботою двигуна, електронна система живлення автомобіля, керування коробкою передач, система гальмування, забезпечення комфорту тощо. Об'єднання мереж усіх систем автомобіля надає можливість розглядати автомобіль як транспортний засіб з мережею та передачею телематичних даних від системи до системи. Така взаємодія ґрунтується на реалізації процесів керування з допомогою мікрокомп'ютерів, обчислювальних пристроїв.

Інтерфейс – сукупність кіл, що об'єднують різні пристрої та алгоритми, яка визначає порядок передачі інформації між цими пристроями. Кола інтерфейсу поділяються на три групи: інформаційні, адресні та керуючі. Розрізняють також програмні та фізичні інтерфейси [21, 35].

Програмні засоби забезпечують безпосередній перехід від задуму сис-

теми через її математичне моделювання до керування функціональним рухом в реальному часі.

На сьогодні триває розробка нових мехатронних принципів і технологій виготовлення високоточних і компактних вузлів, а також нових типів електродвигунів (високомоментних, безколекторних і лінійних), датчиків зворотного зв'язку й інформації.

Синтез нових прецизійних, інформаційних і вимірювальних наукоміських технологій дає підґрунтя для проектування й виготовлення інтелектуальних мехатронних модулів і систем.

Мехатронні модулі реалізовані здебільшого на основі двигунів внутрішнього згоряння або електродвигунів кутового і лінійного руху. Електродвигун – перетворювач електричної енергії в механічну.

Механічний перетворювач – пристрій, який перетворює параметри руху двигуна в потрібні параметри руху вихідної ланки. Механічними перетворювачами руху є гвинтові, черв'ячні, рейкові, планетарні, хвильові передачі з гнучким зв'язком, безредукторні мехатронні модулі руху.

Мехатронним модулем руху механічних систем машин є двигун внутрішнього згоряння – багатофункціональний перетворювач енергії.

До складу механічного перетворювача можуть входити:

- механічний перетворювач руху (передача) – механізм, призначений для перетворення одного виду руху в інший, для узгодження швидкостей та крутильних моментів двигуна і вихідної ланки мехатронного модуля (рейкові передачі, передачі «гвинт-гайка», планетарні та хвильові передачі, передача з гнучким зв'язком, гальмівні пристрої, вибору люфтів та зазорів тощо);

- інтелектуальні мехатронні модулі процесів керування функціональними режимами руху з інтеграцією усіх трьох компонентів – електромеханічного, електронного та комп'ютерного (інтегровані інтерфейси, що зв'язують керуючий контролер із спільним комп'ютером);

- інтелектуальні силові модулі керування (з електродвигуном та силовими перетворювачами високої швидкодії);

- інтелектуальні датчики, інкрементні датчики, сенсори, віртуальні датчики тощо – пристрої, які, крім функцій оцінювання параметрів, здійснюють комп'ютерну обробку і перетворення сигналів, обчислюють за математичними моделями швидкості, положення моментів та інші параметри процесів і рухів у єдиному інформаційному модулі;

- виконавчі пристрої, які дають можливість виконувати рух за гнучкими алгоритмами зі зворотним зв'язком (форсунки, клапани, соленойди тощо).

3.3. Пристрої, перетворювачі руху і приводи мехатронних систем

3.3.1. Виконавчі механізми

Мехатронна система – це сукупність взаємодіючих пристроїв, приладів та елементів, що призначені для досягнення єдиної мети. Вона складається з датчиків, виконавчих пристроїв, засобів зберігання, приймання, передавання, обробки й подання інформації, які функціонально є взаємопов'язаними.

Виконавчі механізми (кінцеві елементи керування) формують зв'язок між електричним сигналом процесора і реальною дією (рис. 3.2). Вони перетворюють малопотужні сигнали, що передають інформацію про розташування елементів виконання, у робочі сигнали відповідного для процесу керування енергетичного рівня.

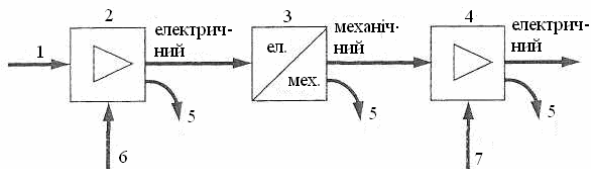


Рис. 3.2. Основна структура виконавчих механізмів:

1 – інформація; 2 – транзисторний виконавчий механізм; 3 – соленоїд керування; 4 – клапана коробка; 5 – втрати; 6 – зовнішнє джерело електроенергії; 7 – зовнішня гідроенергія

Конвертори сигналу об'єднані з елементами підсилювача для того, щоб використовувати фізичні принципи перетворення, які забезпечують зв'язок між різними формами енергії: електричної, механічної, кінетичної (руху рідини), теплової.

Транзисторний виконавчий механізм – це елемент з електронною схемою для обробки сигналів керування. Має вхід допоміжної енергії та секції виходу енергії. Сервокомпонент здатний обробляти як електричні, так і неелектричні сигнали.

Виконавчий пристрій – це складова частина (елемент) мехатронної системи, що здійснює перетворення інформаційного сигналу на механічні, теплові або електричні зміни стану мехатронних керованих елементів.

Виконавчі механізми (пристрої) мехатронних систем (рис. 3.3) – це електричні машини, електромагнітні приводи, апарати запалювання, гідравлічні й пневматичні приводи, нагрівальні пристрої тощо. Гідромеханічні та пневматичні виконавчі механізми найчастіше базуються на принципах гідростатичних перетворень енергії. Вони виконують перетворення, перетворюючи енергію тиску середовища в механічну роботу і навики.

До виконавчих механізмів мехатронних систем належать пропорційні й дискретні приводи, керовані розподільники й насоси, пропорційні клапани, форсунки, соленоїди, регулятори та пристрої, здатні відповідно до сигналів електронного блока керування дозовано перетворювати один вид



Рис. 3.3. Виконавчі механізми в мехатронній системі

енергії в інший.

Електромеханічні виконавчі механізми (рис. 3.4 [4]) класифікують за типом перетворення енергії. Енергія, яку отримують від джерела, перетворюється в енергію магнітного або електричного поля, або ж перетворюється в тепло. Принцип отримання сили впливу визначається цими формами енергії; він ґрунтується на використанні силових полів або деяких специфічних характеристик матеріалів.



Рис. 3.4. Електромеханічні виконавчі механізми (система)

3.3.2. Електричний привід мехатронних пристроїв і модулів

Виконавчі пристрої з електродвигунами. Для подачі пального до форсунок у системах впорскування пального використовуються електричні паливні насоси. В основному це насоси роторного типу (рис. 3.5). Насоси можуть установлюватися як поза, так і всередині паливного бака. У разі зовнішньої установки насос – це автономний агрегат, який об'єднує насос і електродвигун в одному корпусі. При розміщенні у баку насос - це єдиний агрегат, що містить власне насос, паливопроводи, демпфувальний пристрій, фільтр, проводи електроживлення і т. д. Приклади такого насосного агрегату приведені на у розділі 5 (рис. 5.28).

На рис. 3.6 представлений регулятор холостого ходу з привідним кроковим електродвигуном. Кроковий електродвигун має чотири обмотки керування, які розміщені на статорі. У поздовжніх пазах ротора встановлені постійні магніти з почерговим розташуванням полюсів. Керування двигуном здійснюється з допомогою електричних імпульсів різної полярності, які подаються на

обмотки у певній послідовності.

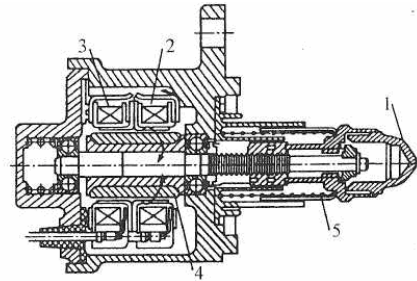
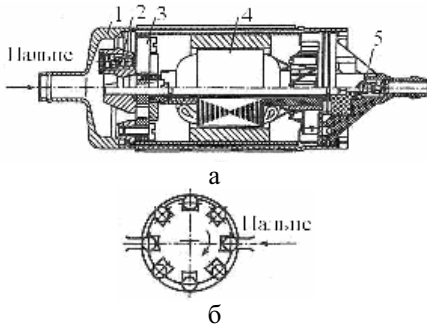


Рис. 3.5. Електричний паливний насос:
а – поздовжній розріз; б – схема дії; 1 – корпус насоса; 2 – запобіжний клапан; 3 – роликівий насос; 4 – електродвигун; 5 - зворотний клапан

Рис. 3.6. Регулятор холостого ходу з кроковим електродвигуном:
1 – дроселювальний елемент; 2, 3 – обмотки крокового електродвигуна; 4 – ротор крокового електродвигуна; 5 – пружина

Малогабаритні електродвигуни постійного струму використовуються для регулювання витрати повітря на холостому ходу шляхом переміщення дросельної заслінки. Вал електродвигуна через редуктор зв'язаний з циліндричним штовхачем, який безпосередньо діє на підпружинений важіль заслінки.

Поворотні електромагнітні виконавчі механізми характеризуються певним положенням полюсів у статорі та роторі (рис. 3.7). Коли струм прикладається до однієї з котушок, то роторні й статорні полюси притягуються і виникає крутильний момент. Обертальні приводи з простою обмоткою включають пару полюсів на кожній з двох основних секцій, а також котушку статора. Їх максимальне зміщення складає приблизно 45° .

Двигун з великим пусковим моментом є реверсивним електромагнітним обертальним виконавчим механізмом, у якому задаються характеристики стаціонарної робочої точки за відсутності протилежно спрямованих сил (рис. 3.8). Стан ротора підтримується у стаціонарному положенні з допомогою дії поля постійного магніту в статорі. Магнітне поле, яке генерується однією або двома обмотками статора, створює крутильний момент і забезпечує односторонню компенсацію магнітного поля збудження. Така схема найбільше пасує для випадків, коли потрібно отримати значні сили при невеликих кутах повороту. Залежність між прикладеною силою струму і моментом двигуна є приблизно лінійною. Принцип дії двигуна з великим пусковим моментом також використовується для виконавчих механізмів з поступальним напрямком руху.

Короткотактний лінійний двигун (рис. 3.9) є виконавчим механізмом з практично круглою дисковою котушкою.

Розрізняють виконавчі механізми з однією або двома статорними обмотками. Обидва типи мають постійний магніт у роторі й одну або дві статорні обмотки. Магніт ротора, намагнічений на обох кінцях, створює у робочому зазорі магнітний потік, який взаємодіє зі струмом якоря і створює крутильний

момент. Діапазон переміщень складає менше $\pm 45^\circ$. В однообмотковому поворотному виконавчому механізмі він визначається силовими вимогами та кутовим діапазоном, для якого потрібна певна щільність потоку. Двообмотковий поворотний виконавчий механізм – це поєднання двох поворотних однообмоткових виконавчих механізмів зі зміщенням обмоток на 90° по колу статора. Він призначений для створення зусиль, що протидіють крутильному моменту. Стабільна робоча точка досягається у нульовій точці переходу на результуючій кривій крутильного моменту.

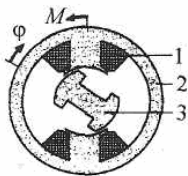


Рис. 3.7. Електромагнітний поворотний виконавчий механізм:
1 – обмотка; 2 – статор;
3 – ротор; φ - контрольний кут; M – крутильний момент

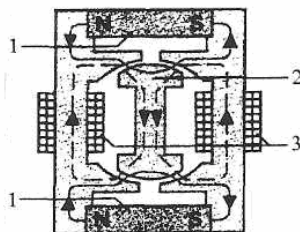


Рис. 3.8. Двигун з великим пусковим моментом:
1 – магніти; 2 – ротор; 3 - обмотки керування

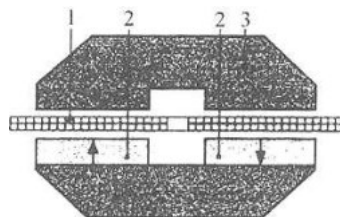


Рис. 3.9. Електродинамічний короткоконтактний лінійний двигун:
1 – котушка; 2 – постійний магніт; 3 – ярмо

Електричний привід модулів. Принцип дії електричного привода оснований на перетворенні електричної енергії на механічну. Електричний привід на базі вентильних, асинхронних двигунів, двигунів постійного струму або крокових широко застосовується в мехатронних системах електромобілів, гібридних автомобілів тощо [8,13].

В асинхронних двигунах допускається ступінчасте регулювання частоти обертання шляхом зміни кількості під'єднаних пар полюсів або пропорційне регулювання через зміну частоти напруги змінного керуючого струму. У крокових електродвигунах з частотно-імпульсною системою керування частота обертання визначається частотою керуючих імпульсів, а кут повороту – їх кількістю.

До переваг електричних приводів належать високі значення ККД, використання одного виду енергії в керуючій і силовій частинах, безшумність в роботі, екологічна чистота.

Електричні приводи характеризуються низькими масогабаритними показниками. Питома потужність приводів з асинхронними електродвигунами досягає 100 Вт/кг, а з двигунами постійного струму – 40 Вт/кг.

Перспективні високомоментні електродвигуни дають змогу довести цей показник до 150 Вт/кг. Роздільна здатність електричних приводів складає одиниці кутових хвилин і десятки долі міліметра. Їм притаманний вузький діапазон регулювання швидкості, складність отримання лінійних переміщень і вузький температурний діапазон [5].

Вентильний двигун (ВД) містить електронний комутатор, який за своїми

функціями замінює колектор і щітки двигуна. На статорі вентильного двигуна розміщується трифазна обмотка змінного струму, яка живиться через комутатор. Ротор забезпечує збудження двигуна з допомогою постійного магніта (потужністю до 30 кВт).

Комутатор за принципом функціонування – це керований інвертор (КИ), який може живитися безпосередньо від джерела постійного струму (акумуляторна батарея, мережа постійного струму) або від керованого випрямляча (КВ), якщо двигун під'єднаний до мережі змінного струму. У другому випадку комутатор – це перетворювач частоти з ланкою постійного струму.

Керування комутатором відбувається з допомогою датчика положення ротора (ДП), що встановлений на валу двигуна. Датчик формує сигнали, що надходять до системи керування (СК). В результаті цього з допомогою статорних обмоток створюється обертальне магнітне поле, яке взаємодіє з полем ротора, внаслідок чого виникає синхронізуючий момент. Функціональна схема вмикання вентильного двигуна показана на рис. 3.10 [8].

Регулювання швидкості вентильного двигуна виконується шляхом зміни задавального сигналу $U_{ЗС}$, внаслідок чого змінюється вихідна напруга і частота струму УИ.

Електромеханічна частина включає механічні ланки і передачі, робочий орган, електродвигуни, сенсори та додаткові електротехнічні елементи (гальма, муфти).

Механічний пристрій призначений для перетворення рухів ланок у потрібний рух робочого органа.

Електронна частина складається з мікроелектронних пристроїв, силових перетворювачів і електронних вимірювальних кіл. Датчики (сенсори) призначені для збирання даних про фактичний стан зовнішнього середовища та об'єктів робіт, механічного пристрою і блока приводів з наступною первинною обробкою і передачею цієї інформації в пристрій комп'ютерного керування. До складу цього пристрою звичайно входять: комп'ютер верхнього рівня і контролери керування рухом.

Пристрій комп'ютерного керування виконує такі основні функції:

- керування процесом механічного руху мехатронного модуля або багатовимірної системи в реальному часі з обробкою сенсорної інформації;
- організація керування функціональними рухами мехатронної системи, що передбачає координацію керування механічним рухом мехатронної системи та супутніми зовнішніми процесами;
- взаємодію з оператором через інтерфейс в режимах автономного програмування (off-line) і безпосередньо в процесі руху мехатронної системи (on-line);
- організація обміну даними з периферійними пристроями, сенсорами та іншими пристроями системи.

Вентильні двигуни порівняно з колекторними мають низку переваг: вища

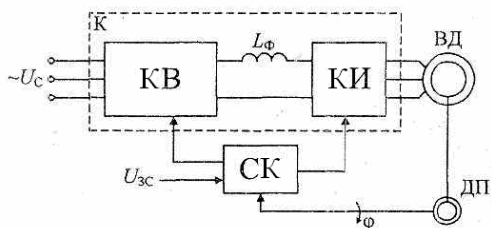


Рис. 3.10. Функціональна схема вентильного двигуна

надійність і термін служби; кращі теплові характеристики за рахунок відсутності теплових елементів в роторі; вища швидкодія за рахунок меншого моменту інерції ротора; більша переважувальна здатність. Така електрична машина з n -фазною обмоткою на статорі та з ротором у вигляді постійного магніта – це, по суті, синхронний двигун [8, 13].

Останнім часом розроблена низка методів і пристроїв непрямого вимірювання швидкості електродвигунів. Так, стабілізувати швидкість обертання асинхронного двигуна можна не встановлюючи датчик швидкості на його валу, а підтримуючи в обмотці статора відношення струму до напруги на заданому рівні з допомогою зворотного зв'язку за струмом статора. Для трифазних вентильних двигунів невеликої потужності розроблено метод комутації обмоток за електрорушійною силою обертання, що дало можливість усунути традиційні датчики положення ротора з конструкції двигуна. Усі методи прямого вимірювання потребують побудови адекватних математичних моделей та їх ефективної комп'ютерної реалізації в реальному часі, включно з алгоритмами фільтрації перешкод, статистичної обробки вимірювань і цифрового кодування інформації.

В мехатронних модулях лінійного руху, які застосовуються в деяких видах транспорту, використовується лінійний двигун. Основними перевагами лінійного двигуна порівняно з традиційним двигуном і передачею типу зубчастой рейки або гвинтової передачі, є у кілька разів більша швидкість руху і прискорення, висока точність руху, жорсткість характеристик. Лінійні двигуни можуть бути асинхронними, синхронними та постійного струму. Найбільше розповсюдження отримали вентильні та асинхронні двигуни.

3.3.3. Пневматичні та гідравлічні приводи

Гідропневмомеханічні виконавчі механізми використовують схожі принципи щодо перетворення і регуляції енергії. Відмінності в характеристиках і видах застосування приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Показники	Гідравлічний виконавчий механізм	Пневматичний виконавчий механізм
Середовище	Рідина для гідросистем, звичайне масло надходить з бака масловідстійника; практично не стискається; самозмащування; в'язкість сильно залежить від температури	Газ, звичайно повітря надходить з довкілля; стискається; потрібне додаткове масло; флуктуації в'язкості невеликі
Тиск	Приблизно до 30 МПа	Приблизно до 1 МПа (більше 0,05 МПа для вакуумних приводів)
Лінія під'єднання	Напірна і зливна додаткова лінія	Тільки підведення тиску. Повертання безпосередньо у навколишнє середовище

Показники	Гідравлічний виконавчий механізм	Пневматичний виконавчий механізм
Види застосування	Приводи з жорсткими вимогами щодо навантаження, синхронізація і позиціонування у закритій (замкнутій) системі керування	Приводи з обмеженими вимогами щодо зксилля, механічне позиціонування, робота у відкритій системі керування

Склад мехатронних систем. У загальному випадку функціональна схема мехатронної системи (рис. 3.11) складається з трьох підсистем: інформаційної, енергоелектронної та електромеханічної [57].

Електромеханічна підсистема містить об'єкт керування (ОК), звичайно він зроблений у вигляді привода, електромеханічний перетворювач (ЕМП) (або електрогідравлічний чи електропневматичний).

Енергоелектронна підсистема складається з силових напівпровідникових перетворювачів (СНП) та вторинного джерела живлення (ВДЖ).

Інформаційна підсистема містить систему керування та діагностики (СКД) і блок сенсорних пристроїв (СП).

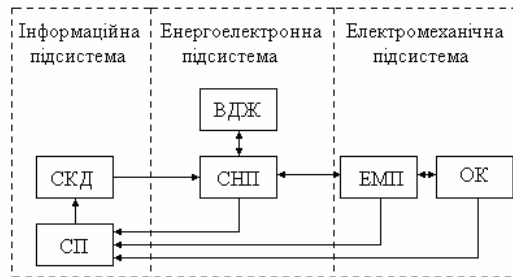


Рис. 3.11. Функціональна схема мехатронної системи

Інформаційна підсистема містить систему керування та діагностики (СКД) і блок сенсорних пристроїв (СП).

До особливостей мехатронних систем слід віднести те, що їх ОК мають змінні параметри, а їх математичні моделі, створені на основі методів ідентифікації. ЕМП часто є конструктивною ланкою об'єкта керування, що має оригінальне конструктивне виконання. Керування рухом енергії від ВДЖ до ЕМП здійснює СНП. Об'єднання ВДЖ, СНП та ЕМП створює мехатронну енергетичну підсистему, яка має нові властивості, що відсутні в окремо взятих блоках. Мехатронна енергетична підсистема, як правило, є нелінійною, імпульсною підсистемою з параметрами, що змінюються дискретно. Тому її аналіз, а також синтез системи керування потребує застосування методів, які базуються на сучасних комп'ютерних технологіях.

Пневматичний привід. З допомогою пневматичних приводів (ПП) в мехатронних системах можна вирішувати значне коло технічних завдань. ПП застосовують в автомобільних системах гальмування, компресорах, виконавчих силових пневмоциліндрах і підвісках, в циклових вузькоспеціалізованих системах керування, які не часто перепрограмовують. У циклових системах точність позиціонування може досягати десятих часток міліметра [5].

Для забезпечення повільного гальмування привода при підході до заданої позиції або торцевої кришки зазвичай застосовуються пневматичні або замкнуті гідравлічні гальмівні пристрої. ПП притаманні дуже висока швидкість переміщення і легкість отримання лінійних і кутових переміщень. Вантажність пневматичних приводів звичайно не перевищує 20 кг. Висока стисливість по-

вітря як робочого тіла не дає змоги будувати точні пневматичні приводи з вантажністю понад 10 кг.

Для побудови малопотужних слідкувальних ПП зазвичай використовують широкоімпульсне керування у поєднанні зі швидкодійними двопозиційними електропневматичними клапанами в каналах керування пневмоциліндра. Точність позиціонування в таких приводах у разі робочого тиску до 0,8 МПа не перевищує кількох міліметрів. ПП належать до категорії екологічно чистих приводів і при відсутності маслорозпилювача у блоці підготовки повітря широко використовуються в екологічно чистих мехатронних системах. Недоліки пневматичних виконавчих механізмів: необхідність додаткового підведення стисненого повітря, великі габарити, обмежена точність позиціонування [5].

Гідравлічні приводи і перетворювачі. Гідравлічні системи найчастіше будуються на принципах гідростатичних перетворювачів енергії. Вони виконують переміщення, перетворюючи енергію тиску рідкого середовища в механічну роботу і навпаки (рис. 3.12, 3.13).

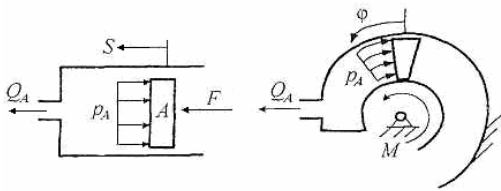


Рис. 3.12. Гідромеханічний виконавчий механізм

$$F = \rho_A \cdot A \quad S = Q_A / A; \quad M = (\rho_A \cdot V_{Bo}) / 2\pi; \quad \varphi = (Q_A / V_{Bo}) \cdot 2\pi$$

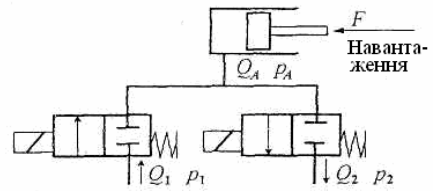


Рис. 3.13. Регуляція енергії з допомогою клапанів контролю напрямку

Гідродинамічні перетворювачі працюють за принципом перетворення енергії потоку (кінетичної енергії рідини, що рухається) у механічну роботу (наприклад, гідромуфта). Втрати під час роботи є наслідком витоків і тертя. Рідинно-теплові втрати є наслідком гідродинамічного опору, при якому дія дроселя (шайби, яка звужує потік) перетворює гідравлічну енергію в тепло. Частина тепла розсіюється у довколишньому середовищі, а деяка його частина поглинається робочою рідиною [4, 74].

Турбулентність виникає там, де рідина протікає через ділянки з перешкодами для руху потоку (наприклад, через дроселі). Швидкість потоку середовища тоді не залежить у значному ступені від в'язкості. З іншого боку, в'язкість не відіграє такої ролі, як при течії ламінарній у вузьких трубах і отворах.

Гідромеханічні підсилювачі управляють процесом переходу енергії з гідравлічної у механічну. Регулювальний механізм повинен впливати тільки на відносно малий потік енергії, який необхідний для остаточного позиціонування клапанів.

З допомогою клапанів, що переключаються, відкривається (закривається) отвір, що управляє потоком до/від гідромеханічного перетворювача енергії. При достатньому відкритті отвору дросельні втрати залишаються незначними. Для отримання можливості безперервного керування гідромеханізмом при фа-

ктивній відсутності втрат можна використовувати модульовану тривалість імпульсу відкриття і закриття. Однак, у дійсності флуктуації тиску і механічний контакт між компонентами клапана створюють небажаний шум і вібрацію.

У табл. 3.2 наведені порівняльні характеристики дев'яти різних типів виконавчих механізмів [4, 74].

Таблиця 3.2

Характеристики виконавчих механізмів

Тип виконавчого механізму	Хід, %	Зсув, Н/мм ²	Швидкість, м/с	Щільність сил керування/такт, Вт/см ³	Середня щільність сил керування, мВт/см ³	Ефективність, %
Гідравлічний циліндр	30	21	0,25	9	3020	92
Пневматичний циліндр	76	1	1	3,5	1180	88
Двигун постійного струму	70	0,007 ²	6 ³	0,8	791	50
Ультразвуковий двигун	70	0,06 ²	0,35 ³	0,13	133	16
П'єзоелектричний виконавчий механізм	0,09	30	2 ⁴	15,6	61	7
Сплав з пам'яттю	4	50	0,002	0,32	53	0,3
Втягувальний електромагніт ¹	0,8	2,2	0,5	8	44	5
Магнітострикційний виконавчий механізм	0,09	22	1,5	1,6	5,4	5
Соленоїд лінійної дії	21	0,1	0,16	0,12	4,1	5

Примітка: 1 – з охолодженням пального; 2 – бокове зміщення у зазорі ротора/у зазорі тертя; 3 – об'єдова швидкість ротора; 4 – теоретична межа.

Гідравлічні виконавчі пристрої (ГВП) використовують у мехатронних системах, вантажність яких перевищує 35 кг [5]. Питома потужність ГВП досягає 200 Вт/кг і більше. З їх допомогою забезпечується висока швидкодія, швидкість лінійних переміщень 1,5-2 м/с і кутових – 6,3-8 рад/с. Частота реверсу досягає 200 Гц. Мала стисливість рідини в них забезпечує високу жорсткість. Прикладом гідроприводів є виконавчі пристрої гальмівних систем, силові гідроциліндри, насос-форсунки тощо.

Значення ККД гідравлічних приводів залежить від застосованого способу дозування рідини, тому може коливатися від 0,9 при машинному або об'ємному способі й до 0,18 при дросельному способі регулювання швидкості з послідовним увімкненням дроселя. Проте, зважаючи на високу вартість регульованих об'ємних гідромашин, слідкувальні електрогідравлічні приводи з машинним регулюванням швидкості є економічно виправданими тільки при потужності понад 5 кВт [5].

Гідроприводи, які мають дуже високі потенційні показники ходу, зміщення і в'язкості, використовуються переважно для тривалих і важких режимів роботи.

Істотною перевагою застосування гідравлічних приводів є легкість отри-

мання лінійних і кутових переміщень. Завдяки компактності, високій питомій потужності та пожегобезпечності електрогідравлічних приводів їх можна розташовувати безпосередньо на кінематичних ланках засобів автоматизації, спрощуючи конструкцію, підвищуючи точність і продуктивність шляхом вилучення додаткових кінематичних передач. Дискретність позиціонування досягає 0,1 мм або $4 \cdot 10^{-3}$ рад, потужність – 7 кВт. При використанні індустриальних масел температурний діапазон становить від -20 до +60 °С, а при застосуванні синтетичних рідин може розширюватися і становити від -60 до +200 °С.

Головними недоліками ГВП є наявність, принаймні, двох видів енергії, що обумовлює необхідність установлення в об'єкті автоматизації громіздкої насосної станції; можливість витікання рідини в робочу зону; необхідність попереднього прогрівання рідини, що зменшує продуктивність устаткування; великий рівень шуму при функціонуванні привода. При дросельному способі дозування також доводиться застосовувати спеціальні заходи для охолодження робочої рідини під час експлуатації. ГВП характеризуються складністю конструкції та низькою технологічністю [5].

3.3.4. П'єзоелектричні та електромагнітні приводи

Електромагнітні приводи. Автомобільні виконавчі механізми є, головним чином електромагнітними механізмами у вигляді електродвигунів, а також втяжних поворотних соленоїдів (електромагнітів). Винятком є піротехнічна система надування подушки безпеки. Соленоїдні виконавчі механізми можуть бути самостійними сервоелементами або виконувати функції керування, спрямовуючи роботу силового пристрою (наприклад, гідромеханічного).

Відмінність між електродинамічним та електромагнітним принципами дії виконавчого механізму впливає зі способу створення сил у магнітному полі (рис. 3.14). Спільним для обох принципів є магнітне коло, яке формується магнітом'яким матеріалом і котушкою для збудження магнітного поля. Головна відмінність закладена у величині самої сили, що створюється у пристрої.

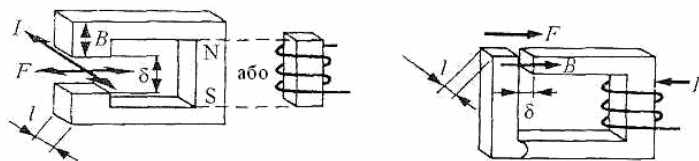


Рис. 3.14. Способи створення сил у магнітному полі:

B – магнітна індукція, Тл; F – сила, Н; H – електричний струм, А; δ – величина зазору, мм; l – довжина провідника у полі, мм

Електродинамічний принцип: сила рухомого заряду:

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

де α – кут між напрямком проходження струму та магнітними силовими лініями;

електромагнітний принцип: сила між поверхнями полюсів:

$$F=B^2 \cdot A/2\mu_0,$$

де μ_0 —постійна магнітної проникності, A —площа поверхні полюса/поршня, мм².

Електродинамічні пристрої ґрунтуються на силі, яка діє на рухомий заряд або провідник зі струмом у магнітному полі (сила Лоренца). Котушка або постійний магніт генерують постійне магнітне поле. Електрична енергія, призначена для отримання сили, прикладається до рухомої обмотки ротора (пружи́н або імерсійна котушка). Висока точність виконавчого механізму досягається особливістю конструкції обмотки ротора, який має малу масу і низьку індуктивність. Два акумулюючих елементи (один на закріпленому, другий на рухомому компоненті) виробляють сили, які діють у двох напрямках завдяки реверсу струму в обмотках якоря та збудження. Постійний магніт (ферит, SmCo тощо), який створює поле збудження, має характеристики проникності поля такі ж, як у вакуумі. Вторинне поле, яке створює струм якоря у розімкненому магнітному колі, розмагнічує його. Отже, сила (момент) електродинамічного виконавчого механізму приблизно пропорційна струму і не залежить від переміщення [74].

Електромагнітний принцип базується на взаємному притягуванні м'яких феромагнетиків у магнітному полі. Електромагнітні виконавчі механізми оснащуються тільки однією котушкою, яка створює поле і споживає енергію, що йде на перетворення. Для підвищення індуктивності котушка оснащена залізним осердям. Оскільки сила пропорційна квадрату магнітної індукції, пристрій працює тільки в одному напрямку, тому потрібен поворотний елемент (пружина або магніт).

Динамічна характеристика або реакція на увімкнення електромеханічного привода описується диференціальним рівнянням для електричних схем і рівняннями Максвелла, які визначають залежність сили струму від переміщення.

Електричне кільце, як правило, складається з індуктора з активним опором. Одним із засобів покращення динамічної характеристики є перезбудження індуктора в момент активізації, тоді як зменшення струму може бути прискорене стабілітроном. У будь-якому разі покращення характеристики досягається за рахунок додаткових витрат і втрат в електронних засобах запуску виконавчого механізму. Дифузія поля є одним з стримуючих факторів, на який важко впливати у приводах з високими динамічними характеристиками. Операції швидкого перемикання супроводжуються високочастотною пульсацією поля в магнітній якому матеріалі магнітного кільця привода. Ці коливання, у свою чергу, наводять вихрові струми (наростання і затухання магнітного поля). Результуюча затримка у наростання та зменшенні сил може бути скорочена тільки вибором матеріалу з низькою електричною провідністю та проникністю.

Електромагнітний виконавчий механізм поступального руху має соленоїд із втяжною силою, яка зменшується пропорційно квадрату переміщення (рис. 3.15). Форма кривої визначається типом робочого зазору (наприклад, конічного або імерсійного якоря).

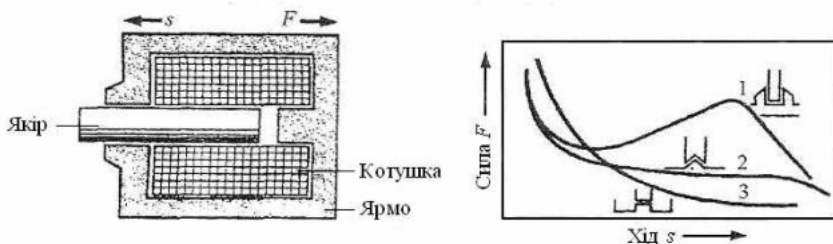


Рис. 3.15. Втяжний соленоїд та його характеристики:

1 – якір плунжера; 2 – конічний якір; 3 – циліндровий якір

Електромагнітні форсунки. Робота електромагнітної форсунки пов'язана з гідравлічними, механічними, електромагнітними й електричними процесами, що протікають одночасно, тому вона є одним з найвідповідальніших елементів у системі впорскування пального. В електромагнітних форсунках використовуються три види запірних елементів клапана: плоский (дисковий), конусний (штифтовий), сферичний (кульковий).

Форсунки відкриваються автоматично і здійснюють дозування і розпилювання пального. Звичайно форсунки розробляють для кожної моделі автомобіля і двигуна, вони постійно вдосконалюються, тому існує велике різноманіття їх конструкцій.

Принцип роботи електромагнітних приводів базується на взаємному притяганні м'яких феромагнетиків у магнітному полі, що створюється обмоткою у феромагнітних масах нерухомого магнітопроводу котушки і рухомого ярка. Їх оснащують тільки однією котушкою, яка створює поле й споживає енергію, що йде на перетворення. Для підвищення індуктивності котушку оснащено залізним осердям. Прикладом таких приводів є електромагнітні клапани насосів, форсунок, соленоїди [17]. Оскільки пристрій працює тільки в одному напрямку, потрібен зворотний елемент (пружина, гідравліка або магніт). Прикладами електромагнітних виконавчих механізмів є форсунки з електромагнітним керуванням для подачі пального або електромагнітні форсунки. Форсунка (рис. 3.16) – це гідравлічний клапан з електромагнітним приводом і є кінцевим виконавчим пристроєм апаратури впорскування, що дозує і розпилює пальне.

Форсунки працюють в імпульсному режимі при частоті спрацювання від 10 до 200 Гц в умовах вібрації двигуна, підвищених температур і при цьому повинні забезпечувати лінійність характеристики дозування пального у межах 2-5% протягом усього терміну служби.

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

У реальній форсунці час відкритого стану клапана не збігається з тривалістю керуючого імпульсу. Після подачі керуючого електричного імпульсу на форсунку в обмотці електромагніта виникає струм самоіндукції, який перешкоджає наростанню магнітного потоку в системі. Клапан відкривається із затримкою за часом (рис. 3.17). У разі припинення подачі керуючого імпульсу в результаті самоіндукції магнітний потік, що зберігається буде перешкоджати швидкому відпусканню запірного елемента.

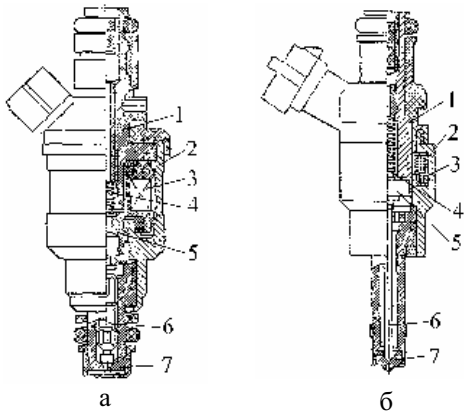


Рис. 3.16. Конструкція форсунок для подачі бензину:

а – форсунка фірми Bosch; б – форсунка, яку використовує концерн Фольксваген; 1 – внутрішній магнітопровід; 2 – зовнішній магнітопровід; 3 – котушка електромагніта; 4 – пружина; 5 – якір електромагніта; 6 – клапан (голка) розпилювача; 7 – сідло (ушільнювальна поверхня) клапана

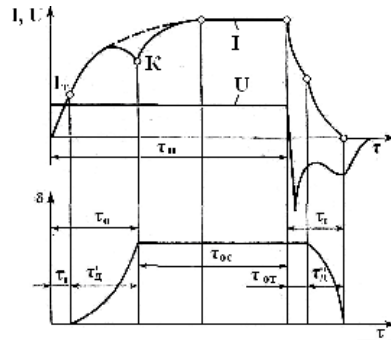


Рис. 3.17. Діаграма зміни електричних і механічних параметрів електромагнітної форсунки:

τ_0 – фаза відкриття клапана; τ_τ , $\tau'_д$ – періоди зрушування з місця і руху запірнього елемента при відкритті клапана; τ_{oc} – фаза відкритого стану форсунки; τ_3 – фаза закриття клапана; $\tau_{от}$, $\tau''_д$ – періоди відпускання і руху запірнього елемента; $\tau_н$ – тривалість керуючого електричного імпульсу; I , U – струм і напруга в обмотці електромагніта; δ – робочий хід запірнього елемента

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

Плоскі запірні елементи мають суттєві недоліки. У разі потрапляння забруднень (часток розміром більше 30-40 мкм) клапан форсунки може втратити герметичність.

Форсунки з конусним запірнім елементом отримали найбільше розповсюдження. Вони мають нижнє підведення пального, що забезпечує його постійну циркуляцію через форсунку, краще охолодження електромагнітної системи і кращі умови для відведення бульбашок газу.

Перевага сферичного запірнього елемента у форсунці полягає в тому, що сферичні елементи мають хороші герметизуючі властивості та здатність до центрування у сідлі клапана.

Форсунки для розподіленого і центрального впорскування відрізняються за розмірами, способом кріплення на двигуні, способом підведення пального та опором обмоток електромагніта.

Основними перевагами електромагнітних приводів є проста, компактна й дешева конструкція, висока динаміка. Недоліками є нелінійна характеристика, мала навантажувальна здатність, тертя й магнітний гістерезис, відносно малі сили, а також великий струм стану спокою.

Принцип роботи електродинамічних приводів базується на силі, яка діє на рухомий заряд або провідник зі струмом у магнітному полі (сила Лоренца). Котушка або постійний магніт генерують постійне магнітне поле. Електрична

енергія, призначена для одержання сили, прикладається до рухомої обмотки ротора (плунжера або котушки) [5].

Висока точність виконавчого механізму досягається особливістю конструкції обмотки ротора, що має малу масу й низьку індуктивність. Два акумуляційних елементи (один на закріпленому, інший на рухомому компоненті) виробляють сили, що діють у двох напрямках шляхом реверсування струму в обмотках якоря.

Розробляються і знаходять застосування нові види виконавчих механізмів: такі, що базуються на магніострикційному ефекті, у яких використовуються реологічні, термобіметалічні, електрохімічні властивості, сплави з пам'яттю, з ефектом пам'яті (форми) тощо. Магніострикційні матеріали дають можливість розробити виконавчі механізми для застосування у діапазоні мікропереміщень; п'єзоелектричні виконавчі механізми також належать до цієї категорії. Теплові виконавчі механізми залежать винятково від характеристик конкретних матеріалів.

П'єзоелектричні приводи. Останнім часом в мехатронних системах широко застосовуються виконавчі пристрої, побудовані на базі п'єзоелектричних перетворювачів (ПЕП). Наприклад, акселерометри для зміни вібрації, п'єзоелектричні форсунки для підпалювання пального тощо [16, 17, 18]. У цьому класі виконавчих пристроїв в якості електромеханічного перетворювача використовується п'єзоелектрична кераміка, яка здатна деформуватися при зміні підведеного електричного потенціалу (режим зворотного п'єзоефекту), а також генерувати на своїх поверхнях електричний потенціал при деформації зовнішньою силою (режим прямого п'єзоефекту). На відміну від традиційних електромагнітних перетворювачів, основою роботи яких є зміна електромагнітного поля, у ПЕП використовується електричне поле, що значно підвищує надійність і перешкодозахищеність виконавчих пристроїв в умовах зовнішніх збурювальних електромагнітних полів.

Сучасний склад п'єзоелектричної кераміки відрізняється високим ККД, високою механічною міцністю, здатністю працювати в діапазоні температур $-273...+350$ °С, а ПЕП на основі кобальту – до $+700$ °С, інертністю до агресивних середовищ, нечутливістю до електромагнітних і радіаційних полів [5].

У виконавчих пристроях на базі п'єзоелектричної кераміки масогабаритні показники порівняно з традиційним електроприводом зменшено у 1,5-100,0 разів, досягнуто високих динамічних і навантажувальних характеристик.

Незважаючи на обмежений хід п'єзоелектричні виконавчі механізми здатні створювати великі сили, тому вони більше пасують для отримання коротких піків високої енергії.

Паливні системи двигунів з п'єзоелектричними форсунками описані в [17] та розділі 5 посібника.

3.3.5. Силкові перетворювачі

Силкові перетворювачі використовуються в різних мехатронних модулях руху, в яких перетворення електричної енергії в корисну механічну роботу здійснюють електродвигуни. Двигун разом з перетворювачем забезпечує регу-

лювання тієї чи іншої координати [8].

Далі описані силові перетворювачі, до яких підключаються електродвигуни.

Для електроприводу постійного струму застосовують два типи перетворювачів: перетворювачі напруги змінного струму в постійний (керований випрямляч) і широтно-імпульсні перетворювачі незмінної напруги постійного струму в регульовану напругу постійного струму.

Згадані перетворювачі мають низку переваг: високий ККД, незначна інерційність, достатня плавність і достатній діапазон регулювання вихідної напруги, висока надійність [8, 13].

Схема вентильного перетворювача, який найчастіше зустрічається в різних системах регулювання двигуна постійного струму – трифазна мостова (схема Ларіонова) з керованим випрямлячем показана на рис. 3.18.

Плавне регулювання напруги на якорі двигуна здійснюється шляхом зміни тривалості роботи тиристора в кондуктивну частину періоду. Момент відмикання тиристора відносно точки природної комутації здійснюється із затримкою на кут α (кут керування тиристорів). Зміна α від 0° до 180° з допомогою системи імпульсно-фазового керування дасть можливість отримати регульовальні механічні характеристики в першому та четвертому квадранті.

Щоб отримати характеристики у всіх чотирьох квадрантах (реверсивні системи), схема доповнюється ще однією вентильною групою. При цьому використовують спільне або роздільне керування групами вентилів.

Імпульсні перетворювачі постійної напруги, а до них належать широтно-імпульсні перетворювачі, дають можливість отримати на якорі двигуна плавно регульовану напругу при живленні від мережі постійного струму з незмінною напругою. У цьому разі між мережею та навантаженням (якір двигуна) вводять ключ, який під'єднує та від'єднує навантаження від мережі.

Роль ключа може виконати транзистор $VT1$, як показано на рис. 3.19 [8]. Транзистор $VT2$, який комутований у протифазі з транзистором $VT1$, дає можливість змінити напрямок струму в якорі та здійснити гальмівний режим двигуна. Вентиль V забезпечує протікання струму в колі якоря при у разі розімкнутого ключа.

Плавна зміна тривалості увімкненого стану транзистора $VT1$ з допомогою системи керування забезпечує регулювання середнього значення якорної напруги

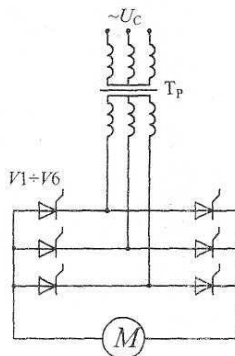


Рис. 3.18. Вентильний перетворювач

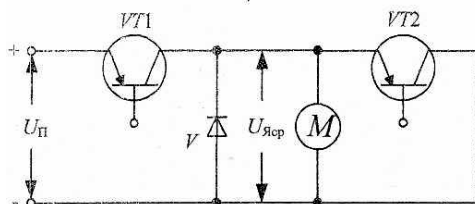


Рис. 3.19. Схема широтно-імпульсного перетворювача

$$U_{\text{ясп}} = \frac{t_1}{t_1 + t_2} U_{\text{п}},$$

де t_1 – тривалість увімкненого стану ключа; t_2 – тривалість вимкненого стану ключа; $T=t_1+t_2$ – період проходження імпульсів якірної напруги; $f=1/T$ – частота імпульсів якірної напруги.

У широтно-імпульсному перетворювачі частота проходження імпульсів постійна, а тривалість імпульсів плавно змінюється, що забезпечує регулювання.

Для двигунів змінного струму, до яких можна віднести вентильні, крокові та лінійні двигуни, для регулювання швидкості використовують перетворювачі частоти (ПЧ). Вони забезпечують перетворення енергії змінного струму постійної частоти в енергію змінного струму з регульованою частотою.

ПЧ побудовані за схемою із ланкою постійного струму та з безпосереднім зв'язком з мережею живлення. ПЧ з ланкою постійного струму дають можливість регулювати частоту вниз і вгору від номінальної і, значить, забезпечує більший діапазон регулювання. Функціональна схема ПЧ з ланкою постійного струму зображена на рис. 3.20 [8].

Роботу інвертора пояснює схема з ідеальними механічними ключами та часові діаграми (рис. 3.21).

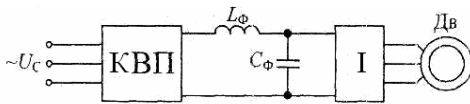


Рис. 3.20. Функціональна схема ПЧ:
КВП – керований вентильний перетворювач;
I – інвертор, Дв – двигун змінного струму,
 $L\phi, C\phi$ – індуктивно-ємнісний фільтр

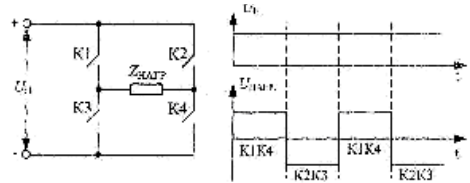


Рис. 3.21. Схема інвертора та часові діаграми

Інвертор перетворює енергію постійного струму, яка надходить з КВП, в енергію змінного. Так як навантаження (обмотка двигуна) має активно-індуктивний характер, то форма струму в ній у значній мірі наближається до синусоїдальної.

У низці випадків при зміні частоти змінюється і вихідна напруга КВП за таким законом: $Uf=\text{const}$. Даний закон регулювання забезпечує незмінну перенавантажувальну здатність двигуна у всьому діапазоні зміни частот.

Схема ПЧ з безпосереднім зв'язком з мережею живлення складається з трьох однакових комплектів тиристорів, що забезпечують живлення обмоток статора [8]

3.3.6. Рівні інтеграції мехатронних систем

За основну класифікаційну ознаку мехатроніки можна взяти рівень інтеграції складових елементів. Відповідно до цієї ознаки можна поділяти мехатронні системи за рівнями або поколіннями, якщо розглядати їх появу на ринку наукомісткої продукції в історичному контексті.

До повністю мехатронних відносять об'єкти, у яких реалізований максимально можливий ступінь інтеграції у поєднанні з найвищим рівнем інтелектуалізації.

На сьогодні у більшості застосовують мехатронізовані об'єкти, чим у значній мірі й визначається сьогоднішній період розвитку мехатроніки.

Мехатронні модулі можуть поєднувати в одному корпусі кілька компонентів, наприклад, привід (двигун), коробка передач і датчики (рис. 3.22) [5, 12].

Мехатронні модулі першого рівня – це об'єднання тільки двох вихідних елементів. Типовим прикладом модуля першого покоління може бути мотор-редуктор, у якому механічний редуктор і керований двигун виготовляють як єдиний функціональний елемент.

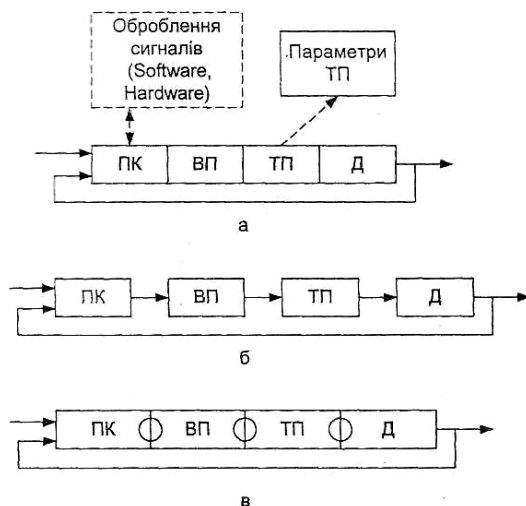


Рис. 3.22. Рівні інтеграції мехатронних систем:

ПК – пристрій керування; ВП – виконавчий пристрій; ТП – технологічний процес (об'єкт контролю та керування); Д – датчики; Software – програмне забезпечення; Hardware – апаратні засоби; О – можливість інтегрування вузлів мехатронних систем

Мехатронні системи на основі цих модулів широко застосовують при створенні різних засобів комплексної автоматизації виробництва та організації руху транспортних засобів.

Мехатронні модулі другого рівня дали змогу утворити мініатюрні датчики й електронні блоки обробки їх сигналів.

Об'єднання привідних модулів із зазначеними елементами привело до створення мехатронних модулів руху, склад яких повністю відповідає наведеному визначенню, коли досягнуто інтеграції пристроїв різної фізичної природи: механічних, електротехнічних і електронних. На базі мехатронних модулів цього класу створено автомобілі й промислові роботи із числовим програмним керуванням.

Розвиток мехатронних систем третього покоління обумовлено появою на

ринку порівняно недорогих мікропроцесорів і мікроконтролерів. Його спрямовано на інтелектуалізацію всіх процесів, що мають місце у мехатронній системі, насамперед процесу керування функціональними рухами машин і агрегатів.

Контрольні запитання

1. Наведіть поняття мехатронний об'єкт, вузол, модуль, система.
2. Наведіть приклади мехатронних модулів транспортних засобів.
3. Поясніть поняття мехатронний комплекс.
4. Які бувають механічні перетворювачі?
5. Що може входити до складу механічного перетворювача руху?
6. Які бувають інтелектуальні мехатронні модулі?
7. З яких компонентів складаються мехатронні системи?
8. Яке призначення виконавчих пристроїв?
9. Наведіть приклади електричних приводів мехатронних модулів.
10. Назвіть пристрої комп'ютерного керування рухом.
11. Які електродвигуни знайшли широке застосування у приводах автомобіля?
12. Які технічні завдання можуть виконувати пневматичні приводи?
13. Наведіть приклади використання гідравлічних приводів у пристроях автомобіля.
14. Які бувають п'єзоелектричні приводи?
15. Назвіть приклади електромагнітних приводів.
16. У чому полягають переваги і недоліки п'єзоелектричних та електромагнітних приводів?
17. Наведіть приклади силових перетворювачів.

4. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ

4.1. Пристрої і схеми застосування мікропроцесорів

У роботі окремих систем автомобіля використовуються різні види датчиків електронних компонентів і виконавчих механізмів. Необхідна кількість датчиків визначається функціями та принципами роботи кожної системи. Електронні компоненти, що забезпечують контроль стану й керування окремими системами автомобіля, об'єднуються схемотехнічно у локальні підсистеми.

Мікропроцесорна система – це сукупність великої кількості функціональних пристроїв, одним з яких є мікропроцесор.

Мікропроцесор – програмно-керований пристрій, призначений для обробки цифрової інформації та керування процесом цієї обробки. Мікропроцесор виконаний у вигляді однієї (або кількох) інтегральної схеми з високим ступенем інтеграції електронних елементів.

Будь-яка мікропроцесорна система складається з підсистеми пам'яті кількох рівнів (постійний запам'ятовувальний пристрій, оперативний запам'ятовувальний пристрій, зовнішній запам'ятовувальний пристрій), пристроїв вводу та виведення даних, блоків з'єднання з датчиками й виконавчими механізмами.

Структурно, не залежно від функції системи, кожна підсистема складається зі спеціалізованого мікропроцесора (МП), групи відповідних датчиків параметрів Д1-Д4, пристроїв перетворення та узгодження сигналів датчиків з параметрами мікропроцесора (ППУ), вихідних виконавчих пристроїв (ВП) для керування вузлом з відповідними підсилюючими пристроями (ВПП), засобами індикації (ЗІ) (рис. 4.1 [6]).

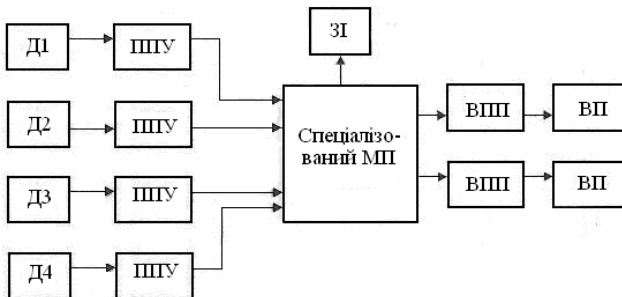


Рис. 4.1. Узагальнена структурна схема МПС

Оскільки керування підсистемою забезпечує мікропроцесор, то відповідно і всю підсистему називають мікропроцесорною системою (МПС) певної підсистеми. Кожна підсистема здійснює керування виконавчими пристроями за програмою, яка закладена в постійній пам'яті процесора, з урахуванням інформації від датчиків.

На етапі передачі інформації від датчиків до системи її обробки може бути використаний частотний, часовий, кодовий та комбінований розподіл кана-

лів. У комбінованих системах можуть використовуватися всі вказані способи розподілення сигналів.

Для прийому та обробки сигналів аналогових датчиків їх сигнали електронною схемою підсилюються, оцифровуються з допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та передаються до мікропроцесора для програмної обробки (рис. 4.2) [6].

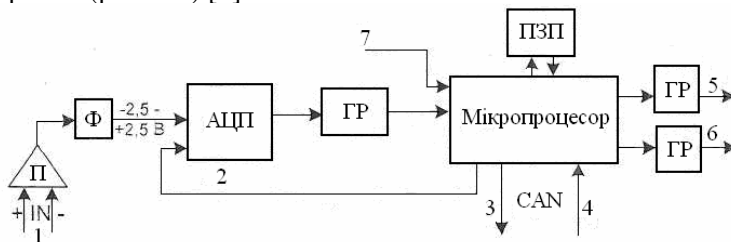


Рис. 4.2. Структура модуля обробки аналогового сигналу:

П – аналоговий підсилювач; Ф – низькочастотний фільтр; ГР – гальванорозв’язка; ПЗП – запам’ятовувальний пристрій; 1 – вхідний аналоговий сигнал від датчика; 2 – сигнал калібрування; 3, 4 – лінії зв’язку із центральним мікропроцесором; 5, 6 – вихідні дискретні канали на керування; 7 – дискретний вихід на індикатор

При зміні величини контролюваного параметра відповідно змінюється вихідний електричний сигнал датчика А (рис. 4.3). Якщо це сигнал не напруги, а іншого електричного параметра, то сигнал перетворюється на зміну напруги U , яка надходить на вхід АЦП.

При обробці аналогового сигналу в АЦП відбувається його дискретизація, коли певному рівню аналогового сигналу U відповідає певний двійковий код N , наприклад, при $U=3$ код буде 011 і т. д. (рис. 4.3) [6].

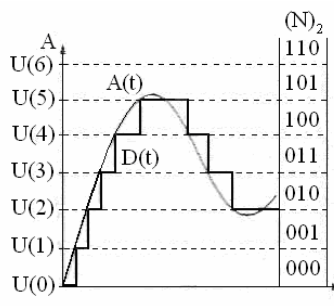


Рис. 4.3. Дискретизація сигналу в АЦП

Мехатронна система поєднує властивості електромеханічних компонентів з новітньою електронікою, а керуванням ними здійснюється з допомогою мікропроцесорів і мікроконтролерів, комп’ютерних систем чи інших інтелектуальних пристроїв. При цьому система в істинно мехатронному підході, не зважаючи на використання стандартних компонентів, базується якомога більш монолітно.

Мікропроцесорна система – це мікро-ЕОМ або обчислювальний комплекс, побудований на основі мікропроцесорного комплексу (МПК), великих та/або надвеликих інтегральних схем. До складу МПК можуть входити мікропроцесорні та інші інтегральні мікросхеми різних схемотехнічних типів, якщо тільки вони сумісні за архітектурою, електричними параметрами та конструктивним виконанням.

Мікропроцесорний пристрій – це функціонально і конструктивно за-

кінчений виріб, що є схемно конструктивним поєднанням кількох мікросхем, в тому числі одного або кількох мікропроцесорів, і призначений для виконання однієї або кількох функцій: отримання, обробки, передачі, перетворення інформації та керування [4, 17].

Сутність застосування мікропроцесорів полягає в тому, що вони замінюють цифрові ІС малого та середнього ступеня інтеграції і надають пристроям, в яких вони використовуються, властивостей «інтелектуальності» [8, 14, 31].

Пристрої і системи, побудовані на основі мікропроцесорів, мають дві основних переваги порівняно з пристроями, реалізованими апаратним способом:

- мають більш високу функціональну гнучкість, тому що перебудова для вирішення нового завдання потребує лише зміни програми без змін апаратної частини;

- потребують меншої кількості елементів, ніж пристрої на логічних мікросхемах малого і середнього ступеня інтеграції.

Спрощена структурна схема мікропроцесорної системи керування з вхідними мікроконтролером, набором датчиків і виконавчих пристроїв наведена на рис. 4.4 [14]. Об'єктом керування в мехатроніці пересічно є складна багатозв'язна система (з допомогою інтерфейсів). Багатозв'язність системи означає, що рух кожного елемента системи впливає на рух решти елементів.

Основу системи керування (рис. 4.4) становить системний модуль, який одержує від датчиків інформацію про стан об'єкта. Цей стан характеризується комплексом параметрів, які відбивають стан, умови роботи об'єкта, керування і впливи, що змінюють його стан. Режим роботи об'єкта керування визначається керуючим впливом G тих органів керування, на які впливає водій.

Керуючий вплив G перетворюється відповідним перетворювачем (задатчиком), що входить у групу датчиків D , в інформаційний сигнал, по якому процесор ідентифікує (розпізнає) необхідний режим роботи. Інші датчики D і активатори A розташовані на об'єкті або пов'язані з його системами. Датчики безпосередньо сприймають фізичні параметри об'єкта й перетворюють їх в електричні сигнали, які надходять у системний модуль SM . У результаті арифметичної і логічної обробки інформації отриманої від датчиків, обчислювальний вузол системного модуля виробляє керуючі сигнали, що передаються на активаторі A .

МПС розрізняються сферами застосування, архітектурою та конструктивним виконанням. Архітектуру МПС можна описати трьома складовими:

- склад, характеристики і структурна організація (взаємозв'язок) пристроїв МПС;

- принцип функціонування;

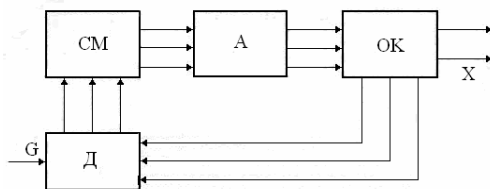


Рис. 4.4. Структурна схема мікропроцесорної системи керування:

SM – системний модуль (контролер); D – датчики; A – активатори (виконавчі пристрої); OK – об'єкт контролю; G – керуючий вплив; X – вихідні параметри

- набір машинних команд, або інструкцій (машинна мова).

Сучасні МПС реалізують архітектуру, яка впроваджує, як правило, такі принципи:

- програми, що зберігаються в пам'яті;
- адресне звертання пристроїв МПС одне до одного;
- магістрально-модульна структура.

Важливою характеристикою МПС є кількість центральних процесорів. За цією ознакою розрізняють такі види МПС:

- однопроцесорні системи;
- мультипроцесорні системи;
- багатомашинні системи (обчислювальні комплекси).

Мікропроцесорна система керування дає можливість істотно розширити інформаційні зв'язки, враховувати більшу кількість впливових факторів процесу (енергетичні, речовинні, інформаційні) та реалізувати оптимальні закони керування.

Можна виділити два основних види однопроцесорних систем [8, 14, 31]:

- мікро-ЕОМ, орієнтовані на певні сфери застосування, клас задач і/або користувачів (універсальні). Існує велика кількість видів універсальних мікро-ЕОМ у мережних інформаційно-обчислювальних системах: персональні мікро-ЕОМ і робочі станції; сервери, маршрутизатори і комутатори;
- спеціалізовані мікро-ЕОМ або мікроконтролери (МК). Спеціалізовані мікро-ЕОМ призначені для вирішення одного або обмеженої кількості завдань з максимально можливою ефективністю.

Мультипроцесорні системи характеризуються тим, що кожен процесор відносно незалежно виконує свою програму, причому спільна операційна система (ОС) розподіляє навантаження між процесорами.

Взаємодія процесорів здійснюється через спільну оперативну пам'ять (ОП). ОС розподіляє спільні периферійні пристрої між процесорами. Таким чином, є можливість розпаралелювати обчислювальний процес, а у разі відмови якого-небудь процесора оперативно перерозподіляти роботу між процесорами, що залишилися роботоздатними. Завдяки такій організації досягається висока продуктивність і стійкість до відмов.

Універсальний мікропроцесор є програмно-керованою надвеликою інтегральною схемою, що призначена для обробки цифрової інформації. Типовими вузлами мікропроцесора є блок керування, регістри суматори, лічильники команд і дуже швидкісна пам'ять з малим обсягом (кеш-пам'ять, звичайно, статичного типу). Деякі мікропроцесори доповнюються співпроцесорами, що розширюють можливості мікропроцесорів і набір виконуваних команд. Мікропроцесорна система використовується при цьому як технічний засіб для реалізації інформаційних зв'язків при керуванні потоками енергії в технічній системі, наприклад, у подачі пального до двигуна.

Мікропроцесори та мікро-ЕОМ у вимірювальній інформаційній системі використовують для зв'язування приладів у єдиний комплекс і виконання таких функцій: контролюючих, обчислювальних, тестових, сервісних і розподіленої обробки даних.

Технічні рішення, що закладаються в універсальні МП служать у першу

чергу завданню отримання максимальної швидкодії, у другу – завданням мінімізації споживаної енергії та вартості.

МП характеризуються описаними далі параметрами [8, 14, 17].

Тактова частота – частота повторення сигналів, що синхронізують роботу мікросхем комп'ютера. Ці сигнали виробляє тактовий генератор центрального процесора, вони використовуються для створення єдиного стандарту часу для керування усіма процесами, що відбуваються у пристроях комп'ютера.

Розрядність – максимальна кількість розрядів двійкового коду (біт), з якою може одночасно працювати пристрій.

Регістри – комірки пам'яті всередині мікропроцесора, в кожній з яких можна зберігати одне число. Діапазон чисел, які можна зберігати в регістрі, залежить від його розрядності. Основне призначення регістрів – оперативне зберігання операндів та адрес комірок пам'яті. Оскільки регістри розташовані безпосередньо на кристалі мікропроцесора, час звертання до них невеликий і їх можна вважати надоперативним запам'ятовуючим пристроєм (ЗП).

Електронна пам'ять мікропроцесора містить операнди і програму, яку виконує процесор. Пересічно використовується два види пам'яті: постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП).

Кеш-пам'ять – буферна пам'ять, у якій дані зберігаються разом з їх адресою в основній пам'яті. Кеш-пам'ять має невеликий обсяг, нетривалий час доступу і використовується додатково до основного ОЗП. Її використання дає можливість скоротити кількість звертань до основного ОЗП.

Інструкція – команда, що вказує мікропроцесору на дію, яку необхідно виконати.

Операнд – величина, що є об'єктом операції, яку виконує ЕОМ.

Так як задачі, які виконує мікропроцесор, дуже різноманітні, причому залежно від програм один і той самий МП може реалізовувати зовсім різні функції, то класифікацію мікропроцесорів прийнято робити за їх архітектурою. При цьому слід виділити дві основних якісних ознаки:

- використовуваний набір команд;
- метод роботи з пам'яттю.

Мікропроцесор з CISC-архітектурою (Complicated Instruction Set Computer – CISC), що означає – комп'ютер зі складним набором команд. Таку архітектуру також називають «класичною», тому що вона була розроблена першою і тривалий час залишалась єдиною. МП з CISC-архітектурою застосовуються, як правило, в персональних комп'ютерах і серверах. Команди таких МП мають багато різних форматів і вимагають для свого представлення різної кількості комірок. Це зумовлює визначення типу команди в ході її дешифрації під час виконання, що ускладнює пристрій керування процесора і перешкоджає підвищенню тактової частоти до рівня, якого можна досягти в RISC-процесорах на тій самій елементній базі. Лідером у виробництві процесорів з CISC-архітектурою є фірма Intel, мікропроцесорами якої комплектується більшість персональних комп'ютерів [8].

Мікропроцесор з RISC-архітектурою (Reduced Instruction Set Computer –

RISC), тобто комп'ютер зі скороченим набором команд. Ідея, закладена в основу RISC-архітектури, така: залишити в системі команд найбільш уживані й універсальні інструкції, вилучивши складні та рідко вживані. Результатом стало суттєве спрощення центрального керування й вивільнення частини поверхні кристала процесора для розміщення більш потужних засобів обробки даних.

4.2. Мікроконтролери

Мікроконтролер – функціонально закінчений мікропроцесорний керуючий пристрій, призначений для безпосереднього вбудовування в об'єкт керування, який має на одному кристалі крім власне мікропроцесора модулі пам'яті програм і даних, а також необхідні інтерфейсні схеми.

Мікроконтролери (МК) використовуються для керування різними системами. У найпростіших модулях використовують контролери, функції яких обмежені завданням керування механічним рухом однією або двома координатами. Сучасні контролери реалізують керування зі зворотним зв'язком.

Мікроконтролери виконують функції логічного аналізу й керування (тому завдяки виключенню, наприклад, арифметичних операцій можна зменшити їх апаратну складність або розширити функції логічного керування). Передусім мікроконтролери є ланкою перетворення інформації, що надходить від датчиків, які вмонтовано у складові частини мехатронного об'єкта, до виконавчих пристроїв. Інтеграція на кристалі елементів електроніки, механіки, інформатики та вимірювальної техніки привела до створення мехатронних (синергетичних) пристроїв.

На рис. 4.5 наведена структурна схема базового мікроконтролера.

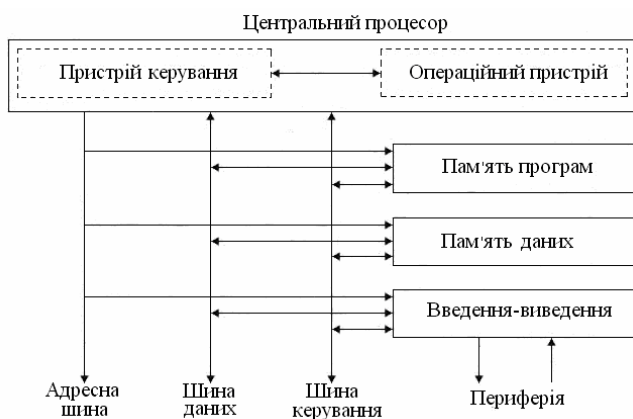


Рис. 4.5 Структурна схема базового мікроконтролера

На рис. 4.6 ([14]) наведена структурна схема системного модуля-контролера (СМ); на ній показані лише ті елементи, які необхідні для пояснення зв'язків СМ з периферією (датчиками й активаторами). До складу СМ можуть входити десятки пристроїв введення-виведення (ПВВ) розділених на групи, що утворюють порти вводу-виводу. Отже основу системного модуля

складає один або кілька мікропроцесорів з пристроями введення-виведення.

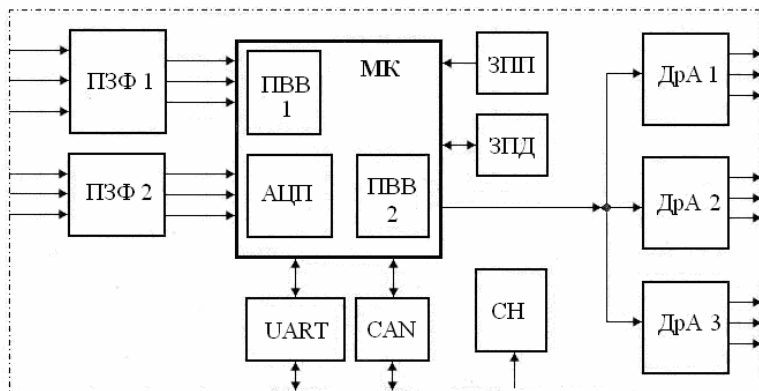


Рис. 4.6 Структурна схема системного модуля-контролера:

МК – мікроконтролер; ПВВ – пристрій введення-виведення; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ЗПП – зовнішня пам'ять програм; ЗПД – зовнішня пам'ять даних; UART – послідовний інтерфейс; CAN – інтерфейс міжсистемного обміну; СН – стабілізатор напруги; ДрА 1, ДрА 2, ДрА 3 – драйвери активаторів (виконавчих пристроїв); ПЗФ – пристрої захисту й фільтрації сигналів цифрових (1) та аналогових (2) датчиків

Мікроконтролери мікропроцесорних систем призначені для керування об'єктами; до їх складу повинні входити пристрої введення (різні датчики) і виведення – команди на виконавчі механізми (реле, пускачі, електродвигуни). Мікроконтролер – це складна цифрова система, що розміщена на кристалі і до складу якої входить 8-, 16- або 32-розрядний процесор, внутрішня пам'ять програми (десятки кілобайт), широкий набір інтерфейсних і периферійних пристроїв, зокрема, портів введення-виведення, таймерів, алфавітно-цифрових перетворювачів тощо. Їх використовують як складові пристроїв систем керування: інформаційно-вимірювальних, контрольно-діагностичних, технологічними процесами, апаратури реєстрації та контрольно-вимірювальної [31].

Обчислювальні функції розподіляються між програмованими контролерами. Можливість розподілення обробки даних забезпечує високу надійність керування вимірювальною системою.

Структурна схема узагальненого мікроконтролера, який управляє двигуном наведена на рис. 4.7 [17]. На ній прийняті такі скорочення: ПУА – пристрій керування автомобіля; ПУ – пульт керування; ВДЖ – вторинні джерела живлення. **Склад МК:** МП – мікропроцесор. **Датчикова апаратура:** Д – датчики; З – задатчики; ПВП – первинні вимірювальні перетворювачі. **Виконавчі пристрої:** П – підсилювачі; ВМ – виконавчі механізми. **Склад МП:** ПВВ – пристрій введення-виведення; АЛП – арифметико-логічний пристрій; ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій; ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій; ППЗП – перепрограмований запам'ятовуючий пристрій. **Інтерфейс вводу:** КОМ – комутатор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ЦЦП – імпульсно-цифровий перетворювач. **Інтерфейс виводу:** ФКІ – формувач командних імпульсів; РКІ – розподілювач командних імпульсів; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач.

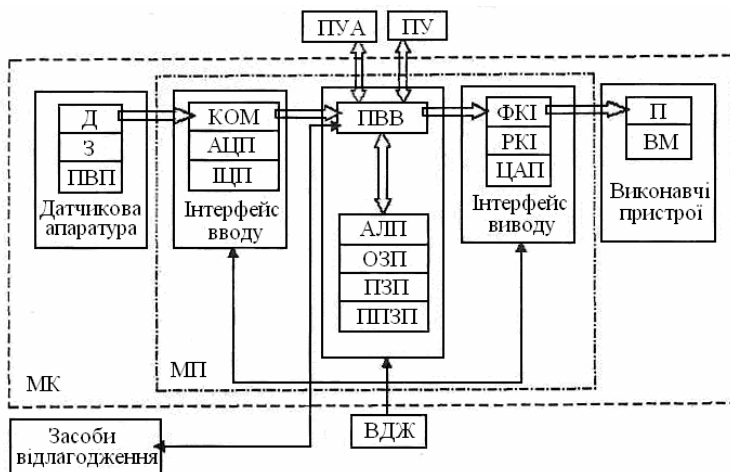


Рис. 4.7. Схема узагальненого мікроконтролера

Оснoву мікроконтролера складає мікропроцесор з пристроями введення і виведення, який отримує інформацію від датчикової апаратури через інтерфейс введення та управляє двигуном через інтерфейс виведення. Крім того, мікропроцесор здійснює діагностування двигуна й самої МПСК

Мікропроцесор має три типи пам'яті:

1. ОЗП, що необхідний для зберігання поточної інформації та забезпечення роботи системи керування. Інформація, яка знаходиться в ньому, втрачається у разі вимкнення живлення (акумуляторної батареї).
2. ПЗП, в якому знаходяться програми, що забезпечують керування і конкретні значення калібрувань (калібрування – конкретні числові значення параметрів програм) даної системи. Ці дані неможливо змінити без заміни ПЗП або його перепрограмування на спеціальних установках.
3. ПЗП використовується для тимчасового зберігання додаткової інформації, необхідної для роботи системи. Інформація в ньому є енергонезалежною і може зберігатися у разі вимкнення живлення мікроконтролера.

Мікроконтролер має зв'язки як з ПУА, так і з ПУ, на яких працює водій (або наладчик системи у процесі налагодження МПСК для чого передбачено підключення засобів налагодження).

Головний задатчик – датчик, що встановлений безпосередньо на педалі та фіксує її положення. Інші задатчики конструктивно можуть бути включені в пульт керування.

Датчики розташовані у різних системах автомобіля. У системи вбудовуються і виконавчі механізми, а підсилювачі інколи розташовуються поблизу цих механізмів.

Решта елементів мікроконтролера та вторинні джерела живлення пересічно включені у так званий електронний блок керування – ЕБК або ECU (англ. Electronic Control Unit).

Пристроями виведення мікроконтролерів є виконавчі механізми об'єктів, як правило, це електронна система керування електричними дротами. Для

спряження виходу МК з системою виводу до складу мікроконтролерів входять також перетворювачі цифрового коду в аналогові сигнали – цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП).

Мікроконтролери звичайно працюють в реальному масштабі часу і виконують обмежений набір програм, які повторюються у часі.

В наші дні на базі МК створюють інтелектуальні датчики, системи керування технічними системами машин. МК дають можливість реалізувати закони керування будь-якої складності.

Пристроями вводу в мікроконтролери є перетворювачі інформації, а саме датчики, встановлені на об'єкті керування. До складу мікроконтролерів звичайно входять перетворювачі аналогових сигналів у цифровий код – аналого-цифрові перетворювачі. Цифровий мікропроцесор не може безпосередньо обробляти аналогові сигнали. У сучасних системах АЦП інтегрований на кристал МК і використовується для введення сигналів аналогових датчиків.

На рис. 4.8 наведена узагальнена структура мікропроцесорного ядра [8]. Умовно в ній можна виділити блок обробки команд і блок обробки даних. Блок обробки команд складається з реєстра команд (РК) та керуючого пристрою (УП). Блок обробки даних включає АЛП, реєстр-накопичувач, буферний реєстр (БР), реєстр ознак (РО), блок реєстрів загального призначення (БРЗП), реєстр адреси (РА).

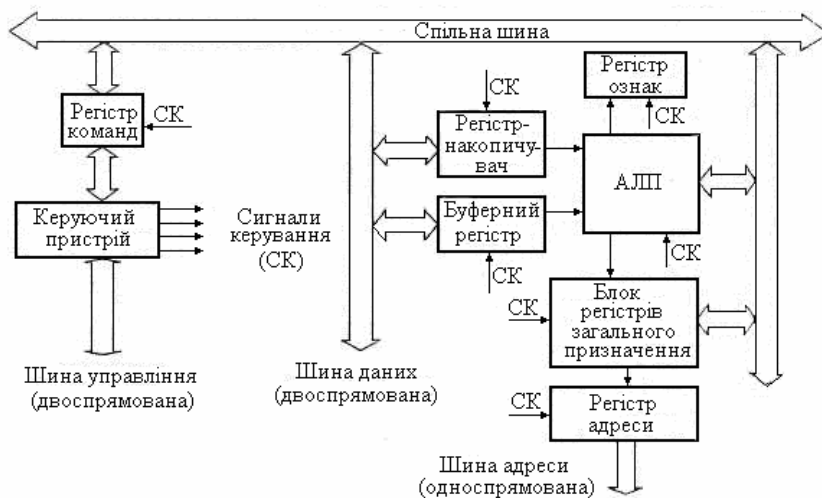


Рис. 4.8. Узагальнена структура мікропроцесорного ядра

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) є однією з найважливіших частин мікропроцесора. Він призначений для виконання арифметичних і логічних операцій над числами у двійковому коді. АЛП побудований на базі паралельного суматора, тому для нього базовою операцією є операція додавання двійкових чисел. Інші операції АЛП виконує з допомогою спеціальних команд, двійкові коди яких зберігаються у зовнішній пам'яті. До складу арифметичних операцій, крім додавання, входять операції віднімання, порівняння, порозрядного множення, а також логічні операції «І», «АБО» та «НІ».

Для АЛП найважливішою характеристикою є розрядність, яка і визначає розрядність усього МП. У сучасних мікропроцесорів розрядність може доходити до 64, що дає можливість ефективно працювати з великими числами, а також спрощувати адресацію при роботі з великими обсягами даних. Мікропроцесор виконує роль центрального пристрою керування та пристрою арифметико-логічних перетворень даних.

Програмний лічильник (на схемі рис. 4.8 він не показаний) використовується для формування адреси чергової виконуваної команди. Команд розміщені в комірках пам'яті з послідовними адресами. Після того як чергова комірка пам'яті зчитана в мікропроцесор, вміст лічильника збільшується на одиницю. Процедура збільшення вмісту лічильника повторюється при виконанні всіх команд програми. У разі необхідності зміни порядку виконання програми (наприклад, при організації умовних і безумовних переходів) вміст лічильника змінюється з допомогою спеціальних команд. Розрядність лічильника команд відповідає розрядності адрес комірок пам'яті, тобто розрядності шини даних.

Як видно з рис. 4.8, до складу мікропроцесора входить кілька регістрів, об'єднаних у блок регістрів. За своїм призначенням регістри МП розділяються на дві категорії:

- регістри загального призначення;
- спеціальні регістри.

Регістри загального призначення (РЗП) виконують функції надоперативної пам'яті. Наявність РЗП на кристалі МП розширює його внутрішні можливості щодо зберігання даних і дає можливість збільшити продуктивність МП без збільшення тактової частоти. До всіх РЗП можлива програмна адресація.

Алгоритми є основою програмного забезпечення (ПЗ) і реалізуються у програмних модулях, записаних у ПЗП мікроконтролера.

Наприклад, комплексна система динамічної стабілізації, яка встановлюється на автомобілі Mercedes-Benz, має блок керування з 32-бітним мікропроцесором, що оснащений 56-кілобайтною пам'яттю і завдяки ПЗ управляє кількома електронними системами: динамічної стабілізації, антиблокування, протибуксування, екстреного гальмування тощо. А із блоком керування двигуном він спілкується за допомогою загальної шини даних CAN.

4.3. Електронні блоки керування

У більшості випадків мехатронна система складається з основної системи, датчиків, електронних блоків керування (ЕБК) і виконавчих механізмів (рис. 4.1, 4.9).

ЕБК – це основний конструктивний блок мікроконтролера, поза яким знаходяться тільки датчики та виконавчі пристрої. Тому термін «електронний блок керування» пересічно використовується як синонім електронного керуючого пристрою, але правильніше вважати ЕБК складовою мікроконтролера. ЕБК обробляє вхідні сигнали від різних датчиків та перемикачів, що надають інформацію, відображаючи дані від двигуна: частоту обертання колінчастого вала, момент впорскування паливної суміші у кожен циліндр тощо.

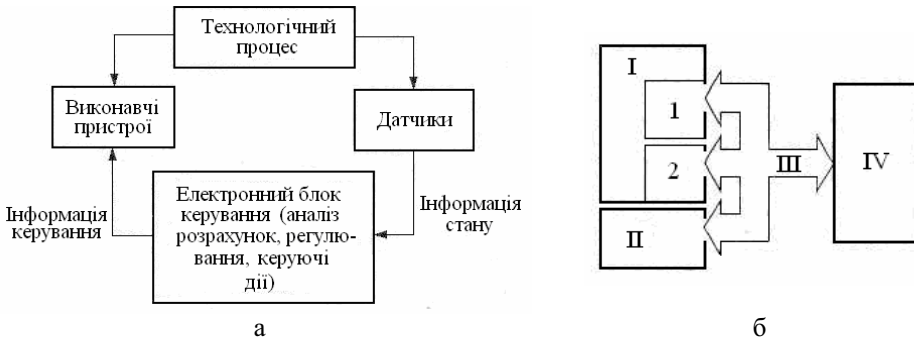


Рис. 4.9. Приклад узагальненої мехатронної системи (а) і структурна схема електронного блока керування (б):

1 – ОЗП; 2 – ППЗП; I – арифметико-логічний пристрій; II – порт «Введення/виведення»; III – шина; IV – мікропроцесор

Інформацію в мехатронних системах обробляє електронний блок керування (ЕБК) або вузол, що складається з певної кількості таких блоків. Мінімальна кількість датчиків і блоків керування системами автомобіля наведена на рис. 4.10, а для двигуна – на рис. 4.11. Здебільшого блоки керування працюють як комп'ютери: приймають електричні сигнали від датчиків, обробляють інформацію в реальному часі й генерують керуючі сигнали (рис. 4.12), які надходять на виконавчі пристрої.

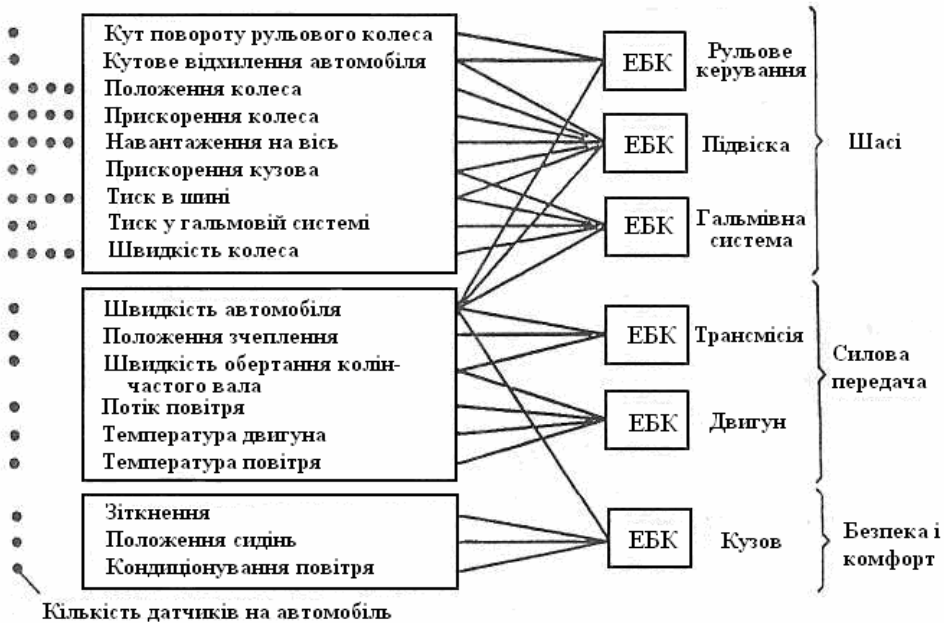


Рис. 4.10. Спрощена схема застосування датчиків в електронних системах керування автомобілем

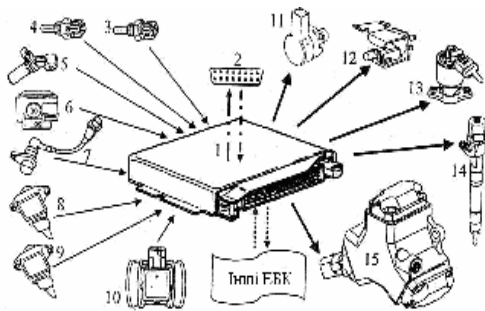


Рис. 4.11. Елементи системи керування двигуном:

1 – ЕБК; 2 – діагностичний рознімач; 3, 4 – датчики температури повітря та охолоджувальної рідини відповідно; 5 – датчик фази; 6 – датчик тиску наддування; 7 – датчик кількості обертів; 8, 9 – датчики положення педальї акселератора та гальма відповідно; 10 – витратомір повітря; 11 – регулятор тиску пального; 12 – клапан керування турбокомпресором; 13 – клапан рециркуляції відпрацьованих газів; 14 – форсунка; 15 – ПНВТ

Сигнали можуть бути аналоговими, цифровими або імпульсними. Аналогові вхідні сигнали (лямбда-зонда, датчиків тиску, потенціометрів, датчиків температури та ін.) можуть мати будь-яку величину напруги в межах певного діапазону (звичайно 1-5 мВ) [5, 4, 12].

Ці сигнали перетворюються в електронному блоці керування аналого-цифровим перетворювачем в цифрову форму для подальшої обробки процесором мікроконтролера.

Цифрові вхідні сигнали (наприклад, від датчиків Холла, датчиків положення, магніторезисторних датчиків тощо) мають тільки два стани: логічної одиниці й логічного нуля. Ці сигнали можуть оброблятися безпосередньо в мікроконтролері.

Діапазон напруги – від нуля до величини напруги логічної одиниці, імпульсні вхідні сигнали (інформація, що генерується періодично, наприклад, сигнали обмеження частоти обертання) обробляються з допомогою спеціальної схеми в електронному блоці керування. Діапазон електричних напруг знаходиться в межах від 0,5 до 100 В.

Вхідні сигнали шляхом фільтрації значною мірою очищуються від перешкод і, якщо необхідно, шляхом підсилення адаптуються до припустимого рівня електричної напруги на вході мікроконтролера (до 5 В). Вхідними сигналами можуть бути не тільки сигнали від датчиків, але й сигнали від інших систем (у разі наявності кількох електронних блоків керування). В ЕБК сигнали звичайно обробляються у цифровому вигляді.

Обробкою називають перетворення сигналу з метою подання інформації,

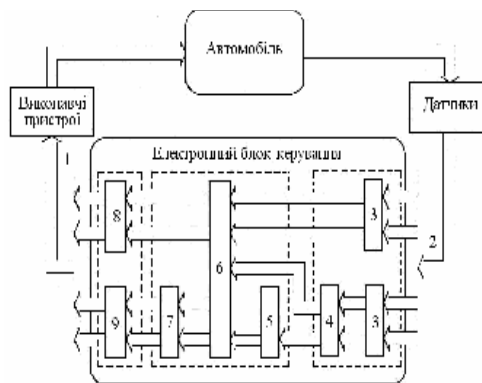


Рис. 4.12. Обмін інформацією між вузлами електронного блока керування мехатронної системи модуля обробки:

1 – входи цифрових сигналів стану; 2 – входи аналогових сигналів стану; 3 – засоби захисту вхідних кіл; 4 – підсилювачі; 5 – аналого-цифрові перетворювачі; 6 – засоби цифрового оброблення сигналів; 7 – цифро-аналогові перетворювачі; 8 – силові виходи; 9 – підсилювачі потужності

яка міститься у ньому, в найбільш зручній формі.

Обробка сигналів може здійснюватися з допомогою різних технічних засобів: аналогових, цифрових і гібридних (комбінація аналогових і цифрових засобів).

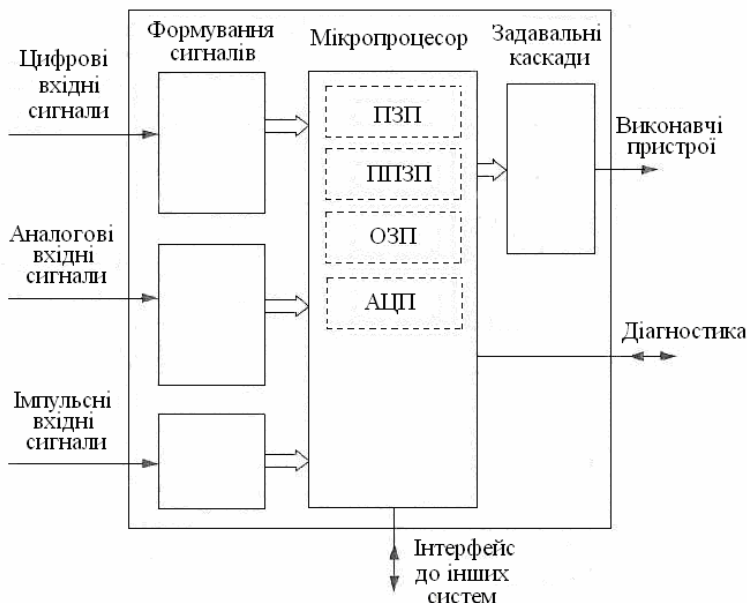


Рис. 4.13. Обробка сигналів в електронному блоці керування

Цифрову обробку вхідних сигналів звичайно здійснює мікропроцесор електронного блока керування (рис. 4.13 [38]). Для цього потрібна спеціальна програма, а отримані дані зберігаються в оперативній або програмованій пам'яті (ПЗП/ППЗП).

Програмне забезпечення містить необхідні алгоритми, що показують, яка інформація і як використовується в ЕБК для формування керуючих впливів. У ньому може встановлюватися майже необмежена кількість логічних операцій для зберігання й обробки даних у вигляді параметрів, характеристик і багатовимірних програмних карт. Відповідно до програми МК обробляє інформацію, отриману від датчиків, та обчислює тривалість і моменти подачі керуючих сигналів на виконавчі пристрої, наприклад, до форсунки двигуна для подачі пального.

До електронного блока керування ставляться жорсткі вимоги, оскільки він зазнає великих навантажень через сильні перепади температури, вплив агресивних експлуатаційних матеріалів, вологість та різні механічні (у тому числі вібраційні) навантаження. ЕБК має стабільно працювати як при низькій напрузі бортової мережі, так і при високій зарядній напрузі (коливання напруги в бортовій мережі).

Дуже високі вимоги ставлять щодо чутливості до дії електромагнітних перешкод і обмеження на рівень випромінювання високочастотних сигналів перешкод.

Сучасні системи електронного керування автомобілів (передачі даних іншим системам) виконують такі функції:

- електронне керування двигуном;
- електронне керування перемиканням передач у трансмісії;
- антиблокувальна система гальм (ABS);
- протибуксувальна система (TCS);
- електронна система курсової стійкості (ESP);
- система керування гальмівним моментом (MSR);
- електронні іммобілайзери (EWS);
- бортові комп'ютери і т. д.

Використання зазначених функцій робить необхідним забезпечення зв'язку між індивідуальними ЕБК за допомогою роботи в мережі.

Інтерфейси систем зв'язку, які були спеціально розроблені для застосування в автомобілях, можуть бути розділені на дві категорії:

- звичайні інтерфейси;
- послідовні інтерфейси, тобто CAN (Controller Area Network) – контролери зв'язку.

Численність завдань керування агрегатами й системами автомобіля вимагає застосування широкого набору різноманітних алгоритмів керування. Очевидно, що від призначення системи, залежать структура й вимоги до алгоритмів. Створення комплексу алгоритмів керування, так само як і розробка самих систем керування, є складним і трудомістким процесом.

Алгоритм керування представляють у вигляді функціональної, структурної схеми або у вигляді блок-схеми програми функціонування системи. Система може містити кілька взаємозалежних підсистем, кожній з яких при її створенні задається вихідна версія свого алгоритму керування. У більшості випадків вона залишається незмінною на весь період експлуатації автомобіля. У процесі експлуатації автомобіля накопичують досвід, удосконалюють алгоритми, з'являється нова елементна база для побудови контролера й нові датчики, тому вихідна версія програмного забезпечення може бути покращена [14].

До основних функціональних алгоритмів, які забезпечують роботу систем керування відносяться:

- диспетчер часу, що регулює послідовність виконання всіх операцій, їх синхронізацію і прив'язку в часі, а для двигунів ще й до кута повороту колінчастого вала;
- програми збору, обробки та розподілення інформації;
- диспетчер режимів для визначення режиму роботи об'єкта і відповідної частини програми, за якою повинне відбуватися керування;
- алгоритми формування керуючих сигналів за всіма керуючими впливами;
- алгоритми перетворення й виведення керуючих команд на виконавчі пристрої;
- алгоритми, що забезпечують діагностування роботи системи керування (СК) та її елементів, запам'ятовування та виведення відповідної інформації, а також алгоритми, що забезпечують роботоздатність СК у разі відмови окремих її елементів;

- алгоритми оптимізації, адаптації та самонавчання.

Алгоритм керування вибирається з урахуванням заданих вимог до якості керування кожним об'єктом та його конкретного призначення. У першу чергу алгоритми залежать від структури системи керування, яка може бути розімкненою, замкнутою та комбінованою.

У всіх системах керування і в кожному з їх елементів обов'язково присутній прямий зв'язок – вплив вхідного сигналу на вихідний. Зворотний зв'язок – це вплив вихідного сигналу на вхідний. Він може бути зумовлений природними властивостями системи або організований у ній штучно (цілеспрямовано).

Лінія зворотного зв'язку може бути одна або кілька. Вони можуть охоплювати як всю систему керування (загальні), так і будь-яку її частину (місцеві). Зворотні зв'язки можуть мати місце, наприклад, у виконавчих пристроях. При цьому зворотні зв'язки можуть бути як негативними, що зменшують невідповідність значень вихідного сигналу значенням вхідного сигналу, так і позитивними, що збільшують цю невідповідність до технічно максимально можливої межі. Позитивні зворотні зв'язки можуть бути тільки місцевими, що охоплюють окремі частини систем. Якщо вони охоплюють всю систему (з виходу на вхід), тоді система взагалі втрачає можливість виконувати своє призначення.

Компоненти блоків керування впорскуванням бензину на прикладі автомобілів Ford EEC V та Fiat Marelli IAW наведені на рис. 4.14.

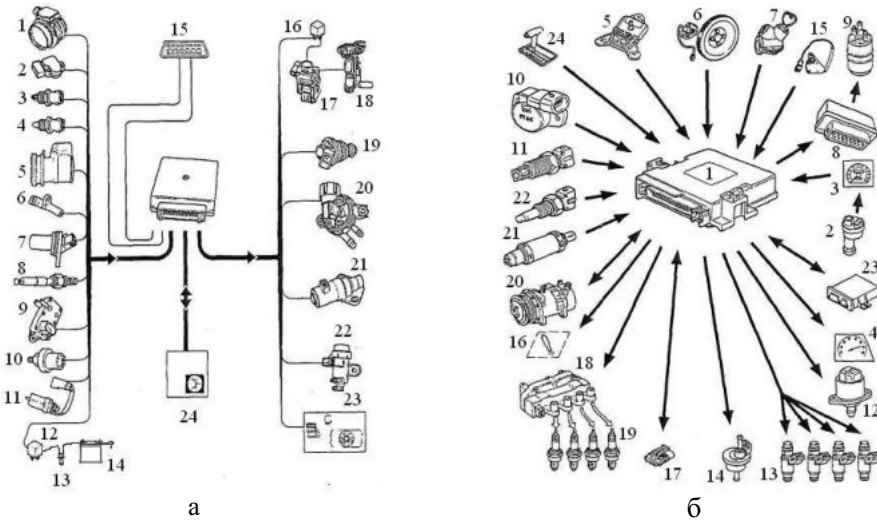


Рис. 4.14. Компоненти блоків керування впорскуванням автомобілів Ford EEC V (а) та Fiat Marelli IAW (б)

На рис. 4.14 прийняті такі позначення: а: 1 – витратомір повітря; 2 – потенціометр дросельної заслінки; 3 – датчик температури повітря; 4 – датчик температури двигуна; 5 – магнітна муфта компресора кондиціонера; 6 – датчик кількості обертів/синхронізації; 7 – фазовий датчик; 8 – лямбда-зонд; 9 – датчик диференціального тиску; 10 – вимикач гідропідсилювача керма; 11 – дат-

чик швидкості; 12 – головне реле; 13 – замок запалювання; 14 – акумуляторна батарея; 15 – діагностичний рознімач; 16 – реле бензонасоса; 17 – аварійний вимикач; 18 – заглибний бензонасос; 19 – форсунка; 20 – клапан вентиляції паливного бака; 21 – регулятор холостого ходу; 22 – магнітний клапан рециркуляції вихлопу; 23 – керування кондиціонером/вентилятором; 24 – імобілайзер; 6: 1 – Marelli IAW – блок керування; 2 – датчик швидкості; 3 – спідометр/лічильник пробігу; 4 – тахометр; 5 – датчик тиску впускного колектора; 6 – датчик кількості обертів/синхронізації; 7 – замок запалювання; 8 – реле; 9 – паливний насос; 10 – потенціометр дросельної заслінки; 11 – датчик температури повітря; 12 – регулятор холостого ходу; 13 – форсунки; 14 – клапан вентиляції паливного бака; 15 – фазовий датчик; 16 – діагностична лампа; 17 – діагностичний рознімач; 18 – двохіскрові котушки запалювання; 19 – свічки запалювання; 20 – компресор кондиціонера; 21 – лямбда-зонд; 22 – датчик температури охолодної рідини; 23 – імобілайзер; 24 – сигнали АКПП.

На рис. 4.15 показано комплекс, що складається з комбінації різних датчиків, приладів і сигналізаторів. Такий комплекс використовується у корпорації Nissan для підвищення безпеки автомобіля. Управляє цим комплексом безпеки автомобіля центральний комп'ютер 6 (рис. 4.15).

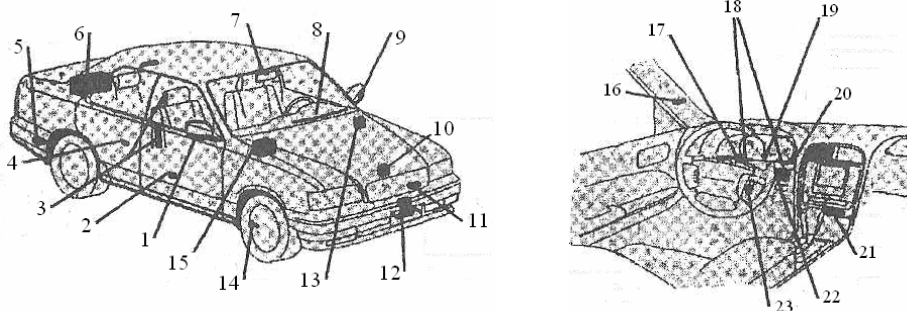


Рис. 4.15. Система датчиків та виконавчих пристроїв забезпечення безпеки автомобіля:

1 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться позаду; 2 – датчик попередження зіткнення; 3 – бокова повітряна «подушка»; 4 – датчик швидкості колеса; 5 – лазерний радар для виявлення об'єкта, що знаходиться позаду; 6 – центральний комп'ютер; 7 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться попереду; 8 – сигнальна лампа для попередження про пішоходів у нічний час; 9 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться позаду; 10 – датчик попередження зіткнення; 11 – лазерний радар для виявлення об'єкта, що йде попереду; 12 – інфрачервоний датчик визначення присутності пішоходів у нічний час; 13 – прилад, що контролює дистанцію між двома транспортними засобами; 14 – датчик швидкості колеса; 15 – привод автоматичного гальмування; 16 – сигнальна лампа для попередження про об'єкт, що знаходиться позаду; 17 – сигналізатор низького тиску повітря в шинах; 18 – інфрачервона лампа для моніторингу засинання водія (працює в нічний час доби); 19 – датчик моніторингу засинання водія; 20 – сигнальна лампа для попередження про об'єкт, що знаходиться попереду; 21 – ручний перемикач для переходу в режим автоматичного сповіщення про аварійну ситуацію; 22 – перемикач для переходу в режим екстреної зупинки у разі неадекватної поведінки водія; 23 – перемикач для переходу в режим самовирівнювання у разі засинання водія.

Електронні блоки керування мехатронних систем містять звичайно як

процесор (CPU) для виконання арифметичних і логічних операцій, так і спеціалізовані модулі для обробки зовнішніх сигналів (сигналів стану) і формування керуючих сигналів (сигналів керування). Ці периферійні модулі забезпечують повне керування операціями в реальному часі.

Програмно-керований центральний процесор міг би управляти згаданими операціями тільки шляхом ускладнення й обмеження кількості функцій. На рис. 4.16 показано узагальнену схему ЕБК на базі типового мікрокомп'ютера [5, 12].

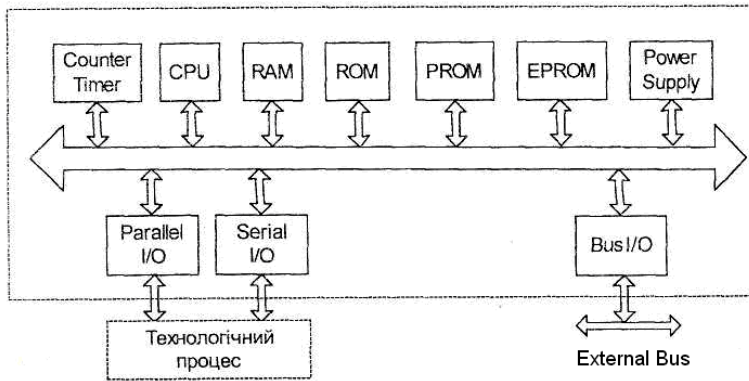


Рис. 4.16. Структурна схема блока цифрової обробки сигналів (мікрокомп'ютера):

Counter/Timer – тактовий лічильник; CPU – процесор; RAM – пристрій оперативної пам'яті; ROM – пристрій постійної пам'яті; PROM – програмований пристрій оперативної постійної пам'яті; EPROM – електрично-програмований пристрій постійної пам'яті; Power Supply – блок живлення; Parallel I/O – канал паралельного введення-виведення; Serial I/O – канал послідовного введення-виведення; Bus I/O – шина введення-виведення; External Bus – зовнішня шина

Електронний блок керування складається з елементів, які змонтовано на платі як інтегральні цифрові схеми:

- CPU (Central Processor Unit) – мікропроцесор для логічної та математичної обробки даних (відповідно до програмного забезпечення);
- Counter/Timer – тактовий лічильник;
- RAM (Random Access Memory; ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій) – елементи пам'яті з доступом для читання й запису інформації;
- ROM (Read Only Memory; ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій) – пам'ять тільки для читання інформації (вміст цього програмованого запам'ятовуючого пристрою визначається під час виготовлення і не може змінюватися);
- PROM (Programmable ROM) – програмована пам'ять;
- EPROM (Erasable PROM) – програмована пам'ять із можливістю стирання шляхом опромінення ультрафіолетовими променями й записування даних програмувальним пристроєм;
- EEPROM (Electrical Erasable PROM) – програмована пам'ять із груповим електричним стиранням;

- Parallel I/O – паралельні входи-виходи;
- Serial I/O – послідовні входи-виходи;
- Bus I/O – входи-виходи комутації із зовнішніми портами через шину.

Основні елементи ЕБК зображені на рис. 4.17 [12]. Керуючий модуль дешифрує інформацію про коди команд й управляє виконанням завдань. Обчислювальний модуль виконує логічні й арифметичні операції над даними.

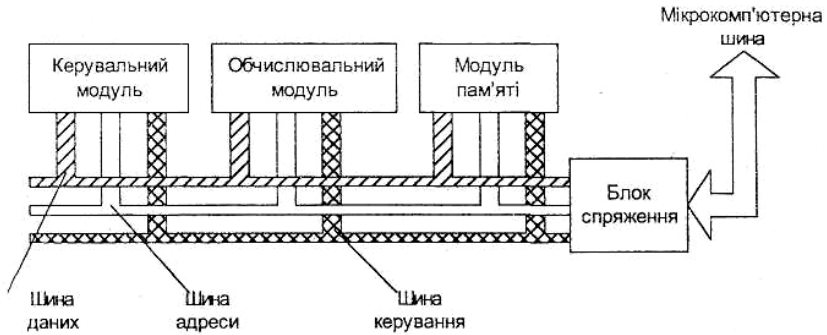


Рис. 4.17. Основні компоненти електронного блоку керування

Модуль пам'яті зберігає команди, константи, вхідну, проміжну й вихідну інформацію і працює як швидка проміжна пам'ять під час виконання команд. Блок живлення (інтерфейс шин) – елемент з'єднання шини мікрокомп'ютера, RAM, ROM, I/O.

Продуктивність CPU визначають тактова частота, середня кількість тактів, необхідних для виконання однієї команди, довжина слова, кількість кодів команд тощо.

З допомогою вихідних сигналів вмикаються вихідні каскади. Силкові виходи та вихідні підсилювачі дають змогу збільшити потужність вихідних сигналів мікропроцесора до напруг в десятки або сотні Вольт, струму в декілька Ампер.

Вихідні сигнали також можуть бути аналоговими (для цього потрібні аналого-цифрові перетворювачі) і цифровими.

Контрольні запитання

1. Яке призначення і принципи функціонування мікропроцесорних систем в керуванні робочими процесами?
2. Наведіть спрощену узагальнену структурну схему мікропроцесорної системи автомобіля.
3. Наведіть структурну схему модуля обробки аналогового сигналу.
4. Які складові має архітектура мікропроцесорної системи?
5. Які існують види електронної пам'яті мікропроцесорів?
6. Яку роль відіграють мікропроцесори та мікро-ЕОМ у вимірювальних інформаційних системах?
7. Яке призначення мікроконтролерів у системах, якими управляють?
8. Яке призначення мають арифметико-логічного пристрою у мікропроцесорах?

9. Які команди можуть бути у комірках пам'яті мікропроцесора?
10. Яке призначення мають електронні блоки у мехатронних системах?
11. Приведіть перелік систем електронного керування автомобілем.
12. Як здійснюється обробка сигналів в електронному блоці керування?
13. Наведіть приблизний склад компонентів електронного керування сучасного автомобіля.
14. У чому сутність прямого та зворотного зв'язку в системах керування?
15. Чим визначається продуктивність мікропроцесора?
16. Що належить до основних функціональних алгоритмів, які забезпечують роботу систем керування?
17. З яких основних елементів у більшості випадків складається мехатронна система?

5. МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Питанням удосконалення двигунів присвячено багато робіт, наприклад, [14, 21, 38, 41-72]. У роботах [21, 42-52, 58, 60] основна увага приділена удосконаленню механічних систем двигунів, їх робочих процесів, підвищенню надійності з позиції удосконалення конструкції та функціонування, а в роботах [14, 53-56, 61, 62, 64-69] – розробці електронних систем керування двигунів.

Основними завданнями в удосконаленні автомобільних двигунів були зменшення витрати пального та емісії шкідливих речовин у відпрацьованих газах наряду з підвищенням потужності, крутильного моменту, надійності та ресурсу; зниження шумності, удосконалення діагностичного забезпечення.

Література [59, 63, 70-72] присвячена бортовій і зовнішній діагностиці сучасних автомобільних двигунів.

Постійно зростаючі вимоги до систем автоматичного регулювання двигунів стали поштовхом до того, що сучасні електронні системи керування пройшли шлях від простих систем з електромагнітним приводом, керуванням пусковим сигналом, до складних систем з електронним блоком керування, який здатен обробляти велику кількість сигналів у реальному часі, здійснювати обмін даними між усіма технічними системами автомобіля.

Досягнутий високий рівень автоматизації процесів керування двигуном пояснюється швидкою мехатронізацією двигуна й автомобіля [12, 73]. Цей напрямок наукових і прикладних досліджень вивчає новий науковий напрямок – мехатроніка, телематика й інтелектуалізація транспортних засобів. Саме об'єднання механіки, електромеханіки, комп'ютерних та інформаційних технологій забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій [1, 4, 6, 8, 11, 12, 15, 73].

Далі стисло описана паливна система двигуна як найрозвиненіша мехатронна система автомобіля, можна сказати інтелектуальна, оскільки «розумно» працює у тісному взаємозв'язку зі станом усіх технічних систем двигуна та основних систем автомобіля.

5.1. Розвиток систем електронного керування паливоподачею двигуна

5.1.1. Класифікація паливних систем двигуна

Робота автомобільного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) ґрунтується на процесах перетворення хімічної енергії пального у механічну роботу. Від якості протікання цих процесів залежить економічність двигуна і токсичність відпрацьованих газів (ВГ). Основними експлуатаційними властивостями ДВЗ є: зовнішня швидкісна характеристика, паливна економічність, екологічність, безпечність, керуваність, рівень діагностичного забезпечення, надійність, ресурс, ремонтпридатність. Більшість із вказаних властивостей автомобільних двигунів залежить, перш за все, від рівня досконалості паливної системи. Ці властивості двигунів багато в чому визначають експлуатаційні якості автомо-

білів [38].

В умовах експлуатації режими роботи автомобільного двигуна визначаються багатьма факторами, що залежать від конструктивних особливостей автомобіля, дорожніх, кліматичних і транспортних умов. Під дією цих факторів потужність двигуна, необхідна для руху автомобіля, змінюється в широких межах, а вплив водія на оптимізацію роботи двигуна в цих умовах експлуатації досить обмежений. Через це автомобілебудівники були вимушені в керуванні системами подачі пального, запалювання паливно-повітряної суміші все більше впроваджувати електронні засоби, які здатні забезпечити найбільш оптимальні параметри керування цими системами.

В міру розвитку паливних систем на автомобілі встановлювались механічні, електромеханічні та електронні системи керування (рис. 5.1).

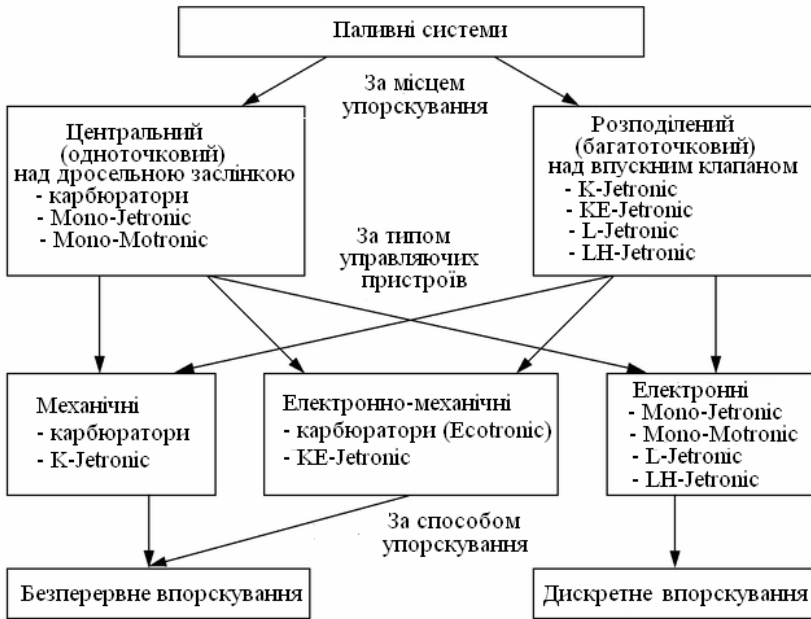


Рис. 5.1. Класифікація паливних систем

Як послідовний розвиток методів дозування і розпилення пального можна вказати таке: карбюрація, центральне і розподілене впрорскування – безперервне або дискретне.

Карбюраторна система є однією з перших систем, у якій конструктори намагалися застосувати електронні засоби керування для покращення показників двигуна, зберігши принцип карбюрації. Однак, через низку причин у системах з центральним розташуванням дозувального органа не вдається отримати високі показники економічності та низької токсичності відпрацьованих газів. Тому карбюраторні системи (і системи центрального впрорскування) витиснуті системами розподіленого впрорскування. Останні досягли високого ступеня досконалості, дозволили істотно покращити показники двигуна.

Удосконалення робочих процесів двигуна досягали шляхом розширення мехатронних зв'язків між компонентами системи паливоподачі, що дало можливість підвищити керованість двигуна в системі автомобіля, питома потужність, знизити витрату пального, зменшити рівень шуму й емісії відпрацьованих газів.

Синергетичне об'єднання зв'язків між компонентами системи паливоподачі двигуна було реалізоване трьома способами шляхом передачі:

- енергії (енергетичний);
- речовини (речовинний);
- інформації (інформаційний).

Мехатронні системи керування паливоподачею складаються з системного модуля з мікроконтролером, набору датчиків, виконавчих органів (активаторів). Режим роботи двигуна визначається керуючими впливами тих органів керування, на які діє водій.

Мікропроцесорна система керування дає можливість суттєво розширити інформаційні зв'язки, враховувати більшу кількість впливових факторів, реалізувати оптимальні закони керування паливоподачею.

Перші системи здійснювали програмне керування паливоподачею і запалюванням з урахуванням п'яти-семи впливових факторів і дозволяли реалізувати досить складні закони керування двигуном. Це були розімкнуті системи керування без зворотного зв'язку.

Заощадження пального у разі згаданого способу керування досягалося за рахунок реалізації складних законів регулювання подачі пального та кута випередження запалювання в залежності як від частоти обертання колінчастого вала та навантаження, так і за рахунок корекції цих законів залежно від теплового стану двигуна, особливостей режиму роботи та зміни зовнішніх умов.

Мехатронізація систем автомобільних двигунів проходила за трьома напрямками [14]. Перший – розробка нових датчиків.

Другий напрямок – введення одного або кількох зворотних зв'язків за вихідними показниками. Такі системи отримали назву програмно-адаптивні. Прикладами можуть слугувати сучасні системи комплексного керування, у яких забезпечуються стехіометричний склад паливної суміші за рахунок зворотного зв'язку за складом відпрацьованих газів і обмеження кута випередження запалювання за рахунок зворотного зв'язку за ознакою детонації. Шляхом логічної обробки сигналів спеціальних датчиків у цих системах вдається забезпечити адаптацію двигуна до зміни умов експлуатації.

Третій напрямок – розширення функцій системи керування двигуном. Виконання різних функцій у єдиній системі керування автомобілем дає можливість оптимізувати певні показники двигуна на кожному режимі його роботи.

На сьогодні структурні схеми систем упорскування пального в основному стабілізувались. Класифікація існуючих способів упорскування пального показана на рис. 5.2.

Найважливішою характеристикою керуючих мехатронних пристроїв двигуна є створений комплекс алгоритмів і програм керування, що показують, яка інформація і як використовується в системному модулі для формування

керуючих впливів. Алгоритми є основою програмного забезпечення і реалізуються у програмних модулях, що записані у ПЗП контролера. Широкий набір різноманітних функціональних алгоритмів використовується для проведення автоматизованих обчислень і запису протоколів обробки.



Рис. 5.2. Класифікація способів упорскування пального

Алгоритми керування паливною системою розробляють, спираючись на задані вимоги до якості керування кожним об'єктом системи, і з урахуванням конкретного призначення, що система може бути розімкнутою, замкнутою і комбінованою.

У сучасних мехатронних системах упорскування пальне подається індивідуально до кожного циліндра, а його змішування з повітрям відбувається у камерах перед впускними клапанами [14, 38, 41]. У цих системах вирішуються питання подачі оптимальної кількості пального у кожен циліндр двигуна, його співвідношення з повітрям, оптимальний момент запалювання, антидетонаційні заходи, якість згоряння суміші. У рамках цього напрямку розвиваються системи керування температурою двигуна, системи змащування.

Функціональна система керування двигуном складається з двох підсистем: підсистеми керування впорскуванням пального та підсистеми керування кутом випередження запалювання. Обидві підсистеми взаємозалежні й працюють синхронно з основним циклом роботи двигуна. Синхронізацію роботи підсистем здійснює програмне забезпечення за даними сигналів датчиків, установлених на двигуні.

Принцип дії системи зміни фаз газорозподілення сучасного двигуна наведено на рис. 5.3.

Керування системою зміни фаз газорозподілення здійснює блок керування двигуна. Для цього блок керування повинен отримувати інформацію про частоту обертання вала двигуна, його навантаження та температуру, а також про миттєве положення колінчастого та розподільного валів.

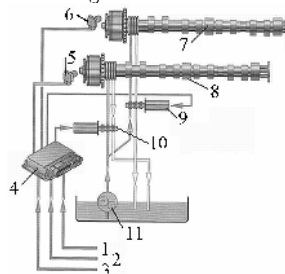


Рис. 5.3. Система зміни фаз газорозподілення двигуна:

- 1 – частота обертання вала двигуна;
- 2 – витрата повітря та його температура (дані для визначення навантаження двигуна);
- 3 – температура охолоджувальної рідини;
- 4 – блок керування двигуном;
- 5 – датчик Холла 2 (G163);
- 6 – датчик Холла 1 (G40);
- 7 – впускний розподільний вал;
- 8 – випускний розподільний вал;
- 9, 10 – електрогидравлічні розподільники;
- 11 – масляний насос

Газорозподільний механізм (ГРМ) відкриває і закриває впускні та ви-

пускні клапани двигуна. Типи газорозподільних механізмів класифікуються за кількістю розподільних валів, за типом привода розподільного вала, за кількістю клапанів на циліндр [17].

5.1.2. Система розподіленого впорскування пального

Мехатронна система керування роботою двигуна забезпечує регулювання кута, складу робочої суміші, ступеня рециркуляції відпрацьованих газів, зміну кількості циліндрів, до яких подається пальне, дозування кількості пального, що подається тощо. Параметрами керування є: швидкість обертання колінчастого вала, розрідження у впускному трубопроводі, температура охолоджувальної рідини, швидкість руху автомобіля і деякі інші.

Головним завданням цієї мехатронної системи є встановлення оптимального керування подачею пального у кожен циліндр двигуна з метою забезпечення економічності роботи з урахуванням складу відпрацьованих газів. Для цього підсистеми двигуна структурно і функціонально поєднані з датчиками контролю стану двигуна, виконавчими пристроями, керуючим мікропроцесором та електронними пристроями узгодження сигналів. Системи розподіленого впорскування відрізняються різноманіттям технічних рішень.

Комплексна схема керування бензиновим двигуном сучасного транспортного засобу зображена на рис. 5.4. Система забезпечує оптимальну роботу двигуна шляхом керування впорскуванням пального, кутом випередження запалювання, частотою обертання колінчастого вала двигуна на холостому ході. Автоматичне регулювання системи впорскування пального забезпечується через перетворення розімкнутої системи керування в систему керування із жорстким зворотним зв'язком (сама пристосовується).

На рис 5.5 показана система розподіленого впорскування, у якій форсунки встановлені безпосередньо перед кожним циліндром. Керування карбюратором зводиться до оптимізації складу пального. В результаті підвищується потужність, знижується токсичність відпрацьованих газів, покращуються інші характеристики двигуна.

Структурна схема системи впорскування пального з програмним керуванням наведена на рис. 5.5. Для підвищення паливної економічності система розподіленого впорскування пального особливо ефективна у поєднанні з цифровою системою запалювання.

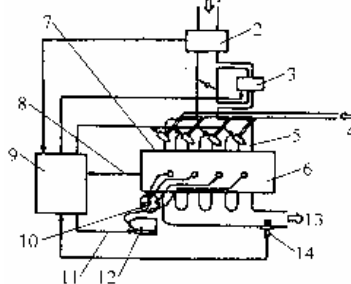


Рис. 5.4. Комплексна електронна система керування бензиновим двигуном:

- 1 – повітря; 2 – датчик витрати повітря; 3 – виконавчий пристрій керування частотою обертання колінчастого вала на холостому ході; 4 – пальне; 5 – форсунка впорскування пального; 6 – двигун; 7 – свічки запалювання; 8 – частота обертання колінчастого вала двигуна; 9 – ЕБК; 10 – розподільник запалювання; 11 – вихідний сигнал; 12 – котушка запалювання; 13 – відпрацьовані гази; 14 – датчик кисню

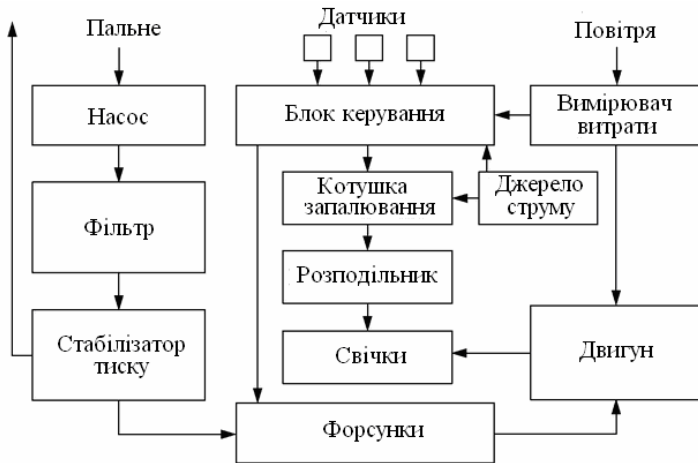


Рис. 5.5. Структурна схема системи впорскування пального з програмним керуванням

Розподілене впорскування пального передбачає розміщення на впускному колекторі кількох форсунок, кількість яких дорівнює кількості циліндрів. У таких двигунів пальне впорскується електромагнітними форсунками (ЕМФ) безпосередньо в камеру згоряння кожного циліндра. На рис. 5.6 та 5.7 представлена структурна схема й основні елементи системи розподіленого впорскування пального [38]. Основними елементами системи розподіленого впорскування пального є витратомір повітря, сполучений з повітряним фільтром; електронний блок керування; паливні електромагнітні форсунки 3, розташовані у впускному патрубку 2 кожного циліндра (рис. 5.6).

Блок керування, використовуючи вхідний сигнал повітряного потоку та частоту обертання колінчастого вала двигуна, вираховує за цими даними кількість необхідного пального для утворення оптимального складу паливної суміші. У подальшому електричним способом відкриваються ЕМФ у впускних каналах кожного циліндра. ЕБК контролює сигнали функціональних датчиків і збільшує або зменшує тривалість відкриття ЕМФ, таким чином регулюючи кількість пального, що подається для створення оптимального складу паливної суміші. Такий спосіб впорскування пального дає можливість двигуну працювати на надто збіднених сумішах, забезпечуючи високу економічність. Ранні реалізації цієї системи впорскування були чисто механічними, найвідоміша з них – «Kugelfischer» для автомобілів BMW.

Сучасні системи безпосереднього впорскування реалізуються виробниками у багатьох конструкціях.

Процес згоряння у дизельному двигуні залежить у вирішальній мірі від характеристик паливоподачі. Суттєву роль при цьому відіграє ПНВТ, який створює тиск пального, під яким воно нагнітається через магістралі високого тиску до форсунок і впорскується ними в камери згоряння. Для малорозмірних швидкохідних дизелів потрібні системи подачі з великою циклічністю, малою

вагою та мінімальними конструктивними розмірами. Цим вимогам відповідають так звані розподільні ПНВТ, які з компактними розмірами об'єднують у собі паливопідкачувальний насос, ПНВТ і регулятор частоти обертання колінчастого вала.

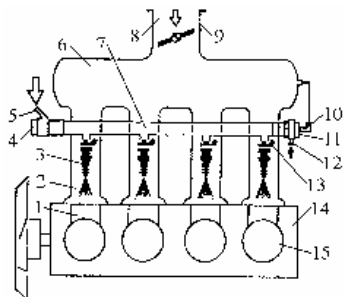


Рис. 5.6. Спрощена схема системи розподіленого впорскування пального:

1 – впускний канал; 2 – впускний патрубок; 3 – паливна форсунка; 4 – паливний штуцер; 5 – патрубок подачі пального; 6 – впускний трубопровід; 7 – паливний трубопровід; 8 – головний повітряний канал; 9 – повітряний патрубок; 10 – штуцер лінії керування; 11 – регулятор тиску пального; 12 – штуцер лінії зворотного зливання; 13 – електричний рознімач; 14 – двигун; 15 – циліндр

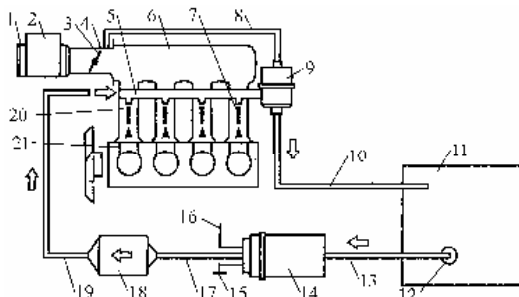


Рис. 5.7. Структурна схема системи розподіленого впорскування пального:

1 – випрамна решітка; 2 – витратомір повітря; 3 – повітряна заслінка; 4 – дросельний патрубок; 5 – паливний акумулятор; 6 – впускний трубопровід; 7 – форсунка; 8 – вакуумний шланг; 9 – регулятор тиску пального; 10 – зливний трубопровід; 11 – паливний бак; 12 – паливний штуцер; 13 – трубопровід низького тиску; 14 – електричний паливний насос; 15 – клемма; 16 – електричний дріт; 17 – трубопровід високого тиску; 18 – фільтр тонкого очищення пального; 19 – трубопровід подачі пального; 20 – впускний канал; 21 – впускний патрубок

5.2. Мікропроцесорні системи керування подачею пального в двигунах

5.2.1. Мікропроцесорні системи керування запалюванням і впорскуванням у бензинових двигунах

Блок-схема типової електронної системи керування бензиновим двигуном представлена на рис. 5.8. Компоненти системи керування впорскуванням бензину на прикладі автомобілів Ford EEC V та Fiat Marelli IAW наведені на рис. 4.14.

Мікропроцесорна система використовується при цьому як технічний засіб для реалізації інформаційних зв'язків у керуванні потоками енергії в процесі паливоподачі. У мікропроцесорній системі керування (МПСК здійснюється збір і обробка інформації від датчиків, а також використовується інформація, отримана шляхом математичного і фізичного моделювання в процесі випробування і доводки двигуна. Інформація, яка міститься в контролері у вигляді численних таблиць і запрограмованих алгоритмів, перетворюється в сиг-

нали керування, що подаються на форсунки. Носієм інформації в мікропроцесорній системі є електричний сигнал, а живлення системи здійснюється від бортової електричної мережі автомобіля. Тому спочатку інформаційний сигнал невеликої потужності на вихідному каскаді (драйвері) МПСК підсилюється за потужністю, а потім передається на активатор, частиною якого є електромеханічний перетворювач (ЕМП), розташований у форсунці. Таким чином, в ЕМП вирішується завдання перетворення деякої частини електричної енергії бортової мережі у механічний вплив на потік керуючої енергії.



Рис. 5.8. Блок-схема типової електронної системи керування бензиновим двигуном

Величина витрати електричної енергії визначається опором середовища, у якому знаходиться виконавча ланка ЕМП, а також силами інерції та швидкістю переміщення виконавчої ланки ЕМП. Часто виникають завдання, коли від ЕМП вимагається велике механічне зусилля разом з високою швидкістю.

На сьогодні виробники практично відмовилися від окремих електронних систем впорскування і виробляють електронні системи керування двигуном, які об'єднують керування впорскуванням пального та запалюванням у бензиновому двигуні. Такі системи позначаються Motronic. На сучасному етапі виробляють три типи систем:

- M-Motronic – мікропроцесорна система керування запалюванням і розподіленням впорскуванням пального;

- ME-Motronic – мікропроцесорна система керування запалюванням і розподіленням, послідовним впорскуванням пального, з лямбда регулюванням та електронним дроселем;

- MED-Motronic – мікропроцесорна система керування запалюванням і безпосереднім впорскуванням пального в циліндри (Direct Injection, DI).

Функціонування цих систем описане в літературі [17, 38].

Використання електронних паливних систем (ЕПС) вносить найбільший внесок в ефективність електронного керування двигуном.

Основне призначення ЕПС – керування потужністю двигуна і забезпечення можливості оптимізації його робочого процесу. Найбільш повне використання адаптивного керування можливе у разі індивідуального керування подачею рідкого або газоподібного пального у кожному робочому циклі кожного циліндра двигуна.

ЕПС двигунів розрізняються перш за все рівнем тиску пального [7, 38, 53, 56]:

- низького (0,2-1,0 МПа) для подачі легкого рідкого пального або газу у впускні канали циліндрів;

- середнього (20-40 МПа);

- високого тиску (до 200 МПа) впорскування рідкого пального безпосередньо в циліндри – найскладніші та найрізноманітніші.

ЕПС у будь-якому варіанті – це сукупність електрогідравлічних пристроїв, що перетворюють електричні керуючі сигнали, які сформовані мікроконтролером, у гідравлічні імпульси тиску впорскування пального.

Елементами, що управляються ЕПС, в яких установлюються електромеханічні перетворювачі або електричні клапани, можуть бути: насоси високого тиску, магістралі високого, середнього та низького тиску, форсунки і паливопідкачувальні насоси.

У світовій практиці розробкою електронних систем впорскування пального займаються багато різних фірм, однак найвідоміші в Європі: Bosch, Siemens, тому найчастіше використовують їхні позначення систем. Загальноприйнятим міжнародним позначенням електронних систем впорскування є термін Jetronic.

Існує достатньо велика кількість варіантів ЕПС, що відрізняються застосовуваними джерелами живлення форсунок, паливним і способами керування параметрами його впорскування.

Пристрої електронного впорскування пального (ЕВП) поділяються на три системи: система електронного керування, паливна система і система впускання повітря, як показано на рис. 5.9. ЕВП можна також поділити на основні органи керування впорскуванням пального і органи керування корекцією.

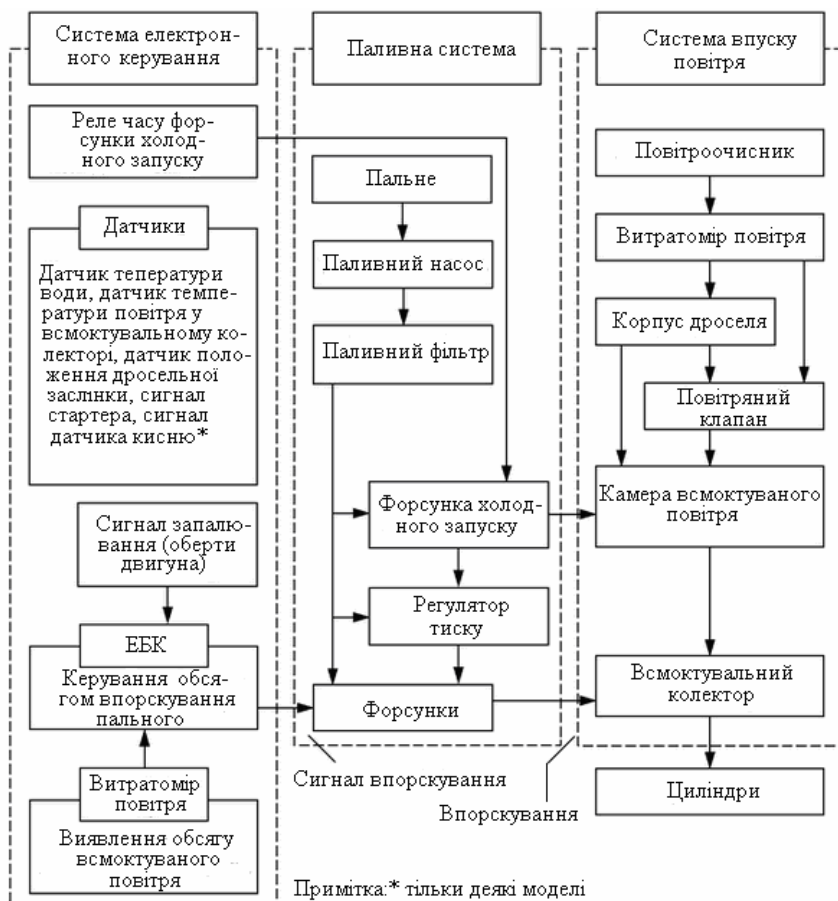


Рис. 5.9. Система електронного впорскування пального

5.2.2. Керування впорскуванням пального в бензинових двигунах

Основне впорскування. Пристрої основного впорскування підтримують оптимальну пропорцію (яка називається теоретичним співвідношенням) повітря і пального, що всмоктується в циліндри. Щоб цього досягти, при збільшенні обсягу всмоктуваного повітря пропорційно збільшується й обсяг впорскування пального. Або, навпаки, якщо зменшується обсяг всмоктуваного повітря, то зменшується й обсяг впорскування пального.

Теоретичне відношення кількості повітря до кількості пального – це відношення повітря до пального, що містить саме стільки кисню, скільки потрібно для його повного згорання. У разі чистого октану це відношення дорівнює 15:1 або на 15 часток повітря припадає 1 частка пального. Теоретичне відношення повітря до пального – це відношення маси повітря у паливно-повітряній

суміші до маси пального. Однак, двигун не буде нормально працювати тільки з обсягом основного впорскування. Це тому, що двигун повинен працювати і в умовах, що змінюються, отже, потрібен коригувальний пристрій для регулювання співвідношення суміші згідно з цими умовами, що змінюються. Наприклад, коли двигун холодний або дуже навантажений, потрібна багатша суміш. Система ЕВП регулює співвідношення між повітрям і паливом згідно з робочими умовами двигуна таким же чином, як карбюратор змінює склад суміші з допомогою повітряної заслінки або системи економайзера.

Керування моментом і тривалістю впорскування. Для випадку одночасного впорскування сигнал від датчика, що вказує оберти вала двигуна, змушує всі форсунки виконувати впорскування одночасно при кожному оберті колінчастого вала.

ЕВП забезпечує впорскування пального в два циліндри кожного циклу роботи двигуна. Тобто відбувається одне впорскування за один оберт колінчастого вала.

Впорскування синхронізоване із запалюванням. У чотирициліндровому двигуні відбувається одне впорскування за кожні два запалювання й одне впорскування за кожні три запалювання у шестициліндровому двигуні (рис. 5.10).

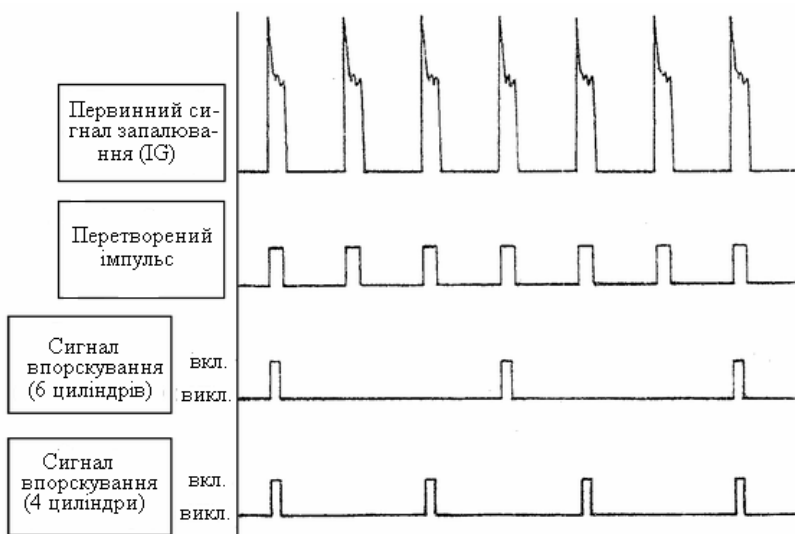


Рис. 5.10. Керування моментом впорскування

Первинний сигнал (IG) також використовується як сигнал керування впорскуванням. ЕБК виявляє первинний сигнал запалювання і перетворює його в імпульс. Як уже було згадано, у чотирициліндровому двигуні є один сигнал впорскування на кожні два сигнали запалювання. У шестициліндровому двигуні є один сигнал впорскування на кожні три сигнали запалювання.

Тривалість кожного впорскування дорівнює тільки половині потрібної, тому необхідні два впорскування, щоб отримати правильну кількість пального для згорання за один цикл.

ЕБК розраховує, скільки пального потрібно для даної кількості повітря і повідомляє кожній форсунці час відкриття. Після відкриття соленоїдного клапана форсунки пальне впорскується у всмоктувальний колектор.

Насправді існують і інші системи впорскування, наприклад, двогрупове впорскування, незалежне впорскування і т. п.

Керування об'ємом впорскування. ЕБК видає сигнал частоти обертання через первинний сигнал (IG) від клемми первинної обмотки запалювання. Згідно з цим сигналом і сигналами від витратоміра повітря (сигнали обсягу всмоктуваного повітря) ЕБК видає основний сигнал впорскування. Потім з допомогою різних схем коригування впорскування виконуються корекції основного сигналу впорскування у відповідності до сигналів від кожного датчика, визначаючи таким чином фактичний об'єм впорскування. Цей сигнал впорскування потім підсилюється для приведення в дію форсунок (рис. 5.11).

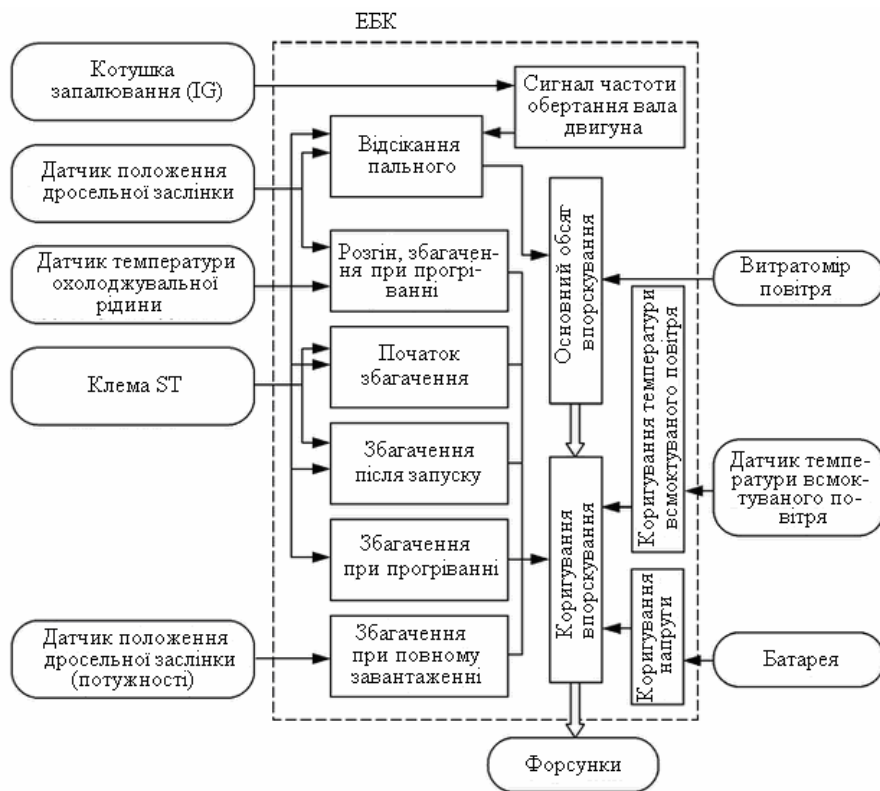


Рис. 5.11. Керування об'ємом впорскування

Основний об'єм впорскування визначається обсягом всмоктуваного повітря і частотою обертання вала двигуна. Якщо обороти постійні, основний обсяг впорскування буде зростати при збільшенні обсягу всмоктуваного повітря. З іншого боку, якщо обсяг всмоктуваного повітря постійний, основ-

ний об'єм впорскування буде зростати зі зменшенням обертів.

$$V = K \frac{V_{B3}}{M},$$

де V_{B3} – основний обсяг впорскування; K – коефіцієнт; M – крутильний момент вала двигуна, хв^{-1} .

Сигнали напруги до ЕБК (рис. 5.12):

- від витратоміра – визначається обсяг всмоктуваного повітря;
- від котушки запалювання – визначається частота обертання вала двигуна на.

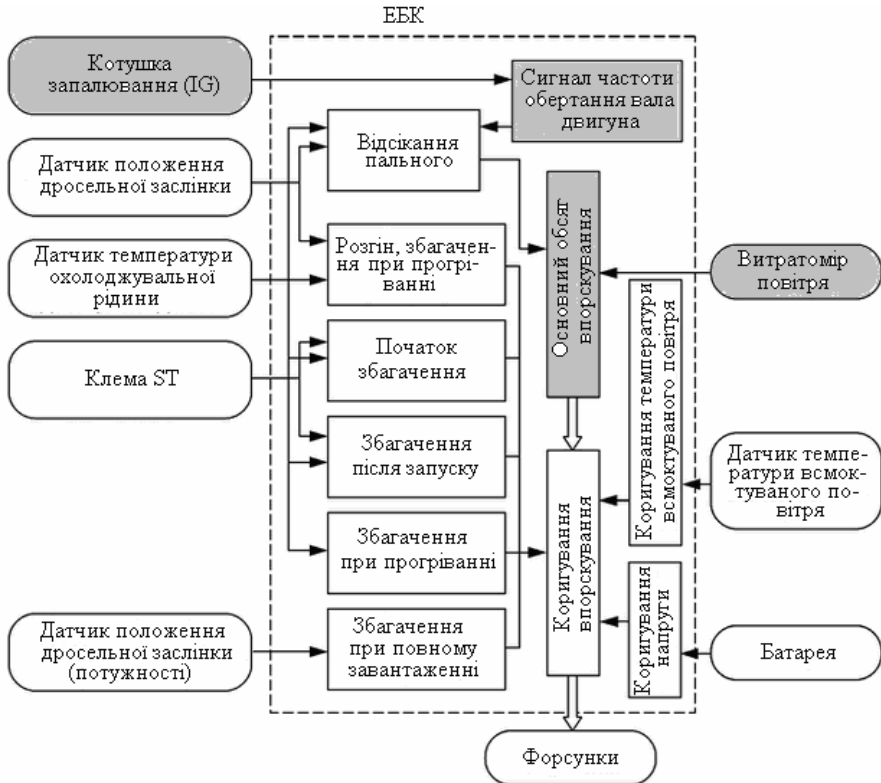


Рис. 5.12. Схема керування основним обсягом пального

Коли напруга від'ємного виводу котушки запалювання зростає до 150 В або більше, ЕБК виявляє це як первинний сигнал запалювання й перетворює його в сигнал, вимірюваний у хв^{-1} . Цей сигнал у хв^{-1} не тільки інформує ЕБК про частоту обертання колінчастого вала двигуна, але й визначає момент впорскування. Мінімальна тривалість впорскування встановлюється для основного впорскування, щоб гарантувати, що вона не впаде нижче заданої. Є також і максимальна тривалість впорскування для виключення неконтрольованого впорскування пального у разі відмови системи.

5.2.3. Коригування впорскування та складу робочої суміші

Коригування впорскування. Існує два методи коригування співвідношення суміші. Один з них називається «коригування збагачення», після якого ЕБК спрацює для збільшення обсягу впорскуваного пального. До другого методу належать допоміжні пристрої, які виконують ті самі функції без використання ЕБК.

Різні види даних щодо робочих умов двигуна (наприклад, температура охолоджувальної рідини, температура всмоктуваного повітря і т. д.) надходять в ЕБК від різних датчиків у доповнення до даних щодо кількості повітря від витратоміра та оборотів вала двигуна від котушки запалювання. ЕБК здатен збільшувати кількість пального на основі цих даних (табл. 5.1, рис. 5.13). Іншими словами, навіть у разі постійної кількості всмоктуваного повітря, кількість пального, що впорскують форсунки, збільшується або зменшується відповідно до умов роботи двигуна.

Таблиця 5.1

Датчики та їх призначення

Датчик/сигнал	Призначення
Витратомір повітря	Сигналізує про обсяг всмоктуваного повітря зміною напруги з допомогою потенціометра
Датчик положення дросельної заслінки	Сигналізує про важке навантаження та холостих обертах у відповідності до відкриття дросельної заслінки
Датчик температури охолоджувальної рідини	Сигналізує про температуру охолоджувальної рідини
Датчик температури всмоктуваного повітря	Сигналізує про температуру всмоктуваного повітря
Первинний сигнал запалювання	Сигналізує про момент запалювання та обертах вала двигуна через первинні сигнали запалювання
Сигнал стартера	Сигналізує про повертання колінчастого вала двигуна
Датчик кисню	Сигналізує про кількість остаточного кисню у відпрацьованих газах

Пускове та післяпускове збагачення. Це коригування збільшує обсяг впорскування у відповідності з температурою охолоджувальної рідини (збільшення обсягу впорскування при низьких температурах) для полегшення запуску та покращення стійкості роботи двигуна протягом деякого часу після запуску. Обсяг впорскування поступово знижується до основного обсягу впорскування (рис. 5.14).

Сигнали напруги до ЕБК (рис. 5.15):

- від клеми (ST) вимикача запалювання – виявляється повертання вала двигуна;
- від датчика температури охолоджувальної рідини – визначається температура охолоджувальної рідини.

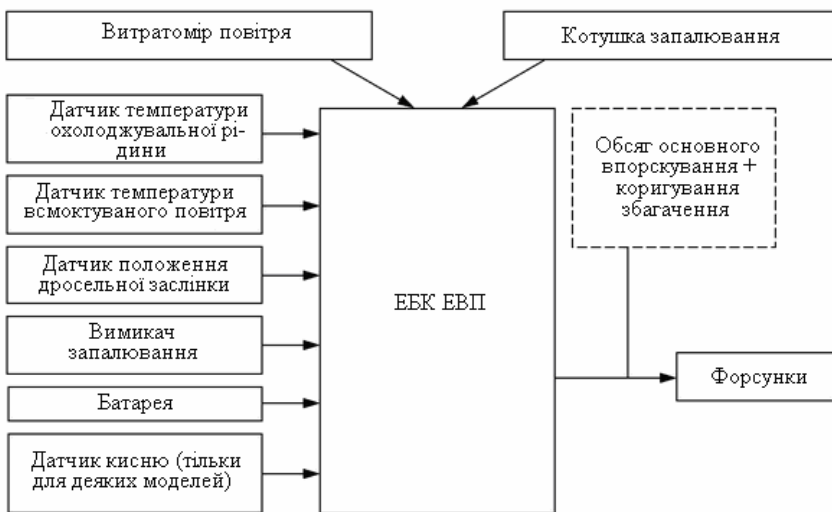


Рис. 5.13. Сигнали, що надходять в ЕБК від датчиків

Збагачення при розгоні.

Коли дросельна заслінка закрита (контакти холостого ходу замкнуті), а потрібно різко розігнати автомобіль, (при цьому контакти холостого ходу розімкнуті), то для кращої роботи двигуна пальне впорскується додатково тільки один раз протягом заданого періоду часу. Однак, збагачення не відбувається, якщо його період збігається зі звичайним впорскуванням при розімкнутих контактах холостого ходу (рис. 5.16).

ЕБК порівнює напругу сигналів, що надходять від датчика кисню, із раніше заданою напругою. Якщо напруга сигналу вища цієї напруги, паливно-повітряна суміш оцінюється як багатша, ніж теоретична суміш, і поступово величина впорскуваного пального зменшується. Якщо напруга сигналу нижча, робиться оцінка, що паливно-повітряна суміш бідніша за теоретичну, і збільшується кількість впорскуваного пального (рис. 5.17). Цей коефіцієнт коригування змінюється в діапазоні від 0,8 до 1,2 і дорівнює 1,0 в режимі розімкнутої системи.

Коригування складу робочої суміші за методом зворотного зв'язку (тільки деякі моделі). ЕБК коригує тривалість впорскування на підставі сигналів від датчика кисню для підтримання складу робочої суміші, близького до теоретичного (це називають роботою за замкнутою системою – рис. 5.18). Од-

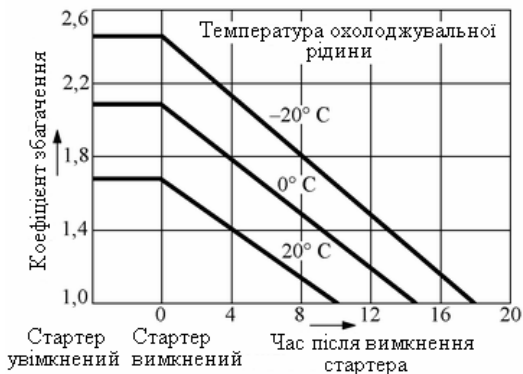


Рис. 5.14. Коригування впорскування

нак, щоб запобігти перегріванню каталізатора й забезпечити нормальну роботу двигуна, коригування складу робочої суміші за методом зворотного зв'язку не відбувається у разі таких умов (це називається процесом розімкнутої системи):

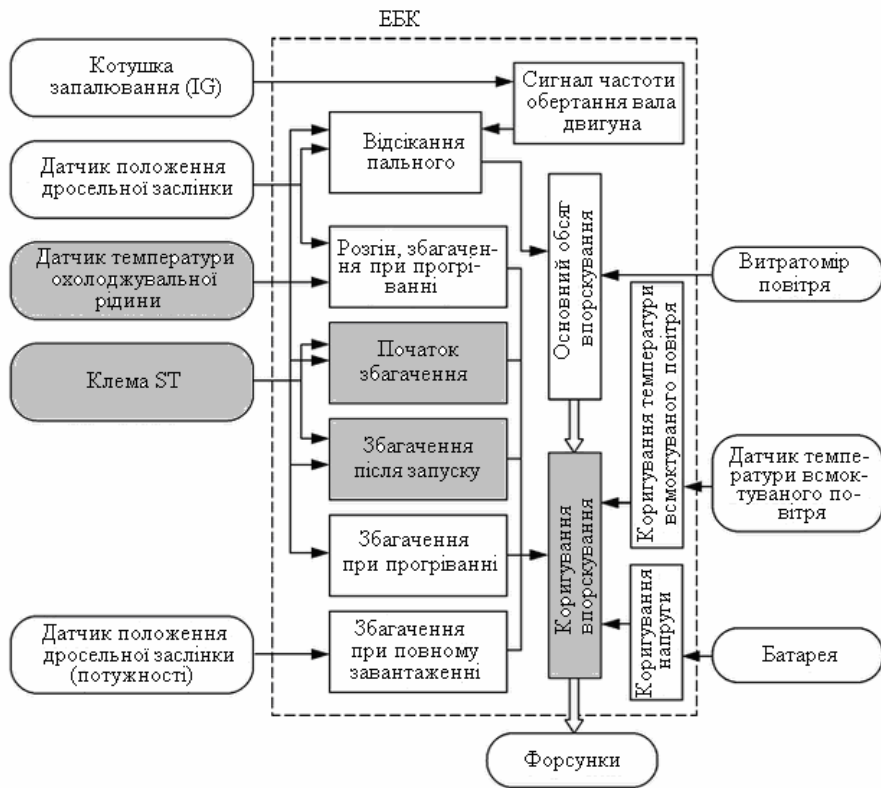


Рис. 5.15. Коригування напруги в ЕБК

- при запуску двигуна;
- при післяпусковому збагаченні;
- при збагаченні в режимі повного навантаження;
- коли температура охолоджувальної рідини нижча заданої;
- при відсіканні пального.

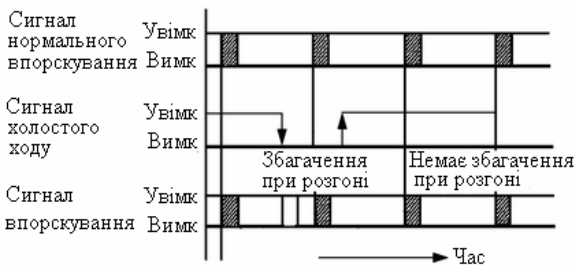


Рис. 5.16. Сигнали збагачення

У низці ЕСКД λ -зонди розташовані за нейтралізатором і здійснюють не тільки контроль за технічним станом самого нейтралізатора, але й використовуються для додаткового коригування складу суміші.

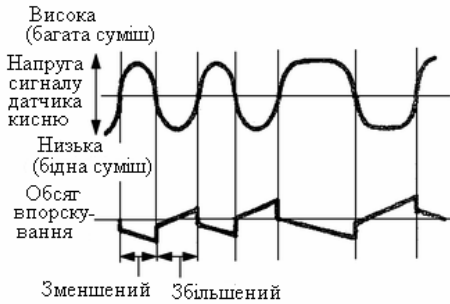


Рис. 5.17. Розпізнавання і коригування складу паливної суміші

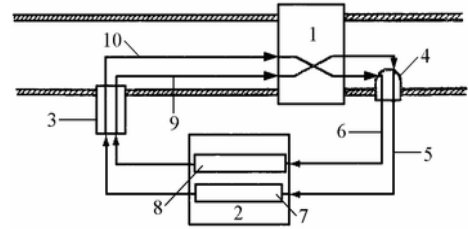


Рис. 5.18. Коригування за методом зворотного зв'язку:

1 – двигун; 2 – ЕБК; 3 – форсунка; 4 – датчик кисню; 5 – сигнал бідної суміші; 6 – сигнал багатой суміші; 7 – збільшення обсягу впорскування; 8 – зменшення обсягу впорскування; 9 – бідна суміш; 10 – багата суміш

У результаті зміни технічного стану елементів системи керування двигуном або паливної апаратури може спостерігатися значна зміна складу паливно-повітряної суміші на різних робочих режимах двигуна. А використання зворотного зв'язку за λ -зондом у більшості випадків дає можливість повернути суміш до стехіометричного співвідношення. Це забезпечується за рахунок використання кількох алгоритмів коригування величини паливоподачі: короткочасної і довготривалої, адаптивної та мультиплікативної.

5.2.4. Компоненти системи регулювання витрати пального

Система регулювання витрати пального на прикладі бензинового двигуна FSI представлена на рис. 5.19.

На рис. 5.19 такі позначення:

1 – контактний датчик у дверях; 2 – блок керування бортовою мережею; 3 – блок керування Motronic J220; 4 – датчик високого тиску G242; 5 – трубопровід скидання пального (через цей трубопровід відводиться невелика кількість пального у разі спрацювання запобіжного клапана в системі високого тиску); 6 – розподільник пального; 7 – запобіжний клапан (він захищає деталі від надмірного тиску, відкриваючись при 12 МПа); 8 – форсунки високого тиску N30-N33; 9 – трубопровід високого тиску; 10 – регулювальний тиск пального клапан N276; 11 – паливний насос високого тиску; 12 – датчик низького тиску пального G410; 13 – паливний фільтр; 14 – паливний бак; 15 – паливopідкачувальний електронасос; 16 – блок

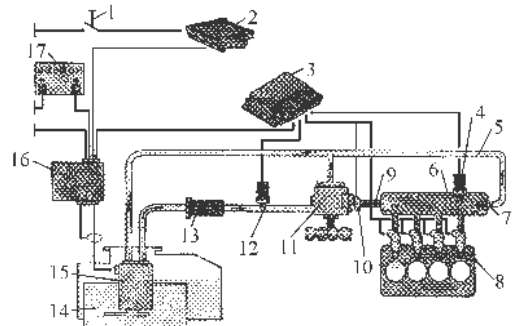


Рис. 5.19. Система регулювання витрати пального

16 – блок

керування електронасосом J538; 17 – акумуляторна батарея.

Двигун FSI має робочий об'єм 1,4 л і потужність 77 кВт. Продуктивність підкачувального електронасоса встановлюється рівною витраті пального насосом високого тиску. Завдяки цьому знижується витрата електроенергії і, відповідно, зменшується витрата пального.

До системи низького тиску входять:

- блок керування паливопідкачувальним електронасосом J538;
- паливний бак;
- паливопідкачувальний електронасос;
- паливний фільтр;
- датчик низького тиску пального G410.

Звичайно у цій системі тиск пального дорівнює 0,4 МПа, тільки під час пуску холодного або гарячого двигуна він підвищується до 0,5 МПа.

До складу системи високого тиску входять:

- паливний насос високого тиску;
- клапан регулювання поділу пального N276;
- паливопровід високого тиску;
- акумулятор пального;
- обмежувальний клапан;
- датчик високого тиску G247;
- форсунки N30-N33.

У паливній системі високого тиску тиск пального змінюється від 5 до 10 МПа.

5.3. Мікропроцесорна система керування подачею пального дизельного двигуна

5.3.1. Електронна система керування

Блок-схема типової електронної системи керування дизельним двигуном наведена на рис. 5.20.

Програмне забезпечення мікропроцесорної системи керування складається з програми монітора і таких прикладних програмних модулів:

- формування зовнішньої швидкісної характеристики;
- модуль, що забезпечує роботу акумуляторної системи паливоподачі у разі відмови низки датчиків;
- оптимізації кута початку впорскування і циклової подачі;
- діагностування двигуна й акумуляторної системи;
- керування рециркуляцією відпрацьованих газів;
- керування регульованим турбонадуванням.

Значне збільшення обчислювальних можливостей мікропроцесорів зробило можливим здійснення електронного керування дизелями. Дизельна електронна паливна система задовольняє такі вимоги:

- високі тиски впорскування, які покращують процес утворення паливно-повітряної суміші й забезпечують повніше згоряння пального;
- формування необхідної характеристики впорскування;

- регульований кут випередження впорскування;



Рис. 5.20. Блок-схема електронної системи керування дизельним двигуном

- двофазне впорскування пального з попереднім впорскуванням, а також можливе додаткове впорскування після основного;
- адаптація кількості впорскуваного пального (циклової подачі), тиску наддування й кута випередження впорскування для даного робочого режиму;
- величина пускової подачі залежно від температури охолоджувальної рідини двигуна і навколишнього середовища;
- регулювання мінімальної частоти обертання вала на холостому ходу;
- круїз-контроль;
- керування зі зворотним зв'язком рециркуляції відпрацьованих газів;
- жорсткі допуски для циклової подачі й кута випередження впорскування разом з високою точністю, яка повинна підтримуватися протягом усього те-

рміну служби автомобіля.

Особливості систем з мікропроцесорним керуванням у якості переваг порівняно з апаратурою паливоподачі традиційного типу:

- забезпечення гнучкого регулювання циклової подачі відповідно до заданого швидкісного режиму двигуна; забезпечення необхідної зовнішньої швидкісної характеристики (не обов'язково жорстко заданої);

- досягнення мінімальної нерівномірності подачі пального по циліндрах або, навпаки, оптимальні нерівномірність подачі та кут випередження впорскування для кожного циліндра відповідно до його особливостей конструкції, технології виготовлення і поточного технічного стану;

- оптимальне регулювання кута випередження впорскування відповідно до режиму роботи;

- автоматизація пуску, необхідне збагачення при пуску, вимикання подачі пального на примусовому холостому ході, регулювання на перехідних режимах;

- відключення циліндрів і циклів на часткових режимах;

- діагностування датчиків і виконавчих пристроїв та компенсація тих, що вийшли з ладу за допомогою резервних програм.

Автоматична система подачі пального (АСПП) з мікропроцесорним керуванням дає можливість:

- отримати низьку експлуатаційну витрату пального при достатньо високих динамічних показниках транспортного засобу;

- організувати побудову гідравлічної схеми за модульним принципом при відносно простій конструкції окремих вузлів паливних апаратур;

- забезпечити самостійне прокачування системи у разі потрапляння повітря при втраті герметичності.

Система впорскування пального дизельних двигунів виконує такі функції:

- вимірювання необхідної кількості впорскуваного пального;

- створення необхідного тиску для системи впорскування пального;

- впорскування пального у визначений момент за визначений проміжок часу.

Перевагами застосування електронної системи керування є:

- точно визначений момент початку впорскування;

- точне визначення кількості впорскуваного пального;

- регулювання холостого ходу незалежно від навантаження;

- керування рециркуляцією відпрацьованих газів;

- регулювання примусового холостого ходу;

- передача інформації про температуру двигуна, витраті пального та інших значень з допомогою шини передачі даних.

5.3.2. Зв'язок електронної системи керування двигуном з іншими системами автомобіля

Завдяки останнім розробкам у сфері технології виробництва паливних систем можна забезпечити пряме впорскування, використовувати спільний па-

ливний акумулятор, багатоступінчасте впорскування, роботу турбонагнітачів різної геометрії. Система керування двигуном регулює тиск пального, забезпечує потрібне випередження впорскування, контролює роботу системи рециркуляції газів і характеристики турбонагнітача.

Багато систем керування дизелями працюють разом зі штатними насосами рядного або розподільного типів, а циклова подача пального і випередження впорскування управляються не механічно, а з допомогою електроніки. На автомобілі встановлені численні датчики для контролю і наступного вимірювання різних змінних величин, таких як положення педалі акселератора, оберти колінчастого вала, положення розподільного вала, масову витрату повітря, що надходить у двигун, тиск у нагнітачі, температура охолоджувальної рідини, температура зовнішнього повітря і т. д.

Інформація від численних датчиків реєструється електронним блоком керування (ЕБК), який розраховує значення керуючих сигналів. У пам'яті ЕБК зберігаються карти значень циклової подачі пального та моментів початку впорскування. Виконавши низку обчислень на підставі показань датчиків, ЕБК вибирає з карт значення циклової подачі та моменту початку впорскування, які пасують найбільше. ЕБК може аналізувати дані й виконувати обчислення багато раз за секунду, забезпечуючи дуже точне керування двигуном згідно з режимом його роботи.

ЕБК адаптується до змін робочих характеристик двигуна, постійно контролюючи сигнали численних датчиків. По мірі спрацювання двигуна і його деталей ЕБК пристосовується до характеристик, що змінилися, й коригує початкові карти.

Кількість впорскуваного пального визначається багатьма робочими параметрами, наприклад:

- вхідним сигналом від водія (положення педалі акселератора);
- робочим режимом двигуна;
- температурою охолоджувальної рідини двигуна;
- емісією токсичних компонентів і т. п.

Використовуючи ці робочі параметри (змінні), ЕБК не тільки розраховує кількість впорскуваного пального, але може також змінювати момент початку впорскування пального (тобто кут випередження впорскування). Це означає, що може бути використаний всебічний захисний метод, за яким визначаються відхилення параметрів і в залежності від серйозності цих відхилень ініціюються відповідні контрзаходи, наприклад, обмеження крутильного моменту або (у разі несправності – аварійний режим роботи) рух на режимі холостого ходу. Таким чином, система електронного керування містить певну кількість контурів керування зі зворотним зв'язком.

Система електронного керування дизелів також дозволяє обмін даними з іншими електронними системами автомобіля, наприклад, з системою протипроковзування (TCS), електронною системою керування трансмісією або електронною системою курсової стійкості (ESP). Це означає, що керування двигуном може бути інтегроване у загальну систему керування автомобілем, як, наприклад, для зменшення крутильного моменту під час перемикання передач в автоматичній коробці передач, адаптації крутильного моменту у разі проков-

зування коліс, сигналу на розблокування подачі пального від іммобілайзера автомобіля і т. д.

5.3.3. Компоненти систем електронного керування

Керування випередженням і тривалістю впорскування здійснюється змінною фазою і тривалістю електричного імпульсу, що подається мікроконтролером. Фаза керуючих імпульсів встановлюється відповідно до сигналів датчиків положення колінчастого та розподільного валів. Один з них використовується звичайно і як датчик частоти обертання. Обидва датчики необхідні для визначення тактів у чергових циліндрах чотиритактних двигунів. Датчик положення колінчастого вала взагалі потрібен лише для підвищення точності керування випередженням впорскування пального. На визначення положення поршня в циліндрі за положенням розподільного і тим більше кулачкового вала ПНВТ впливають похибки передач від колінчастого вала.

Система електронного керування дизелем повністю інтегрована з діагностичною системою автомобіля. Вона з'єднана з бортовою системою діагностики OBD та EOBD.

Система електронного керування дизелем має три системних блоки (рис. 5.21).

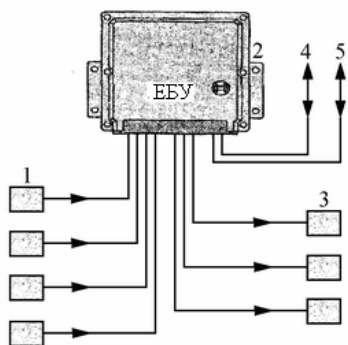


Рис. 5.21. Основні компоненти системи електронного керування дизелем:

1 – датчики і генератори імпульсів; 2 – ЕБК; 3 – виконавчі пристрої (приводи); 4 – інтерфейс з іншими системами; 5 – діагностичний інтерфейс

1. Датчики і генератори імпульсів для реєстрації експлуатаційних умов (наприклад, частоти обертання) та генерування бажаних значень параметрів (наприклад, положення будь-якого вимикача). Вони перетворюють різні фізичні величини в електричні сигнали.

2. Електронний блок керування (2) обробляє відповідно до алгоритму керування інформацію, отриману від датчиків і генераторів (1). ЕБК видає керу-

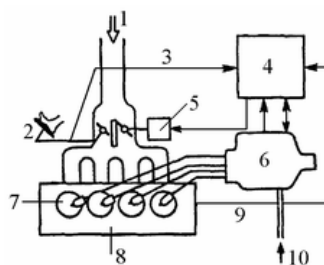


Рис. 5.22. Комплексна електронна система керування дизельним двигуном:

1 – повітря; 2 – датчик відкриття дросельної заслінки; 3 – ступінь відкриття дросельної заслінки; 4 – ЕБК; 5 – виконавчий пристрій; 6 – паливний насос високого тиску; 7 – форсунка впорскування пального; 8 – двигун; 9 – частота обертання колінчастого вала двигуна; 10 – пальне

ючі сигнали на виконавчі пристрої (3), а також установлює зв'язок з іншими системами автомобіля (4) та його діагностичним обладнанням (5) (див. рис. 5.21).

3. Електромагнітні виконавчі пристрої (приводи) перетворюють електричні вихідні сигнали ЕБК в механічні величини (наприклад, для електромагнітного клапана керування подачею або іншим електромагнітним приводом).

Система електронного керування дизельним двигуном контролює кількість впорскуваного пального, момент початку впорскування, струм факельної свічки і т. п. На рис. 5.22 представлена система керування паливним насосом високого тиску, перероблена з механічної в електронну.

На цьому прикладі видно, що оскільки насос працює за принципами механіки, дана система суттєво відрізняється від електронної системи впорскування бензинового двигуна.

Схеми паливної системи Common Rail наведені на рис. 5.21-5.24.

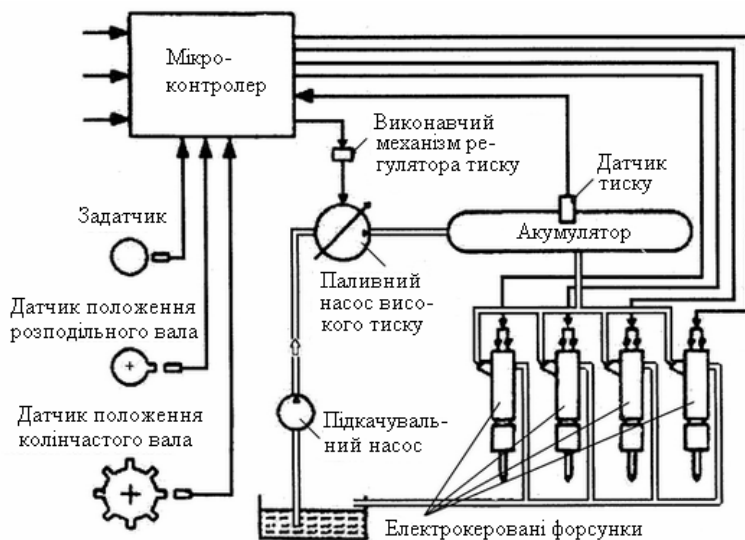


Рис. 5.23. Схема акумуляторної паливної системи високого тиску з електрокерованими форсунками

Тиск впорскування установлюється безперервним регулюванням тиску в акумуляторі за сигналами датчика тиску за рахунок зміни, наприклад, продуктивності ПНВТ.

Більш раціонально використовувати в акумуляторних системах спрощені та надійні нерегульовані ПНВТ. Фірма Bosch для регулювання тиску використовує (див. рис. 5.24) скидання частини пального з магістралі високого тиску [17, 56].

Тиск в акумуляторі адаптивно підтримується оптимальним для кожного режиму роботи двигуна автоматичним регулятором, який програмно реалізований в мікропроцесорі.

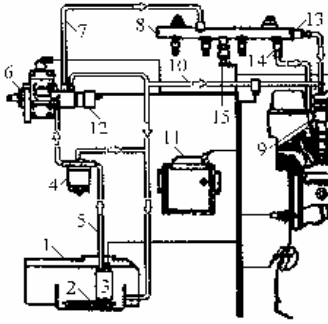


Рис. 5.24. Схема акумуляторної паливної системи високого тиску фірми Bosch:

1 – паливний бак; 2 – попередній фільтр пального; 3 – електропривідний паливopідкачувальний насос; 4 – фільтр додаткового очищення пального; 5 – паливopроводи низького тиску; 6 – ПНВТ; 7 – паливopроводи високого тиску; 8 – акумулятор; 9 – електрогідравлічна форсунка; 10 – зливні паливopроводи; 11 – мікроконтролер; 12 – виконавчий електромагнітний клапан регулятора тиску в акумуляторі; 13 – клапан-обмежувач тиску в акумуляторі; 14 – обмежувачі подачі пального у форсунки; 15 – датчик тиску пального в акумуляторі

ПНВТ, з гідравлічним приводом плунжерів, імпульсним індивідуальним керуванням тривалістю та випередженням впорскування в ПНВТ і/або форсунках при безперервному керуванні тиском у магістралях середнього тиску – гідропривідні ЕПС.

5. Безперервне живлення форсунок від акумуляторів пального високого тиску та імпульсним індивідуальним керуванням тривалістю та випередженням впорскування у форсунках при безперервному керуванні тиском у магістралях високого тиску – акумуляторні ЕПС.

Підсистема високого тиску включає ПНВТ, форсунки, трубки високого тиску, акумулятор високого тиску. Форсунки зв'язані з акумулятором короткими магістралями високого тиску.

Тиск усередині акумулятора контролюється датчиком тиску пального й обмежується клапаном регулювання тиску до деякої максимально допустимої величини в залежності від параметрів системи впорскування. Через обмежувач витрати пального, який дроселює потік пального, воно під тиском надходить до форсунок. Електрогідравлічні форсунки, незалежно від виробника, функціонують за однаковим принципом. Щоб здійснити впорскування, на електромагнітний клапан подається електричний імпульс, після чого він відкриває зливний отвір спеціальної керуючої камери. Так як у закритому стані голка форсу-

Щодо електронних паливних систем (ЕПС) високого тиску можна виділити такі основні їх класи **відмінних ознак** [55, 56]:

1. Імпульсне живлення форсунок від ПНВТ з механічним приводом плунжерів, з безперервним усередненим керуванням впорскуванням в ПНВТ – ЕПС з безперервно керованими ПНВТ (безперервно керовані ЕПС).

2. Імпульсне живлення форсунок від ПНВТ з механічним приводом плунжерів, з імпульсним індивідуальним керуванням тривалістю та випередженням впорскування в магістралях високого тиску або форсунках – механопривідні ЕПС.

3. Імпульсне живлення форсунок від ПНВТ з пневматичним приводом плунжерів та імпульсним індивідуальним керуванням тривалістю та випередженням впорскування в магістралях високого тиску або форсунках – пневмопривідні ЕПС.

4. Безперервне живлення форсунок від акумуляторів пального середнього тиску та імпульсною мультиплікацією у

нки утримується не пружиною як у класичній паливній апаратурі, а силою від тиску пального, що діє на шток-мультиплікатор, то падіння тиску в керуючій камері приводить до переміщення мультиплікатора та підняття голки форсунок.

Функціональні можливості. У всіх варіантах ЕПС найважливішими є ті функціональні можливості, які важко або взагалі неможливо здійснити в неелектронних паливних системах. До їх числа належать [17, 56]:

- роздільна керованість величиною подачі, тиском, випередженням, кількістю фаз, формою характеристики впорскування, кількістю працюючих циліндрів (циклів), рівномірністю навантаження циліндрів, обмеженням подачі;
- незалежність тиску впорскування від тривалості та випередження впорскування;
- незалежність випередження впорскування від тривалості та тиску впорскування;
- можливість збереження роботоздатності двигуна у разі відмови окремих елементів.

Складність адаптації ЕПС на двигуні визначається обсягом і характером змін, які вводяться до інших агрегатів двигуна, що викликане необхідністю розміщення й роботи ЕПС.

У безперервно керованих електронних паливних системах імпульсним модулятором слугує ПНВТ, у якому здійснюється формування гідравлічних імпульсів живлення форсунок паливом і безперервне усереднене керування параметрами цих імпульсів. При цьому в ПНВТ зосереджене все керування впорскуванням, яке може виражатися переміщенням рейок, що визначають величину, фазу і тиск подачі пального до звичайних форсунок, або переміщенням клапанів, що змінюють гідравлічний опір на вході, виході або в перепускних каналах насоса, і т. п.

У більшості випадків для цього використовують електромеханічні перетворювачі безперервної дії, але можна використовувати і перетворювачі релейної дії, які здійснюють широтно-імпульсну модуляцію. Гідравлічна частина такої паливної системи найчастіше мало відрізняється від систем з механічним або гідравлічним керуванням.

Керуючі впливи на ПНВТ формуються і здійснюються мікроконтролером на основі інформації про задану (через задатчик) та дійсну (через датчик) частоту обертання, а також інформації про стан двигуна та пов'язаних з ним агрегатів і від інших систем керування через електромеханічні перетворювачі, встановлені в ПНВТ.

У двигунах з іскровим запалюванням момент появи іскри визначає початок процесу згоряння, у той час як у дизельних двигунах таким моментом є початок впорскування пального. Метою керування впорскуванням є зменшення кількості шкідливих домішок у відпрацьованих газах, димності, вібрації та шуму, оптимізувати і стабілізувати частоту обертання колінчастого вала на холостому ходу.

5.3.4. Функціональні системи керування дизелем

Для ефективної роботи дизеля важливо, щоб у його циліндри впорскувалося потрібна кількість пального в потрібний момент. Навіть невелике відхилення від норми цих параметрів впорскування (через несправності системи) призводить до зростання шкідливих викидів, до підвищеного шуму та зниження паливної економічності. Процес впорскування в дизелі відбувається за тисячні частки секунди, тоді як кількість введеного пального повинна бути витримана дуже точно. Таке завдання може виконати розвинена мехатронна система.

На рис. 5.25 наведено приклад загальної схеми керування мехатронною системою впорскування пального для дизеля з розподільним ПНВТ.

На рис. 5.25 прийняті такі позначення: А – датчики та виконавчі механізми; В – прилади; С – система подачі пального; М – крутільний момент; CAN (Controller Area Network) – бортова шина зв'язку; Е – паливний бак з фільтром грубого очищення і паливопідкачувальним насосом (тільки у разі магістралей великої протяжності або великої різниці між рівнями паливного

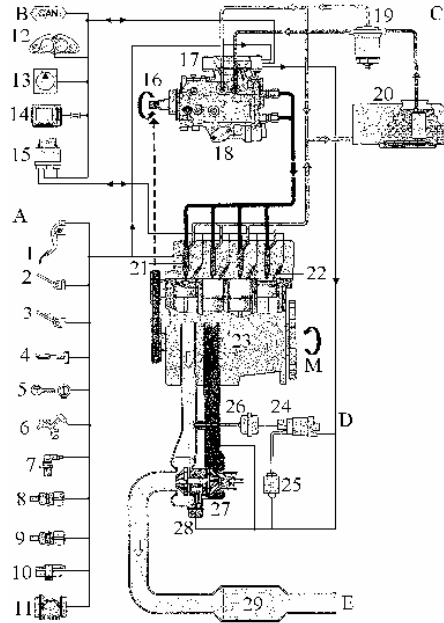


Рис. 5.25. Система впорскування для дизеля з розподільним ПНВТ моделі VP 44 з керуванням електромагнітним клапаном і єдиним блоком керування PSG 16 для двигуна і ПНВТ

дизеля; 21 – датчик ходу голки форсунки (перший циліндр); 22 – штифтова свічка розжарювання; 23 – дизель з безпосереднім впорскуванням пального; 24 – датчик швидкості автомобіля; 25 – датчик температури повітря на впуску; 26 – датчик температури охолоджувальної рідини; 27 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 28 – датчик швидкості автомобіля; 29 – паливний бак з фільтром грубого очищення і паливопідкачувальним насосом (тільки у разі магістралей великої протяжності або великої різниці між рівнями паливного

бака і ПНВТ); D – система подачі повітря: 24 – механізм подачі ВГ з клапаном рециркуляції ВГ; 25 – вакуумний насос; 26 – регулювальна заслінка; 27 – турбонагнітач (тут зі змінною геометрією турбіни); 28 – виконавчий механізм зміни тиску наддування; E – система нейтралізації шкідливих речовин у ВГ: 29 – нейтралізатор шкідливих речовин у ВГ.

Існує чотири види характеристик впорскування: трапецієподібної, прямокутної форми та двофазове впорскування двох видів. Форма характеристики встановлюється мікроконтролером у відповідності до режиму роботи двигуна. Зміна форм характеристики впорскування забезпечує зменшення викидів NO_x , CH , знижує шум, а також покращує паливну економічність двигуна.

Прямокутна форма з постійним високим тиском впорскування забезпечує отримання максимальних значень середнього ефективного тиску. У разі двофазового впорскування мікроконтролер установлює для кожної фази тривалість і тиск впорскування (тобто і величину подачі). Підвищення стійкості малих подач досягається в електрогідравлічних насос-форсунках попереднім дозуванням.

Комбінація акумуляторної системи паливоподачі з мікропроцесорним керуванням, підсилюючи енергетичні зв'язки та розширюючи інформаційні зв'язки, створює дуже важливі передумови для підвищення питомої потужності, зниження витрати пального, а також для зменшення рівня шуму та емісії відпрацьованих газів. Взаємозв'язок компонентів системи керування можна розглянути на прикладі схеми, яка наведена на рис. 5.26.

На схемі виділені характерні зони розміщення компонентів.

Зона «А» на рис. 5.26 відображає елементи, розташовані на робочому місці водія:

1 – вимикач стартера та свічок розжарювання; 2 – датчик-вимикач зчеплення; 3 – контакти гальм (2); 4 – установочний елемент регулятора швидкості автомобіля; 5 – датчик положення педалі акселератора; 6 – комбінована панель приладів; 7 – панель керування компресором кондиціонера; 8 – діагностичний монітор і таймер роботи свічок розжарювання; комбінована панель приладів з видачею сигналів про витрату пального, частоти обертання колінчастого вала та ін.; шина CAN (інтерфейс міжсистемного обміну).

У зоні «В» (див. рис. 5.26) згруповані датчики, розташовані на двигуні: 9 – плівковий датчик масової витрати повітря; 10 – датчик фази; 11 – датчик швидкості автомобіля; 12 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 13 –

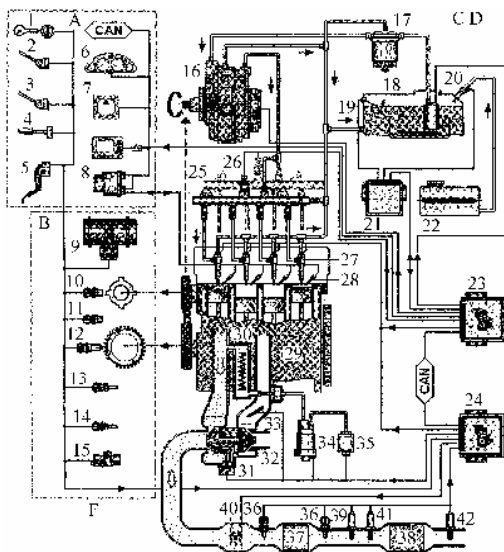


Рис. 5.26. Схема розміщення компонентів системи керування дизелем

датчик температури охолоджувальної рідини; 14 – датчик температури повітря на впуску; 15 – датчик тиску повітря у впускному трубопроводі.

У зоні «С» (див. рис. 5.26) розташований контур низького тиску паливної системи: паливний фільтр з клапаном перепуску; паливний бак з фільтром грубого очищення та паливопідкачувальним насосом; датчик рівня пального.

Зона «D» (див. рис. 5.26) охоплює додаткові системи: 20 – додаткове дозування; 21 – додатковий (ведений) контролер; 22 – додатковий бак.

Зона «E» (див. рис. 5.26) забезпечує постачання повітря: 30 – охолоджувач рециркуляційних відпрацьованих газів; 31 – регулятор тиску наддування; 32 – турбонагнітач (тут із змінною геометрією турбіни VTG); 33 – регульовальна заслінка; 34 – виконавчий механізм рециркуляції відпрацьованих газів; 35 – вакуумний насос.

У зоні «F» (див. рис. 5.26) відбувається очищення відпрацьованих газів: 36 – датчик температури відпрацьованих газів; 37 – нейтралізатор окислювальний; 38 – сажовий фільтр; 39 – датчик перепаду тисків; 40 – підігрівач відпрацьованих газів; 41 – датчик рівня NO_x; 42 – ширококутний λ-зонд; 43 – нейтралізатор NO_x накопичувального типу; 44 – дворежимний λ-зонд; 45 – каталітичний очисний сажовий фільтр.

Елементи системи електронного впорскування пального, встановлені на двигуні Audi 2,5 літра, показані на рис. 5.27.

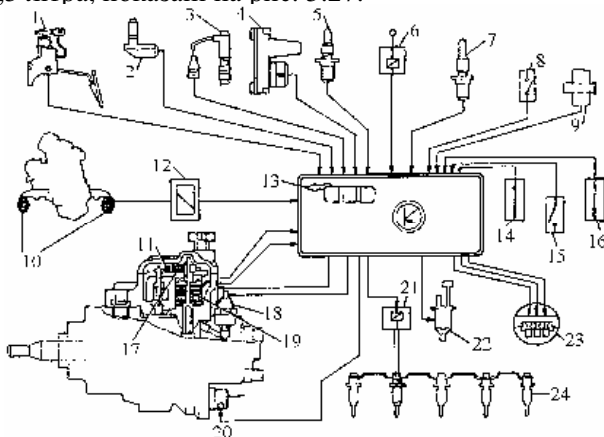


Рис. 5.27. Елементи системи електронного впорскування пального, встановлені на двигуні Audi 2,5 літра:

1 – датчик положення педалі акселератора; 2 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 3 – форсунка з датчиком підйому голки; 4 – датчик тиску нагнітача; 5 – датчик температури повітря, що нагнітається; 6 – реле подачі пального; 7 – датчик температури двигуна; 8 – вимикач кондиціонера; 9 – датчик швидкості автомобіля; 10 – електрогідравлічні опори двигуна; 11 – датчик температури пального; 12 – реле електрогідравлічних опор двигуна; 13 – датчик атмосферного тиску; 14 – датчик зчеплення (круїз-контроль); 15 – датчик гальмівної педалі (круїз-контроль); 16 – вимикач стоп-сигналу; 17 – потенціометр переміщення керуючої втулки; 18 – клапан відсікання пального; 19 – виконавчий механізм; 20 – електронний пристрій випередження впорскування; 21 – реле свічок розжарювання; 22 – золотник; 23 – діагностичний рознімач; 24 – свічки розжарювання

5.4. Компоненти мехатронних систем електронного керування подачею пального у двигунах

5.4.1. Бензинові заглибні насоси

Основними компонентами систем подачі пального до форсунок є: паливний насос, гідроакумулятор, регулятор тиску.

Крім них будь-яка система впорскування пального, що встановлюється на сучасному автомобілі, має бензонасос з приводом від електродвигуна (ЕДВ) постійного струму. Електробензонасос може бути розташований або поза бензобака (рис. 3.5), але поруч з ним під днищем кузова, або безпосередньо у бензобаку, де, в такому разі, він буде заглиблений у бензин (рис. 5.28).

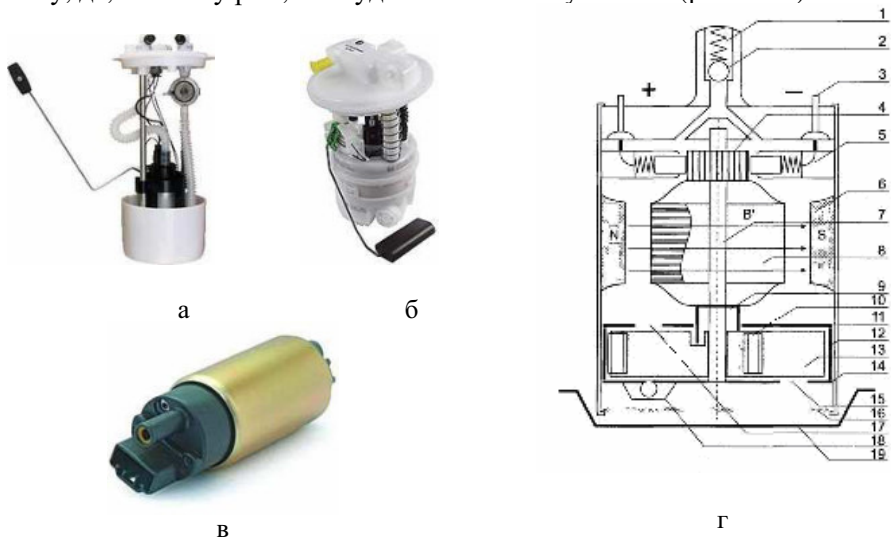


Рис. 5.28. Загальний та схематичний вигляд заглибного електричного бензонасоса:

1 – вихідний штуцер; 2 – зворотний клапан; 3 – електроклема; 4 – колектор; 5 – щіткотримач з пружиною і щіткою; 6 – статорний постійний магніт; 7 – нерухома вісь для якоря ЕДВ та для ротора насоса; 8 – якор ЕДВ; 9 – зчіпна вилочка; 10 – відцентровий ролик; 11 – кришка нагнітача з випускною щілиною; 12 – статор нагнітача з ексцентричною циліндричною порожниною; 13 – ротор нагнітача з п'ятьма відцентровими роликами; 14 – дно нагнітача з вхідною щілиною; 15 – вхідна щілина; 16 – сітка фільтра грубої очистки пального; 17 – випускна щілина; 18 – клапан скидання; 19 – виїмка у днищі бензобака

На рис. 5.28 приведений загальний вигляд заглибних насосів для деяких сучасних автомобілів (а – Ford, б – Renault, в – Lanos) та схематичне зображення конструкції заглибного електробензонасоса серії 0580254 фірми BOSCH (г), який використовується у всіх модифікаціях системи впорскування пального «K-Jetronic». Його привідною частиною є ЕДВ постійного струму з двома постійними магнітами 6, розташованими на статорі, та з дванадцятисекційною робочою обмоткою, що намотана на 12-пазному якорі 8. Якор барабанного типу, якірна обмотка петельна, короткозамкнута, по відношенню до зовнішнього електричного кола, – розділена щітками на дві паралельні гілки. Два статорних

магніти створюють постійне магнітне поле B' з полюсами N і S, яке пронизує магнітні маси і витки якоря ЕДВ. Колектор 4 має 12 ламелей, які попарно з'єднані з бортовою електричною мережею з напругою 12 В з допомогою підпружинених щіток 5 і двох зовнішніх електричних клем 3. Клеми виведені за межі корпусу бензонасоса (позначені відповідно «+» і «-») і мають герметичне ущільнення.

Електробензонасос установлюється на перехідну площадку, з допомогою якої він кріпиться до бензобака. При цьому прийомний торець насоса з сітчастим фільтром 16 грубої очистки пального опускається точно у виїмку 19 днища бензобака. Робоче положення електробензонасоса БОШ-0580254 вертикальне.

5.4.2. Паливні насоси і фільтри дизельних двигунів

Сучасні дизельні системи складаються з прецизійних елементів, що працюють при екстремальних навантаженнях. Застосування прецизійних елементів вимагає дотримання особливої чистоти під час проведення робіт з паливними системами, тому що частинки забруднення розміром від 0,2 мм можуть призвести до несправностей компонентів і, відповідно, двигуна. Призначення паливного фільтра – очищення пального від частинок забруднення. Цим елементи паливної системи захищаються від передчасного спрацювання. Паливні системи вимагають певного ступеня очистки пального. При цьому паливні фільтри повинні гарантувати потрібну ємність накопичення забруднень, бо інакше фільтр може бути закупорений до моменту чергового ТО. Як правило, паливний фільтр інтегрований у контур низького тиску між електропідкачувальним насосом і ПНВТ й розташований у моторному відсіку. Паливні системи можуть мати не тільки основний фільтр тонкого очищення, але й допоміжний фільтр попереднього очищення. Наступним завданням паливного фільтра є відділення незв'язаної води й емульсії, тобто захист від корозійних пошкоджень. Вода у незв'язаному стані й емульсія (конденсат при перепаді температур) не повинні потрапити у паливну систему. Розчинена (зв'язана) вода не пошкоджує систему паливоподачі. Незв'язана вода, яку пальне не в змозі більше поглинути, уже в малих концентраціях і через малі проміжки часу здатна спричинити несправності ПНВТ. Через різний поверхневий натяг води і пального на поверхні фільтрувального елемента утворюються краплі води, які й збираються фільтром у збірнику. Рівень води контролюють датчики, які враховують, наприклад, провідність середовища. Видалення води виконується вручну через зливний гвинт або натискний клапан.

Процеси згоряння в дизелі у вирішальній мірі залежать від того, в якій кількості і яким чином нагнітається пальне, з яким ступенем воно стискається, а також як підводиться в камеру згоряння. При цьому найважливішими критеріями є:

- момент початку та тривалість впорскування;
- розподілення пального у камері згоряння;
- момент початку спалахування;
- залежність кількості пального, що впорскується, від кута повороту колінчастого вала;

- відповідність загальної кількості пального, що впорскується, навантаженню на двигун.

ПНВТ є розмежувальним елементом між контурами низького і високого тиску. Його завдання – забезпечити постачання необхідної кількості пального із заданим тиском при будь-яких експлуатаційних режимах протягом усього терміну служби автомобіля. ПНВТ виробляє «резервне пальне», яке необхідне для швидкого запуску та для різкого підвищення тиску в акумуляторі. ПНВТ підтримує постійний системний тиск у гідравлічному акумуляторі, який не залежить від витрати при впорскуванні. Тому пальне тут (на відміну від традиційних систем паливоподачі) не стискається в процесі впорскування.

Технічні характеристики паливних систем дизелів наведені в табл. 5.2.

Типи насосів. Сучасні електронні системи керування паливоподачею дизелів легкових автомобілів показані на рис. 5.29, а технічні характеристики паливних насосів – на рис. 5.30.

Таблиця 5.2

Паливні системи дизелів: характеристики та властивості

Тип паливної системи	Характеристики паливної системи				Характеристики двигуна			
	Циклова подача пального, см ³	Максимальний тиск впорскування, МПа	Тип регулятора частоти обертання/система регулювання ¹⁾	Тип камери згоряння ²⁾	Двофазне впорскування	Кількість циліндрів	Максимальна частота обертання, хв ⁻¹	Максимальна циліндрова потужність, кВт/цил
Рядні ПНВТ								
M	0,06	55	m, e	IDI	–	4-6	5000	20
A	0,12	75	m	DI/IDI	–	2-12	2800	27
MW	0,15	110	m	DI	–	4-8	2600	36
P 300	0,25	95	m, e	DI	–	4-12	2600	45
P 7100	0,25	120	m, e	DI	–	4-12	2500	55
P 8000	0,25	130	m, e	DI	–	6-12	2500	55
P 8500	0,25	130	m, e	DI	–	4-12	2500	55
H 1	0,24	130	e	DI	–	6-8	2400	55
H 1000	0,25	135	e	DI	–	5-8	2200	70
ПНВТ розподільного типу з аксіальним плунжером								
VE	0,12	120/35	m	DI/IDI	–	4-6	4500	25
VE...EDC ³⁾	0,07	120/35	e, em	DI/IDI	–	3-6	4200	25
VE...MV	0,07	140/35	e, MV	DI/IDI	–	3-6	4500	25
Роторні ПНВТ								
VR...MV	0,135	170	e, MV	DI	–	4-6	4500	37
Індивідуальні ПНВТ								
PF(R)...	0,15-18,0	80-150	m, em	DI/IDI	–		300-2000	75-1000
UI 30 ⁴⁾	0,16	160	e, MV	DI	VE	8 ^{5a)}	3000	45
UI 31 ⁴⁾	0,3	160	e, MV	DI	VE	8 ^{5a)}	3000	75
UI 32 ⁴⁾	0,4	180	e, MV	DI	VE	8 ^{5a)}	3000	80
UI P1 ⁵⁾	0,062	200	e, MV	DI	VE	6 ^{5a)}	5000	25
UP 12 ⁶⁾	0,1	160	e, MV	DI	VE	8	4000	35

Тип паливної системи	Характеристики паливної системи				Характеристики двигуна			
	Циклова подача пального, см ³	Максимальний тиск впорскування, МПа	Тип регулятора частоти обертання/системи регулювання ¹⁾	Тип камери згоряння ²⁾	Двофазне впорскування	Кількість циліндрів	Максимальна частота обертання, хв ⁻¹	Максимальна циліндрова потужність, кВт/цил
UP 20 ⁶⁾	0,15	180	е, MV	DI	VE	8	4000	70
UP(PF[R])	3,0	140	е, MV	DI		6-20	1500	500
Акумуляторна система Common Rail								
CR ⁷⁾	0,1	135	е, MV	DI	VE ^{7a)} /NE	3-8	5000 ^{7b)}	30
CR ⁸⁾	0,4	140	е, MV	DI	VE ^{8a)} /NE	6-16	2800	200

Примітка. 1) m – механічний; е – електронний; ем – електромеханічний; MV – з електромагнітним клапаном; 2) IDI – подача пального в передкамеру; DI – безпосереднє впорскування пального; 3) EDC – система електронного керування дизеля; 4) UI – насос-форсунки для вантажних автомобілів; 5) U1 – насос-форсунки для легкових автомобілів; 5a) можлива установка двох ЕБК на багатоциліндрові двигуни; 6) UP – індивідуальні ПНБТ для вантажних автомобілів і автобусів; 7) CR – перше покоління для легкових автомобілів і легких вантажних автомобілів; 7a) регульована подача пального до 90° повороту колінчастого вала (п.к.в.) до ВМТ; 7b) до 5500 хв⁻¹ (максимально допустима частота обертання); 8) CR – для вантажних автомобілів, автобусів і тепловозів; 8a) кут випередження подачі пального до 30° п.к.в. до ВМТ.

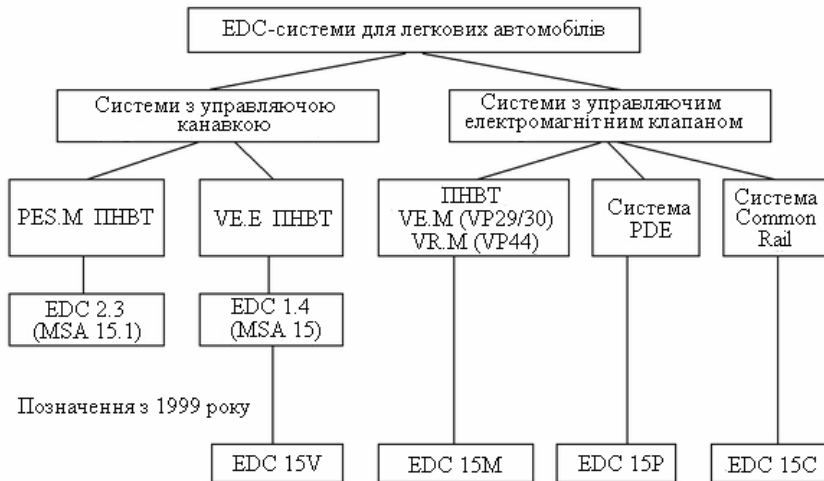


Рис. 5.29. Паливні системи для дизелів:

PES.M – рядний з електромагнітним клапаном; VE.E – розподільний з електронним керуванням; VE.M та VR.M – насоси з електричним клапаном; PDE – насос-форсунки для легкових автомобілів; CR – Common Rail; P – рядний насос; C – Common Rail; M – з електромагнітним клапаном

Дизельні паливні системи фірми Bosch мають такі позначення: M, MW, A, P, ZWM, CW – багатоплунжерні рядні ПНБТ, позначення по мірі збільшення розмірів; PF – одноплунжерні ПНБТ; VE – ПНБТ розподільного типу з ак-

сіальним плунжером; VR – роторні ПНБТ розподільного типу; UPS – система з індивідуальними ПНБТ; UIS – система з насос-форсунками; CR – система Common Rail.

Назва	ПНБТ VE Розподільний	Рядний ПНБТ PES.M	ПНБТ VR M, VE M	UIS PDE насос- форсунка	Common Rail
Максимальний тиск впорскування, МПа	до 90	до 70	до 180	до 220	до 160
Застосування	VP 15 Audi, BMW, PSA VP36/37 VAG, PSA, BMW, Fiat	Mercedes Benz	Opel, BMW, Audi, Ford	VW	Alfa, Audi, BMW, PSA, MB, Rover, Fiat, ...
Потужність на циліндр, кВт	до 25	до 15	до 50	до 30	до 30
VP 15 VP 36/37 VP 29/30 VP 44 M MS MSA	У якості датчика зворотного зв'язку – потенціометр. У якості датчика зворотного зв'язку – датчик HDK, 36-IDI, 37-IDI. Регулювання подачі – електромагнітним клапаном, додатковий блок керування ПНБТ, 29-IDI, 30-DI. Регулювання подачі – електромагнітним клапаном, додатковий блок керування ПНБТ, CAN-шина. Регулювання подачі пального. Регулювання подачі пального і початку впорскування. Регулювання подачі, початку подачі, керування системою рециркуляції відпрацьованих газів				

Рис. 5.30. Паливні насоси високого тиску для дизелів

Розподільні ПНБТ розрізняються за способом регулювання, методом керування цикловою подачею та максимальним тиском, який вони розвивають (рис. 5.31).

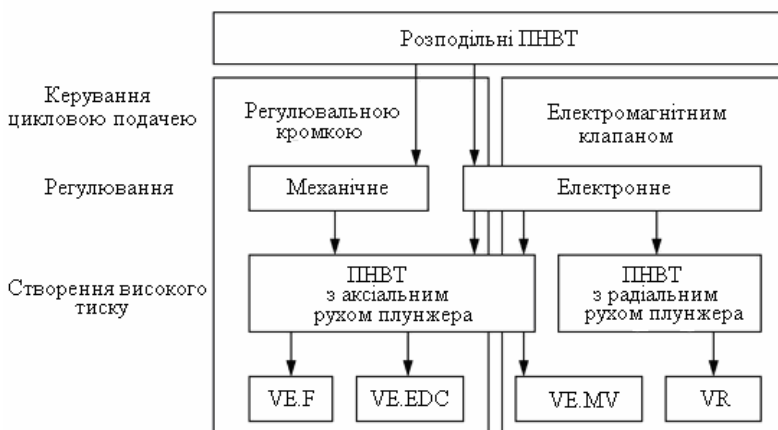


Рис. 5.31. Види розподільних ПНБТ

Паливні насоси високого тиску. Для створення високого тиску в паливних системах легкових автомобілів використовуються плунжерні насоси. Паливні насоси фірми Bosch першого покоління існують у трьох основних різновидах, при цьому принцип створення тиску і рівень тиску, що розвивається, приблизно однакові для усіх трьох різновидів.

Перший варіант – ПНВТ радіального типу з трьома плунжерами, що приводяться в дію з допомогою вала з ексцентриком через проміжний штовхальний елемент (СР1К3). Кожна плунжерна пара закрита зверху клапанною групою з клапанами кулькового і тарілчастого типу. Лінії високого тиску від кожної групи об'єднані в корпусі насоса і мають спільний вихідний штуцер. Відмінною особливістю другого варіанту є наявність електромагніта, що дає можливість відключати одну з плунжерних пар шляхом постійного відкриття впускного клапана. Третій варіант (СР1S3) має в корпусі регулятор тиску пального, на відміну від першого та другого варіантів, у яких регулятор тиску розташований у паливному акумуляторі. Тиск, який розвивають такі насоси, складає приблизно 120 МПа.

Схематично паливний насос високого тиску показаний на рис. 5.32.

У корпусі СР1 вал привода має центральне розташування. Радіально до нього, зі зміщенням приблизно 120° , розташовані плунжерні елементи. Ексцентрик, розміщений на привідному валу, приводить плунжери до зворотно-поступального руху, чим досягається стискування пального. Тиск пального, коли досягне певного значення, відкриває випускні клапани; стиснуте пальне спрямовується в контур високого тиску.

Насоси другого покоління можуть бути конструктивно зроблені аналогічно насосам першого покоління, але при цьому розвивати тиск у 150-160 МПа.

Насоси третього покоління СР3/S3, як правило, складаються з кількох модулів: корпус низького тиску, секція високого тиску, підкачувальний шестеренний насос. Деякі насоси третього покоління не мають вбудованого підкачувального насоса шестерінчастого типу і використовують підкачування від механічного насоса підкачування на двигуні або від насоса з електроприводом, розташованого в баку. Частина насосів має вбудований датчик температури пального. Відмінністю насосів третього покоління є використання розділених клапанних груп з грибок-вими і кульковими клапанами.

На відміну від ПНВТ першого і другого поколінь у третьому поколінні

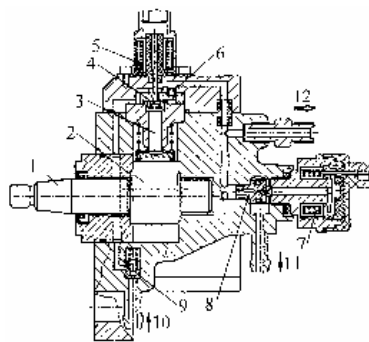


Рис. 5.32. Паливний насос високого тиску Bosch CP1S3:

- 1 – привідний вал; 2 – ексцентрик; 3 – плунжер; 4 – клапан низького тиску; 5 – електромагніт відключення плунжерної пари; 6 – клапан високого тиску; 7 – регулятор тиску; 8 – сидло клапана регулятора тиску; 9 – протидренажний клапан; 10 – підвід клапана; 11 – зворотний зливник; 12 – штуцер до акумулятора (Rail)

застосовується дроселювання лінії низького тиску пального, і подача насоса регулюється в залежності від наповнення надплунжерної порожнини. Тиск складає 160-180 МПа. В ПНВТ четвертого покоління СР4 знову використовується об'єднана клапанна група і відсутні канали високого тиску всередині корпусу насоса. Ці насоси у нормальному режимі роботи створюють тиск 180-200 МПа, а останні моделі – до 250-300 МПа.

5.4.3. Системи впорскування з розподільним ПНВТ

ПНВТ розподільного типу можуть мати механічний регулятор частоти обертання або електронну систему керування із вбудованим автоматом випередження впорскування. ПНВТ розподільного типу мають тільки одну плунжерну пару для всіх циліндрів двигуна.

На рис. 5.33 наведений механічний розподільний ПНВТ моделі VE з шибєрним підкачувальним насосом.

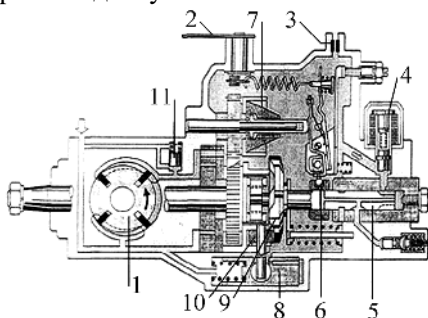


Рис. 5.33. Розподільний ПНВТ моделі VE:

1 – шибєрний підкачувальний насос; 2 – важіль подачі пального; 3 – перепускний дросель; 4 – ELAV – електронне відключення подачі пального; 5 – розподільний плунжер; 6 – золотник; 7 – відцентровий регулятор; 8 – поршень механізму випередження подачі; 9 – кулачкова шайба; 10 – ролик об'їма; 11 – клапан регулятора тиску

Розподільні ПНВТ з керуванням регульовальною кромкою працюють за принципом аксіального руху плунжера, причому всі циліндри двигуна обслуговує лише один елемент високого тиску. Регульовальні кромки, отвори і втулка регулюють величину циклової подачі. Гідравлічний пристрій управляє моментом початку впорскування. Регулювання здійснюється з допомогою механічної системи або електромагнітного виконавчого механізму. Ці типи ПНВТ відрізняються простотою обслуговування, невеликою вагою і розмірами.

ПНВТ цієї конструкції позначається як модель VE. Зі створенням у 1986 році моделі EP/VA з електромагнітним виконавчим механізмом (рис. 5.34) діапазон потужностей моделі VE значно розширився. ПНВТ забезпечує необхідний тиск впорскування пального. Пальне нагнітається через ма-

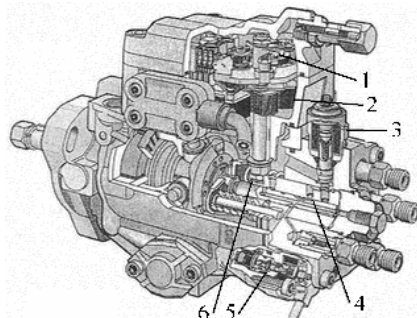


Рис. 5.34. Розподільний ПНВТ моделі VE з індуктивним датчиком HDK:

1 – датчик Холла дозатора; 2 – електромагніт регулювання подачі пального; 3 – ELAV – електронне відключення подачі пального; 4 – плунжер; 5 – електромагніт регулятора подачі; 6 – дозатор

гістраль високого тиску до форсунки, яка впорскує його в камеру згоряння. Розподільні ПНВТ з керуванням регулювальною кромкою використовуються для малих швидкохідних дизелів, як з безпосереднім впорскуванням пального, так і з розділеними камерами згоряння.

Межі допустимого рівня емісії ВГ для дизелів, що постійно звужуються, і вимоги подальшого зниження витрати пального приводять до удосконалення розподільних ПНВТ з електронним керуванням. Керування високим тиском з допомогою електромагнітного клапана припускає більш високу точність визначення моментів початку й закінчення подачі пального, а також вищу точність його дозування порівняно з керуванням регулювальною кромкою. Крім того, стають можливими попереднє впорскування і коригування рівномірності величин циклових подач по циліндрам.

Суттєвою відмінністю від розподільних ПНВТ з керуванням регулювальною кромкою у цьому разі є:

- керування високим тиском з допомогою електромагнітного клапана;
- розміщення на ПНВТ приладу регулювання;
- керування роботою електромагнітного клапана високого тиску

за принципом «кут-час» з допомогою вбудованого в ПНВТ датчика кута повороту приводного вала ПНВТ.

Розподільні ПНВТ з електронним регулюванням. Електронне регулювання роботи дизеля порівняно з механічним передбачає додаткові можливості. Завдяки електричним вимірюванням воно дозволяє здійснити гнучку електронну обробку сигналів і створення контуру регулювання з електричними виконавчими механізмами. Додатково може враховуватися низка спеціальних параметрів, що неможливо у разі механічного регулювання.

Принципово розрізняються два типи розподільних ПНВТ:

- з аксіальним рухом плунжера (серії VE.MV або VP 30), рис. 5.34, де HDK – індуктивний датчик з диференціальними кільцями;
- з радіальним рухом плунжерів (серії VR або VP 44), рис. 5.35.

Найвні модифікації розрізняються за сферою застосування, кількістю циліндрів двигуна, конструкцією привода і т. п.

Гідравлічні характеристики першого типу ПНВТ різноманітні та пасують

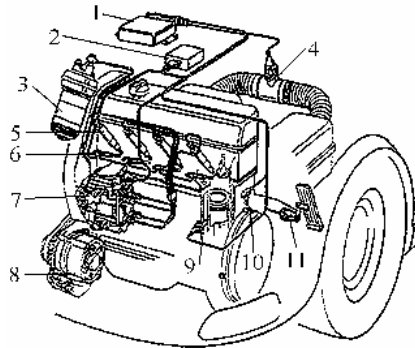


Рис. 5.35. Система подачі на базі розподільного ПНВТ з радіальним рухом плунжерів та електромагнітним клапаном. Блоки керування двигуном і ПНВТ розділені:

- 1 – блок керування двигуном; 2 – блок керування часом увімкнення свічок розжарювання; 3 – паливний фільтр; 4 – датчик масової витрати повітря; 5 – форсунка; 6 – штитова свічка розжарювання; 7 – розподільний ПНВТ з радіальними плунже-рами VP 44 і блок керування PSG 5; 8 – ге-нератор; 9 – датчик температури охоло-джувальної рідини; 10 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 11 – датчик ходу педалі акселератора

як для двигунів з розділеними камерами, так і для моторів з безпосереднім впорскуванням пального з тиском у форсунки до 140 МПа.

В ПНВТ розподільного типу з аксіальним розташуванням плунжера пальне в корпус ПНВТ подається лопатевим паливним насосом низького тиску. Високий тиск і розподілення пального по циліндрам забезпечує центральний плунжер. За один оберт вала привода плунжер здійснює кількість робочих ходів, яка дорівнює кількості циліндрів двигуна. Поступально-обертальний рух передається плунжеру торцевими кулачками на кулачковій шайбі. Кулачки набігають на ролики, закріплені на роликовому кільці при обертанні вала привода.

Активний хід плунжера і, відповідно, кількість пального, що подається, у серійних ПНВТ VE з механічними регуляторами частоти обертання здійснює дозувальна муфта, так само як і в ПНВТ з електромагнітним приводом дозувальної муфти. Початок подачі пального регулює автомат випередження впорскування шляхом відповідного повороту кільця з роликами. В ПНВТ з електронним керуванням величину паливоподачі замість дозувальної муфти регулює клапан із швидкодіючим електромагнітним приводом. Керуючі сигнали зі зворотним зв'язком і без зворотного зв'язку обробляються в двох ЕБК (ЕБК двигуна і ЕБК ПНВТ). Швидкодію контролюють відповідні електронні пристрої.

У роторних ПНВТ пальне в корпус насоса подає лопатевий паливний насос низького тиску. Насос високого тиску з кулачковим кільцем і двома або чотирма радіально розташованими плунжерами забезпечує формування високого тиску та розподілення пального по форсункам. Кількість пального вимірює електромагнітний клапан високого тиску. Автомат випередження впорскування регулює початок подачі, повертаючи кулачкове кільце в потрібному напрямку. Як і в ПНВТ з аксіальним плунжером та з електромагнітним керуванням дозувального клапана всі сигнали обробляються в двох ЕБК.

Насоси розробки фірм Siemens і Delphi описані у літературі [17].

Регулятори керування подачею пального. Двоплунжерні насоси (HPD Continental – Siemens) за сигналом блока керування MED дають можливість пальному надходити до другого поршня насоса, в той час як перший поршень створює тиск у паливному акумуляторі. На клапан керування подачею пального не подається керуючий сигнал, в результаті чого відбувається зниження тиску в магістралі високого тиску. При перевищенні рівня високого тиску в 14 МПа для обмеження тиску в паливному акумуляторі відкривається запобіжний клапан і пальне скидається в магістраль низького тиску.

У разі несправності регулятора подачі пального і якщо з інших причин неможливо створити високий тиск, спрацьовує клапан низького тиску і пальне з низького боку під тиском, що створює ЕКР, потрапляє в паливний акумулятор.

5.4.4. Система паливоподачі з індивідуальним ПНВТ

Особливістю цієї системи є відсутність (або мінімальна довжина в системі UPS – Unit Pump System) магістралі високого тиску, що дає можливість досягати тиску впорскування до 205-220 МПа та покращити протікання процесу паливоподачі. Існує дві конструкції, побудовані за цією системою:

1. Система впорскування UIS (Unit Injector System). У цій системі насос і форсунка об'єднані в один агрегат. Привід насос-форсунки здійснюється від кулачка розподільного вала. Регулювання параметрів паливоподачі відбувається з допомогою електромагнітного клапана високого тиску. Встановлюються насос-форсунки в головці блока циліндрів, окремо для кожного циліндра, і приводяться в дію або безпосередньо кулачком, або від розподільного вала через штовхач клапана.

Порівняно з рядними насосами і ПНВТ розподільного типу через відсутність трубопроводів лінії високого тиску насос-форсунки дозволяють отримати значно вищий тиск впорскування (до 220 МПа). Такі високі значення тиску впорскування разом з електронною системою керування, що включає до себе закладені в пам'ять комп'ютера програмовані матриці характеристик, в тому числі дані щодо тривалості процесу впорскування (величини циклової подачі), означають можливість значного зниження емісії шкідливих речовин з ВГ при покращенні форми кривої характеристики подачі пального.

Використання електронного керування дає можливість включити додаткові функції та збільшити кількість позитивних якостей насос-форсунок.

2. Система впорскування UPS (Unit Pump System). Принципово вона не відрізняється від системи UIS, тільки насос і форсунка не об'єднані в один агрегат, їх з'єднує коротка магістраль. Така конструкція полегшує монтаж системи на двигун і, відповідно, спрощує обслуговування і ремонт системи [17].

Принцип роботи паливної системи з індивідуальним ПНВТ аналогічний роботі системи з насос-форсунками. Це подібна паливна система, яка забезпечує високий тиск впорскування. Як і насос-форсунки індивідуальні ПНВТ встановлюються на кожен циліндр двигуна, а з'єднання з форсункою здійснюється короткою трубкою високого тиску, точно підбраною до елементів паливної системи. Привід індивідуальних ПНВТ здійснюється від розподільного вала двигуна.

Керування тривалістю і початком процесу подачі в паливній системі з індивідуальними ПНВТ здійснюється системою електронного керування. Використання в електронній системі керування швидкодіючих електромагнітних клапанів з тригерними схемами дозволяє встановлювати оптимальну характеристику паливоподачі.

Призначення і принцип дії індивідуальних ПНВТ для вантажних автомобілів і важких транспортних двигунів в основному ті самі, що і для насос-форсунок. Єдиною серйозною відмінністю є те, що в цьому разі форсунку і ПНВТ з електромагнітним клапаном зв'язує коротка магістраль високого тиску (3, рис. 5.36).

Модульна конструкція індивідуального ПНВТ з боковою установкою на двигуні має такі переваги:

- не потрібно змінювати конструкцію головки блока циліндрів;
- безпосередній привід від розподільного вала, оскільки коромисла відсутні;
- полегшений доступ при обслуговування, оскільки ПНВТ легко демонструються.

На рис. 5.36 числами позначені: 1 – ступінчастий корпус форсунки; 2 – штуцер магістралі високого тиску; 3 – магістраль високого тиску; 4 – накидна гайка ПНВТ; 5 – обмежувач ходу голки електромагнітного клапана; 6 – голка електромагнітного клапана; 7 – пластина; 8 – корпус ПНВТ; 9 – камера високого тиску (в плунжерній парі); 10 – плунжер; 11 – блок циліндрів дизеля; 12 – вісь роликів штовхача; 13 – кулачок; 14 – тарілка пружини; 15 – пружина клапана; 16 – корпус клапана з котушкою і магнітним осердя; 17 – пластина якоря; 18 – проставка; 19 – ущільнення; 20 – канал підведення пального (низький тиск); 21 – канал зворотного зливання пального; 22 – пастка для повернення пального, що просочується навкруг плунжера; 23 – пружина штовхача; 24 – стакан штовхача; 25 – тарілка пружини; 26 – ролик штовхача; 27 – ролик штовхача.

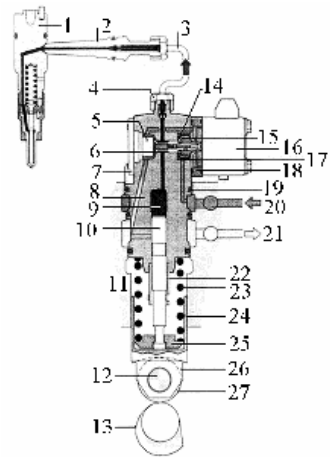


Рис. 5.36. Конструкція індивідуального ПНВТ з електромагнітним клапаном для вантажного автомобіля

Індивідуальні ПНВТ з електромагнітним клапаном (позначені індексом PE.MV) застосовуються на важких дизелях для тепловозів і суден. Максимально допустима частота обертання колінчастого вала цих двигунів складає 1000 хв^{-1} при циліндровій потужності 150-450 кВт. Серія PE має механічні регулятори, рейку і регулювальну втулку. В останніх моделях індивідуальних ПНВТ ці громіздкі деталі замінює електричний дріт, що з'єднує блок керування з електромагнітними клапанами ПНВТ. Перевагами такої системи є:

- мінімальні розміри;
- широкі можливості компоновки з хорошою сумісністю з традиційними голівками блока циліндрів;
- дуже жорсткий і компактний привід;
- мала витрата матеріалів і комплектуючих;
- швидка установка і можливість точного регулювання;
- простота заміни у разі ремонту й обслуговування;
- точне дозування пального з можливістю індивідуального регулювання моменту початку та величини подачі по циліндрам;
- можливість відключення окремих ПНВТ для забезпечення циліндрів, що залишилися, оптимальних параметрів роботи при часткових навантаженнях на двигун.

5.5. Гідралічна акумуляторна паливна система двигуна

Акумуляторні паливні системи двигунів мають одну спільну концепцію побудови та функціонування, але відрізняються реалізацією окремих компонентів, таких як ПНВТ, форсунки, гідроакумулятор, а також мають різну кіль-

кість датчиків системи керування. Причому конструктивні відмінності проявляються не тільки у компонентів різних фірм-виробників, але й у поколіннях паливної апаратури, яку випускає один виробник.

5.5.1. Акумуляторна паливна система бензинового двигуна

Системи живлення бензинового двигуна з впорскуванням пального містять паливний бак, паливний насос, паливний фільтр, повітряний фільтр, форсунки, регулятор тиску пального, паливопровід двигуна, труби глушника, резонатори, глушник.

Гідравлічний акумулятор (рампа) призначений для накопичення запасу пального з постійним тиском і подачі пального до форсунок. З одного боку на ньому розташований штуцер для контролю за тиском пального, а з іншого – регулятор тиску. Регулятор тиску змінює тиск у паливному акумуляторі від 380 до 320 кПа (що залежить від розрідження в ресивері), підтримуючи постійний перепад між ними. Це потрібно для точного дозування пального форсунками. Тиск пального в акумуляторі можна змінювати в залежності від режиму роботи двигуна. Електронний спосіб керування клапанами форсунок дозволяє, крім того, оперативно управляти початком та тривалістю впорскування пального.

Варіанти акумуляторної системи паливоподачі бензинового двигуна наведені на рис. 5.37 [14].

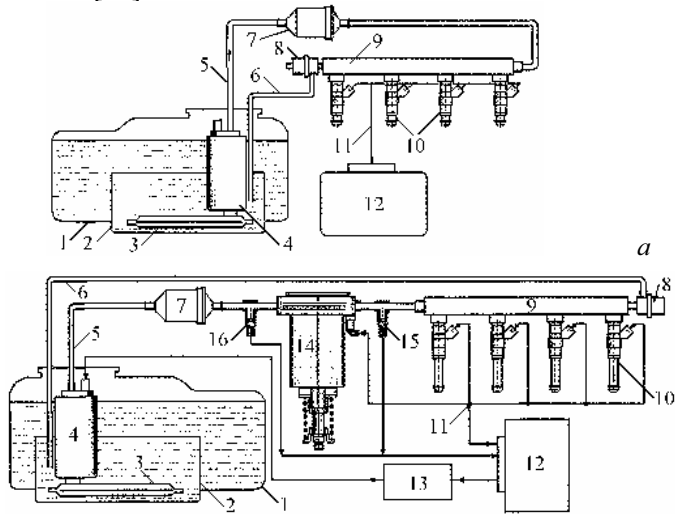


Рис. 5.37. Функціональні схеми систем впорскування бензину:

1 – паливний бак; 2 – накопичувач пального; 3 – вхідний фільтр; 4 – паливний насос низького тиску з електроприводом; 5, 6 – трубопроводи нагнітальний та зворотного зливання пального; 7 – паливний фільтр; 8 – клапан регулятора тиску; 9 – паливний акумулятор; 10 – електромагнітні форсунки; 11 – з’єднувальні провідники; 12 – електронний блок керування двигуном; 13 – електронний блок керування паливним насосом низького тиску; 14 – паливний насос високого тиску; 15, 16 – датчики низького і високого тиску пального

За принципом роботи обидві системи впорскування пального у впускний колектор і в циліндр є акумуляторними, мають схожі за призначенням компоненти (1-12). Відрізняються рівнем тиску і вузлами 13-16, які забезпечують високий тиск. Система впорскування пального у впускний колектор (рис. 5.37, а) має низький тиск 250-300 кПа, а система високого тиску – 5,0-14 МПа (рис. 5.37, б).

Подача пального в системах з безпосереднім впорскуванням відбувається з більш високим тиском. Паливну систему умовно розділяють на дві складові (рис. 5.37, б):

- контур низького тиску;
- контур високого тиску.

Контур низького тиску схожий на той, що використовується у системах впорскування у впускний трубопровід. Контур високого тиску містить:

- насос високого тиску;
- паливний акумулятор;
- датчик тиску;
- клапан регулювання тиску;
- обмежувач тиску.

Нижнім каналом клапан сполучений з акумулятором, верхнім – зі зливою магістраллю. Значення тиску, при якому клапан відкривається, визначається затяжкою пружини, що залежить від положення регулювальної втулки. При відкритому клапані пальне з акумулятора зливається в бак. При зменшенні тиску нижче заданого клапан під впливом пружини закривається і в акумуляторі може бути відновлений початковий тиск.

В акумуляторних паливних системах фірми Bosch захист від надмірного підвищення тиску пального в магістралі високого тиску виконує обмежувальний (запобіжний) клапан.

Для аварійного зниження тиску (запобіжний режим) такий клапан повинен мати заскокку, яка закріплює його у відкритому положенні. подача пального в циліндри припиняється, двигун зупиняється і його запуск можливий лише після розблокування клапана.

Захист від втрати герметичності в каналах подачі пального в циліндри та керування подачею форсунок через зависання голки, керуючого клапана, обриву трубопроводу, розкриття стиків тощо, й обмеження витрати пального при затримках закриття голки та керуючого клапана здійснюються обмежувачами, встановленими на виходах з акумулятора.

Наявність в акумуляторній електронній паливній системі (ЕПС) великої кількості деталей, що постійно знаходяться під високим тиском, об'єктивно створює загрозу аварій у разі їх виходу з ладу. Тому експериментальні зразки акумуляторних ЕПС мали комплекс аварійних захистів. До його складу входили: електронна система аварійного випорожнення акумулятора у разі будь-яких нештатних ситуацій (перш за все при розносі двигуна), механічний запобіжний клапан; автоматичне відключення частини магістралі високого тиску, яка відноситься до окремої форсунки, при зниженні герметичності будь-якого елемента такої частини магістралі; або відключення хоча б тільки форсунки, у якій занадто збільшилася загальна витрата пального на впорскування та керування.

Автоматичні відключення елементів магістралі високого тиску, що вийшли з ладу, підвищують відмовостійкість акумуляторної ЕПС, зберігаючи роботоздатність не відключеної її частини. Деякі елементи таких комплексів є і у складі акумуляторних ЕПС, призначених для серійних двигунів.

Системи високого тиску, наприклад, автомобіля BMW N53 (рис. 5.38), можуть створювати тиск до 20 МПа.

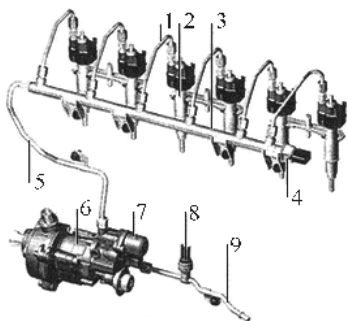


Рис. 5.38. Контур високого тиску BMW N53:

1 – трубопровід Rail-Injektor; 2 – Piezo-Injektor (Siemens); 3 – паливний акумулятор; 4 – датчик високого тиску пального; 5 – трубопровід HDP-Rail; 6 – триплунжерний HDP (Siemens); 7 – регулятор подачі пального; 8 – датчик низького тиску пального; 9 – трубопровід подачі пального від ЕКР

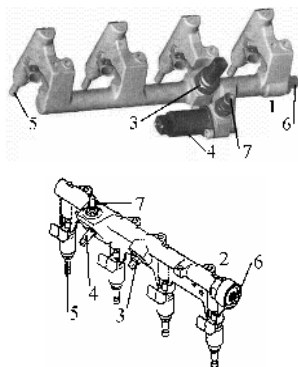


Рис. 5.39. Акумулятор для системи паливоподачі:

1 – Rail C200CGI; 2 – Rail PSA; 3 – датчик; 4 – регулятор тиску; 5 – форсунка; 6 – вхід; 7 – зворотний зливи́вник

Регулятор подачі пального 7 створює потрібний тиск. Тиск пального в акумуляторі контролює датчик 4. Регулятор витрати пального забезпечує необхідну кількість пального для відповідного режиму роботи двигуна.

Датчики та виконавчі пристрої системи паливоподачі двигунів Ford EEC V і Fiat Marelli IAW представлені на рис. 4.14.

У більшості відомих варіантів акумуляторних систем використані електрогідравлічні форсунки. Керування тривалістю впорскування в цих ЕПС здійснюється алгоритмічно зміною тривалості електричного керуючого імпульсу, що подається мікроконтролером на електричний клапан форсунки.

Акумулятор високого тиску для систем подачі бензину показаний на рис. 5.39. Контур високого тиску акумуляторної системи показаний на рис. 5.38.

Регулятор тиску пального. Регулятор за інформацією, отриманої від датчика тиску, підтримує заданий тиск шляхом скидання частини пального з магістралі високого тиску через виконавчий електромагнітний клапан, представлений на рис. 5.40.

Регулятор тиску пального – це редуційний клапан з роздільною діафрагмою, яка навантажена пружиною. Під дією пружини клапан закритий. Діафрагма поділяє порожнину регулятора на дві ізольовані камери: «паливну» і «повітряну». «Повітряна» камера з'єднана вакуумним шлангом с ресивером, а «паливна» – безпосередньо з порожниною акумулятора. При роботі двигуна

розрідження, долаючи опір пружини, пробує втягнути діафрагму, відкриваючи клапан. З іншого боку на діафрагму тисне пальне, також стискаючи пружину. В результаті клапан відкривається, і частина пального «стравлюється» через зливний трубопровід назад в бак. При натисненні на педаль акселератора розрідження за дросельною заслінкою зменшується, діафрагма під дією пружини прикриває клапан – тиск пального збільшується. Якщо ж дросельна заслінка закрита, розрідження за нею максимальне, діафрагма сильніше відтягує клапан – тиск пального знижується. Перепад тиску задається жорсткістю пружини і розмірами отвору клапана.

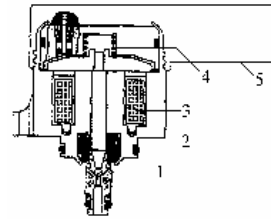


Рис. 5.40. Виконавчий електромагнітний клапан регулятора тиску:

1 – кульковий клапан; 2 – штовхач тарілчастого якоря; 3 – обмотка електромагніта; 4 – пружина; 5 – штепсельний рознімач

Якщо тиск в акумуляторі відсутній, пружина 4 тримає кульковий клапан 1 у закритому стані. При певному тиску в акумуляторі пружина стискається і клапан відкривається. Сила увімкненого електромагніта закриває затвор.

Зміна скидання пального виконується широтно-імпульсною модуляцією сигналу, що подається на електромагніт, яка може бути доповнена частотно-імпульсною (широтно-імпульсна модуляція – зміна відносної тривалості, а частотно-імпульсна – частоти). Модуляція змінює середнє значення відносної тривалості відкритого положення затвора, а, значить, і витрату пального через клапан.

Скидання пального з магістралі високого тиску в бак викликає додаткові втрати енергії, зокрема через нагрівання пального в баку. Це може призвести до необхідності охолодження пального, збільшення ПНВТ та потужності його привода. Доцільно регулювання тиску в акумуляторі здійснювати виконавчими механізмами, що діють на всмоктуванні ПНВТ, тобто в магістралі низького тиску. Оптимально за співвідношенням складності виконання та якості керування тиском в акумуляторі виконувати регулювання тиску на всмоктуванні ПНВТ зміною частоти обертання паливопідкачувального насоса, особливо, якщо він має електричний привід.

Паливопідкачувальний насос. Наповнення надплунжерного простору ПНВТ забезпечує паливопідкачувальний насос. Більшість акумуляторних систем подачі пального (АСПП) оснащені підкачувальними насосами шестеренного типу, рідше лопатевими, вбудованими в корпус ПНВТ, або електричними відцентровими насосами. Для підтримання постійного тиску підкачування насос оснащений клапаном-регулятором тиску, що дає можливість підтримувати тиск підкачування на рівні 200-300 кПа незалежно від режиму роботи двигуна.

5.5.2. Компоненти акумуляторної системи дизельного двигуна

Системи керування дизельним двигуном мають багато спільного з системами керування бензиновим двигуном. У них відрізняються, перш за все, системи безпосереднього впорскування пального.

Системи впорскування існуючих дизельних двигунів відрізняються між собою, головним чином, складовими паливного насоса високого тиску (ПНВТ), регуляторами тиску, конструкцією форсунок, механізмом створення високого тиску. Для цього в системі впорскування використовується паливний насос високого тиску.

Існують такі системи впорскування для дизельного двигуна:

- з рядним ПНВТ;
- з розподільним ПНВТ;
- з індивідуальними ПНВТ;
- Common Rail.

Для того, щоб забезпечити ефективне утворення паливно-повітряної суміші, впорскування пального в камеру згоряння дизеля повинне здійснюватися під тиском 35-200 МПа і більше з точним дозуванням пального.

Головною перевагою акумуляторної системи Common Rail є широкий діапазон зміни тиску пального та моменту початку впорскування.

Склад акумуляторної системи паливоподачі:

- мікропроцесорний блок;
- блок підсилювачів потужності;
- пульт керування;
- відеоконтрольний пристрій;
- вторинні джерела живлення;
- комплект датчиків системи керування;
- паливopідкачувальний насос;
- паливний насос високого тиску;
- електрогiдрaвлiчнi форсунки;
- акумулятор пального;
- паливний бак;
- паливні фільтри;
- трубопроводи високого і низького тиску;
- датчик кутового положення розподільного вала (елемент Холла);
- датчик кутового положення колінчастого вала (індуктивний);
- датчик масової витрати повітря;
- датчик температури повітря, що надходить;
- датчик температури охолоджувальної рідини;
- датчик положення педалі акселератора;
- датчик атмосферного тиску;
- датчик тиску пального в акумуляторі;
- датчик температури відпрацьованих газів;
- датчик тиску масла;
- датчик контролю протитиску;
- електромагнітні клапани:
 - електромагнітний клапан відсікання;
 - електромагнітний клапан регулятора тиску;
 - електромагнітний клапан електрогiдрaвлiчнiх форсунок.

Основні функції акумуляторної системи паливоподачі. Акумуляторна система паливоподачі з мікропроцесорним керуванням повинна виконувати

такі функції:

- регулювати величину циклової подачі згідно із зовнішньою швидкісною характеристикою з урахуванням забезпечення високої економічності ДВЗ і низької токсичності відпрацьованих газів;
- регулювати величину кута випередження початку впорскування в залежності від частоти обертання колінчастого вала ДВЗ з урахуванням забезпечення високої економічності ДВЗ і низької токсичності відпрацьованих газів;
- здійснювати зупинку ДВЗ у разі аварійних ситуацій;
- здійснювати регулювання наддування з урахуванням забезпечення високої економічності ДВЗ і низької токсичності відпрацьованих газів;
- здійснювати регулювання системи рециркуляції з урахуванням забезпечення низької токсичності відпрацьованих газів;
- здійснювати роботу акумуляторної системи паливоподачі у разі відмови низки датчиків;
- здійснювати діагностику елементів акумуляторної системи паливоподачі й контроль функціонування виконавчих елементів без запуску ДВЗ і з виведенням інформації на відеоконтрольний пристрій.

Гідравлічна система дизельних двигунів з мікропроцесорним керуванням паливоподачі та впорскування (на прикладі Common Rail двигуна автомобіля Audi A6) представлена на рис. 5.41.

Система високого тиску складається з таких елементів:

- насос високого тиску з клапаном регулювання тиску;
- паливний акумулятор з датчиком тиску пального;
- паливні форсунки;
- трубопроводи високого тиску.

Акумулятор високого тиску 9 (див. рис. 5.41) призначений для накопичування пального під високим тиском. При цьому в об'ємі акумулятора гасяться пульсації, викликані роботою ПНВТ при подачі пального і форсунками при впорскуванні. При цьому повинен бути гарантований постійний тиск впорскування при відкритті форсунок. З одного боку, щоб виконати ці вимоги, об'єм акумулятора повинен бути достатньо великим. З іншого боку, об'єм повинен бути мінімізований з метою скорочення часу створення високого тиску при старті. Поряд із завданням накопичення пального акумулятор виконує функцію розподілення пального по форсункам. Тиск пального контролюється з допомогою датчика Rail-тиску і регулюється до заданих параметрів клапаном регулювання тиску. Клапан обмеження максимального тиску, в залежності від особливостей паливної системи, є альтернативою клапану регулювання тиску; він призначений для обмеження тиску в акумуляторі по максимально допустимому значенню.

Клапан регулювання тиску (Druckregelventil – DRV) призначений для регулювання тиску в акумуляторі 9 (див. рис. 5.41) і підтримання його заданих значень, що залежать від навантаження на двигун. У разі занадто високого тиску клапан відкривається і частина пального з акумулятора по трубопроводу перетікає у паливний бак. У разі занадто низького тиску клапан DRV закривається і цим розмежовуються контури низького і високого тиску. Датчик тиску в акумуляторі повинен передавати інформацію про актуальний тиск із заданою

точністю для вимірювання у достатньо короткі інтервали часу. Датчик тиску передає блоку керування EDC вихідний сигнал – напругу, яка залежить від діючого на датчик тиску.

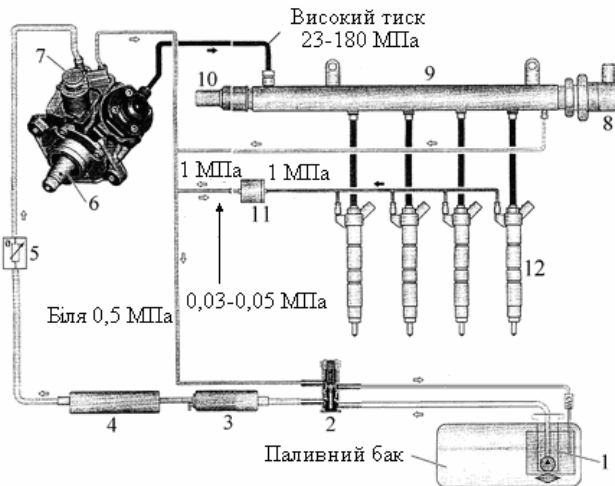


Рис. 5.41. Схема акумуляторної паливної системи Common Rail двигуна автомобіля Audi A6:

1 – підкачувальний паливний насос, безперервно подає пальне у напірну магістраль; 2 – клапан попереднього підігрівання пального, попереджує засмічення паливного фільтра парафінами, що кристалізуються при низьких температурах; 3 – додатковий паливний насос, подає пальне з напірної магістралі до паливного насоса; 4 – паливний фільтр; 5 – датчик температури пального, з допомогою якого контролюється поточна температура пального; 6 – паливний насос високого тиску (ПНВТ); 7 – клапан дозування пального, регулює кількість пального, що подається в акумулятор високого тиску; 8 – регулятор тиску пального, управляє тиском пального в контурі високого тиску; 9 – акумулятор високого тиску (паливний гідрравлічний акумулятор); 10 – датчик тиску пального, з допомогою якого контролюється поточний тиск пального в контурі високого тиску; 11 – редукційний клапан, підтримує постійний залишковий тиск у зворотних магістралях форсунок на рівні приблизно 1 МПа, що необхідний для нормальної роботи форсунок; 12 – форсунки

Система Common Rail – це система з акумулятором високого тиску. У такій системі вузли, що створюють високий тиск, і вузли власне впорскування розділені. Необхідний для впорскування високий тиск пального створюється окремим насосом високого тиску. Цей тиск накопичується в акумуляторі високого тиску (паливному гідроакумуляторі) і постійно подається до кожної форсунки через короткі магістралі високого тиску. Управляється апаратура Common Rail системою керування двигуна Bosch EDC 17.

Регулятор тиску пального працює під контролем ЕБК. Коли регулювальний клапан відкривається, надлишок пального скидається з насоса назад у паливний бак і тиск в акумуляторі падає. Для точного регулювання тиску в акумуляторі встановлений датчик тиску пального.

Форсунки, що управляються електронікою, приводяться в дію індивідуально за сигналами ЕБК. Кожна форсунка подає пальне безпосередньо у відпо-

відну камеру згоряння. Постійна наявність високого тиску в акумуляторі дозволяє дуже точно та гнучко змінювати циклову подачу пального порівняно зі штатними насосами високого тиску. Система допускає багатостадійне впорскування пального.

Технічні особливості системи:

- в будь-якому режимі роботи двигуна може бути створений практично будь-який, оптимальний для даного режиму, тиск пального;
- високий тиск впорскування забезпечує тонке розпилення пального і хороше сумішоутворення;
- гнучке керування процесом паливоподачі та можливість кількох попередніх і наступних впорскувань.

Завдяки широкому діапазону тисків і тактів впорскування система Common Rail надає широкі можливості для оптимізації процесу паливоподачі в будь-якому з режимів роботи двигуна. Тим самим вона створює хороші передумови для виконання постійно зростаючих вимог до систем живлення в частині зниження витрати пального, токсичності ВГ і шумності двигуна.

Схема розвитку систем Common Rail наведена на рис. 5.42. В акумуляторній паливній системі Common Rail процеси створення високого тиску і впорскування розділені. Тиск впорскування створюється незалежно від частоти обертання колінчастого вала двигуна і кількості впорскуваного пального, воно зберігається у паливному акумуляторі, і система, таким чином, завжди готова до здійснення процесу впорскування. Початок подачі (кут випередження подачі) і кількість впорскуваного пального (циклова подача) розраховує електронний блок керування і через форсунку реалізується для кожного циліндра шляхом подачі пускового сигналу на електромагнітний клапан.

Покоління	Початок виробництва	Максимальний тиск	Керування форсункою
1	1997	135 МПа	Електромагнітний клапан
2	2002	160 МПа	Електромагнітний клапан
3	2003	160 МПа	П'єзо
	2006	180 МПа	П'єзо
	2007	200 МПа	П'єзо
4	2008	250 МПа	Електромагнітний клапан, мультиплікатор тиску

Рис. 5.42. Розвиток систем Common Rail

Акумуляторна система містить в собі контур низького тиску, контур високого тиску, систему електронного регулювання роботи дизельного двигуна, датчики та виконавчі механізми, системи подачі повітря і відведення відпрацьованих газів.

Тиск впорскування створює і регулює автономний ПНВТ незалежно від частоти обертання колінчастого вала і величини циклової подачі. Впорскування здійснює форсунка, відкриття і закриття якої визначає електромагнітний клапан. Системи керування з електромагнітним клапаном забезпечують велику гнучкість при дозуванні пального та зміні моменту початку впорскування, ніж системи з керуванням регулювальною рейкою.

Принцип функціонування акумуляторної паливної системи полягає у наступному. Пальне забирається з паливного бака паливопідкачувальним насосом, який може бути встановлений як у баку, так і на двигуні. У баку встановлюються відцентрові турбінні електричні насоси, а на двигуні з окремим приводом або всередині корпусу ПНВТ – насоси шестеренного типу із зовнішнім або внутрішнім зачепленням шестерень (рис. 5.43).

Пальне проходить через систему фільтрації грубого і тонкого очищення. Частіш за все система підготовки пального – це тільки фільтр тонкого очищення, оснащений датчиком води і системою підігрівання пального. Підігрівання здійснюється або нагрівальною спіраллю, або за рахунок нагрітого пального в лінії зворотного зливання.

Підсистема високого тиску включає ПНВТ, форсунки, трубки високого тиску, гідравлічний акумулятор високого тиску. Форсунки зв'язані з акумулятором короткими магістралями високого тиску. Тиск всередині акумулятора контролюється з допомогою датчика тиску пального 5 й обмежується клапаном регулювання тиску 14 до деякої максимально допустимої величини в залежності від параметрів системи впорскування. Через обмежувач витрати пального, який дроселує потік пального, воно під тиском надходить до форсунок.

Паливопідкачувальний насос повинен за всіх умов експлуатації постачати в ПНВТ достатню кількість дизельного пального. Крім того, він має надлишкову продуктивність для охолодження ПНВТ, причому пальне сприймає тепло і надходить назад у бак через перепускний клапан. Використовуються також електричні підкачувальні насоси і моделі для багатопаливних двигунів. У деяких нечастих випадках рядний ПНВТ може бути постачений паливом без підкачувального насоса в режимі подачі пального з бака самопливом, тобто під дією різниці рівнів пального.

З розвитком акумуляторних систем з'являється можливість вільного вибору характеристик паливоподачі при управленні тиском впорскування в залежності від режиму експлуатації, що й забезпечує оптимальну далекобійність і тонкість розпилення пального, в тому числі при низьких частотах обертання колінчастого вала та малих навантаженнях.

Таке конструктивне рішення ґрунтується на принциповій перевазі акумуляторної системи, яка полягає в тому, що на номінальних режимах діаграма

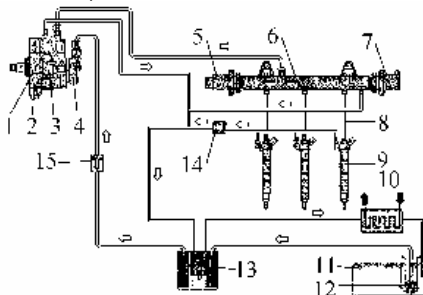


Рис. 5.43. Схема гідравлічна принципова акумуляторної системи паливоподачі:

Контур високого тиску: 1 – ПНВТ; 2 – клапан постійного тиску; 3 – клапан дозування пального; 5 – датчик тиску пального в акумуляторі; 6 – паливний акумулятор високого тиску; 7 – електромагнітний регулятор тиску пального; 8 – трубопроводи; 9 – форсунки. Контур низького тиску: 4 – шестеренний паливопідкачувальний насос; 10 – радіатор для охолодження пального; 11 – паливний бак; 12 – електричний паливопідкачувальний насос; 13 – паливний фільтр; 14 – клапан постійного тиску в магістралі зливання; 15 – датчик температури пального

швидкості наростання подачі пального має трапецієподібну форму на відміну від трикутної форми у традиційних паливних систем. При цьому відбуваються практично миттєві наростання і спад тиску в моменти, відповідно, відкриття і закриття запірних органів форсунок.

Паливна апаратура типу Common Rail складається з двох контурів:

1. Контур низького тиску: паливний бак, вхідний фільтр у баку, фільтр грубої очистки, паливopідкачувальний насос, фільтр тонкої очистки, паливний трубопровід низького тиску.

2. Контур високого тиску: паливний насос високого тиску, паливні трубопроводи високого тиску, форсунки, регулятор тиску пального та електронний блок керування з комплектом датчиків.

Основні параметри системи низького тиску: перепад тиску пального на паливному фільтрі, тонкість фільтрації, продуктивність паливopідкачувального насоса (в залежності від частоти обертання колінчастого вала двигуна та протитиску), продуктивність електричного паливopідкачувального насоса (в залежності від напруги живлення), температура пального, вміст води в пальному після паливного фільтра.

Підсистема високого тиску складається з ПНВТ, форсунок, трубок високого тиску й акумулятора високого тиску.

Система Common Rail працює наступним чином:

- пальне подається з бака шиберним (або шестеренним у Mercedes) насосом під тиском 0,25-0,30 МПа в ПНВТ. У цій магістралі деякі виробники встановлюють електромагнітний клапан аварійної зупинки двигуна та пристрій попереднього підігріву пального;

- радіальний багатоплунжерний ПНВТ з постійним приводом від двигуна створює необхідний тиск в акумуляторі високого тиску. Продуктивність (і тиск на виході) ПНВТ регулюється електромагнітним клапаном і/або відключенням однієї з плунжерних секцій насоса;

- електрогідравлічні форсунки, зв'язані з акумулятором короткими магістралями, за командою електронної системи керування двигуном (ЕСКД) впорскують пальне безпосередньо в камери згоряння двигуна в потрібний момент і в необхідній кількості (при постійному тиску в акумуляторі кількість пального пропорційна часу включення електромагнітного клапана форсунки);

- ЕСКД, крім того, забезпечує виконання функцій керування рециркуляцією відпрацьованих газів, тиском наддування, швидкістю руху автомобіля і захистом від несанкціонованого запуску двигуна;

- ЕСКД, інтегрована у загальну систему керування автомобіля, забезпечує обмін даними з системою керування трансмісією, кондиціонером та іншими системами автомобіля.

У системі Common Rail клапан 8 регулювання тиску пального в акумуляторі високого тиску (рис. 5.44) забезпечує величину тиску впорскування. У деяких випадках перед ПНВТ 1 монтується дросель тиску пального в акумуляторі 3, який також бере участь у цьому процесі. Електромагнітний клапан 7 високого тиску форсунки 6 під керуванням електронного блока керування забезпечує момент початку і тривалість впорскування згідно з різними режимами роботи дизеля. Тиск впорскування, таким чином, не залежить від моменту по-

чатку і тривалості впорскування. Це робить можливим, поряд з основним впорскуванням, від якого залежить крутільний момент дизеля, здійснювати інші процеси впорскування. З одного боку, це попереднє впорскування з незначною величиною подачі, що головним чином знижує швидкість наростання тиску в циліндрі дизеля при згорянні пального та знижує шум.

З іншого боку, це – додаткове впорскування, яке дає можливість знизити рівень емісії відпрацьованих газів. Дійсна величина подачі пального зумовлена тиском і тривалістю впорскування.

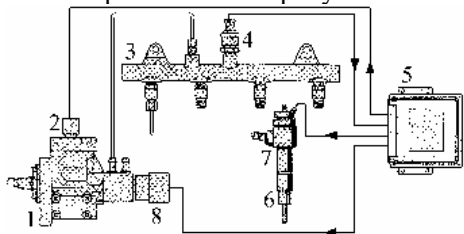


Рис. 5.44. Структурна схема контуру високого тиску акумуляторної системи паливоподачі:

1 – ТНВД; 2 – електромагнітний клапан відключення секції ПНВД; 3 – паливний акумулятор високого тиску; 4 – датчик тиску в акумуляторі; 5 – електронний блок керування; 6 – електрогідравлічна форсунка (ЕГФ); 7 – електромагнітний клапан керування тиском форсунки; 8 – електромагнітний клапан регулювання тиску пального в акумуляторі

У процесі експлуатації в результаті спрацювання прецизійних пар в них збільшуються зазори, зростає витік пального. Крім того, в результаті нагару, що утворюється на поверхні розпилювача, змінюється прохідний переріз розпилювальних отворів. Все це призводить до збільшення внутрішніх втрат. При такому стані двигуна для вирівнювання паливоподачі по циліндрам може вводитися коригування.

В комп'ютерних системах керування роботою дизелів легкових, вантажних автомобілів і автобусів використовуються датчики і схеми керування, аналогічні з бензиновими комп'ютеризованими двигунами (рис. 5.45).

Електронний блок з допомогою датчика 6 виконує контроль тиску пального в акумуляторі 7 і здійснює електричне керування цикловою подачею пального через форсунки 8 та кутом випередження подачі пального згідно з режимами роботи двигуна й автомобіля. З паливного бака 1 через фільтр 2 та паливопідкачувальний насос 3, що використовується, в основному, для видалення повітря з системи, пальне насосом високого тиску 4, роботу якого контролює ЕБК, подається в акумулятор. При цьому величину тиску пального встановлює редукційний клапан 5 і контролює ЕБК.

Тиск впорскування на сучасних автомобілях з комп'ютеризованим дизелем збільшений до 150 МПа при мінімальному його відхиленні на кожній з форсунок, що досягається використанням в системі спільній для усіх форсунок

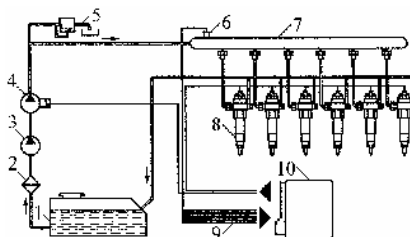


Рис. 5.45. Система керування роботою дизеля:

1 – паливний бак; 2 – фільтр; 3 – паливопідкачувальний насос; 4 – насос високого тиску; 5 – редукційний клапан; 6 – датчик тиску; 7 – акумулятор пального; 8 – форсунка; 9 – електричні кола від датчиків; 10 – електронний блок керування

акумулятора пального. На деяких автомобілях в якості форсунок застосовуються насос-форсунки, які приводяться в дію від спеціальних кулачків на розподільному валу двигуна.

Для визначення і відновлення технічного стану електронних систем на комп'ютеризованих дизелях використовуються аналогічні з бензиновими двигунами: коди несправностей, які зчитуються з діагностичної лампи і з допомогою діагностичних засобів; технології ТО і ремонту; алгоритми пошуку та усунення несправностей.

Контур замкнутого від'ємного зворотного зв'язку (ВЗЗ) (повільний). ЕБК регулює середню (змінну в залежності від режиму роботи дизеля) величину тиску в акумуляторі шляхом широтно-імпульсної модуляції керуючого струму, що подається на котушку електромагніта.

Контур розімкнутої ВЗЗ (швидкий, гідромеханічний). Вирівнює високо-частотні коливання тиску.

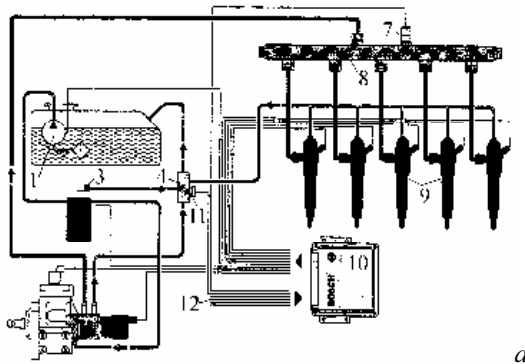
Режим розімкнутого ВЗЗ. Електромагнітний клапан регулювання тиску пального (ЕК РТП) відключений і знеструмлений електромагніт не розвиває ніяких зусиль. Сила от тиску пального долає силу пружини і пальне під високим тиском подається на вхід клапана. Клапан відкривається і залишається в такому положенні до замикання ВЗЗ. Пружина підібрана таким чином, щоб установлювався тиск пального приблизно 10 МПа. Режим розімкнутого ВЗЗ використовується при пуску дизеля, а також для захисту контуру високого тиску та його розвантаження.

Режим замкнутого ВЗЗ використовується для підвищення тиску. ЕК РТП включається, сила дії електромагніта доповнює силу тиску пружини. Якір зміщується донизу, зменшуючи прохідний переріз доти, поки об'єднане зусилля електромагніта і пружини не зрівноважиться тиском пального. Потім якір залишається в цьому положенні, підтримуючи постійний тиск. Величина тиску може варіюватися в залежності від зміни величини подачі пального в акумулятор.

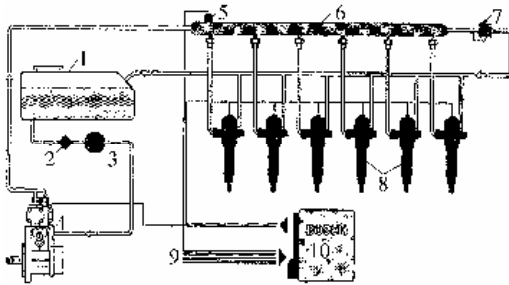
Компанія Audi випускає систему Common Rail четвертого покоління, яка дає можливість збільшити тиск впорскування до 220 МПа при одночасному зниженні тиску в акумуляторі до 130 МПа. Це завдання виконують вбудовані в форсунки мультиплікатори тиску. При цьому вся система зберігається від дії занадто високих тисків.

Друга розробка пов'язана зі створенням форсунки типу Vario з двома рядами соплових отворів, що управляються роздільно з допомогою коаксіально розташованих запірних голок. При роботі двигуна на режимі холостого ходу і з малими навантаженнями піднімається тільки одна голка, відкриваючи потік пального тільки до одного ряду соплових отворів. При підвищенні навантаження піднімається друга голка, в результаті чого пальне впорскується через усі соплові отвори. Така форсунка дає можливість підвищити керованість процесами подачі та згоряння пального.

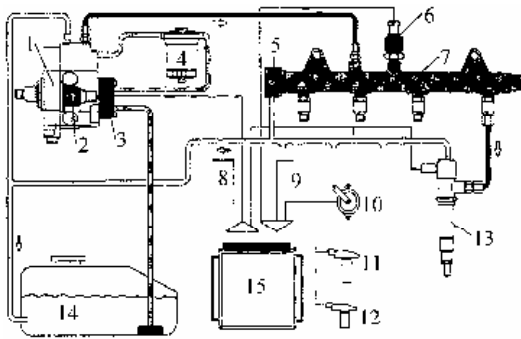
Приклади паливних акумуляторних систем з різними насосами наведені на рис. 5.46.



a



б



в

Рис. 5.46. Акумуляторні паливні системи з насосами CP-1 (а), CP-2 (б), CP-3 (в):

a: 1 – електронасос паливний; 2 – фільтр паливний; 3 – клапан перепусковий; 4 – збірник зворотного зливання; 5 – ПНВТ CP-1; 6 – електромагнітний клапан високого тиску; 7 – датчик тиску в акумуляторі; 8 – акумулятор; 9 – форсунки; 10 – БУ MS 6.3; 11 – датчик температури пального; 12 – сенсори; *б*: 1 – бак паливний; 2 – фільтр паливний; 3 – насос підкачувальний; 4 – ПНВТ CP-2; 5 – датчик тиску в акумуляторі; 6 – акумулятор; 7 – клапан обмеження тиску; 8 – форсунки; 9 – інші датчики; 10 – БУ MS 6.3; *в*: 1 – ПНВТ; 2 – дозатор; 3 – шестеренний насос; 4 – фільтр; 5 – клапан регулювання тиску (DRV); 6 – датчик тиску в акумуляторі; 7 – акумулятор; 8 – актуатори; 9 – датчики; 10 – педаль водія; 11 – датчик обертів / опорної мітки; 12 – датчик розподільного вала; 13 – форсунки; 14 – бак паливний; 15 – БУ EDC15C

5.6. Сумішоутворення та розпилення пального

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

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

До основних переваг такого способу сумішоутворення можна віднести:

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

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

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

Двигуни з безпосереднім впорскуванням мають внутрішнє сумішоутворення і якісне регулювання суміші, так як паливо впорскується безпосередньо в камеру згоряння, циклова подача повітря змінюється незначно і регулювати потужність потрібно кількістю впорскуваного пального, тобто якістю суміші без дроселювання повітряного потоку. Тому в системі може бути відсутньою дросельна заслінка, а для отримання необхідної якості суміші використовується ефект розшарування заряду і підвищений тиск впорскування бензи-

ну.

Режими роботи двигуна. Сумішоутворення може визначати режими роботи бензинового двигуна з безпосереднім впорскуванням, наведені на (рис. 5.47).

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

■ Впорскування ■ Запалювання

Рис. 5.47. Режими роботи бензинового двигуна

При гомогенному (однорідному) режимі пальне подається в точно стехіометричному співвідношенні 14,7:1 до повітря, що надійшло. Пальне впорскується на такті впуску, щоб мати достатньо часу для повноцінного змішування (гомогенізації) суміші. При гомогенному режимі запалювання відбувається біля межі детонації і контролюється блоком керування. Необхідний крутильний момент визначається кількістю повітря, що надійшло і моментом запалювання (рис. 5.48, а).

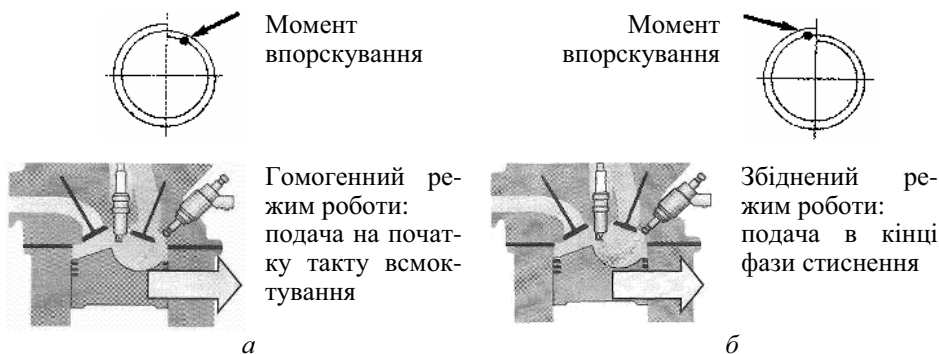


Рис. 5.48. Моменти впорскування

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

необхідність вартісної обробки NO_x , що утворилися.

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

Керування навантаженням двигуна відбувається за рахунок зміни кількості пального, що подається без використання дросельної заслінки, яка залишається повністю відкритою. Цей режим роботи можливий у діапазоні низьких обертів (від холостого ходу до 3500 хв^{-1}) і часткового навантаження. Це дає можливість знизити витрату пального за рахунок зниження насосних і дросельних втрат та покращення ефективності згоряння. Компоненти системи керування крутильним моментом представлені на рис. 5.49.

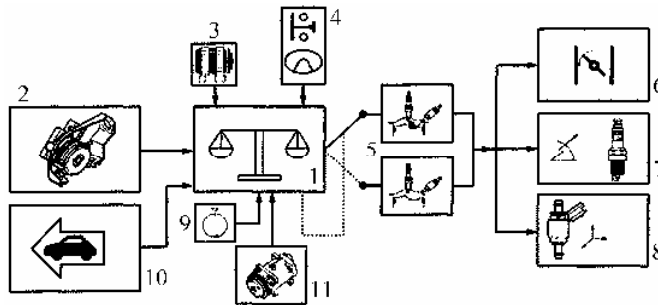


Рис. 5.49. Керування крутильним моментом:

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

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

Робота на збіднених сумішах (див. рис. 5.48, б) вважається пріоритетною, оскільки дає можливість суттєво знизити витрату пального. Згідно з дослідженнями на його частку припадає приблизно 75% робочого часу двигуна.

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

В залежності від умов роботи та інших вимог (прискорення, скорочення викидів) двигун може тимчасово вийти з режиму роботи на збідненій суміші (рис. 5.50).

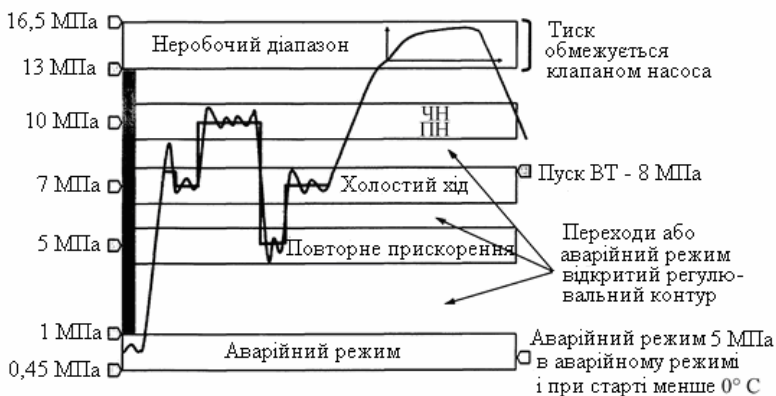


Рис. 5.50. Режими роботи двигуна

Гомогенно-збіднена. У перехідному режимі від пошарового до гомогенного двигун може працювати на збідненій гомогенній суміші ($\lambda > 1$). Застосовується для усунення втрат при дроселюванні. У такому режимі роботи двигуна збільшується викид NO_x .

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

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

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

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

Гомогенно-роздільний режим (Homogen-Split) – спеціальний перехідний режим до гомогенно-пошарового з подвійною паливоподачею. Він використовується у фазі розігріву двигуна для того, щоб швидше розігріти каталі-

затор. При стабілізуючій другій подачі на такті стиснення момент запалювання дуже пізній (від 15° до 30° після ВМТ). Тому більша частина енергії використовується не на збільшення крутильного моменту, а на збільшення температури відпрацьованих газів. Таким чином, каталізатор розігрівається за кілька секунд.

Гомогенно-антидетонаційний. При цьому режимі застосовується додаткове впорскування при повному навантаженні, без здвигу в пізній кут запалювання, при появі детонації. Друге впорскування є стабілізуючим і перешкоджає виникненню детонації. Позитивним є те, що раннє запалювання дає можливість зберігати високий крутильний момент.

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

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

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

Процеси формування суміші та рівномірність розподілення її циліндрами залежать від:

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

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

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

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

- завдяки форсункам з електромагнітними клапанами можливе впорскування суворо дозованої кількості пального в камеру згоряння у певний час;
- двигуни з прямим впорскуванням FSI на 15% економічніші, ніж бензинові двигуни з традиційною системою впорскування;
- краще розпилення пального за рахунок більш високого тиску пального;
- краще наповнення камери згоряння;
- краще внутрішнє охолодження двигуна;
- зниження детонації;
- підвищення ступеня стиснення;
- зниження дросельних втрат при пошаровому впорскуванні;
- відсутність втрат за рахунок змочування впускного колектора;
- ефективна багаторівнева AGR, що знижує тепловіддачу на стінки циліндрів;
- підвищення термодинамічної ефективності за рахунок зниження питомої витрати пального та рівня викидів ВГ.

5.7. Форсунки паливних систем

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

Електромагнітна форсунка (рис. 5.51) – це гідравлічний клапан з електромагнітним приводом і є виконавчим пристроєм системи паливоподачі, який дозує та розпилює пальне [14].

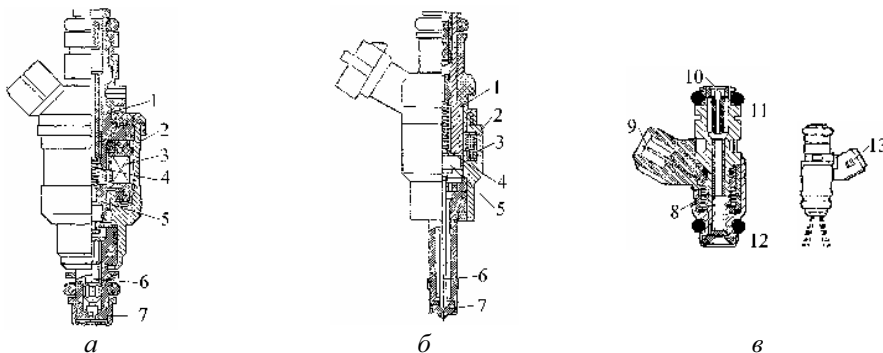


Рис. 5.51. Конструкція електромагнітних форсунок:

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

Електромагнітні форсунки 10 (див. рис. 5.37) входять у впускний трубопровід таким чином, що струмінь пального потрапляє в зону перед тарілкою або безпосередньо на тарілку впускного клапана (в деяких випадках також на кілька впускних клапанів). Тут у впускному трубопроводі пальне разом з пові-

трям утворює робочу суміш. Кожен циліндр оснащений форсункою.

Форсунками управляє блок керування двигуна в тактовому режимі. Тривалість сигналів, що подаються на форсунки, визначає кількість впорскуваного пального. В залежності від типу впорскування форсунки працюють одночасно або окремо одна від одної. У нових розробках використовується тільки послідовна або індивідуальна подача пального для кожного циліндра. В кожному циліндр подається точно дозована кількість пального в потрібний момент.

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

На подачу пального впливають:

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

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

Характерним прикладом електромагнітної форсунки може слугувати форсунка фірми Bosch, показана на рис. 5.51, а. Електромагнітні форсунки застосовуються для впорскування пального в циліндри під тиском пального тільки до 12-15 МПа. Такого тиску достатньо для безпосереднього впорскування легкого пального – бензину, скраплених газів і деяких синтетичних – у більшості випадків у циліндри двигунів з іскровим запалюванням.

На рис. 5.51, в показана форсунка Fiat Bravo.

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

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

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

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

Для бензинових двигунів з подачею пального у впускний колектор існує три різновиди сигналу керуючого імпульсу на форсунки: для традиційної (16

Ом) форсунки системи розподіленого впорскування бензину, для низькоомної (1,5-4 Ом) форсунки, для обох систем – розподіленої та центральної подачі бензину. В залежності від варіанту сигналу необхідно по-різному враховувати дійсну тривалість керуючого імпульсу.

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

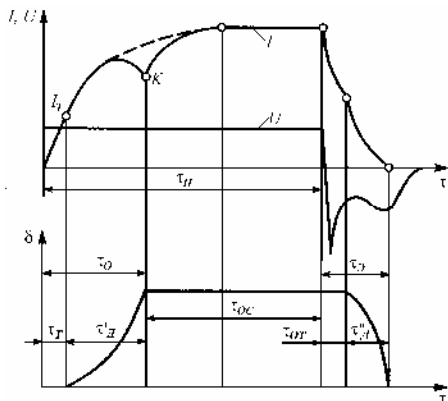


Рис. 5.52. Діаграма зміни електричних та механічних параметрів електромагнітної форсунки:

τ_0 – фаза відкриття клапана; τ_T , τ_D – періоди зрушення з місця та руху запірнього елемента при відкритті клапана; τ_{0c} – фаза відкритого стану форсунки; τ_3 – фаза закриття клапана; τ_{0T} , τ_D – періоди відпускання і руху запірнього елемента; τ_H – тривалість керуючого електричного імпульсу; I , U – струм і напруга в обмотці електромагніта; δ – робочий хід запірнього елемента

У реальній форсунці час відкритого стану клапана не збігається з тривалістю керуючого імпульсу. Після подачі керуючого електричного імпульсу на форсунку в обмотці електромагніта виникає струм самоіндукції, який перешкоджає наростанню магнітного потоку в системі. Клапан відкривається із затримкою за часом (рис. 5.52). Після припинення подачі керуючого імпульсу в результаті самоіндукції збережений магнітний потік буде перешкоджати швидкому відпусканню запірнього елемента. Тому тривалість відкритого стану клапана форсунки τ_H відрізняється від тривалості електричного керуючого імпульсу. На запізнення спрацювання форсунки додатково впливають механічні втрати в системі переміщення елементів форсунки.

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

При виборі (підборі) форсунки для конкретного двигуна необхідно враховувати її основні характеристики:

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

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

з різним робочим об'ємом циліндрів.

Форсунки, які використовує концерн Фольксваген у системах впорскування бензину в камеру згоряння (див. рис. 5.51, б), відрізняються від попередніх подовженою частиною розпилювача, тому що працюють у важчих температурних умовах, а також формою магнітопровода та кількістю витків котушки електромагніта, бо безпосереднє впорскування бензину має обмеження за часом, тому електромеханічні перетворювачі (ЕМП) повинні мати більшу швидкодію.

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

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

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

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

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

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

У табл. 5.3 показані величини ДДР у кількох конструкціях штифтових форсунок фірми Bosch з різною масою рухомого елемента. Збільшення ДДР досягнуте завдяки покращенню системи електромагнітного привода. За рахунок удосконалення конструкції форсунок за останні роки час відкриття і закриван-

ня клапана вдалося зменшити в 2-3 рази порівняно із вказаними в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Динамічний діапазон роботи форсунок

Маса рухомого елемента, г	Час відкриття, мс	Час закриття, мс	ДДР
4,3	1,55	0,89	8
4,3	1,49	0,72	10
2,7	1,32	0,55	17

Якість розпилення пального залежить від тиску впорскування і конструкції розпилювача. Звичайно тиск впорскування складає 0,2-0,45 МПа. У розпилювальних отворів середній діаметр крапель – 150-200 мкм. Шляхом удосконалення конструкції розпилювальних отворів або застосування спеціальних заходів для покращення розпилювання середній діаметр крапель може бути зменшений приблизно до 60 мкм.

Для керування якістю сумішоутворення застосовують форсунки з повітряним розпилюванням пального. Повітря до форсунки подається під природним перепадом тиску у впускному тракті та у довколишньому середовищі. У цьому разі по мірі прикриття дросельної заслінки кількість повітря, що подається, збільшується і, значить, покращується якість розпилення. Рідше використовують примусову подачу повітря до форсунки під надлишковим тиском.

У двигунах з розподіленим впорскуванням пального застосовують як одночасне впорскування пального всіма форсунками, так і фазоване впорскування, коли кожна форсунка подає пальне в циліндр у певній фазі циклу. У разі одночасного впорскування спрощується керування форсунками, але не вдається забезпечити однакові умови сумішоутворення у всіх циліндрах. Фазоване впорскування забезпечує рівні умови сумішоутворення у всіх циліндрах. Для забезпечення стабільності сумішоутворення подачу пального намагаються закінчити до моменту початку відкриття впускного клапана, що, однак, скорочує можливу тривалість відкриття форсунки. Така організація впорскування вимагає коригування початку подачі пального при зміні величини циклової подачі. Вирахування необхідного моменту початку подачі проводиться аналогічно визначенню моменту випередження початку впорскування пального в дизелях.

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

На рис. 5.53 представлена форсунка високого тиску Siemens (VDO).

Особливостями таких форсунок є:

- керуюча напруга приблизно 75 В;
- електромагнітний привід;
- розміщується на боці всмоктування в головці циліндрів;

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

Електрогідравлічні форсунки. Найбільше розповсюдження в акумуляторній паливній апаратурі автомобільних дизелів отримали електрогідравлічні форсунки (ЕГФ – рис. 5.54, 5.55).

Типи застосовуваних форсунок в акумуляторних системах приведені в табл. 5.4. Принцип роботи електронних електрогідравлічних (електромагнітних) форсунок однаковий. Різниця полягає, перш за все, в конструкції клапана: форсунки з голчастим клапаном, з кульковим клапаном і форсунки дискового типу. У всіх сучасних системах електронного впорскування пального форсунки активуються (відкриваються) у порядку роботи циліндрів (послідовне впорскування).

Електрогідравлічні форсунки незалежно від виробника мають один і той самий принцип: для здійснення впорскування на електромагнітний клапан подається електричний імпульс, після чого він відкриває зливний отвір спеціальної керуючої камери. Так як у закритому стані голка форсунки утримується не пружиною як у класичній паливній апаратурі, а силою тиску пального, що діє на шток-мультиплікатор, то падіння тиску в управляючій камері призводить до переміщення мультиплікатора та підняття голки форсунки. Зусилля від тиску пального передається через довгий мультиплікатор на голку. Кількість пружин у форсунках такого типу може коливатися від двох до чотирьох залежно від додаткових елементів, які демпфують переміщення клапана. Одна пружина завжди діє на голку, притискаючи її до сидла в той час, коли тиску пального недостатньо для забезпечення гідравлічного закривання через мультиплікатор. Це попереджує потрапляння повітря з циліндра у порожнину форсунки на режимах пуску двигуна. Зливання управляючої порції пального організоване че-

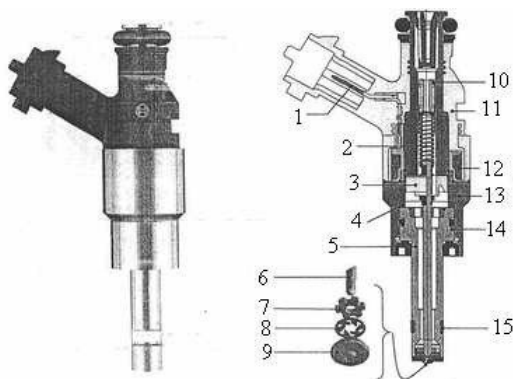


Рис. 5.53. Форсунка високого тиску Siemens (VDO):

- 1 – рознімач; 2 – поворотна пружина; 3 – якір; 4 – регулювальна шайба; 5 – нижній корпус; 6 – голка; 7 – напрямна шайба; 8 – завихрювальна шайба; 9 – упорна шайба; 10 – регулювальна втулка; 11 – кришка корпусу; 12 – котушка; 13 – корпус клапана; 14 – ущільнювальне кільце; 15 – тефлонове кільце

рез отвір у центрі електромагніта. У форсунці Delphi немає мультиплікатора (див. рис. 5.54). Тиск пального діє безпосередньо на площину торця голки. Запірний елемент керуючої камери зроблений за золотниковим принципом і має велику швидкодію. Пальне надходить до запірнього конуса розпилювача не окремим каналом, а гвинтовими проточками на боковій поверхні голки. Лінія зворотного зливання не проходить через електромагніт, що дало можливість зменшити його розміри і розмістити всередині корпусу форсунки. Усі згадані конструктивні відмінності форсунки Delphi дозволили зменшити її габарити.

До складу електрогідравлічної форсунки входять такі функціональні блоки:

- безштифтовий розпилювач;
- гідравлічна сервосистема;
- електромагнітний клапан керуючого тиску.

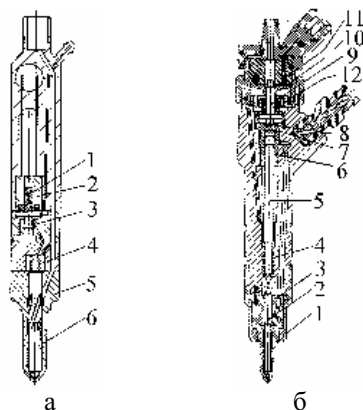


Рис. 5.54. ЕГФ фірми Delphi (а) та фірми Bosch (б):

а: 1 – пружина; 2 – магнітопровід з обмоткою; 3 – клапан; 4 – пружина голки; 5 – розпилювач; 6 – голка; б: 1 – гайка розпилювача; 2 – голка; 3 – розпилювач; 4 – пружина голки; 5 – мультиплікатор; 6 – втулка; 7 – жиклер камери керування; 8 – кульковий клапан; 9 – шток; 10 – ярір електромагніта; 11 – електромагніт; 12 – пружина клапана

Таблиця 5.4

Форсунки систем Common Rail

Форсунка	Тиск, МПа	Привод форсунки	Застосування
CRI 1	135	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 1-MI	140	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CR 1.1	140	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 2.0	145	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 2.0-OHW	120	Соленоїдний клапан	Вихідна магістраль
CRI 2.1	160/180	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 2.2	160	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 2.5	180	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 2.6	180	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 3.0	160	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 3.1	180	Соленоїдний клапан	Легкові автомобілі
CRI 3.2	180	П'єзоелемент	Легкові автомобілі
CRI3.3	200	П'єзоелемент	Легкові автомобілі
GRIN 1	140	Соленоїдний клапан 1	Комерційні ТЗ
CRIN 2	160	Соленоїдний клапан 1	Комерційні ТЗ
CRIN 3	180	Соленоїдний клапан 1	Комерційні ТЗ
CRIN 3.3 from 2009	220/250	Соленоїдний клапан 1	Комерційні ТЗ
CRIN 4.2	90/200	Соленоїдний клапан 2	Комерційні ТЗ

Примітка: ТЗ – транспортні засоби

Форсунки зв'язані з акумулятором короткими магістралями високого тиску (рис. 5.55).

Пальне подається по магістралі 9 високого тиску через відповідний канал до розпилювача форсунки, а також через дросельний отвір 10 подачі пального – в камеру 5 керуючого клапана. Через дросельний отвір 8 відведення пального, який може відкриватися електромагнітним клапаном, камера з'єднується з магістраллю 1 зворотного зливання пального.

У разі закритого дросельного отвору 8 (рис. 5.55, а) гідравлічна сила, що діє зверху на поршень 11 керуючого клапана, перевищує силу тиску пального знизу на конус 6 голки розпилювача. Внаслідок цього голка притиснута до сідла розпилювача і щільно закриває отвори 7 розпилювача. В результаті пальне не потрапляє у камеру згоряння.

Коли спрацьовує електромагнітний клапан, ярі електромагніта переміщується догори, відкриває дросельний отвір 8 (рис. 5.55, б). Відповідно знижуються як тиск у камері керуючого клапана, так і гідравлічна сила, що діє на поршень керуючого клапана. Під дією тиску пального на конус 6 голка розпилювача відходить від сідла, так що пальне через отвір 7 розпилювача потрапляє в камеру згоряння циліндра. Таке непряме керування голкою застосовують тому, що безпосереднього зусилля електромагнітного клапана недостатньо для швидкого підйому голки розпилювача. Керуюча подача – це додаткова кількість пального, що призначене для підйому голки і яке після використання відводиться в магістраль зворотного зливання пального.

Крім керуючої подачі існують витоки пального через голку розпилювача і пряму поршня керуючого клапана. Все це пальне відводиться в магістраль зворотного зливання, до якої приєднані усі інші агрегати системи, і повертається в паливний бак.

Цикл роботи форсунки можна розділити на чотири робочих такти:

- форсунка закрита (з подачею високого тиску);
- форсунка відкривається (початок впорскування);
- форсунка повністю відкрита;
- форсунка закривається (кінець впорскування).

Ці робочі стани визначаються розподіленням сил у конструктивних елементах форсунки. З непрацюючим двигуном і відсутністю тиску в акумуляторі пружина притискає голку розпилювача до сідла, закриваючи форсунку.

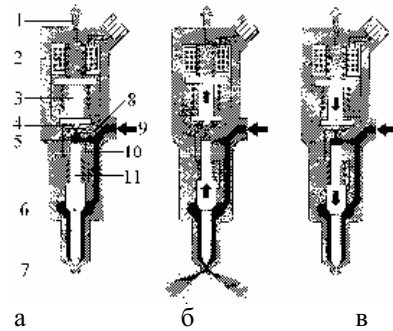


Рис. 5.55. Схема роботи електрогідравлічної форсунки:

а – форсунка у стані спокою; б – форсунка відкрита; в – форсунка закрита; 1 – магістраль зворотного зливання; 2 – котушка електромагніта; 3 – ярі електромагніта; 4 – кулька клапана; 5 – камера управляючого клапана; 6 – конус голки розпилювача; 7 – отвір розпилювача; 8 – дросельний отвір відведення пального; 9 – магістраль високого тиску; 10 – дросельний отвір подачі пального; 11 – поршень управляючого каналу

Швидкість відкривання розпилювача визначається різницею інтенсивності потоку пального у дросельних отворах.

Кількість впорскуваного пального пропорційна часу включення електромагнітного клапана і визначається керуючим сигналом контролера (впорскування, що управляється за часом). Тривалість імпульсу (шпаруватість) форсунки визначається модулем керування РСМ, який розраховує необхідну кількість пального в кожний циліндр двигуна.

Після перекриття дросельного отвору відведення пального тиск у камері керуючого клапана знову досягає тієї самої величини, що і в акумуляторі. Цей підвищений тиск зміщує донизу поршень керуючого клапана разом з голкою розпилювача. Коли голка щільно примикає до сідла розпилювача і закриває його отвори, впорскування припиняється.

Паливна система двигуна з п'єзоелектричними форсунками. Ця система безпосереднього впорскування другого покоління дає можливість розширити діапазон роботи двигуна на бензиновій суміші, розвивати більшу потужність і високий крутильний момент.

Системи з п'єзоелектричними форсунками. П'єзоелектричні форсунки працюють аналогічно електрогідролічним форсункам, з тою лише різницею, що клапан керуючої камери відкривається не з допомогою електромагніта, а з допомогою п'єзоелемента через важіль-підсилювач, що дає можливість значно підвищити швидкодію п'єзофорсунки.

Швидкість роботи п'єзокристалічного привода перевищує швидкість роботи електромагнітного клапана у 4 рази.

Крім того, застосування п'єзотехнології дає можливість знизити рухому масу, пов'язану з голкою розпилювача, на 75% порівняно з електромагнітними форсунками.

Це забезпечує системі такі переваги:

- дуже малий час перемикання;
- можливість реалізації кількох впорскувань в одному робочому такті (див. рис. 5.56, 5.57);
- точне дозування кількості впорскуваного пального.

Незважаючи на високу швидкодію п'єзоелементів, система фірми Siemens працює за спрощеною програмою з одним попереднім і одним основним впорскуваннями пального, причому при 3000 хв^{-1} попереднє впорскування відсутнє. Але ці функції виконуються і форсунками з електромагнітним клапаном. Єдиною перевагою п'єзоелектричних форсунок у даному разі є наближення попереднього впорскування до основного. При здійсненні попереднього впорскування підвищується плавність зростання навантаження, знижується шум двигуна, а після впорскування дає можливість підвищити екологічні якості двигуна.

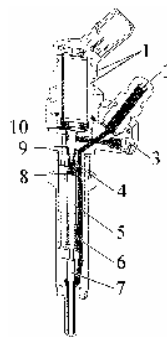


Рис. 5.56. Будова форсунки з п'єзоклапаном:

- 1 – п'єзоелемент; 2 – підведення пального під високим тиском; 3 – зливний канал; 4 – керуючий клапан; 5 – поршень мультиплікатора; 6 – пружина форсунки; 7 – голка розпилювача; 8 – керуюча порожнина; 9 – штовхач керуючого клапана; 10 – важіль привода керуючого клапана

на (рис. 5.58).

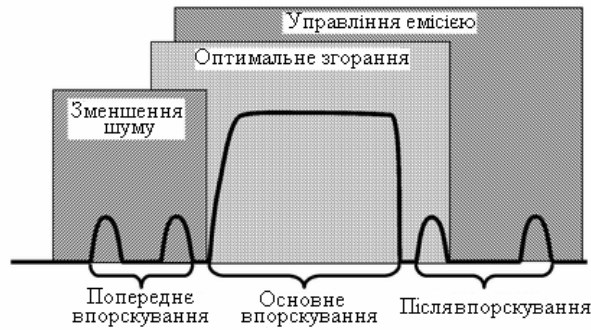


Рис. 5.57. Вимоги для дизельних двигунів

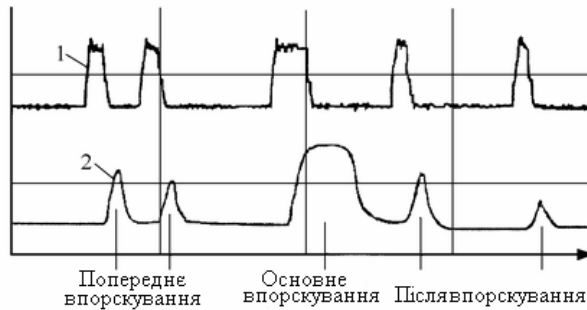


Рис. 5.58. Зміна параметрів при вприскуванні:

1 – керуюча напруга; 2 – вприскування (миттєва витрата пального)

Багатократні вприскування зі змінним початком подачі та змінними інтервалами між основними вприскуваннями дають можливість реалізувати дуже мале попереднє вприскування пального ($1-4 \text{ мм}^3$) та післявприскування і цим задовольнити вимоги для дизельних двигунів (рис. 5.57) щодо зниження монооксиду карбонату (CO), гідрокарбонатів (HC), окису азоту NO_x , частинок сажі PM .

Попереднє вприскування пального зменшує шум двигуна і кількість NO_x (рис. 5.59, *a*). Поступове зростання тиску в період основного вприскування зменшує кількість NO_x (див. рис. 5.59, *б*). Постійний тиск протягом основного вприскування зменшує кількість HC і PM (див. рис. 5.59, *в*). Ступінчасте зростання тиску протягом основного вприскування зменшує кількість NO_x , HC і PM (див. рис. 5.59, *г*). Високий тиск пального покращує розподілення і згорання пального, знижує споживання пального, збільшує потужність двигуна, зменшує кількість NO_x , HC і PM (див. рис. 5.59, *д*). Післявприскування за основним вприскуванням зменшує кількість HC і PM , а пізні післявприскування зменшує складову NO_x каталізатора (див. рис. 5.59, *е*).

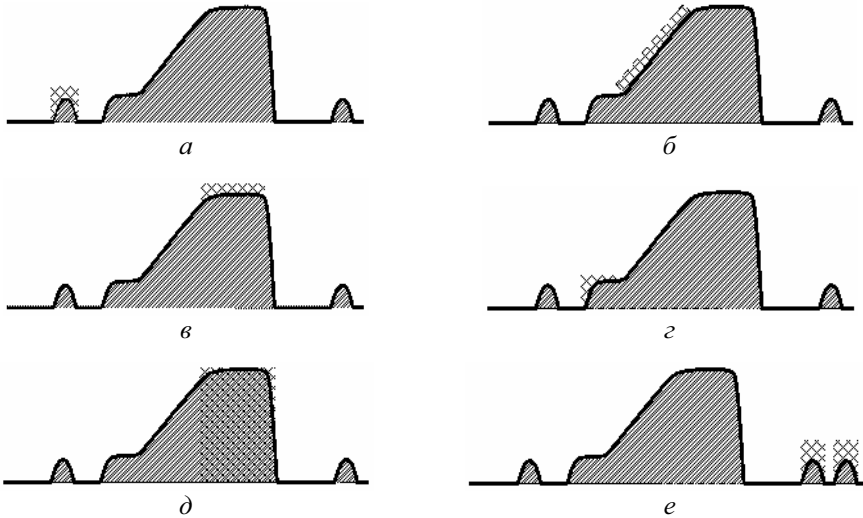


Рис. 5.59. Характеристики паливоподачі

Фірма Siemens розробила акумуляторну систему Common Rail, до складу якої входять п'єзоелектричні форсунки. Ця система використовується для оснащення дизелів Ford з робочим об'ємом 1,4 л, а також дволітрових дизелів автомобілів Peugeot і Volvo.

На силові п'єзоелектричні елементи покладаються великі надії, тому що вони діють до п'яти разів швидше, ніж електромагніти. Фірма Siemens впроваджує їх у якості приводів клапанів керування в системах паливоподачі дизелів і, зокрема, клапанів форсунок та насос-форсунок.

Особливістю форсунки фірми Siemens є привід керуючого клапана з допомогою п'єзоелемента. П'єзоелемент розширюється або стискається в залежності від полярності напруги, яка надходить до нього.

Клапан відкривається в результаті дії короткого імпульсу струму в колі п'єзоелемента. У відкритому стані він утримується зусиллям, що створює п'єзоелемент при подачі на нього напруги приблизно 70 В, яка подвоюється в результаті взаємного впливу попарно встановлених пластинок п'єзоелемента. Закриття клапана виконується також при подачі імпульсу струму, але зворотного напрямку. Тому роз'єднання штекерного з'єднання форсунки під час роботи двигуна може призвести до її відкриття на невизначений час з важкими наслідками для двигуна.

Гідравлічний привід форсунки з керуючим п'єзоклапаном діє практично так само, як і в інших форсунках, що застосовується у системах Common Rail. У разі закритого керуючого клапана на диференційний майданчик голки розпилювача діє такий самий тиск пального, як в акумуляторі. Він намагається підняти голку розпилювача з її сідла, але йому протидіють зусилля, створювані пружиною форсунки і тиском пального, що діє на поршень мультиплікатора. У разі закритого керуючого клапана цей тиск дорівнює тиску в акумуляторі, тому він надійно утримує голку розпилювача на сідлі. Але коли керуючий

клапан відкритий, він різко знижується в результаті сполучення порожнини над поршнем мультиплікатора зі зливною магістраллю. При цьому форсунка відкривається, тому що зусилля її пружини може протистояти тільки тиску не більшому за 10 МПа. Але цього достатньо, щоб утримувати форсунку в закритому стані після зупинки двигуна і запобігати проникненню газів у форсунку з камери згоряння під час пуску двигуна.

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

Система с насос-форсунками UIS (Unit Injector System) належить до так званих індивідуальних систем і конструктивно – це окремих ПНВТ, об'єднаний з форсункою, на кожний циліндр двигуна з приводом безпосередньо від розподільного вала. Конструкція UIS системи виглядає як показано на рис. 5.60 [53]:

- насос форсунка встановлена у головці блока двигуна над кожним циліндром;
- розпилювач форсунки 4 знаходиться у камері згоряння 8;
- розподільний вал двигуна 2 має по кулачку привода на кожну насос-форсунку;
- момент подачі та циклова подача пального регулюються з допомогою електромагнітного клапана 3 насос-форсунки.

Підйом кожного кулачка передається через коромисло 1 на плунжер насоса, що здійснює при цьому зворотно-поступальні рухи (рис. 5.61).

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

Така конструкція забезпечує високий гідравлічний ККД, тиск до 200 МПа і, відповідно, низьку питому витрату пального, хороші екологічні ха-

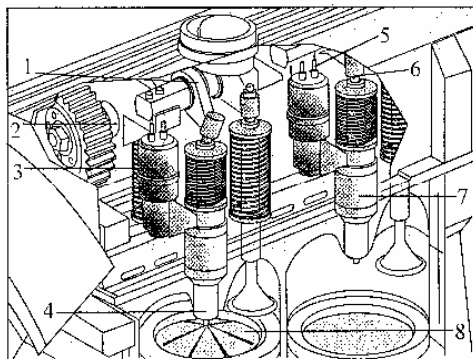


Рис. 5.60. Компонівка на двигуні системи с насос-форсунками UIS:

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

рактистику та високий крутильний момент. Єдиним суттєвим недоліком системи UIS є високу пульсуюче навантаження на привід розподільного вала, так, наприклад, аналогічне навантаження в системі UPS (Unit Pump System) на порядок нижче.

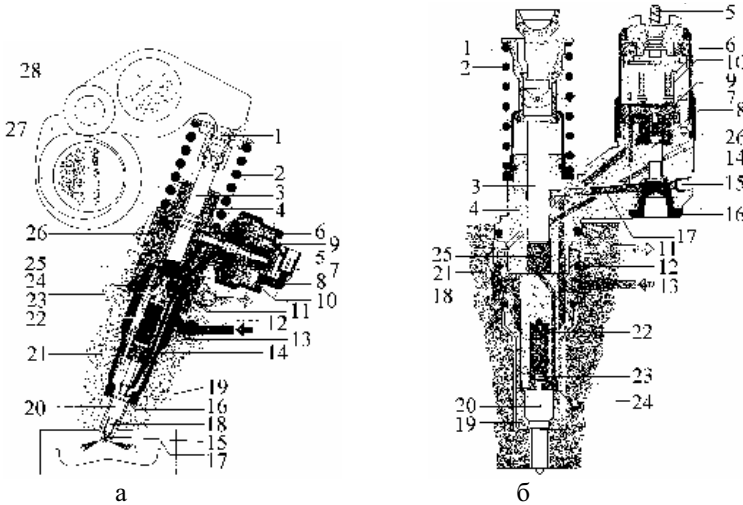


Рис. 5.61. Конструкція насос-форсунок для легкового (а) та вантажного (б) автомобілів:

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

Система с насос-форсунками працює таким чином [55]:

- пальне подається з бака електричним насосом під тиском 0,1-0,15 МПа на вхід механічного шибєрного насоса, що приводиться в дію розподільним валом. Насос створює в магістралі низького тиску насос-форсунок необхідний робочий тиск (від 0,3 МПа на холостому ходу до 0,75 МПа на максимальній

частоті обертання колінчастого вала двигуна);

- плунжер насос-форсунки, що приводиться в дію коромислом розподільного вала, створює високий тиск у розпилювачі в момент включення електромагнітного клапана. Моментом впорскування і кількістю циклової подачі пального управляє ЕСКД;

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

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

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

Далі наведено діагностику компонентів ЕСКД «Bosch EDC 15P» на прикладі автомобіля Volkswagen Passat 1,9D TDI PD 2001-2004 рр. випуску [53].

Двигун цієї конструкції оснащений системою UIS P1, що належить до так званих індивідуальних систем з керуванням за часом з допомогою вбудованого електромагнітного клапана. Максимальна циклова подача в UIS P1 складає приблизно 60 мм³ з максимальним тиском впорскування приблизно 205 МПа, що забезпечує максимальну циліндрову потужність приблизно 25 кВт. ЕСКД «Bosch EDG 15P», керуючи закриттям електромагнітного клапана UIS, визначає момент початку впорскування і величину циклової подачі пального.

Використовуючи дані необхідних датчиків, ЕСКД вибирає оптимальні значення величини циклової подачі та моменту початку подачі пального, управляє системою рециркуляції відпрацьованих газів, часом включення пускових свічок розжарювання.

Крім того, ЕСКД «Bosch EDC 15P» має інтегровану систему самодіагностики, що підтримує протоколи OBD-II та виробника.

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

Система з насос-форсунками (рис. 5.62) встановлюється на три- і чотирициліндрових двигунах Volkswagen, а також на низці інших автомобілів.

Компоненти системи впорскування пального дизельних двигунів с насос-форсунками PDE показані на рис. 5.63.

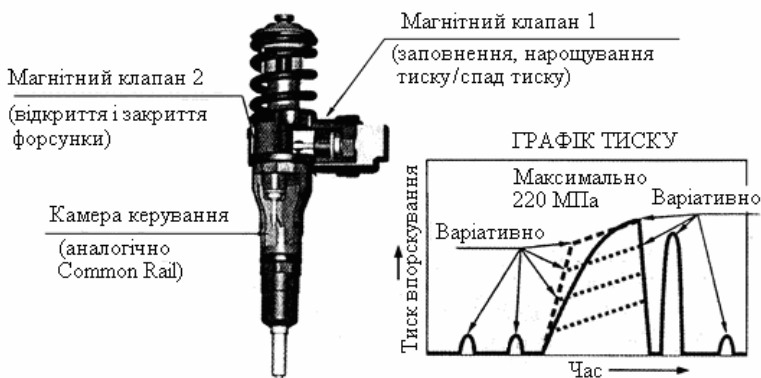


Рис. 5.62. Насос-форсунка з двома магнітними клапанами

Під час експлуатації автомобіля система з насос-форсунками порівняно з акумуляторною системою працює з великими тисками впорскування (див. рис. 5.61), завдяки чому має деяку перевагу щодо витрати пального. У третьому та четвертому поколінні насос-форсунок досягнута глибша зміна тиску пального.

Третє покоління системи Common Rail з п'єзоелектричними форсунками та максимальним тиском впорскування 160 МПа, що з'явилося кілька років тому послідовно модернізується. З 2006 року серійно випускається варіант з тиском 180 МПа, а з 2007 року – 200-220 МПа.

У 2008 році з'явилося четверте покоління Common Rail. У цій системі застосовані дизельні форсунки HADI (Hydraulically Amplified Diesel Injector) з гідравлічним підсилювачем. Він працює з передатним поршнем, який збільшує тиск у системі до 250 МПа. Простіше кажучи, дану систему можна порівняти з насос-форсункою. Завдяки спеціальній геометричній формі пальне впорскується в камеру згоряння не різко, а з тиском, що збільшується. Завдяки покращенню процесу впорскування попереджується неповне згоряння, зменшуються викиди шкідливих речовин і шуми від згоряння. З форсунками HADI, звичайно, також можливе багатократне впорскування. Як керуючий елемент застосовується заново розроблений швидкодіючий магнітний

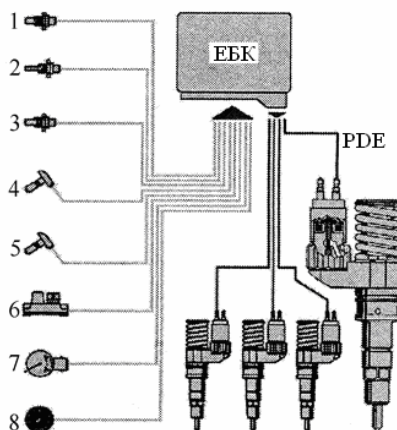


Рис. 5.63. Основні компоненти системи впорскування пального дизельних двигунів з насос-форсунками PDE:

- 1 – температура пального; 2 – температура охолоджувальної рідини; 3 – температура повітря; 4 – частота обертання колінчастого вала; 5 – частота обертання розподільного вала; 6 – тиск у паливній системі; 7 – положення педалі; 8 – швидкість автомобіля

клапан. Якщо тиск у системі знизити до 130 МПа, то можна підвищити загальний ККД системи.

Система насос-форсунка для застосування в легкових автомобілях має велике майбутнє. Фірма Bosch розробила третє і вже четверте покоління системи, яке дає можливість досягати тиску впорскування 300 МПа.

У новій конструкції Bosch використовує два магнітних клапани: один управляє зміною тиску, другий – відкриттям і закриттям голки форсунки, аналогічно керуючому клапану форсунки Common Rail. Таким чином, процес паливоподачі може бути значно більш гнучким. З п'ятьма варіативними впорскуваннями на цикл дана система за гнучкість наближається до третього і четвертого покоління Common Rail.

Четверте покоління систем впорскування Common Rail: тиск в системі – 135 МПа, при збільшенні тиску приблизно до 1:2 тиск впорскування досягає 250 МПа.

Спеціалісти Bosch розробили новий блок керування EDC 17. Так, з допомогою коригування хвилі тиску можна компенсувати комплексні змінні впливи, наприклад, між коливаннями тиску у сферичному трубопроводі (Rail) та кількістю впорскуваного пального. Електроніка на підставі сигналів частоти обертання аналізує параметри впорскування в кожному циліндрі й у разі необхідності регулює їх.

Час попереднього дозування може в десятки разів переважати тривалість впорскування в циліндр, даючи можливість підвищити точність електронного дозування при використанні електричних керуючих клапанів низької швидкодії. Разом з тим зростають і тривалість увімкненого стану електромеханічних перетворювачів та запізнення керування подачею (майже до двох обертів вала чотиритактного двигуна). Тому електрогідравлічні насос-форсунки попереднього дозування не знайшли широкого застосування.

В цілому електрогідравлічні насос-форсунки складні конструктивно. Для їх роботи необхідне збільшення продуктивності насоса середнього тиску порівняно з подачею в циліндр відповідно коефіцієнту мультиплікації. Скидання в бак відпрацьованого у приводі великого об'єму нагрітого під час стиснення пального вимагає установки на автомобіль холодильника пального. Керування формою характеристики впорскування обмежене. Тиск впорскування залежить від тривалості подачі.

Однак можливість незалежного керування тиском пального на вході в насос-форсунку, а, значить, і тиском впорскування суттєво розширює функції гідропривідних ЕТС з електрогідравлічними насос-форсунками. А за можливостями підвищення тиску впорскування вони поки що не мають собі рівних. Гідропривідні ЕТС поступаються тільки ЕТС з акумуляторами високого тиску щодо можливості управляти характеристиками впорскування. У той же час за конструктивними характеристиками вони дещо переважають акумуляторні ЕТС.

Фірма Bosch продовжує роботи щодо вдосконалення насос-форсунок. Їх також передбачається оснащувати двоголковими розпилювачами. Перші ж дослідження з цими насос-форсунками показали можливість зниження викидів часток та оксидів азоту на 25-40%. У той час коли фірма Siemens розробляє

п'єзоелектричні клапани керування насос-форсунками, фірма Bosch як і раніше використовує більш дешеві електромагнітні клапани. Спеціалісти фірми стверджують, що п'єзоелектричні клапани мають явну перевагу тільки при їх розміщенні всередині форсунки, а в цьому разі це виключено через особливості її конструкції.

5.8. Компоненти системи регулювання температури охолоджувальної рідини та дросельної заслінки

Регулювання температури охолоджувальної рідини дає можливість привести її у відповідність с режимами роботи двигуна. Регулювання температури здійснюється за даними вхідних параметрів (рис. 5.64):

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

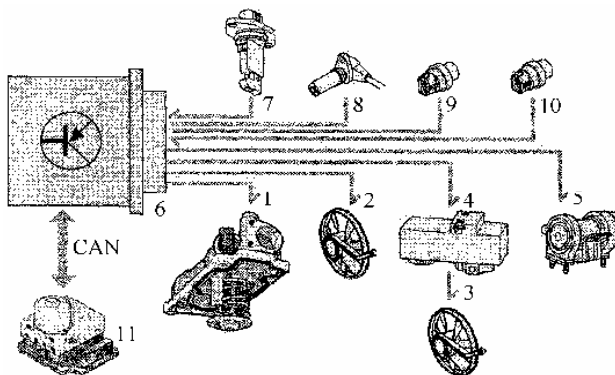


Рис. 5.64. Компоненти регулювання температури охолоджувальної рідини двигуна:

1 – термостат регулювання системи охолодження згідно з багатопараметровою характеристикою; 2 – основний вентилятор системи охолодження; 3 – додатковий вентилятор системи охолодження; 4 – блок керування додатковим вентилятором системи охолодження; 5 – насос охолоджувальної рідини; 6 – блок керування двигуном; 7 – датчик масової витрати повітря; 8 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 9 – датчик температури охолоджувальної рідини на виході з двигуна; 10 – датчик температури охолоджувальної рідини на виході з радіатора; 11 – сигнал швидкості автомобіля, що надходить від блока керування (АБС) (J104)

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

даткового вентилятора здійснює окремий блок керування.

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

Керування дросельною заслінкою здійснюється за даними основних вхідних сигналів з модуля педалі акселератора (рис. 5.65) та додаткових сигналів блока керування (6):

- сигнали з системи регулювання швидкості;
- сигнали з системи кондиціонування;
- сигнали з системи регулювання складу суміші;
- сигнали з автоматичної трансмісії;
- сигнали з АБС;
- сигнали з підсилювача керма;
- сигнали з генератора.

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

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

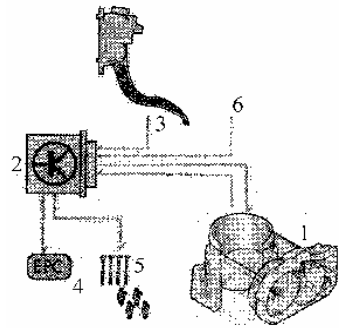


Рис. 5.65. Керування дросельною заслінкою:

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

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

Контрольні запитання

1. Які етапи розвитку паливних систем автомобіля?
2. Який склад компонентів мають мехатронні системи керування паливподачею?
3. Як вибирають алгоритми керування паливподачею?
4. Назвіть компоненти електронної системи розподіленого впорскування пального.
5. Як здійснюється керування основним впорскуванням, тривалістю, обсягом впорскування?
6. Як здійснюється коригування впорскування робочої суміші?
7. З якою метою здійснюється попереднє впорскування пального?
8. Назвіть компоненти електронної системи керування подачею пального дизельного двигуна.
9. Який склад модулів програмного забезпечення мікропроцесорної системи керування дизелем?
10. Який існує зв'язок електронної системи керування двигуном з іншими системами автомобіля?

11. Наведіть загальну функціональну систему керування двигуном.
12. Які основні компоненти системи подачі пального до форсунок?
13. Як здійснюється керування клапанами форсунок?
14. Який склад компонентів має акумуляторна система дизельного двигуна?
15. Як здійснюється сумішоутворення та розпилення пального у двигунах з безпосереднім впорскуванням пального?
16. Які режими роботи двигуна можуть визначати сумішоутворення?
17. Як здійснюється керування у системах з електромагнітними та електрогідравлічними форсунками?
18. Назвіть цикли роботи форсунки (робочі такти).
19. Як управляються системи з п'єзоелектричними форсунками?
20. За даними яких вхідних параметрів здійснюється регулювання температури охолоджувальної рідини двигуна?
21. За даними яких основних вхідних та додаткових сигналів здійснюється керування дросельною заслінкою?

6. МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ АВТОМОБІЛЯ

6.1. Розвиток конструкції підвісок

Від конструктивних характеристик і технічного стану підвіски залежить багато техніко-експлуатаційних властивостей автомобіля: розгін, гальмування, плавність ходу, середні швидкості, паливна економічність, керованість, стійкість, прохідність, а також продуктивність, безпека, втомлюваність водія та пасажирів, довговічність агрегатів і т. п. І чим гірші дорожні умови, тим досконалішими повинні бути підвіски.

Для досягнення заданих характеристик підвіски на автомобілях в залежності від їх класу та призначення застосовуються різні типи підвісок (рис. 6.1). Різний рівень поєднання складових елементів конструкції підвісок та напрямних механізмів дають зовсім різні їх експлуатаційні характеристики.

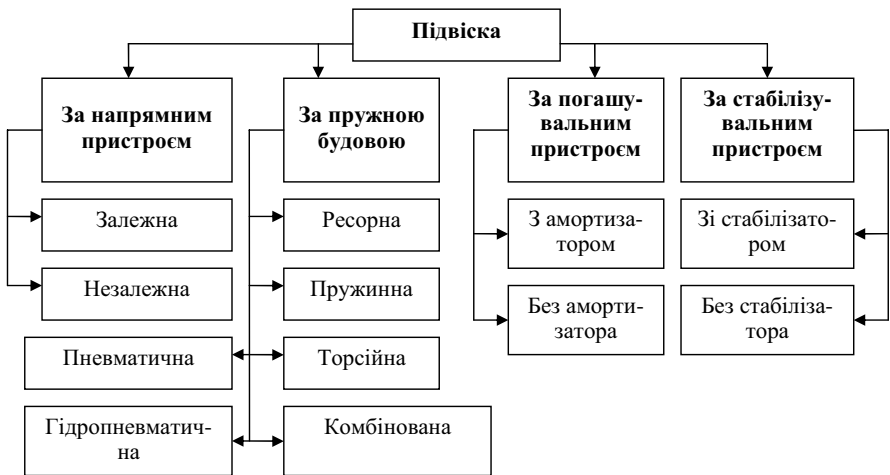


Рис. 6.1. Типи підвісок, класифіковані за різними ознаками

Підвіска розділяє усі маси автомобіля на дві частини – підресорені та не-підресорені. Підресорені частини (кузов, рама та закріплені на них механізми) спираються на підвіску. Непідресорені мости, колеса, гальмові механізми спираються на дорогу.

Мехатронізація конструктивних рішень підвіски автомобіля має тривалу еволюцію. Спочатку це листові ресори, торсіони, звиті пружини; потім гідравлічні, пневматичні, гідропневматичні, гумові, подушки та різні їх поєднання в амортизаторах. У якості пружних елементів використовуються сталі, еластомери, а як робоче тіло – рідини, повітря або газ, тобто будь-які віброізолювальні гідропневматичні пристрої з поршневими або мембранними акумуляторами, що допускають модуляцію відновлювальної сили.

Ефективність різних принципів керування підресорюванням вирішувалася розробкою різних типів підвісок: пасивних, яким енергія не потрібна; напів-активних з малим споживанням енергії; активних – з середнім і високим спо-

живанням енергії.

Сучасна підвіска повинна задовольняти суперечливим вимогам щодо плавності ходу, керованості, комфортабельності та стійкості руху автомобіля. Ці вимоги задовольняються з допомогою мехатронних компонентів електронних систем програмного керування підвіскою. Підвіска сучасного автомобіля має забезпечувати збереженість вантажу, комфорт і безпеку на режимах руху: розгін, гальмування, проходження поворотів і низка інших умов експлуатації автомобіля.

Залежно від умов експлуатації в роботі підвіски можна виділити складові зміни режимів роботи амортизатора як демпфера і віброізолятора (демпфування коливальних). Зміна режимів відбувається як надзвичайно швидко, так і поступово. Частка кожної складової роботи підвіски залежить від умов експлуатації. Мехатронні системи дають можливість закладати алгоритми різноманітних умов руху автомобіля, управляти роботою підвіски у заданому режимі роботи амортизатора, який забезпечує постійний контакт коліс з дорогою. Тільки мехатронна система може контролювати ці режими роботи підвіски, що дає можливість урахувати вплив стану дороги на технічний стан автомобіля.

На сьогодні відомі активні віброзахисні системи з електрогідравлічним, електропневматичним або електродинамічним принципом керування, а також перетворювачі енергії, що використовують принцип зміни гідравлічного опору рідини під впливом електромагнітного поля, так звані електрофлюїдні або магнітореологічні рідини. Можливе і комбіноване мехатронне поєднання з використанням перерахованих матеріалів і пристроїв стабілізації поперечної стійкості автомобіля.

Рівень мехатронності сучасних підвісок залежить від синергетичної комбінації енергетичних зв'язків з гідравлічними, пневматичними або гідропневматичними частинами, електромеханічним, електронним та програмним керуванням кожним амортизатором з допомогою шини CAN.

6.2. Елементи підвісок

Елементами підвісок можуть бути ресори, торсіони, пневматичні, гідропневматичні, гумові подушки, але найчастіше це звиті пружини (рис. 6.2).

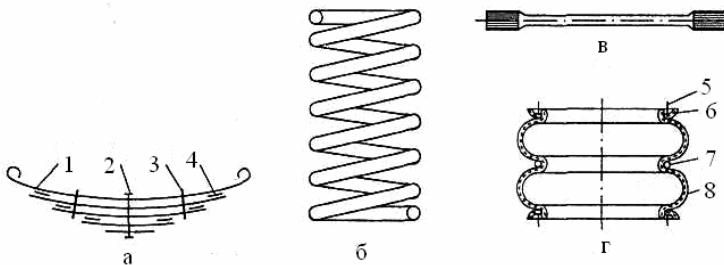


Рис. 6.2. Пружні пристрої підвіски:

а – ресора; б – пружина, в – торсіон; г – пневмобалон; 1 – корінний лист; 2, 5 – болти; 3 – хомут; 4 – прокладка; 6, 7 – кільця; 8 – оболонка

Такі окремо взяті елементи є некерованими або слабо керованими (рис. 6.3). Конструктивне об'єднання їх з гідравлічними або/і пневматичними системами значно підвищує керованість підвіскою. Але максимальна керованість підвіскою досягається при мехатронному об'єднанні механічних (гідравлічних і пневматичних), електричних та електронних систем з програмним керуванням.

Погашувальний пристрій підвіски зменшує коливання кузова та коліс автомобіля, що виникають під час руху нерівностями дороги, і приводить до їх затухання. Погашувальний пристрій перетворює механічну енергію коливань у теплову з наступним розсіюванням цієї енергії у довколишнє середовище. Завдання погашувального пристрою (віброізолятора) полягає в тому, щоб швидко і м'яко погасити коливання.

Відповідно до пружного пристрою підвіски називаються ресорними, пружинними, торсійними та пневматичними (рис. 6.2).

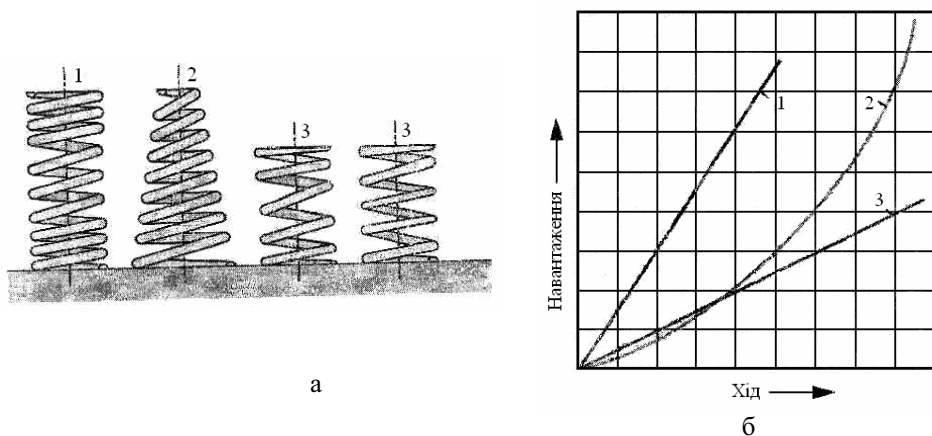


Рис. 6.3. Види пружин (а) та їх характеристики (б):
1 – лінійна жорстка; 2 – прогресивна; 3 – лінійна м'яка

Ресорні підвіски у якості пружного пристрою мають листові ресори (рис. 6.2, а).

Ресора складається із зібраних разом окремих листів вигнутої форми. Сталеві листи мають звичайно прямокутний переріз, однакову ширину та різну довжину. Кривизна листів неоднакова і залежить від їх довжини. Вона збільшується зі зменшенням довжини листів, що необхідно для щільного прилягання їх один до одного у складеній ресорі.

Основною перевагою листових ресор є їх здатність виконувати одночасно функції пружного, напрямного, погашувального та стабілізуючого пристрою підвіски.

Листові ресори отримали найбільше застосування у залежних підвісках. Звичайно їх розташовують уздовж автомобіля. Установлюються на автомобілях підвищеної прохідності.

Пружинні підвіски у якості пружного пристрою мають спіральні (звиті) циліндричні пружини (рис. 6.2, б). Пружини підвіски виготовляють із сталевих

го прутка круглого перерізу. Пружинна підвіска дещо складніша за ресорну, але при цьому більш компактна та відрізняється м'яким ходом, дає можливість знизити внутрішню тертя в пружних елементах. Установлюється на легкових автомобілях підвищеної комфортності та на деяких видах легких і середніх позашляховиків таких, як УАЗ-315195 Hunter, Land Rover Discovery, Toyota Land Cruiser.

У підвісці звиті пружини сприймають тільки вертикальні навантаження і не можуть передавати поздовжні та поперечні зусилля і їх моменти від коліс на раму та кузов автомобіля. Тому при їх установці потрібно застосовувати напрямні пристрої. При використанні звитих пружин також необхідні погашувальні пристрої, так як у пружинах відсутнє тертя. Порівняно з листовими ресорами спіральні пружини мають меншу масу, більш довговічні, прості у виготовленні та не потребують технічного обслуговування.

Спіральні пружини як основний пружний елемент застосовуються головним чином у незалежних підвісках і значно рідше у залежних. Їх звичайно встановлюють вертикально на нижні важелі підвіски.

Торсійні підвіски у якості пружного пристрою мають торсіони (рис. 6.2, в).

Торсіон – це сталевий пружний стрижень, що працює на скручування. Він може бути суцільним круглого перерізу, а також складеним – з круглих стрижнів або прямокутних пластин.

Торсіони, як і пружини, потребують застосування напрямних і погашувальних пристроїв. Порівняно з листовими ресорами торсіони мають ті самі переваги, що й спіральні пружини. Однак порівняно зі спіральними пружинами торсіони менше довговічні. Торсіони найбільш розповсюджені у незалежних підвісках. Їх розташовують уздовж або поперек автомобіля.

Гумові пружні елементи широко застосовуються в підвісках сучасних автомобілів у вигляді додаткових пружних пристроїв, які називаються обмежувачами або буферами. Часто всередину буферів вулканізують металеву арматуру, яка підвищує їх довговічність і служить для кріплення буферів.

Буфера поділяються на буфери стискування та віддачі. Перші обмежують хід коліс вгору, а другі – вниз. При цьому буфери стискування обмежують деформацію пружного пристрою підвіски і збільшують його жорсткість. Буфери стискування та віддачі разом застосовують звичайно у незалежних підвісках. У залежних підвісках використовують головним чином буфери стискування.

Пневматичні підвіски у якості пружного пристрою мають пневматичні балони різної форми. Пружні властивості в таких підвісках забезпечуються за рахунок стискування повітря (газу). Найбільше застосування у пневматичних підвісках отримали подвійні (двосекційні) круглі балони (рис. 6.2, г).

Для швидкого погашення коливань у підвісці крім пружних елементів передбачені гідравлічні амортизатори із вбудованим віброізолятором або без нього.

Віброізолятори коливань існують у різних виконаннях, але їх функції та основні принципи дії однакові. В автомобілебудуванні переважно використовуються комбіновані підвіски з віброізоляторами, зроблені у вигляді телескопічного амортизатора.

У телескопічних амортизаторах демпфувальне зусилля створюється опором потоку рідини, який протікає через отвір під час руху поршня. Чим більше демпфувальне зусилля, тим швидше демпфуються коливання кузова, але також більшим стає удар від демпфувального ефекту, оскільки більшим стає зусилля демпфування (рис. 6.4). Демпфувальне зусилля також змінюється зі швидкістю поршня.

Гідравлічні амортизатори погашають коливання кузова і коліс автомобіля в результаті створюваного ними опору (рідинного тертя) перетіканню рідини через керовані електромеханічні клапани та калібровані отвори.

Підвіски з перерахованими слабо регульованими елементами не задовольняють сучасним вимогам:

- забезпечення оптимального положення колеса відносно дороги;
- поєднання вертикальних і кутових жорсткостей усєї системи, що дає можливість правильно розподілити навантаження між колесами на всіх режимах руху;
- зменшувати динамічні навантаження, що діють на автомобіль, пасажирів і вантажі;
- передавати сили і моменти, які виникають від зовнішніх впливів, як на колеса, так і на кузов;
- погашати вертикальні та їм супутні коливання коліс, вертикальні та кутові коливання кузова автомобіля.

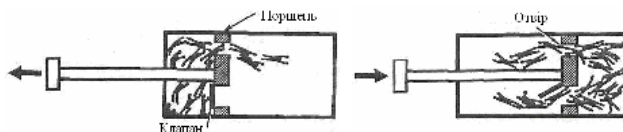


Рис. 6.4. Схема демпфувального зусилля, створюваного опором потоку рідини, який проходить через отвір під час руху поршня

6.3. Гідравлічні, пневматичні та газонаповнені мехатронні пристрої керованих підвісок

Існує кілька типів гідравлічних і пневматичних амортизаторів, які розрізняються в завлежності від того, як змінюється демпфувальне зусилля підвіски (рис. 6.5):

- а) амортизатор, демпфувальне зусилля якого пропорційне швидкості поршня (рис. 6.5, а);
- б) амортизатор з двома рівнями характеристик демпфувального зусилля відносно швидкості поршня (рис. 6.5, б);
- в) амортизатор, у якому демпфувальне зусилля змінюється згідно з характером руху (високий (жорстке), середній (спортивне), низький (м'яке) (рис. 6.5, в).

На більшості автомобілів застосовуються системи підвіски з демпфувальним коливанням типу «а» і «б». Системи типу «в» застосовуються на автомобілях з електронно-модульованою підвіскою (наприклад, Toyota, Phaeton). Швидкість поршня змінюється згідно з дорожніми умовами, у яких рухається автомобіль. Звичайно швидкість поршня (м/с) знаходиться в межах від 0,08 на дорозі з хорошим покриттям; до 0,80-1,00 на дорозі з поганим

покриттям.

На автомобілях у передніх і задніх підвісках застосовуються гідравлічні амортизатори телескопічного типу (рис. 6.6), які забезпечують демпферування коливань (віброізоляцію) за рахунок гідравлічного опору.

Конструкція гідравлічних і газонаповнених амортизаторів показана на рис. 6.7, 6.8, 6.9.

Дія вказаних амортизаторів описана у багатьох роботах, тому тут цьому увагу не приділено.

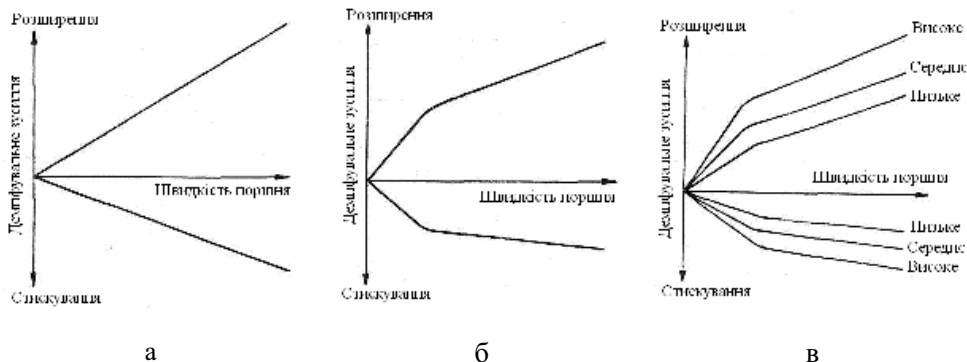


Рис. 6.5. Типи амортизаторів

Гідравлічні амортизатори за конструкцією аналогічні поршневим насосам. Відмінність полягає в тому, що віброізолювальна рідина (масло) перекачується тільки всередині амортизатора з однієї камери в другу по замкнутому колу циркуляції. При цьому амортизатори працюють із тиском 3,0-7,5 МПа, швидкості перетікання рідини складають 20-30 м/с і під час роботи можуть нагріватися до 160 °С і більше.

Амортизатори підвищують безпеку руху автомобіля, тому що попереджують відрив коліс від поверхні дороги й забезпечують їх постійний контакт з дорогою.

Двотрубні амортизатори мають робочий циліндр і резервуар, а однотрубні – тільки робочий циліндр. У двотрубних амортизаторах рідина та повітря стикаються між собою, а внутрішній тиск повітря складає 0,08-0,1 МПа.

В однотрубних амортизаторах рідина і газ розділені й не стикаються між собою.

У амортизаторах низького тиску внутрішній тиск газу досягає 0,1 МПа або дещо більше, а у амортизаторах високого тиску – 1,0 МПа і вище. Одно-



Рис. 6.6. Типи гідравлічних амортизаторів, класифікованих за різними ознаками

трубні амортизатори високого тиску називаються газонаповненими.

Однотрубні газонаповнені амортизатори порівняно з двотрубними краще охолоджуються, мають менший робочий тиск, простіші за конструкцією, легші за масою, надійніші в роботі й можуть установлюватися на автомобілі у будь-якому положенні – від горизонтального до вертикального. Однак вони мають більшу довжину і вартість та вимагають високої точності виготовлення й ущільнень.

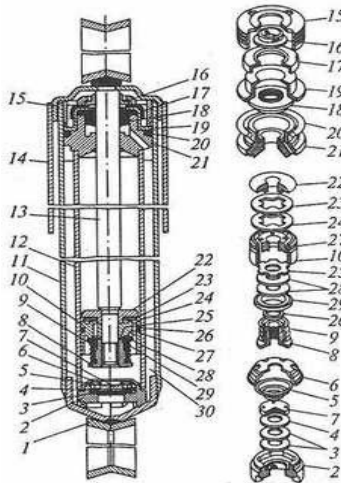


Рис. 6.7. Гідралічний амортизатор:

1 – вушко; 2 – днище; 3, 4, 25, 28 – диски; 5, 9, 23 – пружини; 6, 19 – обойми; 7, 22 – тарілки; 8, 15 – гайки; 10 – поршень; 11 – резервуар; 12 – циліндр; 13 – шток; 14 – кожух; 16, 27 – кільця; 17, 18, 20 – ущільнювачі; 21 – втулка; 24, 29 – клапани; 26 – шайба; 30 – камера

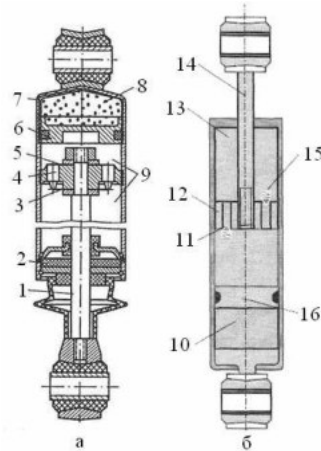


Рис. 6.8. Конструкція газонаповненого амортизатора (а) і схема газонаповненого амортизатора автомобіля Phaeton (б):

1 – шток; 2 – ущільнення; 3, 5 – клапани; 4, 6 – поршні; 7 – циліндр; 8 – компенсаційна камера; 9 – порожнина віброізолювальної рідини; 10 – газова порожнина; 11 – клапан віддачі; 12 – поршень з клапанами; 13 – порожнина, заповнена робочою рідиною; 14 – шток поршня з клапанами; 15 – клапан стискування; 16 – роздільний поршень

На рис. 6.7 представлений гідралічний телескопічний амортизатор автомобіля, двотрубний, низького тиску, двосторонньої дії. Він погашає коливання кузова і коліс як під час ходу стискування (колеса і кузов зближуються), так і під час ходу віддачі (колеса і кузов розходяться).

На рис. 6.8 показаний газонаповнений амортизатор автомобіля, однотрубний, високого тиску. Газ і рідина розділені поршнем, що плаває. В амортизаторів цього типу робоча і компенсаційна порожнини розташовані в одному спільному циліндрі. Зміни об'єму робочої рідини в результаті її температурного розширення та витіснення штоком поршня компенсуються за рахунок об'єму газової порожнини. Газ у цій порожнині знаходиться під тиском від 2,5 до 3,0 МПа. У поршні амортизатора встановлені дроселювальні клапани ходу стискування та віддачі.

Гідралічні амортизатори демпфують м'якіше, так як у них дві системи клапанів на відміну від однотрубних газових, у яких тільки одна, розташована

на штоці, крім того, газ у них під більш низьким тиском. Разом з цим, вони максимально інертні, повільно реагують на переміщення колеса, особливо при низькочастотних коливаннях невеликої амплітуди. Чим вищий тиск газу, що підпирає масло, тим вища «швидкість реакції амортизатора». В амортизаторах високого тиску масло і газ розташовані послідовно в одному циліндрі і розділені клапаном, що плаває. Газ (пересічно це азот) знаходиться під тиском приблизно 2,5 МПа. Таким чином, клапан штока знаходиться увесь час у «підтисненому, підпружиненому» стані і значно швидше реагує на вибоїни та ямки на дорозі.

Телескопічний стаяк передньої підвіски легкового автомобіля (рис. 6.9) одночасно виконує функції переднього амортизатора.

Під час ходу віддачі рідина потрапляє під поршень з простору над ним через клапан віддачі, а з компенсаційної камери – через клапан стискування. При плавній віддачі рідина проходить через пази дросельного диска 28 клапана віддачі, який знаходиться у закритому стані. Під час різкої віддачі клапан віддачі відкривається, і рідина проходить через нього.

Обмеження ходу віддачі (ходу колеса вниз) здійснює гідравлічний буфер віддачі.

Гідропневматична підвіска.

Гідропневматична підвіска – це гібридна система, яка дає можливість зменшити її габарити порівняно з пружинною, що суттєво спрощує компоновку підвіски. Принцип дії такої системи ґрунтується на тому, що газ може стискатися, а рідина – ні (з використовуваними тисками). Пружинним елементом гідропневматичної підвіски є газ, звичайно, це азот, а його тиск регулюється зміною рівня рідини з допомогою гідронасоса.

Регулювання тиску з допомогою гідронасоса здійснюється значно швидше й ефективніше, ніж у пневмопідвіски. Роботу гідропневматичної підвіски забезпечує гідравлічна система автомобіля, яка також об'єднує роботу гальмівної системи та рульового керування. У гідравлічну систему входять бак для зберігання спеціальної рідини, насос і гідроаккумулятор.

Пневматична підвіска. Достоїнствами пневматичної підвіски (рис. 6.10) є:

- пневмоелементи мають більшу енергоємність в основному робочому діапазоні та у разі великих прогинань, а, значить, забезпечують зниження амплі-

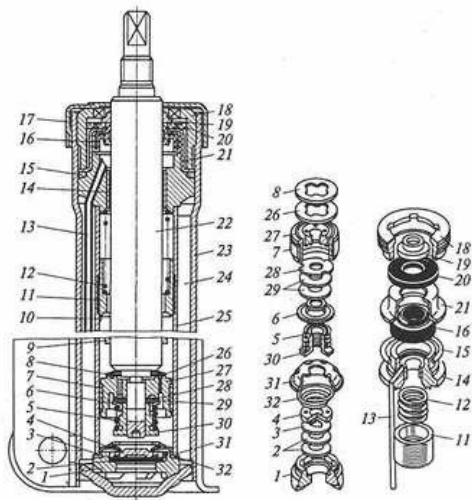


Рис. 6.9. Телескопічний стаяк підвіски:

- 1 – корпус клапана; 2, 3, 28, 29 – диски; 4, 6, 26 – тарілки; 5, 8, 12, 32 – пружини; 7, 19 – кільця; 9, 14 – втулки; 10 – виступ; 11 – плунжер; 13 – трубка; 15, 16, 20 – ущільнювачі; 17 – опора; 18, 30 – гайки; 21, 31 – обойми; 22 – шток; 23 – корпус стаяка; 24 – камера; 25 – циліндр; 27 – поршень

літуди коливань, зменшення кількості енергії, яку поглинають віброізолятори, спрощують регулювання. При цьому в підвісках зі сталевими пружними елементами прогресивна характеристика досягається лише за рахунок значного ускладнення конструкції;

- легкість автоматичного регулювання жорсткості та динамічного ходу підвіски згідно з умовами навантаження, що дає можливість отримати більшу плавність ходу та покращити інші експлуатаційні якості – при однакових розмірах пружного елемента підвіски дає можливість мати високий ступінь уніфікації для автомобілів різної вантажопідйомності зі значною різницею у величині підресорених мас;

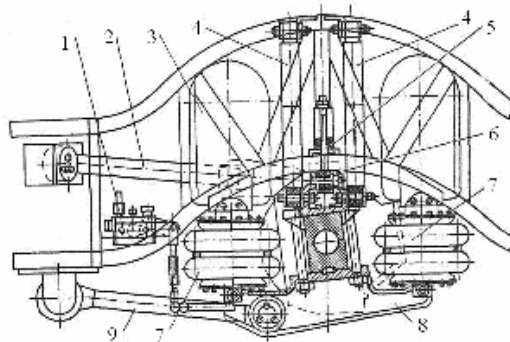


Рис. 6.10. Задня підвіска автобуса:

1 – регулятор; 2, 9 – штанги; 3 – резервуар; 4 – амортизатор; 5, 6 – буфери; 7 – балон; 8 – кронштейн

- пневмоелементи мають дуже високу довговічність, недосягну для сталевих пружних елементів. Наприклад, балони автобусів GMC мають ресурс до 1 млн. км;

- постійне положення кузова полегшує забезпечення правильної кінематики підвіски і рульового привода, знижується центр ваги автомобіля і, таким чином, підвищується його стійкість. З будь-яким навантаженням забезпечується правильне положення фар, що підвищує безпеку руху в нічний час;

- для покращення стійкості автомобіля при гальмуванні на пневмопідвіску часто покладається ще одна функція: точно регулювати гальмівні зусилля на колесах в залежності від зміни навантаження на них. Практично пневмопідвіска робить це точніше, ніж механічні системи регулювання гальмівного тиску й не має недоліку електронних систем, які допускають збої в роботі в умовах підвищеної вологості. Нарешті, завдяки їй, збільшується термін служби автомобіля в цілому.

6.4. Гідромеханічні та пневмомеханічні вузли керованих підвісок

Керування амортизатором полягає у зміні опору перетіканню рідини у ньому шляхом зміни в'язкості рідини або діаметрів жиклерів, хоча виконується частіше з допомогою електроклапанів соленоїда, а в деяких випадках електродвигуном соленоїда. Найбільш типовими функціями амортизатора є протидія осіданню автомобіля при різких прискореннях і перемиканнях передач,

«пiрнанню» при рiзкому гальмуваннi, крену при рiзких поворотах тощо.

В мехатронних системах пiдвiски може бути до 20 датчикiв, якi дозволяють управляти станом окремих елементiв системи пiдвiски, наприклад, положенням колiс вiдносно кузова; виконавчими механiзмами, наприклад, клапанами з електромагнiтним керуванням, вiдбувається за допомогою бортової ЕОМ (мiкропроцесора) вiдповiдно до програми, а також з урахуванням команди водiя.

Регулювання пiдвiски полягає у змiнi її характеристик i параметрiв при змiнi ваги вантажу, що перевозиться, чи дорожнiх умов (системи вирiвнювання навантаження). Воно здiйснюється в пневматичних i гiдропневматичних пiдвiсках у комбiнацiях з пружинними елементами (вiброiзоляторами), де застосовують автоматичнi регулятори положення кузова i регулятори жорсткостi пiдвiски.

Використання нежорстких пружин приводить до збiльшення стиску пiдвiски автомобiля пiд навантаженням. Для того, щоб зберегти висоту кузова автомобiля на прийнятному рiвнi, використовуються допомiжнi пневматичнi або гiдропневматичнi пружиннi елементи (рис. 6.11, 6.12, 6.13). У цих пiдвiсках частково поєднуються якостi амортизатора як демпфера (вiброiзолятора).

Система також може мати електроннi блоки керування вирiвнюванням навантаженнями, що дiють на соленоiднi клапани.

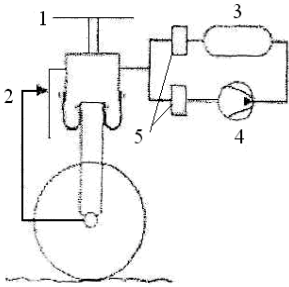


Рис. 6.11. Схема роботи пневмопiдвiски:

1 – кузов автомобiля; 2 – датчик перемiщення; 3 – ресивер; 4 – компресор; 5 – соленоiдний клапан

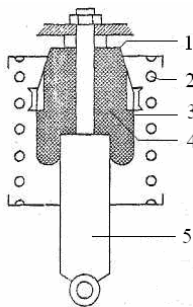


Рис. 6.12. Пневмопiдвiска з вирiвнюванням навантаження (частково навантажена система):

1 – повітряний штуцер; 2 – сталевая пружина; 3 – додаткова пневмопружина; 4 – газова камера; 5 – амортизатор

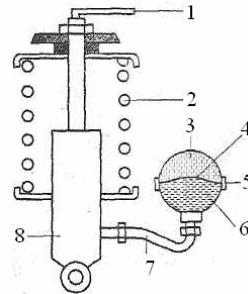


Рис. 6.13. Гiдропневматична система вирiвнювання навантаження (частково навантажена система):

1 – подача рiдини; 2 – сталевая пружина; 3 – акумулятор; 4 – газова камера; 5 – гумова дiафрагма; 6 – рiдина; 7 – шланг; 8 – амортизатор

Безперечним достоїнством системи (схема роботи представлена на рис. 6.11) є можливість задати тиск окремо в кожному пневмобалоні, даючи можливість вирiвнювати нерiвномiрне статичне навантаження на колеса. Жорсткiсть (демпфiрування) пiдвiски регулюється змiною величини вiдкриття амортизаторних клапанiв.

Програмно-керованi мехатроннi системи пiдвiсок автоматизують цей процес. Недолiками такої конструкцiї є великi габарити i суттєва iнерцiйнiсть

роботи системи в динаміці (не дає можливості у достатній мірі реагувати на рельєф дороги).

У **повністю навантажених системах підвіски** пружна дія забезпечується за допомогою газового елемента підвіски, у якій відсутні спіральні пружини (рис. 6.14). Керованими можуть бути одна або обидві осі автомобіля.

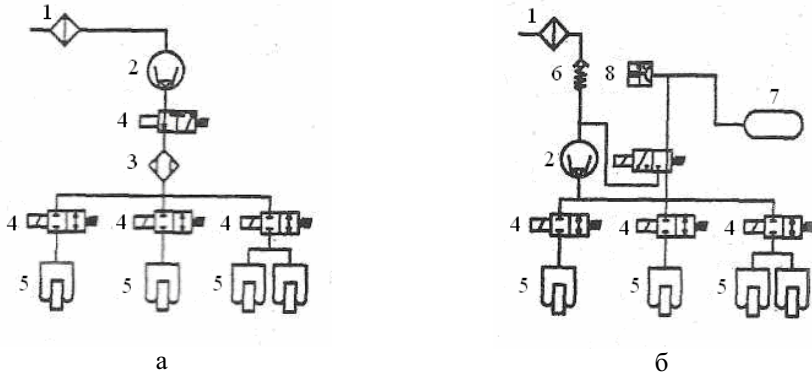


Рис.6.14. Система вирівнювання навантаження (повністю навантажена система):

а – розімкнута система; б – замкнута система; 1 – фільтр; 2 – компресор; 3 – осушувач; 4 – соленоїдний клапан; 5 – пневмоамортизатор; 6 – зворотний клапан; 7 – пневмобалон; 8 – датчик тиску

В активній підвісці (рис. 6.15) контролюються параметри як пружності, так і демпфування.

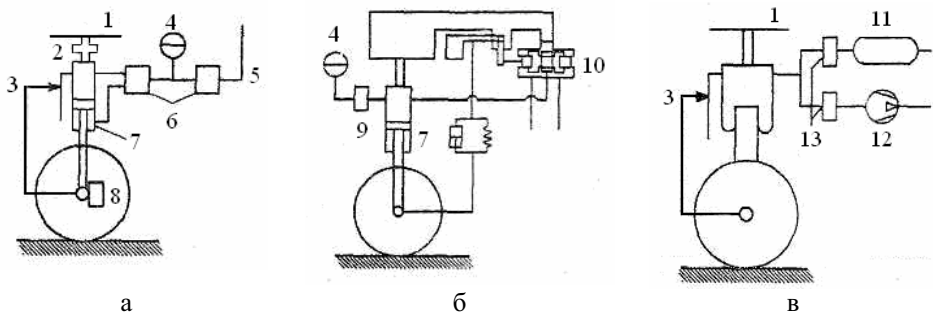


Рис. 6.15. Активна підвіска:

а – гідравлічна підвіска; б – гідропневматична підвіска; в – пневматична підвіска; 1 – кузов автомобіля; 2 – датчик навантаження на колеса; 3 – датчик переміщення; 4 – акумулятор; 5 – лінія від насоса; 6 – сервоклапан; 7 – гідравлічний циліндр; 8 – датчик прискорення; 9 – демпфер; 10 – розподільний клапан; 11 – ресивер; 12 – компресор; 13 – соленоїдний клапан

У **конструкції, що містить гідравлічний циліндр** з допомогою зовнішнього джерела генерується енергія для прискорених регулювань роботи гідравлічного циліндра, датчиками забезпечується зв'язок між циліндром і кузовом автомобіля. Датчики навантаження на колеса, переміщення і прискорення передають сигнали електронному блоку керування у межах кількох мілісекунд. Обмін даними між ними відбувається за допомогою багатofункціональної шини передачі даних CAN.

Система керування дозволяє досягти постійного навантаження на колесо з підтримкою незмінної середньої висоти автомобіля. Сталеві пружини або гідропневматичні елементи підвіски використовуються для підтримки статичного навантаження на колесо.

У **конструкції гідропневматичних підвісок** структурні коливання регулюються за допомогою розподілу потоків гідравлічної рідини у гідропневматичному контурі підвіски. З метою зменшення потреб в енергії дія системи обмежується згладжуванням нерегулярних низьких частот коливань; газовий акумулятор з'єднаний з гідроциліндром і гасить коливання більш високих частот.

У **конструкції пневматичних підвісок** рух кузова контролюється регулюванням подачі повітря до пневматичних амортизаторів. Замкнуті системи амортизаторів обмежуються керуванням низькочастотних коливань і коливань від рульового керування. Оскільки система врівноважує поперечні сили, вона допускає застосування пружин.

Підвіска з магніореологічним амортизатором, яку запропонувала компанія Audi, представлена на рис. 6.16. У деяких режимах вона може виконувати функцію віброізолятора.

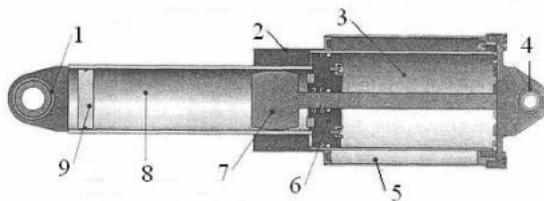


Рис. 6.16. Схема магніореологічного амортизатора Lord Corporation:

1 – нижня опора; 2 – гільза котушки електромагніта; 3 – камера стиснутого повітря; 4 – верхня опора; 5 – акумулятор стиснутого повітря; 6 – поршень камери стиснутого повітря; 7 – поршень амортизатора; 8 – магніореологічна рідина; 9 – поршень акумулятора

Компанія Audi як додаткове обладнання встановлює магніореологічні амортизатори MagneRide фірми Delphi. Напівавтоматична підвіска Audi включає однотрубні амортизатори, у яких відсутня клапанна система. Застосована розроблена спільно компаніями Lord і Delphi реологічна рідина, яка містить металеві частки, завислі у синтетичній вуглеводневій основі. Під впливом магнітного поля, що створює електромагнітна котушка у поршні амортизатора, змінюються характеристики рідини, які впливають на демпфувальні властивості. Протягом 1 мс може відбутися зміна від стану звичайної мінеральної рідини, що традиційно використовується в амортизаторах, до желеподібної суспензії, що дає можливість у реальному часі регулювати характеристики підвіски. При цьому магніореологічні амортизатори реагують на зміну дорожніх умов по крайній мірі у 5 разів швидше за звичайні амортизатори.

Напівавтоматична система включає електронний блок керування, позиційні датчики елементів підвіски, датчики бокових прискорень, кута повороту рульового колеса. Використання магніореологічних амортизаторів не вимагає яких-небудь змін у стандартній підвісці автомобіля.

Підвіски з демпфувальними елементами змінної жорсткості – це електромеханічний амортизатор, у якого жорсткість регулюється з допомогою електронної системи. До таких систем належать гідроамортизатори з маслом змінної в'язкості, амортизатори зі змінним перерізом перепускних клапанів, через які підводиться або відводиться допоміжна енергія (повітря, газу, рідини). Використання таких демпферів дає можливість реалізувати адаптивні мехатронні системи підвіски, які інтегруються у загальну систему підтримки курсової стійкості та стабілізації кузова.

Підвіска з лінійним електродвигуном – це найпрогресивніша мехатронізація елементів підвіски в розвитку систем стабілізації кузова (корпуса) автомобіля. У даному типі підвіски замість звичних амортизаторів різного типу використовуються лінійні електродвигуни, якими управляє складна електронна система, завданням якої є збереження стабільного положення кузова під час вертикального переміщення коліс. Система бере до уваги показання датчиків про зміну положення коліс відносно кузова і передає сигнал лінійним електродвигунам, які миттєво компенсують ці зміни. Колесо виявляється мовби підвішеним в електромагнітному полі, а переміщувати колесо вгору-вниз буде активний електромагніт. Це дає можливість виключити будь-які поштовхи, що передаються на кузов.

Електронне керування підвіскою забезпечує її оптимальну роботу у разі різних швидкостей і маси вантажу автомобіля.

Керування висотою кузова відносно дороги забезпечує постійність цього параметра незалежно від завантаження автомобіля. Зменшення висоти кузова під час руху з високою швидкістю приводить до зниження аеродинамічних втрат і підвищенню стійкості автомобіля на дорозі. Системи з ручним завданням висоти застосовувались і раніше на автомобілях Citroën та ін. Використання електронної системи керування автоматично забезпечує оптимальну висоту кузова над дорогою. Сигнали від датчиків висоти кузова та швидкості надходять на вхід ЕБК, вихідний сигнал з якого подається у виконавчий механізм, який звичайно представляє собою діафрагму, що переміщується під дією стиснутого повітря, яке подає насос.

Керування пружними елементами підвіски та демпфуванням амортизаторів підвищує стійкість автомобіля та перешкоджає змінам положення кузова при різких поворотах, прискореннях і гальмуваннях. З одного боку, для підвищення комфортабельності руху підвіска повинна бути м'якою, але з іншого – для кращої стійкості вона, навпаки, повинна бути достатньо жорсткою. Тому ЕБК, отримавши на вхід сигнали від датчиків швидкості, кута повороту рульового колеса, кута відкриття дросельної заслінки, а також від кінцевого перемикача педалі гальма, управляє виконавчими пристроями, які відповідно змінюють параметри пружних елементів підвіски та амортизаторів кожного колеса. Звичайно це здійснюється з допомогою електромагнітних клапанів або малогабаритних електродвигунів, які змінюють переріз отворів у пневматичних пружних елементах, змінюючи тим самим їх пружність, або в гідравлічних амортизаторах, варіюючи їх демпфування.

Гідравлічні та газонаповнені амортизатори. Керована підвіска може бути з будь-яким пружним елементом, але найпростіше її реалізувати з пнев-

матичним і гідропневматичним амортизатором. Причому останній має невеликі розміри і масу, він добре компонується на автомобілі.

У пневмопідвісці як пружний елемент використовується повітря, закачане у громіздкий пневмобалон. Це дає можливість змінювати дорожній просвіт і плавність ходу за рахунок зміни тиску в пружному елементі (рис. 6.17).

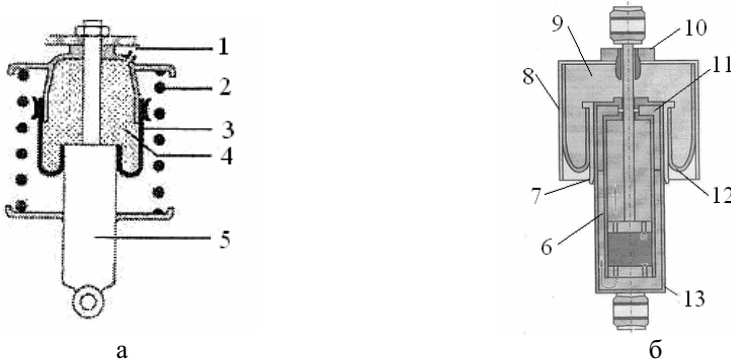


Рис. 6.17. Конструкція пневмоелемента пневматичної підвіски:

а: 1 – повітряний штуцер; 2 – сталеві пружини; 3 – пневмоелемент; 4 – газова камера; 5 – амортизатор; **б:** 6 – компенсаційна порожнина; 7 – поршень; 8 – зовнішня напрямна манжети; 9 – повітряна порожнина; 10 – верхня частина корпусу; 11 – газова порожнина амортизатора; 12 – манжета; 13 – двотрубний гідравлічний амортизатор

Слід розрізняти такі варіанти застосування пневматичних пружних елементів:

- як «частково несних»;
- як «повністю несних» пружних елементів.

Перший варіант пневматичних пружних елементів – це коли частина навантаження сприймається сталевими пружинами або ресорами.

«Повністю несні» пневматичні елементи, як, наприклад, у автомобіля Phaeton, є єдиними пружними елементами підвіски.

Пневматичний пружний елемент (рис. 6.17, б) складається з:

- корпусу із зовнішньою напрямною;
- манжети;
- поршня (який є нижньою частиною корпусу елемента);
- додаткового пневмоакумулятора (у деяких конструкціях);
- вбудованого амортизатора.

Серед переваг пневмопідвіски слід відзначити високу енергоємність в основному робочому діапазоні та при великих прогинах, що забезпечує зниження амплітуди коливань, зменшення кількості енергії, яка поглинається амортизаторами, а також спрощує регулювання. При цьому в підвісках зі сталевими пружними елементами прогресивна характеристика досягається тільки за рахунок суттєвого ускладнення конструкції. Використання пневмопідвіски забезпечує оптимальне автоматичне регулювання жорсткості та динамічного ходу підвіски відповідно до умов навантаження, що дозволяє отримати підвищену плавність ходу і поліпшити інші експлуатаційні властивості. Відомо, що постійне положення кузова полегшує забезпечення правильної кінематики

підвіски і рульового приводу.

Пневматична підвіска дозволяє підтримувати кузов автомобіля на постійному рівні, вона може також застосовуватися у комбінації з регульованими амортизаторами.

Показники роботи підвіски як жорсткість пружних елементів, інтенсивність демпфування та зміна положення кузова по висоті взаємозалежні. Розв'язати проблему розділення показників дозволяє гідропневматична система підвіски.

Принцип «жорсткого» і «м'якого» керування амортизатором використовується в активній гідропневматичній підвісці Hydractive, якою оснащений французький легковий автомобіль Citroën-ХМ (рис. 6.18). Основою підвіски Hydractive є гідропневматичний пружний елемент (рис. 6.19) на кожному колесі, апробований на автомобілях Citroën-ВХ та Citroën-СХ. Він складається з гідропневматичного балона 5, розділеного еластичною мембраною. У верхній напівсфері знаходиться газоподібний азот, а в нижній – рідина (масло ЛНМ). Циліндр 3 також заповнений рідиною, а в ньому ковзає полий поршень 2. Шток поршня з'єднаний з поперечним важелем передньої підвіски, а поздовжнім – із задньою. На ході стискування рідина під дією поршня поступає через гідроамортизатор 4 в балон і стискає газ за мембраною. Стиснений газ працює як пружина.

Підвищені їздові якості автомобіля Citroën-ХМ пояснюються роботою його підвіски у двох режимах – «м'якому» та «жорсткому». «М'який» режим забезпечує комфортабельність і зручність керування. При цьому підвіска має більшу гнучкість і помірну амортизацію.

«Жорсткий» режим покращує стійкість автомобіля та безпеку. Підвіска у цьому разі характеризується меншою гнучкістю, але краще захищає пасажирів і водія від несприятливих впливів розкачування, поштовхів і ривків на нерівній дорозі.

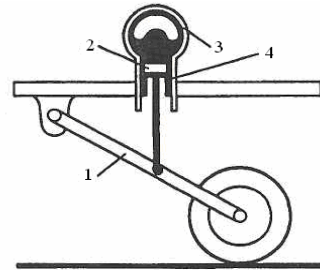


Рис. 6.18. Принципова схема гідропневматичного балона активної гідропневматичної підвіски:

1 – важіль підвіски; 2 – циліндр; 3 – гідропневматичний балон; 4 – поршень

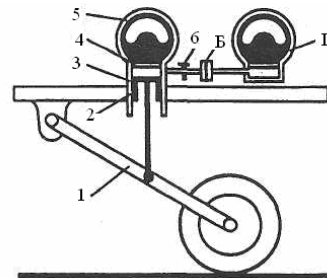


Рис. 6.19. Принципова схема гідропневматичного балона активної гідропневматичної підвіски (м'який режим):

1 – важіль підвіски; 2 – поршень; 3 – циліндр; 4 – гідроамортизатор; 5 – гідропневматичний балон; 6 – кран (відкритий); Б і Г – відповідно додатковий гідропневматичний балон і гідроамортизатор

6.5. Мехатронні системи керування підвіскою

6.5.1. Системи й елементи керування підвіскою

Система, керування підвіскою забезпечує м'яку їзду на малих швидкостях руху по прямій і жорстку їзду під час руху з високою швидкістю. Невеликі динамічні коливання навантажень на колеса досягаються з допомогою сильного демпфування коливань, малої маси вісі коліс і м'яких покришок. Узгодження підпружинювання і демпфування коливань визначається компромісом між комфортом та безпекою руху.

Якісне керування підвіскою автомобіля досягається об'єднанням механічних (гідролічних, пневматичних), електромеханічних та електронних технологій, які дають можливість з використанням численних датчиків системи безперервно оцінювати величини, що характеризують умови руху: швидкість руху, кут повороту рульового керування та дросельного клапана, вертикальне і горизонтальне прискорення корпусу й осей, переміщення пружин, навантаження на гальма. Усі дані від датчиків під час руху обробляються в електронному пристрої й порівнюються з граничними значеннями, що зберігаються в пам'яті. Електроніка забезпечує також узгодження гідролічного впливу демпферів з умовами руху, протягом мілісекунд відбувається налаштування характеристик демпфування й керування телескопічними амортизаторами: Перемикання м'якого і жорсткого демпфування відбувається протягом 20 мс. Система здійснює контроль перешкод й у разі виявлення помилок автоматично переводить амортизатори у жорстке положення безпечного руху, одночасно сигнальна лампа вказує на перешкоди.

У підвісках автомобіля (незалежні, багатоважільні) використовують стожки з амортизаторами й оригінальними пневмоподушками замість пружин. Компресор та керуюча електроніка дають можливість подавати стиснене повітря у кожен пневмостояк індивідуально і тим самим підтримувати рівень кузова незалежно від завантаженості, а також змінювати по ходу дорожній просвіт.

Автоматизовані підвіски згідно з умовами руху забезпечують зниження кутів повороту кузова відносно поздовжньої та поперечної осей шляхом поєднання адаптивного демпфування й активного керування креном. Може передбачатися збереження висоти підлоги кузова щодо рівня дороги у разі зміни навантаження й автоматичне керування жорсткістю амортизаторів. Автоматизація підвіски підвищує керуваність і стійкість руху, показники комфортабельності автомобіля.

Автоматизовані системи комплексного керування підвіскою дають можливість управляти:

- величиною дорожнього просвіту, забезпечуючи стабільність кліренсу і плавність ходу у разі зміни маси вантажу та кількості пасажирів, а також підвищуючи прохідність і безпеку руху, знижуючи опір повітря при високій швидкості руху, а значить, сприяючи покращенню економічності автомобіля;

- силами опору демпфувальних пристроїв, протидіючи розхитуванню корпусу, осіданню (кльовкам) під час різких прискорень і гальмувань, при перемиканні передач, нахилу корпусу у разі різких поворотів. Сприяють покращенню

щенню зчеплення шин з дорогою та підвищенню безпеки руху, зниженню теплової напруженості демпфувальних пристроїв;

- жорсткістю пружних елементів і кінематикою напрямного пристрою, покращуючи плавність ходу, зменшуючи коливання кузова, протидіючи нахилу у разі різких поворотів, покращуючи зчеплення шин з дорогою і підвищуючи безпеку руху;

- покращують стійкість та керованість автомобіля, сприяють скороченню гальмівного шляху.

Нерегульовані системи мають тільки одну параметричну характеристику, у той час як параметричну характеристику регульованої підвіски можна змінювати у межах заданого діапазону шляхом подачі керуючого сигналу на регульовальні компоненти системи.

Таким чином, залежно від того, який параметр регулюють, системи підресорювання із змінюваними характеристиками можна розділити на такі групи систем керування:

- дорожнім просвітом (кліренсом) і плавністю ходу;
- силами опору демпферних пристроїв;
- жорсткістю пружних елементів;
- кінематикою напрямних пристроїв;
- системи комплексного керування, у яких одночасно змінюють жорсткість пружних елементів, силу опору демпфувальних пристроїв, підтримуючи незмінний дорожній просвіт у межах, які вибирає водій.

Типова система керування (рис. 6.20) складається з електронного блока керування (контролера), шести датчиків для визначення стану автомобіля, чотирьох амортизаторів, оснащених виконавчими механізмами керування їх характеристичними параметрами, індикатора, що показує усталений режим, та перемикача (селектора) режимів роботи підвіски.

В активній підвісці з електронним керуванням контролюються параметри як пружності, так і демпфування. У такій підвісці підресорювання кожного окремого колеса здійснюється з допомогою подачі або відведення допоміжної енергії (стиснутого повітря, рідини) через електромагнітні клапани до стояків. Система для легкового автомобіля може складатися з чотирьох стояків (пневматичних, гідропневматичних), компресора, центрального ресивера, який одночасно є акумулятором, блока керування і датчиків, які інформують блок керування про швидкість руху, навантаження автомобіля та кут повороту рульового колеса. Усі елементи підвіски з'єднані між собою магістралями (пневматичними, гідравлічними). Обмін даними між ними відбувається з допомогою багатифункціональної шини електронної передачі даних CAN (Controller Area Network). Також система має функцію автоматичної активації («wake-up»), що дає можливість відкоригувати стандартне положення кузова та пружність амортизаторів ще перед початком руху.

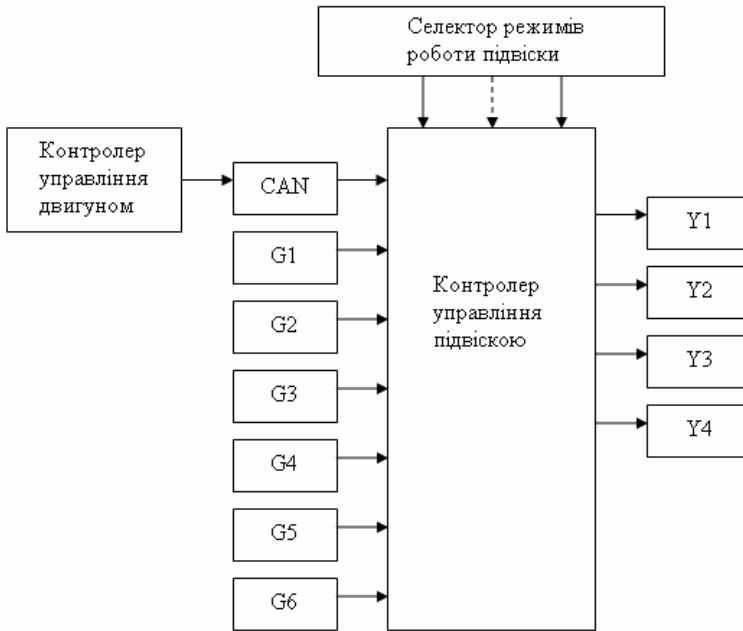


Рис. 6.20. Структурна схема системи керування підвіскою:

G1 – датчик положення кузова біля лівого переднього колеса; G2 – датчик вертикального прискорення біля лівого переднього; G3 – датчик положення кузова біля правого переднього колеса; G4 – датчик вертикального прискорення біля правого переднього колеса; G5 – датчик положення кузова біля лівого заднього колеса; G6 – датчик вертикального прискорення біля лівого заднього колеса; Y1, Y2, Y3, Y4 – електромагнітні клапани амортизаторів; CAN – шина міжсистемного обміну.

Електронна система керування підвіскою включає блок керування і датчики: переміщення коліс і кузова, швидкості руху автомобіля, кута повороту рульового колеса, гальмування, кута відкриття дросельної заслінки, вмикання запалювання; і виконавчі механізми (рис. 6.21).

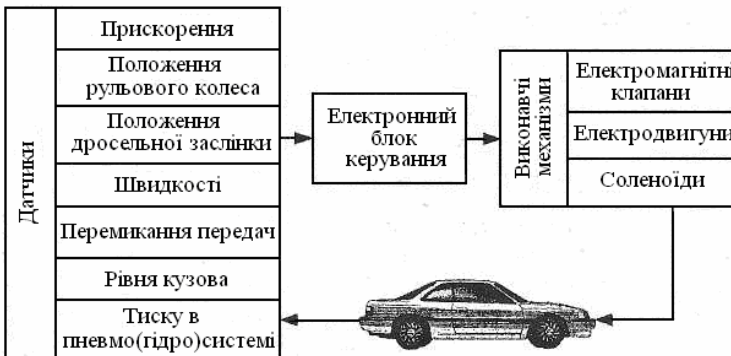


Рис. 6.21. Структурна схема електронного керування підвіскою

Як виконавчі механізми використовуються електромагнітні клапани регуляторів положення кузова і жорсткості підвіски, а також електродвигуни або соленоїди, які регулюють силу опору амортизатора, шляхом зміни діаметра перепускного отвору.

Електронний блок керування адаптивною підвіскою сучасного автомобіля отримує й обробляє такі вхідні сигнали (через шину CAN):

- від блока керування ESP;
- від блока керування двигуном;
- від блока керування трансмісією;
- від щитка приладів;
- від датчика кута повороту рульового вала;
- від перемикача комфортного і спортивного режимів;
- від вимикача регулювання рівня кузова;
- від трьох датчиків прискорення кузова автомобіля;
- від двох передніх датчиків рівня кузова;
- від одного заднього датчика рівня кузова;
- від одного датчика тиску в системі;
- напруга живлення та з'єднання на «масу».

Блок керування системою перетворює отримані від датчиків дані у вихідні сигнали для таких елементів:

- чотирьох клапанів керування рівнем кузова;
- одного головного клапана нагнітання повітря (рідини) в ресивер;
- мультифункціонального дисплея на щитку приладів;
- регулювання рівня кузова;
- компресора.

Режими керування підвіскою автомобіля. Електронний блок керування силою опору амортизаторів виконується на цифрових схемах (рис. 6.22). Усі вхідні сигнали є цифровими і надходять у мікро-ЕОМ через схеми вхідної обробки, що формують сигнали. Вихідні сигнали ЕБК подаються на виконавчі механізми керування режимами роботи амортизаторів і на індикатори, які показують рівень сили опору. Ці сигнали поступають через схеми вихідної обробки від мікро-ЕОМ.

Блок керування амортизаторами (рис. 6.20) дає можливість за частки секунди визначити оптимальне налаштування амортизаторів кожного колеса автомобіля.

Гідравлічна підвіска з електронним керуванням крім високої плавності ходу змінює ще й положення кузова залежно від швидкості руху та стану дороги, а також свою жорсткість та опір амортизаторів, має режими «Комфорт» і «Спорт», задає п'ять положень кузова і т. д. Складається вона з гідравлічних стояків типу «свічка, що хитається», гідропневматичної системи та електронної системи керування.

Гідропневматична система підвіски показана на рис. 6.23.

Система керування має електронні блоки регулювання навантаження, які діють на соленоїди клапанів (рис. 6.23, б).

Керування жорсткістю підвіски необхідне для підвищення безпеки та комфортабельності автомобіля і може бути забезпечене на пневматичних або

гідропневматичних підвісках з електронним керуванням.

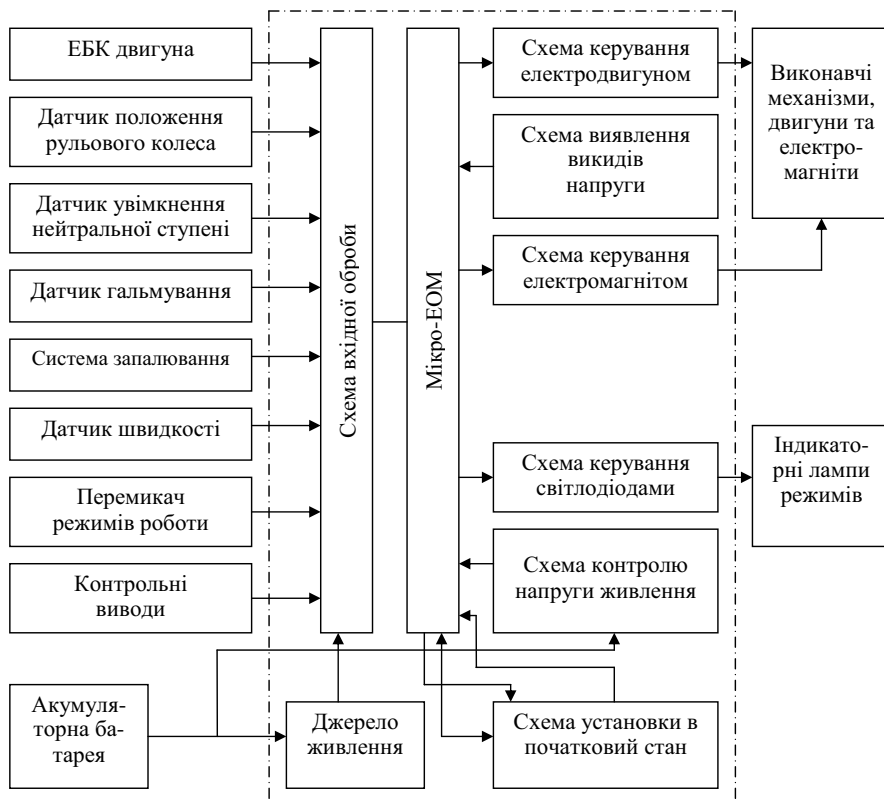


Рис. 6.22. Структурна схема ЕБК

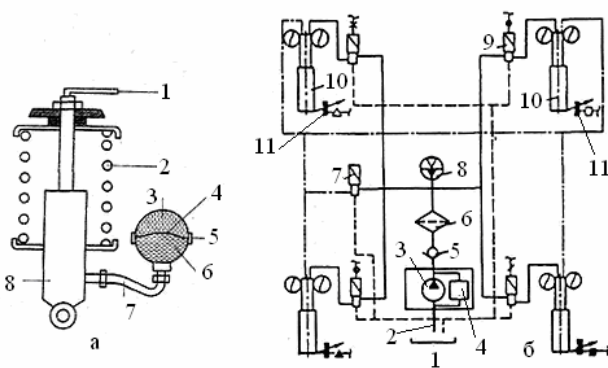


Рис. 6.23. Схеми гідравлічних систем керування підвіскою:

а – схема системи вирівнювання навантаження: 1 – подача рідини; 2 – пружина; 3 – акумулятор; 4 – газова камера; 5 – гумова діафрагма; 6 – робоча рідина; 7 – шланг; 8 – гідравлічний амортизатор; б – схема гідропневматичної підвіски з електронним управ-

лiннiям: 1 – бак; 2 – всмоктувальний трубопровiд; 3 – гiдронасос; 4 – автомат розвантаження насоса; 5 – зворотний клапан; 6 – фiльтр; 7, 9 – електрогiдрравлiчнi клапани; 8 – гiдроакумулятор; 10 – гiдропневматичний стояк типу «свiчка, що хитається»; 11 – безконтактний датчик вiдносних перемiщень колiс i кузова автомобiля (суцiльнi, штриховi та штрихпунктирнi лiнii – вiдповiдно нагiнiтальний, зливний трубопроводи i трубопровiд вiдсiкача).

На легкових автомобiлях як пружнi елементи використовуються пневмобалони рукавного типу. При малих габаритах така конструкцiя забезпечує велику деформацiю пружного елемента.

Чим менша жорсткiсть пiдвiски, тим меншi коливання кузова i тим вища комфортабельнiсть автомобiля. Для електронного керування звичайно використовується пневматична або гiдропневматична пiдвiска. Жорсткiсть таких пiдвiсок можна робити досить малою, однак це може призвести до появи поздовжнiх коливань. З цiєї причини керування жорсткiстю пiдвiски у бiльшостi випадкiв комбiнують з керуванням висотою кузова i силою опору вiброiзоляторiв. Схема керування переднiми колесами автомобiля Toyota представлена на рис. 6.24.

На рис. 6.19, 6.24-6.26 пояснюється принцип дiї активної пiдвiски Hydractive. Якщо до гiдропневматичного елемента додати ще один гiдропневматичний балон i гiдроамортизатор (рис. 6.19, 6.24), то збiльшується її гнучкiсть (бiльший об'єм газу, а значить, знижується амортизацiя (рiдина проходить через два отвори). Це - «м'який» режим роботи пiдвiски.

Пiдвiска переводиться у «жорсткий» режим в результатi вiдключення гiдроамортизатора краном (регулятор жорсткостi). При цьому зменшується її гнучкiсть (менший об'єм газу), отже, збiльшується амортизацiя (рiдина проходить через один отвір).

Електронне керування регулятором жорсткостi здiйснює мiкропроцесор 6 (рис. 6.26), який отримує iнформацiю вiд датчикiв 7 кута повороту та кутової швидкостi рульового колеса, положення педалi подачi пального, тиску в гальмивнiй системi, нахилу кузова, швидкостi автомобiля.

У пам'ять мiкропроцесора закладено низку граничних параметрiв та їх сполучень, визначених на пiдставi тривалих випробувань автомобiлiв Citroën-CX. Цi данi порiвнюють з отриманою вiд датчикiв iнформацiєю, i мiкропроцесор вибирає вiдповiдний режим пiдвiски. Причому гiдрравлiчна система вмикається негайно (час спрацьовування менший 0,05 с), випереджаючи динамiчну реакцiю автомобiля, що особливо важливо пiд час швидкої їзди звивистою дорогою. На автомобiлi Citroën-ХМ крiм звичайних двох гiдропневматичних балонiв i двох гiдроамортизаторiв кожного моста додатково встановлюються один гiдропневматичний балон i два гiдроамортизатора. Додатковий гiдропневматичний балон дає можливiсть змiнити масу газу гiдропневматичного пружного елемента кожного колеса i таким чином регулювати гнучкiсть пiдвiски моста. Два додаткових гiдроамортизатори (балони) 2 змiнюють перерiз отворiв, через якi проходить рiдина i тим самим впливають на амортизацiю.

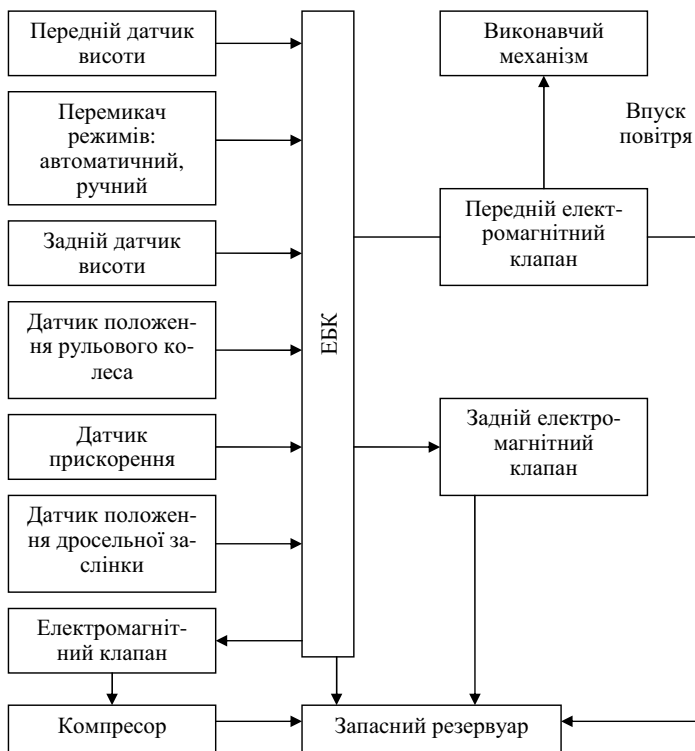


Рис. 6.24. Структурна схема керування жорсткістю підвіски автомобіля Toyota

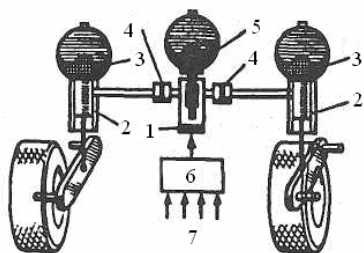


Рис. 6.25. Міст активної гідропневматичної підвіски (м'який режим):

1 – регулятор жорсткості; 2, 4 – відповідно основні та додаткові гідроамортизатори; 3, 5 – відповідно основні та додаткові гідропневматичні балони; 6 – мікропроцесор; 7 – датчики

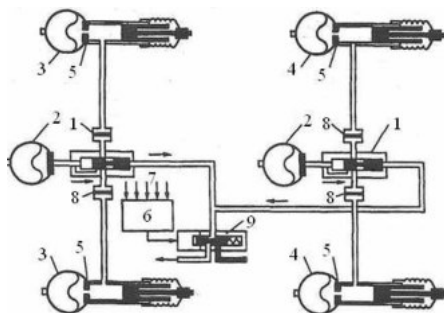


Рис. 6.26. Активна гідропневматична підвіска автомобіля Citroën-ХМ («жорсткий» режим):

1 – регулятор жорсткості; 2 – додаткові гідропневматичні балони; 3, 4 – гідропневматичні балони відповідно переднього і заднього мостів; 5, 8 – відповідно основні та додаткові гідроамортизатори; 6 – мікропроцесор; 7 – датчики; 9 – електроклапан

За командами мікропроцесора регулятор жорсткості з допомогою електроклапана 9 підключає або відключає третій гідропневматичний балон і два гідроамортизатори, вибираючи режим підвіски: «м'який» (три гідропневматичних балони, чотири гідроамортизатори) або «жорсткий» (два гідропневматичних балони, два гідроамортизатори).

«М'який» режим підвіски: при підключеному живленні електроклапан відкриває доступ до високого тиску з головного акумулятора у трубки живлення регуляторів жорсткості. При цьому тиск в робочій системі дорівнює тиску в головному акумуляторі. Золотник регуляторів жорсткості з'єднує три гідропневматичних балони 3 і 5 (рис. 6.26). Рідина циркулює від гідроциліндрів підвіски до балонів через гідроамортизатори 2 та 4 і назад.

«Жорсткий» режим підвіски (рис. 6.26): при відключеному живленні електроклапан 9 закритий, трубки живлення регуляторів жорсткості з'єднані, рідина циркулює з поверненням у бак. При цьому тиск дорівнює нулю. Золотник регуляторів жорсткості знаходиться в положенні, що перешкоджає проходженню рідини між двома основними та додатковими гідропневматичними балонами.

Робота підвіски залежить від отримуваної від датчиків інформації та переробки її мікропроцесором, який при виявленні якого-небудь відхилення (від попередньо введених даних) подає команду на перехід у «жорсткий» режим.

Датчик кута повороту та кутової швидкості рульового колеса інформує про досягнення граничних значень цих параметрів. У цей момент відбувається перехід у «жорсткий» режим. Підвіска залишається у цьому режимі доти, поки кут повороту рульового колеса не буде нижчим граничного значення. В результаті качка зменшується і уповільнюється з одного боку завдяки переходу підвіски у «жорсткий» режим, з іншого боку – припиненню сполучення елементів підвіски правого і лівого бортів.

Датчик положення педалі подачі пального реєструє час, необхідний для проходження 10% повного ходу педалі.

Датчик тиску в гальмівній системі інформує про досягнення еталонного його значення, коли відбувається перехід у «жорсткий» режим. Підвіска залишається в такому режимі у разі падіння тиску нижче заданої межі.

Датчик нахилу (коливання) кузова реєструє поворот торсійного вала. Перехід у «жорсткий» режим відбувається при досягненні певного рівня нахилу кузова.

Датчик швидкості автомобіля інформує про її значення, коли необхідно визначити дані, які використовуються при переході у «жорсткий» режим за сигналами інших датчиків, а також для забезпечення більшої чутливості до повороту рульового колеса на великій швидкості або до нахилу (коливання) кузова на невеликій швидкості руху автомобіля.

На панелі приладів розташовані перемикачі, з допомогою яких водій може вибрати одну з двох програм: SPORT або AUTOMATIC.

Під час роботи за програмою SPORT живлення (напруга) на електроклапані відсутнє. Підвіска працює у «жорсткому» режимі. Однак під час розгону для зрівнювання тиску в елементах підвіски обох мостів автоматично режим змінюється. У режимі AUTOMATIC живлення подано на електроклапан. Під-

віска працює у «м'якому» режимі. Але в залежності від інформації, яку реєструють датчики мікропроцесор видає або не видає команду на перехід у «жорсткий» режим. В результаті є можливість забезпечення комфорту більшої частини шляху і тимчасового переходу в «жорсткий» режим у разі відповідних умов (різкий поворот, гальмування, вибоїни на дорозі) для кращого керування та безпеки.

6.5.2. Керування висотою кузова

Керування висотою кузова забезпечується звичайно з допомогою пневматичних пружних елементів, що встановлюються на усіх чотирьох або тільки на двох задніх колесах (рис. 6.27).

Сигнал від датчика висоти надходить в ЕБК. Якщо поточна висота відрізняється від номінальної, ЕБК регулює тиск в пружних елементах, вмикаючи електродвигун компресора (для збільшення тиску) або соленоїд випускного клапана (для зменшення тиску). Таким чином забезпечується постійна незалежна від навантаження на підвіску висота кузова.

У якості датчика висоти можуть використовуватися фотоелементи, геркони та інші перетворювачі неелектричного показника (шляху) в електричний. Для подібної мети доцільно використовувати такі датчики, які виробляють П-подібні імпульси, а не аналогові сигнали (наприклад, резистори), тому що в останньому випадку їх все одно необхідно перетворювати в цифрові.

На рис. 6.27 такі позначення: 1 – передній правий пневматичний стояк; 2 – панель керування; 3 – задній правий пневматичний стояк з регульованим в залежності від навантаження амортизатором; 4 – задній правий датчик дорожнього просвіту; 5 – блок керування; 6 – ресивер; 7 – задній лівий датчик дорожнього просвіту; 8 – задній лівий пневматичний стояк з регульованим в залежності від навантаження амортизатором; 9 – модуль подачі повітря, що включає в себе: компресор, пневматичний випускний клапан, запірні клапани пневматичних пружних елементів; 10 – пневматичні трубопроводи; 11 – передній лівий пневматичний стояк; 12 – передній лівий датчик дорожнього просвіту; 13 – передній правий датчик дорожнього просвіту.

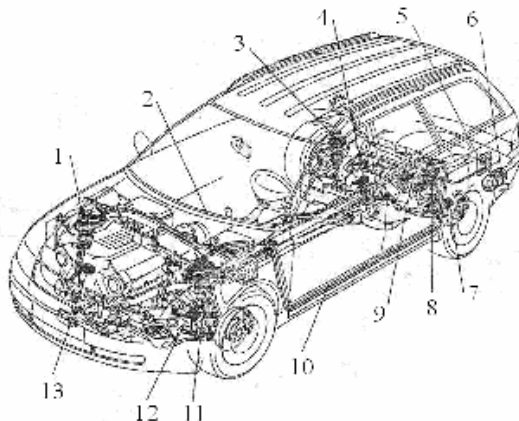


Рис. 6.27. Складові пневмопідвіски з електронним регулюванням

Показана на рис. 6.27 пневмопідвіска є повністю несною підвіскою з регулюванням рівня звичайними амортизаторами на передній осі та регульованими в залежності від навантаження амортизаторами задньої осі. Дорожній просвіт в області кожного колеса автомобіля визначається за допомогою чоти-

рью датчиків регулювання дорожнього просвіту. Пневматичний пружний елемент кожного стояка має власний запірний клапан, отже, підвіска кожного колеса регулюється індивідуально.

Система дає можливість установлювати чотири фіксованих рівні дорожнього просвіту автомобіля в діапазоні 142-208 мм. Їх установлення може здійснюватись автоматично або вручну. Крім того, у пневмопідвісці використовується ресивер, застосування якого підвищує готовність системи до роботи, зменшує шум і знижує витрати на електроживлення.

Регулювання висоти кузова автомобіля здійснює ЕБК, структурна схема якого наведена на рис. 6.28. Сигнал від датчиків висоти надходить в ЕБК. Якщо поточна висота відрізняється від номінальної, ЕБК регулює тиск у пружних елементах, вмикаючи електродвигун компресора (для збільшення тиску) або соленоїд випускного клапана (для зменшення тиску). У такий спосіб забезпечується постійна незалежна від навантаження на підвіску висота кузова.

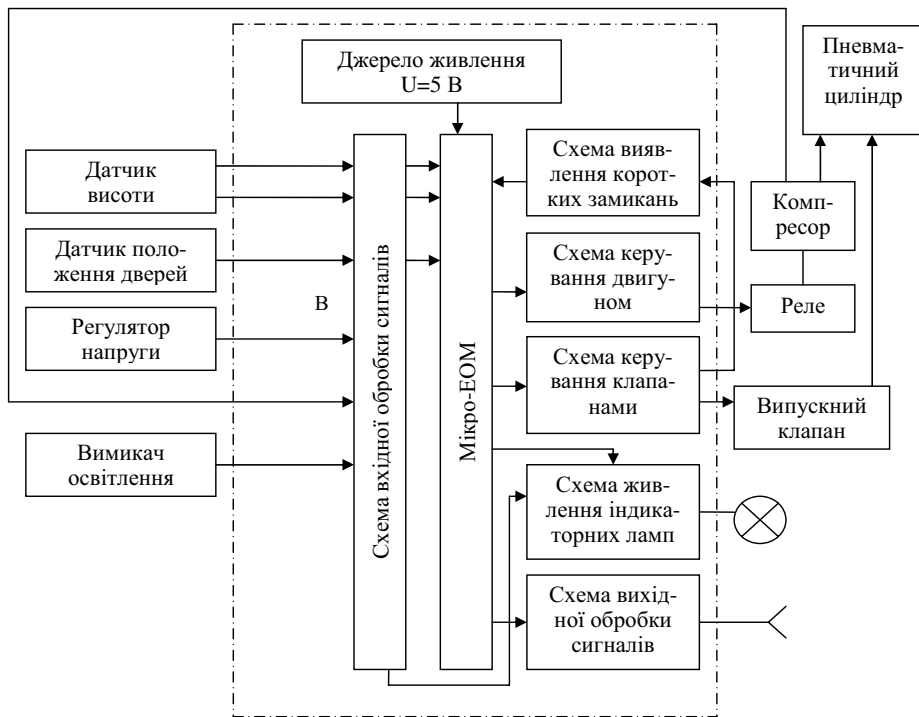


Рис. 6.28. Структурна схема електронного блока керування висотою кузова:

1 – індикаторна лампа; 2 – тестер

Якби кузов просто опускався або піднімався, то сигнал датчика, що надходить в ЕБК, був би просто перетворений в керуючий імпульс. Але під час руху автомобіля кузов коливається, тобто то опускається, то піднімається. У зв'язку з цим сигнал датчика вводиться в ЕБК через кожні кілька мілісекунд.

Електронний блок підраховує число тих чи інших станів висоти і за частотою стану (їх процентним співвідношенням) робить висновок про поточне значення висоти. Залежно від положення дверей (закриті або відкриті) ЕБК визначає, що відбувається – посадка чи рух. Під час посадки висота визначається протягом короткого інтервалу часу (2,5 с), а під час руху – за більш тривалий час (20 с). Наприклад, якщо під час руху сигнал висоти протягом 20 с перебуває в діапазоні «дуже високе положення кузова» у 80% випадків і більше, то приводиться в дію випускний клапан. Якщо ж протягом 20 с сигнал висоти виявляється в діапазоні «дуже низьке» або «низьке положення кузова» більш ніж у 10% випадків, то зниження припиняється. Підйом та опускання під час посадки забезпечуються аналогічно.

Повністю несна пневматична підвіска 4-Corner-Luftfederung (4CL) з безступінчастим регулюванням амортизаторів (CDC – Continuous Damping Control) забезпечує постійність рівня кузова автомобіля над дорожнім полотном при зміні його завантаження. Тобто автоматично підтримується дорожній провіт автомобіля, встановлений водієм і залежний від швидкості автомобіля.

Пневматична підвіска автомобіля Phaeton дає можливість підтримувати кузов автомобіля на постійному рівні, вона може також використовуватися у комбінації з регульованими амортизаторами.

Система пневматичної регульованої підвіски автомобіля Phaeton та її компоненти представлені на рис. 6.29.

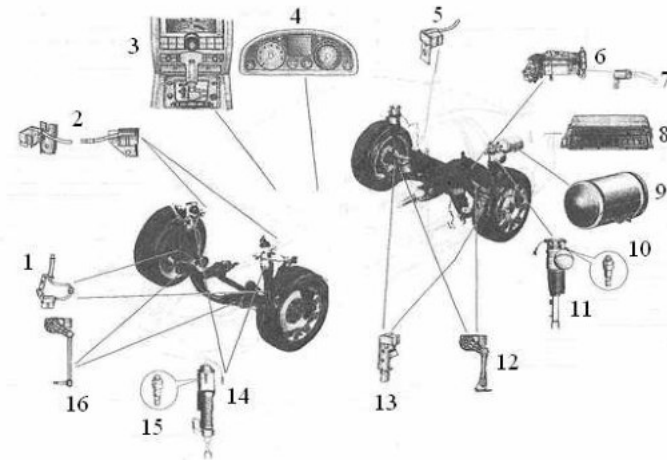


Рис. 6.29. Система автоматичного керування підвіскою та її компоненти:

1 – датчики прискорення передніх коліс; 2 – датчики прискорення кузова у зоні передніх правої та лівої колісних ніш; 3 – інформаційна панель з органами керування рівнем кузова та опором амортизаторів; 4 – комбінація приладів; 5 – датчик прискорення кузова (у багажнику); 6 – компресор з осушувачем повітря та датчиком температури і блок електромагнітних клапанів із вбудованим датчиком тиску; 7 – датчик температури компресора; 8 – блок керування рівнем кузова; 9 – ресивер; 10 – клапан остаточного тиску; 11 – задній пневматичний амортизатор; 12 – датчики рівня кузова на задній осі; 13 – датчик прискорення задніх коліс; 14 – передні пневматичні амортизатори; 15 – клапан остаточного тиску; 16 – датчики рівня кузова на передній осі

Система регулювання рівня кузова складається з [4, 33]:

- блока керування системою 4CL/CDC;
- пневматичних пружних елементів і датчиків рівня кузова на кожному колесі (Cogner);
- вбудованих у пружні елементи регульованих амортизаторів для кожного колеса;
- компресора з осушувачем повітря і датчиком температури;
- розподільного блока з чотирма електромагнітними клапанами, випускним клапаном, клапаном ресивера та вбудованим датчиком тиску;
- ресивера;
- трубопроводів від компресора до пружних елементів та до ресивера;
- датчиків прискорень кожного колеса автомобіля (з діапазоном вимірювань $\pm 1,3$ g);
- трьох датчиків прискорень кузова (з діапазоном вимірювань $\pm 1,3$ g).

Кузов автомобіля Phaeton може бути встановлений на трьох рівнях. З них два рівня (NN і HN) вибирає водій. Це:

- номінальний рівень (NN);
- підвищений на 25 мм порівняно з номінальним, рівень (HN), який використовується під час руху автомобіля поганими дорогами;
- понижений на 15 мм порівняно з номінальним, рівень (TN), який встановлюється автоматично під час руху автомобіля з великими швидкостями автострадою.

У результаті реалізації особливої стратегії регулювання виконується автоматична зміна рівня кузова в залежності від характеру руху автомобіля. При цьому установки водія відходять на другий план. При підвищенні швидкості автомобіля виконується автоматичний перехід з підвищеного рівня кузова на такий номінальний рівень, що забезпечує кращу динаміку, а у разі подальшого розгону встановлюється понижений рівень кузова. Ці регулювання виконуються незалежно від установок водія. При зниженні швидкості автомобіля до певної величини виконується автоматичний перехід з пониженого рівня кузова на номінальний.

При роботі амортизаторів у режимі «Комфорт» їх опір автоматично збільшується з підвищенням швидкості автомобіля, забезпечуючи його кращу керованість і стійкість.

Схема пневматичної підвіски з регульованими амортизаторами та зв'язки підвіски з іншими системами автомобіля, його контрольними приладами й органами керування представлена на рис. 6.30. Схема системи регулювання наведена на рис. 6.31 [4,33].

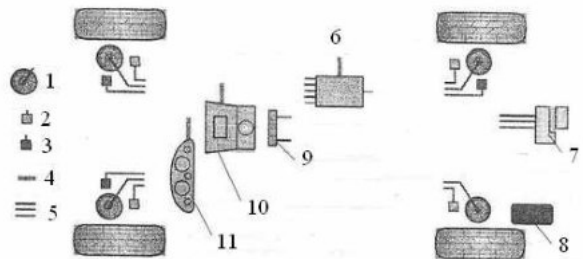


Рис. 6.30. Схема пневматичної підвіски з регульованими амортизаторами

На рис. 6.30 числами позначені: 1 – стояк підвіски з пневматичним пружним елементом і амортизатором з електричним керуванням; 2 – датчик при-

скорення колеса; 3 – датчик прискорення кузова; 4 – зв’язок через шину CAN; 5 – безпосередній зв’язок через бортову мережу; 6 – блок керування J197, вхід шини даних CAN (блок керування системою ESP, блок керування двигуном, комбінація приладів, блок керування бортовою мережею, інформаційна панель); 7 – компресор; 8 – ресивер; 9 – клавіші керування рівнем кузова; 10 – інформаційна панель; 11 – комбінація приладів.

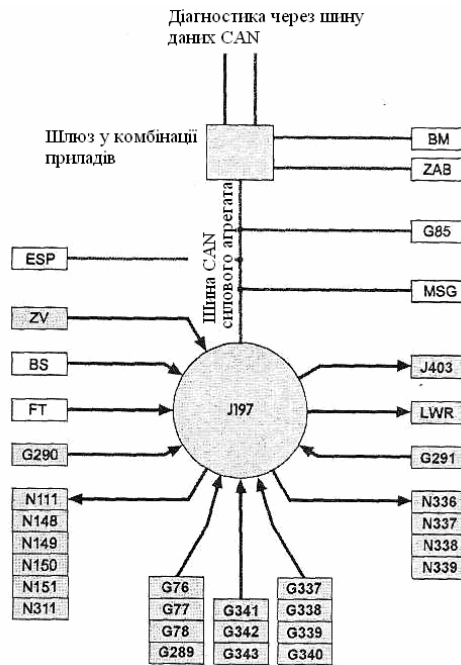


Рис. 6.31. Схема системи керування:

BM – керування живленням від батареї; BS – експлуатаційні сигнали з клем 30 і 15; ESP – електронна система курсової стабілізації; FT – вимикачі систем регулювання рівня кузова та амортизаторів; G76-G78, G289 – датчики рівня кузова; G85 – датчик кута повороту рульового колеса; G290 – датчик температури компресора пневматичної підвіски; G291 – датчик тиску в пневматичній підвісці; G337-G340 – датчики прискорень коліс; G341-G343 – датчики прискорень кузова; J197 – блок керування рівнем кузова; J403 – реле компресора пневматичної підвіски; LWR – система регулювання нахилу фар; MSG – блок керування двигуном; N111 – випускний клапан; N148-N151 – клапани пневматичних пружних елементів; N311 – клапан ресивера пневматичної підвіски; N336-N339 – клапани налаштування амортизаторів; ZAB – інформаційна панель; ZV – сигнали датчиків у дверях та крищі багажника

Керування системою та індикація. Phaeton – це перший автомобіль компанії Volkswagen з регульованою підвіскою. Передня і задня підвіски автомобіля містять регульовані несні пневматичні елементи в комбінації з безступінчасто регульованими амортизаторами.

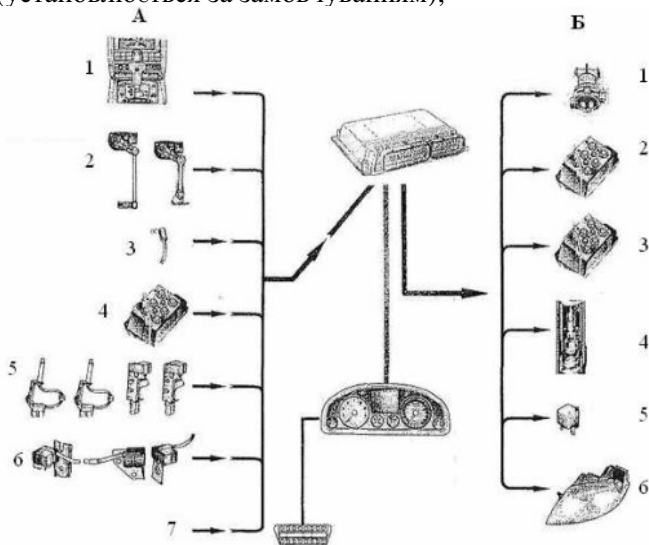
Центром системи керування підвіскою є блок керування рівнем кузова J197 (див. рис. 6.31). Керування системою виконується з допомогою клавішних вимикачів регулювання амортизаторів і рівня кузова, користуватися якими слід згідно з інструкцією з експлуатації автомобіля (рис. 6.32) [4, 33].

Ці вимикачі розташовані на центральній консолі нижче важеля селектора автоматичної коробки передач. Під час впливу на кожну з клавіш на дисплей інформаційної панелі виводиться спливаюче меню, з допомогою якого та поворотно-натискної ручки виконується вибір одного з двох рівнів кузова, а саме:

- номінального NN (установлюється за замовчуванням);
- підвищеного NN, а також одного з чотирьох варіантів налаштування амортизаторів: «Комфорт», базового (встановлюється за замовчуванням), «Спорт 1» і «Спорт 2».

Датчики і виконавчі пристрої показані на рис. 6.33 [4, 33]:

А – датчики: 1 – вимикач системи регулювання рівня кузова E387 і вимикач системи регулювання амортизаторів E388; 2 – датчики рівня кузова на передній та задній осі G76, G77, G78, G289; 3 – датчик температури компресора G290; 4 – датчик тиску в пневматичній підвісці G291 (вбудований у блок електромагнітних клапанів); 5 – датчики прискорень коліс G337, G338, G339, G340; 6 – датчики прискорень кузова G341, G342, G343; 7 – додаткові сигнали з контактних датчиків у дверях та кришці багажника;



Б – виконавчі пристрої: 1 – випускний клапан N111 (вбудований у блок електромагнітних клапанів); 2 – клапани пневматичних пружних елементів N148-N151 (вбудовані у блок електромагнітних клапанів); 3 – клапан ресивера N311 (вбудований у блок електромагнітних клапанів);

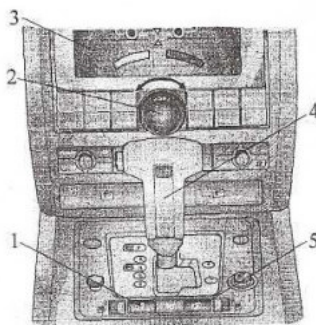


Рис. 6.32. Панель керування підвіскою:

- 1 – клавіша вибору налаштування амортизаторів; 2 – поворотно-натискна ручка; 3 – дисплей; 4 – важіль селектора коробки передач; 5 – клавіша вибору рівня кузова

нів); 4 – клапани налаштування амортизаторів N336-N339; 5 – реле увімкнення компресора J403; 6 – блоки керування газорозрядними лампами з регуляторами нахилу фар J567 та J568 (установлені у відповідні фари).

Центральний блок керування кузова J197 виконує такі функції:

- регулювання пневматичних елементів підвіски та амортизаторів;
- контроль за роботою усєї системи;
- діагностика усєї системи;
- забезпечення зв'язку з іншими системами через шину CAN (силового агрегату).

Блок керування оснащений двома дублюючими один одного процесорами, з яких один у першу чергу відпрацьовує алгоритм керування пневматичними елементами, а другий першочергово регулює опір амортизаторів.

Керування підвіскою двигуна.

Вхідними сигналами керування підвіскою двигуна є (рис. 6.34):

- сигнал датчика частоти обертання колінчастого вала;
- швидкість автомобіля.

Гідравлічні демпфери підвіски силового агрегату з електровакуумним керуванням перешкоджають передачі його коливань на кузов автомобіля у всьому діапазоні швидкісних режимів.

Блок керування двигуном виробляє команди на відкриття і закриття електромагнітного клапана в залежності від частоти обертання вала двигуна і швидкості автомобіля. В залежності від стану електромагнітного клапана здійснюється демпфування коливань двигуна під час його роботи на режимі холостого ходу та блокування демпферів під час руху автомобіля.

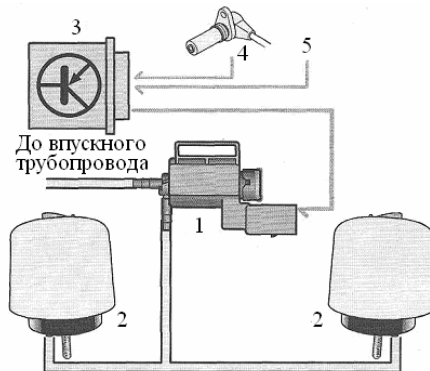


Рис. 6.34. Схема керування підвіскою двигуна:

- 1 – електромагнітний клапан керування пружними елементами підвіски силового агрегату;
- 2 – пружні елементи підвіски силового агрегату;
- 3 – блок керування двигуном;
- 4 – датчик частоти обертання колінчастого вала;
- 5 – швидкість автомобіля

Переваги застосування електронних систем:

- зменшена витрата енергії через усунення проміжних циклів під час гальмування, прискорення і під час руху на поворотах;
- реагування системи на збільшення швидкості руху автомобіля зменшенням висоти підвіски (кузова) для заощадження пального;
- підвищення висоти підвіски під час руху на незадовільних дорожніх покриттях;
- підвищена стійкість руху на поворотах, яка досягається шляхом попереочного блокування елементів підвіски на одній осі.

Додаткові переваги для автомобілів великої вантажопідйомності:

- зміна висоти підвіски (кузова) для заміни кузовів та контейнерів;
- висота транспортного засобу може регулюватися, наприклад, для вирівнювання несної поверхні з навантажувальною платформою;

- керування підйомною віссю: підйомна вісь автоматично опускається, якщо перевищується максимальне навантаження на вісь; підйомна вісь піднімається на короткий час (2-3 хв) з метою підвищення навантаження на ведучу вісь (збільшення тягового зусилля).

Контрольні запитання

1. Як створюється демпфувальне зусилля в телескопічних амортизаторах?
2. У яких режимах роботи автомобіля амортизатор може виконувати лише функції демпфування коливань?
3. Від чого залежить рівень мехатронності підвіски?
4. Як управляють демпфувальним зусиллям у гідравлічних і пневматичних амортизаторах автомобіля?
5. Які достоїнства пневматичних підвісок при автоматичному регулюванні жорсткості підвіски?
6. Наведіть схеми керування підвіскою різних рівнів синергетичного об'єднання елементів.
7. Як управляють підвіскою з магнітореологічними амортизаторами?
8. Як управляють підвіскою з лінійним електродвигуном?
9. Які найпростіші пружні елементи використовуються в керованих підвісках? Наведіть варіанти їх застосування.
10. Які принципи створення «жорсткого» і «м'якого» керування в гідропневматичних підвісках?
11. Наведіть спрощену структурну схему мехатронної системи керування підвіскою.
12. Які контролюються параметри активної підвіски з електронним керуванням?
13. Які сигнали отримує й обробляє електронний блок керування активною підвіскою?
14. Які режими керування гідравлічною підвіскою автомобіля виконує електронна система?
15. Наведіть структурну електронну схему керування жорсткістю підвіски автомобіля Toyota.
16. Яку схему має активна гідропневматична підвіска автомобіля Citroën-ХМ?
17. Як забезпечується керування висотою кузова автомобіля?
18. Назвіть складові (компоненти) системи регулювання рівня кузова автомобіля Phaeton.

7. МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ

7.1. Об'єкти керування

Передача крутільного моменту від двигуна до ведучих коліс автомобіля реалізується з допомогою трансмісії, до якої висуваються такі вимоги:

- змінювати передатні числа і таким чином долати, у разі необхідності, підвищений опір руху, підвищувати крутільний момент на ведучих колесах;
- реверсування (зміна напрямку крутільного моменту для забезпечення руху автомобіля заднім ходом);
- забезпечення тривалого роз'єднання двигуна і рушія, що часто потрібно, наприклад, під час прогрівання двигуна або використання його на нерухомому автомобілі для приводу додаткового обладнання.

Для оптимізації використання двигуна класична трансмісія містить у своєму складі «сухе» або «мокре» зчеплення, багатоступінчасту коробку перемикачів передач (КПП), карданний вал і міст.

Технічний стан трансмісії впливає на механічні втрати в силовій передачі та, відповідно, на тягову силу на ведучих колесах; на затрати пального; на кількість викидів у відпрацьованих газах шкідливих (токсичних) речовин.

Конструкція трансмісії залежить від типу автомобіля, його призначення, взаємного розташування двигуна і ведучих коліс (рис. 7.1).

Для узгодження енергетичних можливостей двигуна із навантаженням і швидкістю руху механічна КПП сучасних автомобілів має кілька ступенів, які дають можливість підбирати оптимальне передатне число, з яким двигун буде працювати на режимі, близькому до максимальної потужності. Поряд з високою потужністю цей режим буде характеризуватися невеликою питомою витратою пального.

Системи керування автоматичних коробок передач, у яких застосовується тільки гідравліка, починають витіснятися системами, у яких поєднуються елементи електроніки і гідравліки (гідравлічний привід зберігається тільки для фрикціонів).

На сьогодні над удосконаленням автоматизованих мехатронних систем працюють дослідницькі центри провідних автомобілебудівних фірм: «Daimler-

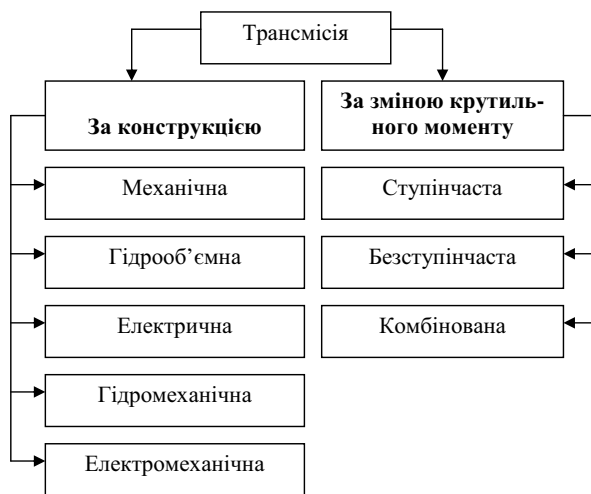


Рис. 1.1. Типи трансмісій автомобілів

Chrysler» (Німеччина, США), «Volvo» (Швеція), «Scania» (Швеція), «ZF Friedrichshafen AG» (Німеччина), «Eaton» (США). Сучасні системи АМ СУСА Mercedes Telligent, Scania Opticruise, Iveco Euro Tronic automated, Volvo Gearonic, Volvo I-Shift, ZF AS-Tronic, Eaton Fuller Auto/Ultra Shift серійно встановлюються на вантажні автомобілі, автобуси, автопоїзди, покращуючи тягово-швидкісні показники та паливну економічність [24, 25].

На рис. 7.2 приведений загальний вигляд сучасної семиступінчастої автоматичної коробки передач (АКП) виробництва компанії Allison Transmission (США) для великовантажних автомобілів.

Для повноцінної роботи блоку керування необхідна наявність периферійних пристроїв, що підключаються до розгалуженої електричної мережі і передають сигнали, на основі яких ЕБК вмикає діапазон, що найбільше підходить заданим умовам руху. До блоку керування надходять сигнали з селектора вибору передач, датчиків температури (оливи у піддоні, уповільнювача, охолоджувальної рідини у системі охолодження тощо), датчиків частоти обертання (насосного і турбінного коліс, колінчастого вала і вихідного вала), датчика положення дросельної заслінки тощо.

На рис. 7.3 зображено зовнішнє підключення електронних та електричних пристроїв і датчиків до автоматичної коробки.

На рис. 7.3 такі позначення: 1 – трансмісійний рознімач підключення до коробки; 2 – рознімач датчика вихідної швидкості; 3 – рознімач соленоїда акумулятора уповільнювача; 4 – рознімач датчика температури уповільнювача; 5 – рознімач датчика вихідної швидкості (для коробок МВ/В300/В400); 6 – рознімач соленоїда керування роздавальною коробкою; 7 – опційний проміжний рознімач; 8 – розні-

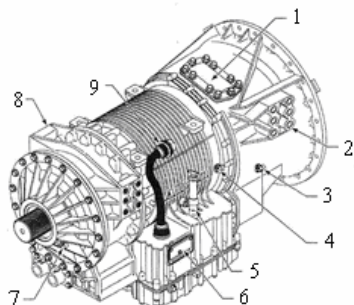


Рис. 7.2. Зовнішній вигляд автоматичної коробки передач «Allison»;

1 – отвори для кріплення коробки відбору потужності; 2 – поверхня для закріплення коробки; 3 – датчик частоти обертання насосного колеса; 4 – датчик частоти обертання турбінного колеса; 5 – масляний шуп; 6 – табличка з маркуванням; 7 – датчик частоти обертання вихідного вала; 8 – картер муфти зчеплення і планетарної передачі; 9 – трансмісійний рознімач керування та контролю за роботою коробки

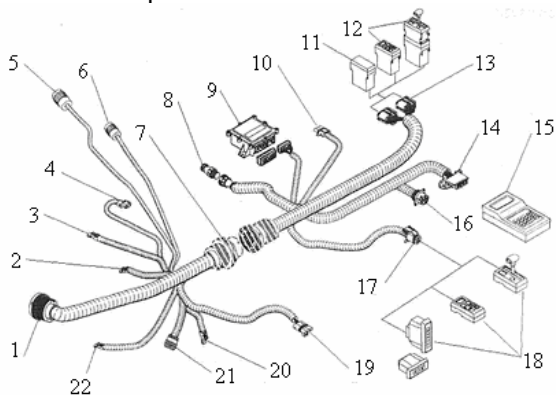


Рис. 7.3. Підключення зовнішніх електронних та електричних пристроїв і датчиків до АКП

мач підключення модуля запобіжників; 9 – модуль запобіжників; 10 – рознімач датчика модуляції уповільнювача; 11 – ЕБК; 12 – основні селектори вибору передач; 13 – рознімачі «А» і «В» блока керування; 14 – діагностичний рознімач «DDR» 15 – діагностичний пристрій PRO-LINK; 16 – опційний рознімач «DEUTSCH DDR»; 17 – рознімач для підключення до послідовного інтерфейсу; 18 – додаткові селектори вибору передач; 19 – рознімач датчика положення дросельної заслінки; 20 – рознімач датчика швидкості турбінного колеса; 21 – рознімач «К» уповільнювача; 22 – рознімач датчика швидкості обертання колінчастого вала.

Коли були отримані усі необхідні дані для виконання коригування діапазонів руху, ЕБК подає сигнали на драйвери (силові транзистори) соленоїдів, які у свою чергу вмикають або вимикають необхідні соленоїди, що відповідають за тиск масла у каналах гідравлічного приводу зчеплень, комбінація яких відповідає за роботу коробки на тому чи іншому діапазоні.

На рис. 7.4 наведене підключення електричних елементів, що знаходяться всередині коробки.

В автоматизованих системах керування основним джерелом енергії для силового впливу є гідравлічне зусилля від масляного насоса, пневматичний привід від живлення гальмівної системи та використання зусилля, що створює електродвигун з електронним керуванням.

Удосконалення експлуатаційних якостей трансмісії сучасного автомобіля здійснене за рахунок значної мехатронізації механічної трансмісії гідравлічними, гідромеханічними та електромеханічними системами (рис. 7.1) з мікропроцесорним і програмним забезпеченням. Елементи електрогідравлічного перетворення такі, як соленоїдні клапани та регулятори тиску, забезпечують зв'язок між електронними схемами і гідравлічними колами зі зворотним зв'язком (див. підрозділ 3.3.3). Такі підходи дозволили здійснити два напрямки:

- автоматизація керування механічними трансмісіями, які складаються зі ступінчастої коробки передач і фрикційного зчеплення (тобто такими трансмісіями, якими оснащається переважна більшість автомобілів);
- оснащення автомобілів автоматичними спеціалізованими трансмісіями, які забезпечують найбільш зручне, просте та легке керування, високу комфо-

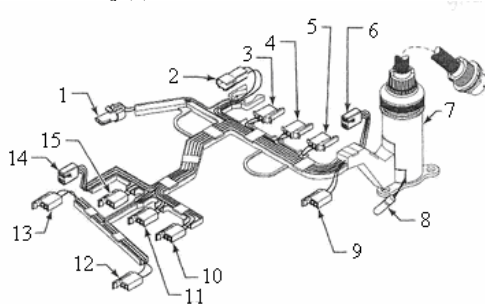


Рис. 7.4. Підключення внутрішніх елементів електричної та електронної складової АКП:

- 1 – датчик швидкості обертання турбінного колеса; 2 – рознімач перемикача тиску; 3 – рознімач соленоїда зчеплення С1; 4 – рознімач соленоїда F; 5 – рознімач соленоїда зчеплення С2; 6 – датчик рівня картерного масла (HD/B500); 7 – стакан трансмісійного рознімача; 8 – датчик температури; 9 – рознімач соленоїда G; 10 – рознімач соленоїда E зчеплення С5; 11 – рознімач соленоїда C зчеплення С3; 12 – рознімач соленоїда J зчеплення С6; 13 – рознімач соленоїда N; 14 – датчик рівня картерного масла (коробки MD/B300/B400); 15 – рознімач соленоїда D зчеплення С4

рtabilité автомобіля.

7.2. Загальні принципи керування АКП

Автоматизовані коробки передач (АКП), частиною яких є автоматичні зчеплення, дають можливість управляти двигуном і трансмісією, скорочувати до мінімуму розрив потоку потужності, здійснювати перемикання в області мінімальних питомих витрат пального. АКП дешевші й ефективніші з точки зору заощадження пального порівняно зі своїм прямим конкурентом – автоматичною КПП. Автоматизовані механічні КПП забезпечують суттєву економію пального й поєднують у собі переваги двох типів трансмісій – автоматичної та механічної. Конструкція механічної частини залишається без змін, а зчеплення і механізм перемикання передач повністю автоматизовані.

Блоки керування усіх трансмісій, незалежно від моделі автомобіля, працюють згідно з одними і тими самими принципами [21, 30]. Комп'ютерний блок керування одержує та аналізує сигнали від різних датчиків. До завдань блока входить:

- визначення моментів перемикання передач;
- керування якістю перемикання і блокуванням трансформатора.

У загальному випадку електричну й електронну частини системи керування трансмісією можна поділити на три частини:

- вимірювальну (з допомогою сигналів, що видають датчики);
- аналізуючу (комп'ютер, ЕБК);
- виконавчу (соленоїди).

Датчики такі:

- вимикач безпеки;
- положення дросельної заслінки;
- повного закриття дросельної заслінки;
- максимального відкриття дросельної заслінки;
- частоти обертання колінчастого вала двигуна;
- температури трансмісійного масла;
- частоти обертання вихідного вала коробки передач;
- швидкості транспортного засобу;
- вимикач примусового зниження передачі.

Блок керування трансмісією виконує такі функції:

- керування перемиканням передач;
- керування тиском в основній магістралі;
- керування блокувальною муфтою гідротрансформатора;
- визначення моментів перемикання;
- контроль за несправностями в роботі трансмісії;
- діагностика несправностей.

Соленоїди:

- соленоїд перемикання А;
- соленоїд перемикання В;
- соленоїд муфти, що забезпечує гальмування двигуном;
- соленоїд блокувальної муфти гідротрансформатора;

- соленоїд регулятора тиску в основній магістралі.

Використання електричних датчиків та електрогідравлічних клапанів (соленоїдів) дало можливість значно спростити систему керування трансмісією. Основа будь-якої системи керування – мікропроцесор або комп'ютер. Він отримує сигнали від датчиків, обробляє їх і виробляє відповідні сигнали керування.

У системі керування трансмісією об'єктом регулювання є автоматична трансмісія за наявності мехатронного (синергетичного) поєднання гідравліки, електромеханіки та електроніки (рис. 7.3, 7.4).

Для підвищення прохідності автомобіля розподіл моментів між окремими колесами і мостами має здійснюватися пропорційно їхнім вертикальним реакціям. Застосування електронних пристроїв дозволило реалізувати ці функції в складних і критичних ситуаціях. Перерозподіл моменту, що підводиться до осі між колесами, може бути реалізований або за допомогою гальмової системи (рис. 7/5, а), або за допомогою диференціала, або комбінацією цих способів.

Спрощена схема керування АКП наведена на рис. 7.5, б. Система керування АКП інтегрована з керуванням двигуна з допомогою датчика швидкості автомобіля, вихідної швидкості коробки передач, датчика положення гідравлічних клапанів та тиску масла. Електронний блок керування з урахуванням сигналів від датчика швидкості автомобіля та датчика кута відкриття дросельної заслінки вибирає оптимальне передатне число коробки передач і час увімкнення зчеплення. З допомогою електромагнітних клапанів та гідравлічної системи здійснюється перемикання передач при вимкненому з допомогою електромагнітного клапана зчеплення.

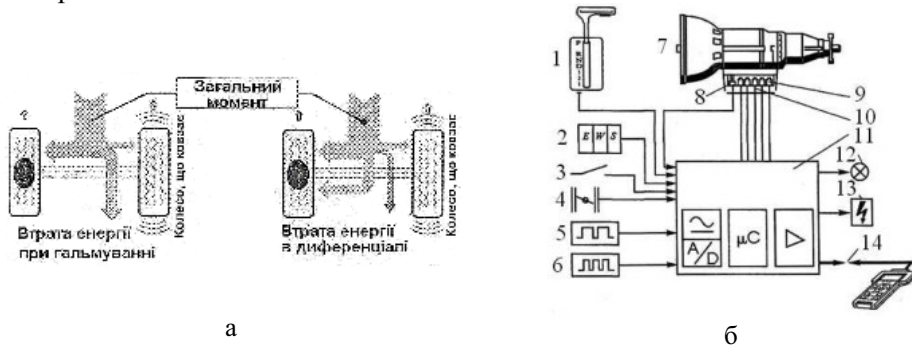


Рис. 7.5. Приклад систем електронного керування трансмісією:

а: перерозподіл моментів між колесами з використанням гальмівної системи (ліворуч) і з використанням диференціала (праворуч); б: 1 – селектор перемикання передач з позиційним перемиканням; 2 – перемикач програм; 3 – кнопка примусового вмикання пониженої передачі («Kick-down»); 4 – датчик кута повороту дросельної заслінки; 5 – крутильний момент вала двигуна; 6 – частота обертання колінчастого вала двигуна (сигнал запалювання); 7 – коробка передач; 8 – датчик частоти обертання веденого вала (хв^{-1}); 9 – регулятор тиску; 10 – соленоїдні клапани; 11 – електронний блок керування (ЕБК); 12 – сигнальна лампа відмов; 13 – зменшення крутильного моменту колінчастого вала для регулювання запалювання; 14 – блок діагностики

Широке розповсюдження отримали автоматичні трансмісії на базі гідромеханічних передач (ГМП), які складаються з гідротрансформатора (перетво-

рювача моменту) та передач, що перемикаються з допомогою фрикціонів з гідро- або пневмоприводом.

Упровадження електронних систем керування дає можливість підвищити надійність ГМП, а в деяких випадках і спростити конструкцію. Ці системи виконують не тільки перемикання передач за заданим законом, але й забезпечують захист ГМП від аварійних режимів, наприклад, у разі помилкових дій водія або відмови якого-небудь елемента керування. Електронні системи керування ГМП більш ремонтпридатні, тому що заміна елемента, що відмовив, менш трудомістка порівняно з гідросистемами керування.

Інтелектуальні програми перемикання передач оптимізують керування автомобілем, поповнюючи стандартні дані керування коробкою передач допоміжними параметрами, такими як поздовжнє і поперечне прискорення, швидкість переміщення педалей гальма і подачі пального. Складна програма керування дає можливість вибрати відповідну передачу як для поточних умов руху автомобіля, так і для стилю керування.

Вимірювальні перетворювачі системи визначають навантаження, положення важеля перемикання передач, положення перемикача програм і режиму «Kick-down», а також частоту обертання вала двигуна і веденого вала коробки передач. Блок керування обробляє ці дані відповідно до встановленої програми і виробляє сигнали керування коробкою передач.

Електродинамічні перетворювачі утворюють зв'язок між електронними і гідравлічними колами, у той час як соленоїдні клапани пускають у хід фрикціони. При цьому використовуються аналогові або цифрові регулятори тиску.

До переваг використання електронного керування належать:

- можливість установа різних програм перемикання передач;
- велика плавність перемикання передач;
- гнучкість і пристосовуваність до різних типів автомобілів;
- використання спрощених гідравлічних кіл керування і механізмів вільного ходу;
- автоматизовані трансмісії дають можливість знизити навантаження на водія під час руху, сприяють покращенню роботи двигуна та швидкісних якостей автомобіля.

Однією з основних особливостей розвитку електронних систем керування коробкою передач на сучасному етапі є використання в якості критерію оптимальності параметрів, що характеризують паливну економічність автомобіля. Плавне перемикання передач дозволяє заощадити до 30% пального.

Автоматична коробка передач DW20 приводиться в дію механічним, гідравлічним та електронним способами й забезпечує зручності, маючи такі достоїнства:

- покращуються характеристики перемикання швидкостей, так як з'єднання з двигуном відбувається в оптимальних умовах;
- покращуються показники витрати пального, завдяки перемикаючій передачі за програмою оптимального режиму руху;
- можливість широкого вибору програм: economic/power, winter;
- зменшується механічна втомленість у системі передачі тягового зусилля;

- вбудована функція самодіагностики несправностей;
- можливий рух у надзвичайному режимі за програмою надзвичайного режиму при виникненні несправності системи.

Автоматична коробка передач (DW20) передньопривідних автомобілів має чотири передніх і одну задню передачі, позицію для стоянки, нейтральну позицію, і, крім того, має у своєму складі конвертер (блокування зчеплення), що допомагає покращити ходові якості автомобіля і показники витрати пального в залежності від характеру руху.

Керування АКП відбувається завдяки електронному блоку TCM: сигнали, що надходять від TCM, передаються на чотири електромагнітних клапани, які формують гідравлічне коло і, врешті-решт, при будь-яких режимах руху відповідним чином коригують навантаження так, щоб перемикання передач відбувалося м'яко [30].

Автоматичні коробки передач виконують операції з перемикання передач без участі водія. Втрати потужності в автоматичній коробці передач істотно більші, ніж у механічній. Однак це компенсується перевагами, пов'язаними з можливістю підтримки роботи двигуна у максимально економічному режимі. Автоматична коробка передач містить (рис. 7.6):

- гідротрансформатор (завжди використовується в коробках передач легкових автомобілів; на вантажних автомобілях звичайно застосовується конструкція типу Trilok – з доцентровою турбіною); призначений для початку руху, збільшення крутильного моменту і поглинання крутильних коливань;

- у коробках передач легкових автомобілів (як правило) і вантажних автомобілів (завжди) гідротрансформатор доповнюється блокувальною муфтою;

- кілька планетарних механізмів;

- багатодискові фрикціони з гідравлічним приводом, дискові або стрічкові гальма (призначені для виконання перемикань без розриву потоку потужності);

- механізми вільного ходу разом з елементами перемикання для оптимального переключення передач;

- систему керування для вибору і плавного перемикання передач відповідно до програми, що установлює водій автомобіля;

- гідронасос із приводом від двигуна: забезпечує тиск, необхідний для

функціонування елементів перемикання, подає рідину до гідротрансформатора, забезпечує змащення й охолодження коробки передач.

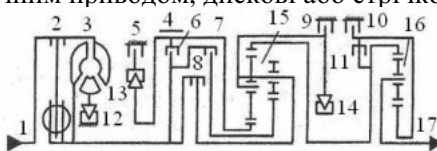


Рис. 7.6. Схема п'ятиступінчастої АКП (ZF S HP 18):

- 1 – ведучий вал; 2 – блокувальна муфта; 3 – гідротрансформатор; 4 – стрічкове гальмо; 5-11 – багатодискові фрикціони і гальма; 12-14 – механізми вільного ходу; 15, 16 – планетарні механізми; 17 – ведений вал

7.3. Системи автоматичного керування зчепленням

Необхідність автоматичного керування зчепленням автомобіля продиктована складністю керування двигуном і зчепленням, особливо в момент початку руху, а також у важких дорожніх умовах (рис. 7.7).

Перемикання передач за допомогою ступінчастого механічного редуктора (яким є КПП) пов'язане з необхідністю роз'єднання колінчастого вала двигуна і первинного (ведучого) вала КПП. Функцію роз'єднання валів на час перемикання швидкостей здійснює зчеплення.

При поєднанні механічних (гідравлічних), електронних систем керування розширюються можливості реалізації оптимальних законів керування зчепленням. Сучасні системи керування стандартним зчепленням забезпечують не тільки регулювання моменту зчеплення в процесі його вмикання, але й передбачають спільне регулювання двигуна й зчеплення у процесі початку руху автомобіля та перемикання передач.

Розроблені різні системи автоматичного керування зчепленням (Drive-Matic – Німеччина, Guidosimplex – Італія, Automotive Products та ACTS – Англія).

Системи з електромеханічним приводом зчеплення ЕКС розроблені фірмою Sax (Німеччина) для установки на вантажних автомобілях Mercedes-Benz. Ці системи керування є багатопараметричними системами автоматичного керування. Електронний блок аналізує сигнали датчиків частоти обертання колінчастого вала двигуна та ведучого вала коробки передач, швидкості автомобіля, положення педалі подачі пального і визначає різницю частот обертання ведучого і веденого елементів зчеплення. Ці параметри і є параметрами керування режимом вмикання зчеплення під час розгону автомобіля.

Із застосуванням електронних систем керування розширюються можливості реалізації оптимальних законів керування зчепленням. Сучасні системи керування стандартним зчепленням забезпечують не тільки регулювання моменту зчеплення в процесі його вмикання, але й передбачають загальне регулювання двигуна і зчеплення у процесі зрушування автомобіля з місця та перемикання передач [30].

Застосування єдиної системи автоматичного регулювання двигуна і зчеплення дає можливість:

- зменшити навантаженість зчеплення у процесі зрушування автомобіля з місця і при перемиканні передач;
- знизити динамічні навантаження у трансмісії та ходовій частині автомобіля;
- підвищити комфортабельність керування.

Автоматичне зчеплення – це система, яка автоматично управляє зчепленням під час зупинки автомобіля, зрушування з місця і при перемиканні передач (рис. 7.8).

Завдання ЕБК автоматичного зчеплення:

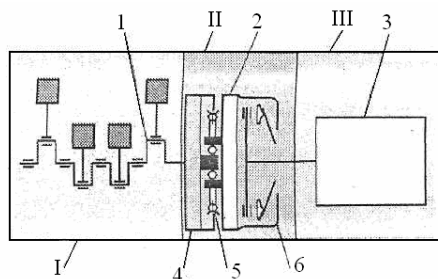


Рис. 7.7. Загальна схема системи «ДВЗ-зчеплення-КПП»:

I – двигун; II – зчеплення; III – КПП; 1 – двигун; 3 – коробка передач; 2, 4 – диски зчеплення; 5 – муфта; 6 – корпус

- зчитувати сигнали з датчиків (положення педалі акселератора, положення важеля перемикавання передач, установка даних виконавчих механізмів, параметри автомобіля та ін.);

- визначати необхідну передачу;

- визначати стан об'єктів (зчеплення, коробка передач);

- розраховувати початкові параметри;

- видавати керуючі сигнали на виконавчі механізми.

ЕБК виконує в системі автоматичного керування зчепленням такі функції:

- зменшення крутильного моменту двигуна;

- вимкнення зчеплення;

- вибір відповідної передачі;

- синхронізація;

- увімкнення відповідної передачі;

- увімкнення зчеплення;

- збільшення крутильного моменту двигуна.

Вибір передачі визначається датчиком кута повороту в напрямку перемикавання передач і датчиком кута повороту в напрямку вибору передач. Передумови для перемикавання передач визначаються датчиком кута повороту важеля механізму перемикавання передач.

Згідно з цими сигналами блок керування автоматичним зчепленням отримує сигнали, що змінюються через шину передачі даних від інших блоків керування.

Завдяки досягненням мікроелектроніки рішення програми автоматичного керування звичайними фрикційними зчепленнями знайшло реальну базу, тому що саме електроніка здатна сформувати усі необхідні режими роботи фрикційного зчеплення:

- примусове вимкнення зчеплення на час перемикавання передач і при зниженні частоти обертання колінчастого вала до рівня, що відповідає режиму холостого ходу двигуна;

- примусове блокування, що гарантує роботу зчеплення без пробуксовки після того, як у процесі розгону автомобіля відпадає необхідність в отриманні різних частот обертання колінчастого вала двигуна і ведучого вала коробки передач;

- регулювання моменту тертя по заданим законам під час розгону автомобіля з метою найменшого буксування при одночасному збереженні високих тягово-швидкісних якостей автомобіля.

Типовим прикладом системи з електромеханічним приводом зчеплення є

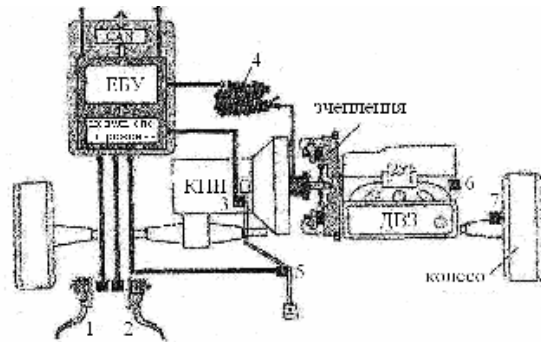


Рис. 7.8. Схема системи автоматичного керування зчепленням:

1 – педаль зчеплення; 2 – педаль подачі пального; 3 – датчик кута повороту важеля механізму перемикавання передач; 4 – установочний двигун; 5 – датчик кута повороту в напрямку вибору передач; 6 – датчик частоти обертання колінчастого вала двигуна; 7 – датчик швидкості колеса

система EKS, розроблена фірмою Sax (Німеччина) для установки на вантажних автомобілях Mercedes-Benz. Її особливість полягає в тому, що у складі виконавчого пристрою використаний реверсивний привідний електродвигун постійного струму в поєднанні з потужною компенсуючою пружиною, дія якої спрямована на вимкнення зчеплення, тобто протилежна зусиллю притискної пружини зчеплення. Електродвигун під час роботи навантажується тільки різницею цих зусиль, що дає можливість мати порівняно невелику потужність (~50 Вт). При цьому він забезпечує швидке вимкнення зчеплення, оскільки операція виконується під впливом компенсуючої пружини, а не електродвигуна, якому властива значна інерційність у роботі.

Компоненти мікропроцесорної системи автоматичного керування зчепленням легкового автомобіля «Фіат-Панда 30» показані на рис. 7.9. Виконавчим механізмом системи є вакуумна сервокамера 20, шток 21, який через важіль 22 діє на витискний підшипник 4 зчеплення 5.

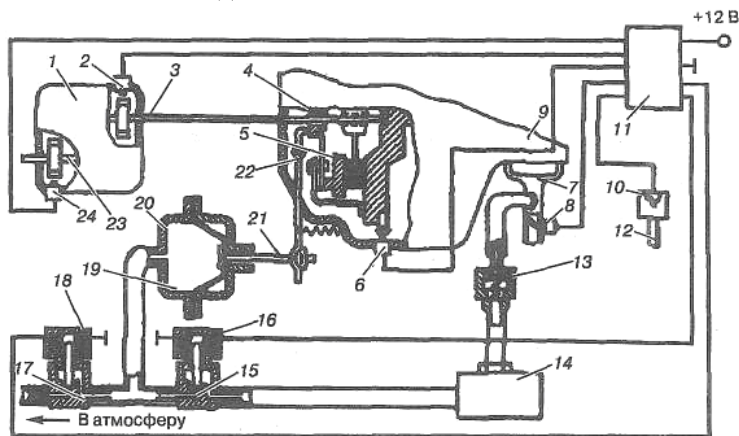


Рис. 7.9. Схема розміщення елементів мікропроцесорної системи керування зчепленням:

1 – коробка передач; 2 – датчик частоти обертання веденого елемента зчеплення; 3 – вал веденого елемента зчеплення; 4 – витискний підшипник; 5 – зчеплення; 6 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 7 – впускний колектор двигуна; 8 – датчик положення дросельної заслінки; 9 – двигун; 10 – вимикач важеля перемикання передач; 11 – електронний блок керування; 12 – важіль перемикання передач; 13 – зворотний клапан; 14 – вакуумний ресивер; 15 – клапан з'єднання сервокамери з ресивером; 16, 18 – електромагніти; 17 – клапан з'єднання сервокамери з атмосферою; 19 – порожнина регульованого тиску сервокамери; 20 – сервокамера; 21 – шток сервокамери; 22 – важіль; 23 – ведений вал коробки передач; 24 – датчик частоти обертання веденого вала коробки передач

Джерелом розрідження для вакуумної сервокамери є впускний колектор 7, з'єднаний через зворотний клапан 13 з вакуумним ресивером 14. При підключенні до джерела живлення електромагніта 16 відкривається вакуумний клапан 15, що ним управляється, в результаті чого вакуумний ресивер з'єднується з порожниною 19 сервокамери 20. Якщо ж клапан 15 закритий, то зв'язок між вакуумним ресивером і порожниною 19 переривається. У разі підключення до джерела живлення електромагніта 18 відкривається повітряний

клапан 17, що ним приводиться в дію, в результаті чого порожнина сервокамери з'єднується з атмосферою; при закритому клапані цей зв'язок переривається.

Таким чином, при відкритті клапана 15 збільшується розрідження в порожнині сервокамери, а при відкритті клапана 17, навпаки, зменшується. Коли обидва клапани закриті, розрідження в порожнині залишається незмінним.

Програмне забезпечення АКП дає можливість розширити обмін даними між системою керування коробкою передач та іншими системами автомобіля, наприклад, системою керування двигуном і системою стабілізації ESP, активно використовується значно більша кількість даних, які дозволяють миттєво визначити стан руху і характер водіння з більшою точністю.

Кожен блок керування має електронну пам'ять, у якій зберігається програма дій. Крім того, є системи, що аналізують манеру керування автомобілем і пристосовуються до неї, змінюючи відповідно програму керування трансмісією.

Пам'ять комп'ютера. Блок керування, приймаючи рішення, порівнює фактичні параметри стану трансмісії з даними, які зберігаються в його пам'яті. Крім того, в пам'яті зберігається програма, яка визначає порядок і спосіб обробки вхідних сигналів і виробляє керуючі сигнали для виконавчих механізмів. Для більш ефективної роботи комп'ютер має кілька різних типів пам'яті.

Адаптивна пам'ять дає можливість блоку керування враховувати зміни в роботі двигуна та спрацювання фрикційних елементів коробки передач. Таким чином підтримується необхідна якість перемикання передач, незалежно від спрацювання фрикційних елементів керування, а це дає можливість значно продовжити термін служби трансмісії. Така здатність до навчання називається адаптивним навчанням.

Програма керування (DSP) постійно оцінює характер водіння:

- поздовжнє прискорення автомобіля;
- поперечне прискорення автомобіля;
- зрушування з місця;
- режим «Kick-down»;
- швидкий перехід на спортивний режим.

Функціональна структура програми перемикання передач DSP поділяється на три групи:

- визначення характеру водіння;
- вибір програми перемикання в залежності від стану руху;
- вибір передач.

DSP (DRP) призначена регулювати передатне відношення таким чином, щоб характер руху автомобіля відповідав бажанню водія. Водій при цьому повинен відчувати, що АКП працює так, як наче він керує нею вручну (рис. 7.10).

Частота обертання шківів 1, тобто частота обертання вхідного вала, вимірюється за сигналами датчика G182, а частота обертання шківів 2, тобто частота обертання вихідного вала – за сигналами датчика G195 (рис. 7.10). Датчик G195 зміщений відносно датчика G196 так, що фази сигналів датчиків зміщені відносно один одного на 25% (рис. 7.11).

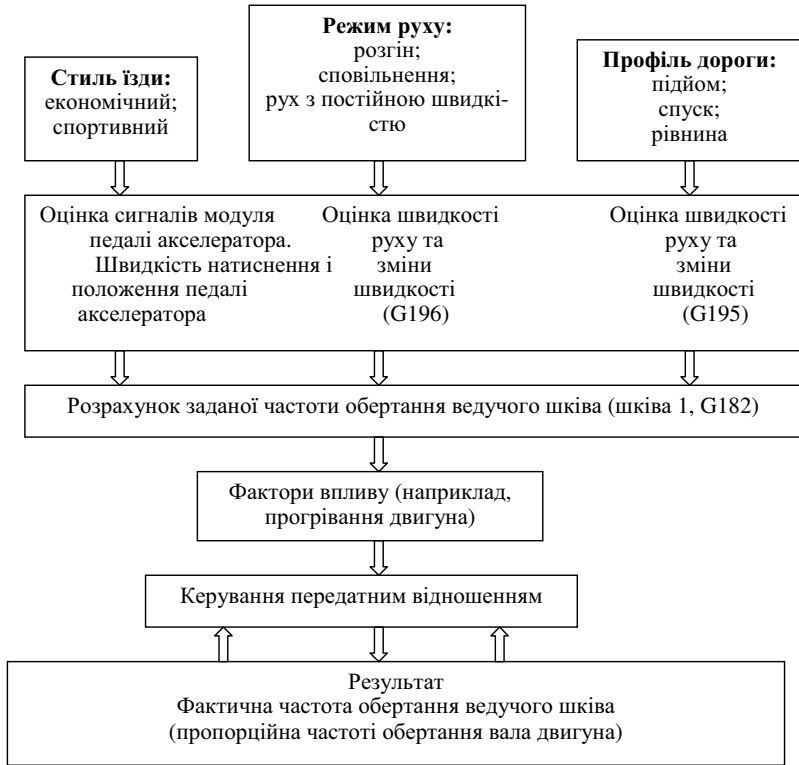


Рис. 7.7. Програма регулювання заданої частоти обертання

Частота обертання вхідного вала використовується разом з частотою обертання вала двигуна для регулювання фрикціонів та для регулювання передатного числа.

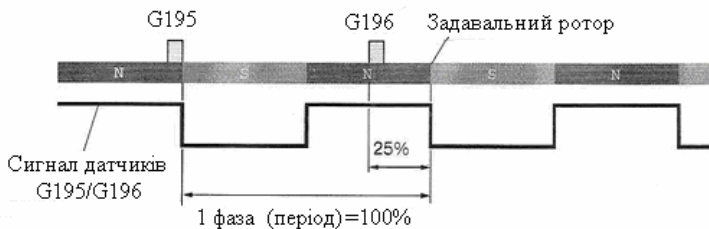


Рис. 7.11. Установка датчиків

Частота обертання вихідного вала використовується для керування передатним відношенням, керування фрикціоном під час руху з невеликою швидкістю, для реалізації противідкатної функції «Hill-holder», отримання сигналу швидкості, що передається комбінації приладів.

Напряг руху валів розпізнається (датчики G195 і G196) за задавальним ротором, що має кільце з потрібною кількістю магнітів (полюси N/S). Перевіряти сигнали датчиків можна з допомогою діагностичних тестерів у режимі зчитування кодів несправностей та зчитування блоку вимірюваних величин. Схема передачі крутільного моменту на прикладі автомобіля Volkswagen Touareg показана на рис. 7.12, а схема системи керування АКП на рис. 7.13, 7.14 (без деталізації компонентів).

Крутільний момент вала двигуна через гідротрансформатор передається в автоматичну коробку передач. Так як в автоматичній коробці відсутня головна передача, на АКП змонтована роздавальна коробка. Крутільний момент вала двигуна передається від вихідного вала в роздавальну коробку. Роздавальна коробка розподіляє крутільний момент між передньою і задньою осями в залежності від навантаження.

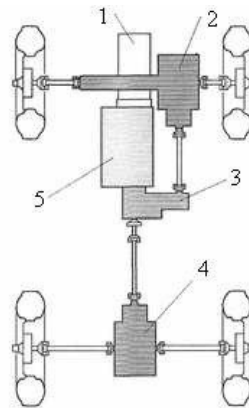


Рис. 7.12. Схема передачі крутільного моменту:

1 – двигун; 2 – головна передача передньої осі; 3 – роздавальна коробка; 4 – головна передача задньої осі; 5 – автоматична коробка передач



Рис. 7.13. Компоненти електронної системи керування АКП на прикладі автомобіля Volkswagen Golf:

1 – блок керування АКП J217; 2 – шина даних CAN; 3 – електромагнітні клапани N88 і N89 перемикання передач (у розподільному модулі); 4 – електромагнітні клапани N90, N91, N92, N93, N282, N283, що регулюють тиск (у розподільному модулі); 5 – електромаг-

ніт блокування важеля селектора N110; 6 – блок керування двигуном; 7 – блок керування ABS; 8 – блок керування в комбінації приладів; 9 – діагностична колодка; 10 – перемикачі системи Tiptronic на рульовому колесі E438 і E439; 11 – датчик системи Tiptronic F189; 12 – датчик температури робочої рідини G93; 13 – багатофункціональний перемикач F125; 14 – датчик частоти обертання на виході коробки передач G195; 15 – датчик частоти обертання на вході коробки передач G182.

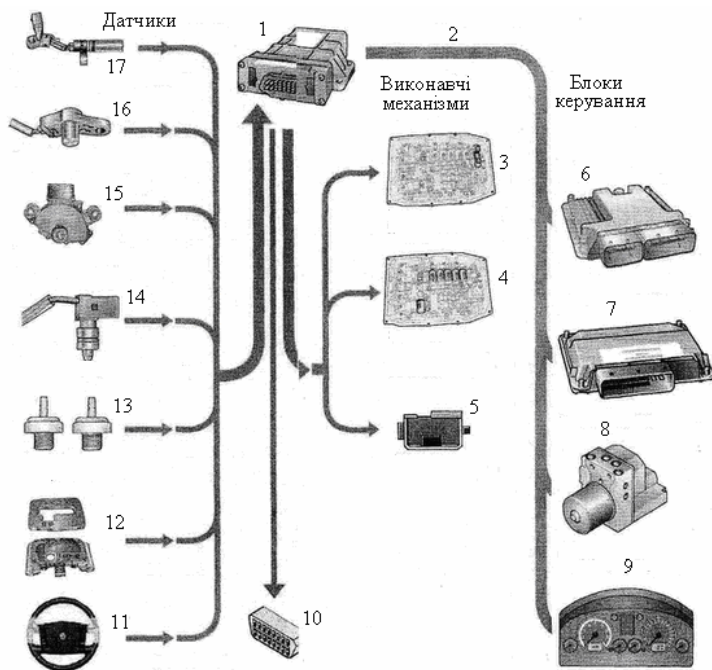


Рис. 7.14. Компоненти системи керування шестиступінчастою коробкою передач АКП 09D:

1 – блок керування АКП; 2 – шина даних CAN; 3 – електромагнітні клапани N88, N89 у блоці клапанів; 4 – електромагнітні клапани N90, N91, N92, N93, N282, N283 у блоці клапанів; 5 – електромагніт блокування селектора N110; 6 – блок керування двигуном; 7 – блок керування роздавальної коробки; 8 – блок керування ABS; 9 – блок керування з дисплеєм у комбінації приладів; 10 – діагностичний рознімач; 11 – перемикачі Tiptronic на рульовому колесі E438 і E439; 12 – перемикач Tiptronic F189; 13 – датчик 1 G193 і датчик 2 G194 тиску в гідросистемі; 14 – датчик температури масла в КП G93; 15 – багатофункціональний перемикач F125; 16 – датчик кількості обертів вихідного вала КП G195; 15 – датчик кількості обертів вхідного вала КП G182

Диференціал роздавальної коробки (міжосьовий диференціал) можна заблокувати. У разі розблокованого диференціала крутильний момент розподіляється між передньою та задньою осями у співвідношенні 50 50%.

Крім того, у роздавальній коробці передбачена понижувальна передача. У разі її увімкненні кількість обертів привода коліс зменшується, а крутильний момент збільшується у 2,7 рази. У роздавальній коробці крутильний момент

через привідні вали передається на головні передачі передньої і задньої осі. Диференціал задньої осі можна заблокувати електромеханічною муфтою додатково до блокування диференціала роздавальної коробки.

7.4. Система регулювання швидкості автомобіля

Система регулювання швидкості автомобіля дає можливість фіксувати її певне значення, якщо швидкість більша 30 км/год, й автоматично підтримувати її на постійному рівні (рис. 7.15). Для регулювання швидкості контролюються такі вхідні сигнали:

- частота обертання колінчастого вала;
- навантаження двигуна – сигнал датчика масової витрати повітря;
- швидкість автомобіля;
- сигнал «Виконується гальмування»;
- сигнал «Витискається зчеплення»;
- сигнали увімкнення і вимкнення з перемикача системи регулювання швидкості.

За сигналом з перемикача системи регулювання швидкості блок керування двигуном керування дросельною заслінкою бере на себе. Після цього дросельна заслінка відкривається настільки, наскільки це необхідно для підтримання заданої швидкості автомобіля. У автомобілів з багатофункціональним рульовим колесом на ньому передбачений додатковий перемикач системи регулювання швидкості. Система регулювання швидкості вимикається при надходженні сигналів «Виконується гальмування» і «Витискається зчеплення».

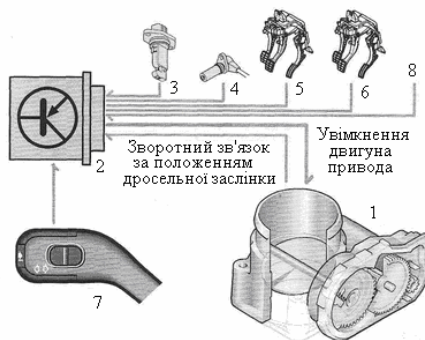


Рис. 7.15. Компоненти системи регулювання швидкості автомобіля:

- 1 – блок керування дросельною заслінкою; 2 – блок керування двигуном; 3 – датчик масової витрати повітря; 4 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 5 – датчик на педалі гальма; 6 – датчик на педалі зчеплення; 7 – перемикач системи регулювання швидкості; 8 – швидкість автомобіля

7.5. Електрогідравлічні системи керування зчепленням

Схема електрогідравлічного привода зчеплення приведена на рис. 7.16.

У процесі перемикання передач за командою з блока керування вмикається електромагнітний клапан електронного керування зчепленням. Цей клапан дає можливість вимкати або вмикати зчеплення. На торці робочого циліндра привода зчеплення установлений потенціометр, через який у блок керування надходить інформація про положення поршня робочого циліндра і, отже, про стан зчеплення. Електрогідравлічне керування зчепленням коробки передач КП02F є безпосереднім керуванням зчепленням K1 і K2 через електромагнітні клапани регулювання тиску (рис. 7.17). На електрогідравлічній

схемі показані положення клапанів з працюючим блоком керування КП.

Блок керування Mechatronik J743 за вісімнадцятьма параметрами розраховує заданий тиск і подає керуючий струм на клапан регулювання тиску N215 або N216.

Тиск у зчеплення змінюється практично пропорційно керуючому струму, а з ним змінюється і момент, що передається зчепленням. Датчик G193 або G194 (датчики тиску в гідравлічній системі) контролюють тиск (фактичний тиск) у системі гідравлічного керування зчеплення. Фактичний тиск у зчепленні постійно порівнюється з розрахованим J743 заданим значенням. При цьому відбувається постійна перевірка достовірності заданого і фактичного тиску і виконується захисне відключення при відповідних величинах відхилення.

Для того, щоб уникнути перегрівання зчеплення, його охолодження виконується окремим масляним потоком. Одночасно з подачею сигналу керування на механізм регулювання зчеплення підключається система охолодження зчеплення. Через майже безперервне мікропроковзування відбуваються постійні змащування та охолодження зчеплення.

У відповідності до стану зчеплення (або до витрати масла) блок керування Mechatronik J743 подає на N218 певний керуючий струм, який забезпечує відповідний керуючий тиск. Цей тиск діє на поршень клапана охолодження зчеплення. Залежно від керуючого тиску з головного масляного кола відводиться відповідна кількість масла, що подається до зчеплення. Максимальний потік охолоджувального масла складає приблизно 20 л/хв з 0,02 кПа.

N218 має падаючу характеристику струму/тиску. Це означає, що у разі виходу N218 з ладу завжди встановлюється максимальний потік охолоджувального масла, забезпечуючи тим самим максимально можливу потужність охолодження. Якщо температура охолоджувального масла на виході стає вищою за 160 °C (реєструється датчиком G509), то це означає, що досягнута критична температура зчеплення. Така температура може виникнути під час зрушення на дуже крутому підйомі (можливо, з причепом) або ж у разі, якщо автомобіль утримується від скочування на схилі за рахунок дозованого натискання на педаль акселератора (без використання робочої гальмівної системи).

Як захисна функція у подібному випадку використовується пульсуюче керування, що відчувається у вигляді сильних ривків автомобіля (попереджу-

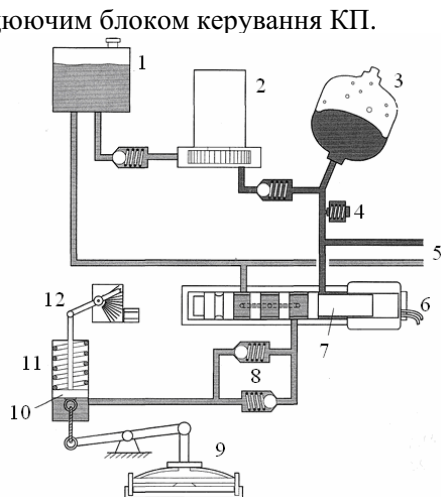


Рис. 7.16. Електрогідравлічний привід зчеплення коробки передач D085:

1 – бачок для робочої рідини; 2 – гідронасос; 3 – гідроаккумулятор; 4 – датчик тиску; 5 – до перемикача передач; 6 – електромагнітний клапан керування зчепленням; 7 – поршень електромагнітного клапана керування зчепленням; 8 – зворотні клапани; 9 – поршень робочого циліндра привода зчеплення; 10 – робочий циліндр привода зчеплення; 11 – потенціометр

вальні ривки).

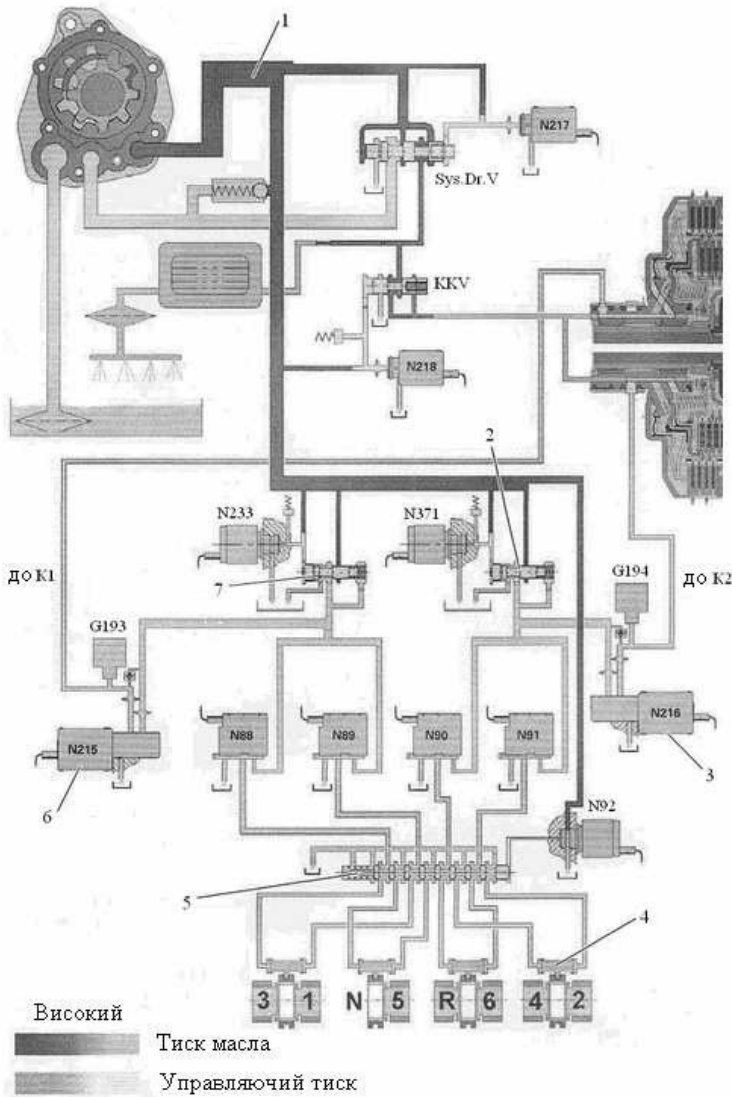


Рис. 7.17. Електрогідравлічне керування зчепленням коробки передач:

1 – основний тиск; 2 – запобіжний клапан 2; 3 – клапан зчеплення 2; 4 – вилка перемикання передач; 5 – мультиплексор; 6 – клапан зчеплення 1; 7 – запобіжний клапан 2; G193 – датчик 1 у гідравлічній системі; G194 – датчик 2 у гідравлічній системі; K1 – зчеплення 1; K2 – зчеплення 2; KKV – клапан охолодження зчеплення; N88 – електромагнітний клапан 1; N89 – електромагнітний клапан 2; N90 – електромагнітний клапан 3; N91 – електромагнітний клапан 4; N92 – електромагнітний клапан 5; N215 – електричний клапан регулювання тиску 1; N216 – електричний клапан регулювання тиску 2; N217 – електричний клапан регулювання тиску 3; N218 – електричний клапан регулювання тиску 4; N233 – елект-

ричний клапан регулювання тиску 5; N371 – електричний клапан регулювання тиску 6; Sys.Dr.V – клапан регулювання тиску в системі (основний тиск).

Одночасно на комбінації приладів блимає індикатор положення селектора. Метою «попереджувальних ривків» є змусити водія припинити рух і попередити подальше зростання температури зчеплення. Нормальна реакція водія на ривки – зняття ноги з педалі акселератора. Якщо водій проігнорує попереджувальні ривки і збільшить натискання на педаль акселератора, то, починаючи з температури приблизно 170 °С, крутільний момент вала двигуна і момент, який передає зчеплення, знижуються так, що двигун працює лише на обертах підвищеного холостого ходу, а автомобіль не рухається. Це змушує водія зняти ногу з педалі акселератора.

Охолодження зчеплення при цьому працює з максимальною швидкістю і через нетривалий час зчеплення знову готове до роботи. При повторному зрушуванні з місця крутільний момент двигуна передається повністю і можна продовжувати рух.

7.6. Мікропроцесорні системи керування трансмісією

7.6.1. Компоненти мікропроцесорних систем керування гідромеханічною передачею

На моделях автобусів фірми Volvo застосовується електронна система керування ГМП з «жорсткою логікою». До складу електронного блока системи керування, в основному, входять дискретні елементи і лише кілька інтегральних мікросхем. Керування перемиканням передач здійснюється в залежності від швидкості руху автобуса та навантаження двигуна. Як датчик швидкості автобуса використовується індукторний датчик, частота вихідного сигналу якого пропорційна частоті обертання веденого вала ГМП. Датчиком навантаження двигуна є ступінчастий електричний перемикач, зв'язаний з педаллю подачі пального.

Механічна коробка передач з електронним керуванням містить три головні групи компонентів:

1. До електронних компонентів належать:

- важіль селектора коробки передач з електронним перемикачем;
- електронне керування дросельною заслінкою від педалі акселератора;
- блок керування коробкою передач;
- електромагнітні клапани;
- потенціометр і мікрвимикачі.

2. У гідравлічну систему входять:

- гідравлічний блок з гідронасосом та гідроаккумулятором;
- робочий циліндр привода зчеплення;
- гідроперемикач передач;
- гідравлічні клапани.

3. Механічна частина складається з:

- механічної коробки передач 085;

- штока вибору та перемикання передач з важільним механізмом його приводу.

Електронна система, приклад якої наведений, призначена для автоматичного керування тріступінчастою гідромеханічною передачею з гідротрансформатором, що блокується. По мірі розгону автобуса відбувається послідовне перемикання передач з першої до третьої і далі блокується гідротрансформатор. Крім того, ця система виконує захисні функції. Структурна схема показана на рис. 7.18, а підключення зовнішніх пристроїв – на рис. 7.19.

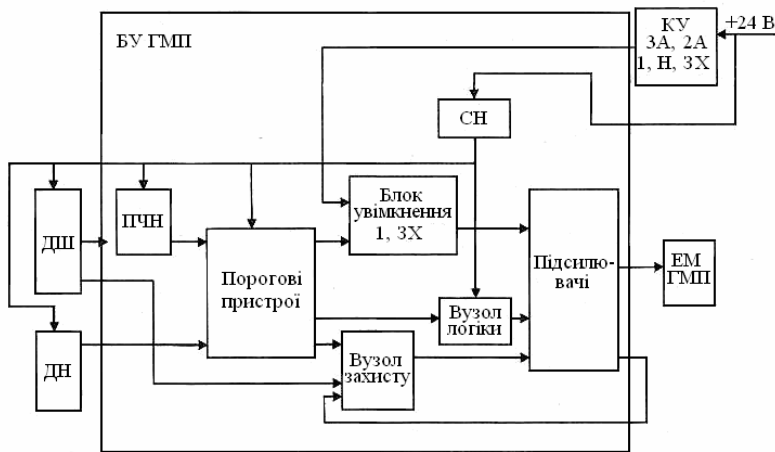


Рис. 7.18. Структурна схема електронної системи керування ГМП автобусів Volvo

Як датчик швидкості (ДШ) (рис. 7.18) використаний індукторний датчик, який розташований над одним із зубчастих коліс, установлених на веденому валу ГМП. Тому частота зміни ЕРС на виході ДШ пропорційна частоті обертання даного вала ГМП, тобто пропорційна швидкості руху автобуса.

Датчик навантаження (ДН) двигуна виконаний у вигляді двох перемикачів S1 і S2, що приводяться в дію від педалі подачі пального. До тих пір, поки ця педаль знаходиться у положеннях, що відповідають подачі меншій 50% максимального значення величини подачі пального, жоден з перемикачів датчика навантаження не спрацьовує (положення контактів перемикачів показано на рис. 7.19).

Перемикач S1 спрацьовує тоді, коли педаль установлюється у будь-яке з положень, при яких подача пального у двигун складає від 50 до 100% максимального її значення. Щоб забезпечити спрацювання перемикача S2, водій повинен установити педаль подачі пального далі положення, що відповідає 100% подачі пального в двигун, подолавши при цьому зусилля додаткової пружини. Такий режим носить назву «кіддаун» («Kick-down») і використовується для примусового вмикання знижувальної передачі автобуса з метою підвищення його динаміки в процесі обгону.

Окрім основного режиму керування гідропередачею, при якому по мірі розгону автобуса здійснюється автоматичне перемикавання усіх передач та блокування гідротрансформатора (положення 3А контролера на рис. 7.19), у системі керування передбачені ще такі режими:

- автоматичного перемикавання першої та другої передач з блокуванням гідротрансформатора після розгону автобуса на другій передачі до заданої швидкості (положення 2А контролера);

- примусового вмикання першої передачі незалежно від швидкості руху автобуса (положення 1 контролера);

- примусового вмикання передач заднього ходу незалежно від швидкості руху автобуса (положення 3Х контролера).

Завдання необхідного режиму роботи системи керування ГМП здійснюється з допомогою контролера керування (КК), схема підключення якого до електронного блока наведена на рис. 7.18.

У табл. 7.1 указаний порядок підключення електромагнітів системи керування до джерела живлення в залежності від передачі, яка вмикається, та положення контролера керування.

Вузол порогових пристроїв. Команди на перемикавання передач і блокування гідротрансформатора виробляє пороговий пристрій системи керування в залежності від рівня напруги на виході ПЧН і положення перемикачів ДН (рис. 7.18).

Для перемикавання з другої на першу передачу швидкість автобуса повинна знизитися до значення v_{II-I} , при якому сила струму I_n стане меншою значення I_{II} .

При увімкненій другій передачі, внаслідок дії у подільнику підсилювача DA1 позитивного зворотного зв'язку, зменшення I_n до значення I_{II} відбудеться при швидкості v_{II-I} , яка менша за швидкість v_{I-II} . Тим самим попереджується циклічність перемикавання передач.

Для створення оптимальних умов роботи ГМП у режимі 2А необхідно, щоб на даному режимі блокування гідротрансформатора вмикалось у разі нижчих швидкостей руху автобуса порівняно з режимом 3А.

Вузол логіки. Під час руху автобуса з низькою швидкістю напруга на виходах підсилювачів близька до нуля, що відповідає рівню логічного «0» для

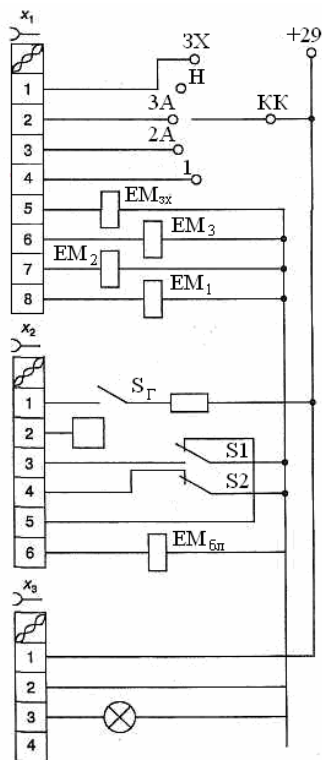


Рис. 7.19. Схема підключення апаратури керування та електромагнітів системи керування ГМП до електронного блока:

КК – контролер керування; $S_{Г}$ – вмикач гідроповільнювача; S1, S2 – мікроперемикачі датчика навантаження двигуна; $EM_1, EM_2, EM_3, EM_{6п}, EM_{3x}$ – електромагніти системи керування

пристроїв, що здійснюють наступну обробку даних сигналів. По мірі розгону автобуса висока напруга спочатку з'являється на виходах підсилювачів. Даний рівень напруги є рівнем логічної «1» при наступній обробці сигналів, що виконується з допомогою дешифратора, у якості якого використана інтегральна мікросхема типу К511ИД1. Дешифратор здійснює перетворення різних комбінацій сигналів на виході підсилювачів у сигнали, необхідні для увімкнення у заданій послідовності підсилювачів живлення електромагнітів системи керування.

Таблиця 7.1

Порядок підключення електромагнітів системи керування

Положення контролера	Передача, що вмикається	Електромагніти				
		ЕМ ₁	ЕМ ₂	ЕМ ₃	ЕМ _{6,л}	ЕМ _{3х}
3А	Перша	+	-	-	-	-
	Друга	-	+	-	-	-
	Третя	-	-	+	-	-
	Третя*	-	-	+	+	-
2А	Перша	+	-	-	-	-
	Друга	-	+	-	-	-
	Друга **	-	+	-	+	-
1	Перша	+	-	-	-	-
3Х	Задній хід	-	-	-	-	+
Н	Нейтральне положення	-	-	-	-	-

Примітка. * «+» - електромагніт увімкнений; «-» - вимкнений;
 ** - з режимом блокування гідротрансформатора.

Дешифратор К511ИД1 має чотири входи, з яких використовуються тільки три (1, 2 і 4). В залежності від комбінації сигналів з рівнями логічного «0» або логічної «1», що підводяться до входів дешифратора, який-небудь один з його виходів з'єднується з «масою».

Таблиця істинності дешифратора (табл. 7.2) містить вказівки, яким комбінаціям сигналів на вході дешифратора відповідає з'єднання з «масою» того або іншого його виходу.

Таблиця 7.2

Істинність дешифратора К511ИД1

Номер рядка	Рівень напруги на входах			Номер виходу, з'єднаного з «масою»
	1	2	4	
Передбачені комбінації вхідних сигналів				
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1
3	1	1	0	3
4	1	1	1	7
Передбачені комбінації вхідних сигналів				
5	0	1	1	6
6	1	0	1	5
7	0	1	0	2
8	0	0	1	4

7.6.2. Структурна схема системи керування електрогідромеханічною передачею

Мікропроцесорні системи керування все частіше використовуються для керування в автобусах, вантажних і легкових автомобілях з ГМП. Система керування АТЕС фірми Allison Transmission призначена для керування три- і п'ятиступінчастими ГМП, які обладнані блоком електромагнітних клапанів. З їх допомогою здійснюється керування виконавчими пристроями (фрикціонними) ГМП. АТЕС (рис. 7.20) є багатофункціональною системою керування.

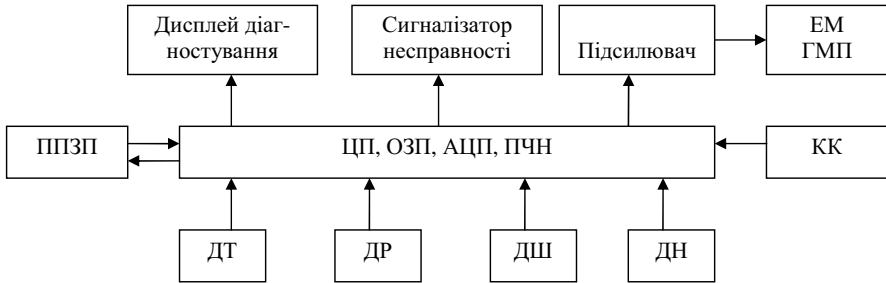


Рис. 7.20. Структурна схема мікропроцесорної системи керування ГМП вантажних автомобілів

Залежно від сигналів, що надходять від датчика швидкості (ДШ), який контролює швидкість автомобіля, та датчика навантаження (ДН) двигуна, мікропроцесор згідно із закладеною в нього програмою та з урахуванням положення контролера керування (КК) виробляє команди на перемикання передач і блокування гідротрансформатора. Ці сигнали підсилюються силовими елементами системи керування і далі надходять до електромагнітів привода відповідних гідравлічних клапанів. Виконавчими пристроями ГМП є фрикціони, вмиканням і вимиканням яких керують указані гідравлічні клапани.

Окрім вироблення сигналів на перемикання передач система керування виконує низку функцій захисту передачі від аварійних режимів, а також використовується для діагностування стану вузлів ГМП за сигналами датчиків температури масла (ДТ) і тиску в системі (ДР).

ГМП – це складний і вартісний агрегат, тому сучасна сигналізація про можливі несправності дозволяє суттєво підвищити її експлуатаційну надійність. Система може бути застосована для керування трансмісіями різного типу завдяки тому, що коригування алгоритму керування стосовно різних типів трансмісій вимагає лише зміни програми, що записана в ППЗП, тобто самій системі не потрібно ніяких конструктивних змін.

Використання мікропроцесорної системи керування ГМП забезпечує перемикання передач при швидкостях руху автомобіля, що відрізняються не більше, ніж на 1% від їх оптимальних значень. У разі застосування гідравлічної системи керування допуск швидкостей, що відповідають перемиканням передач, складає 5-10%.

Порівняльні випробування ГМП з гідравлічною і мікропроцесорною системами керування показали, що використання останньої дає можливість за-

ощадити до 7-8% пального.

Система керування АТЕС виконує такі захисні функції:

- попереджує можливість вмикання передачі заднього ходу при швидкості руху вищій установленій границі;
- забороняє перемикання передач у разі пробуксовування або блокування коліс автомобіля під час гальмування, завдяки чому виключається помилкова дія системи керування;
- попереджує надмірне збільшення частоти обертання колінчастого вала під час спуску з гори з увімкненим уповільнювачем.

Крім того, система керування, будучи зв'язаною із вбудованими пристроями діагностування, не тільки сигналізує водію про наявність яких-небудь несправностей або відхилень показників ГМП від норми (перегрівання масла або недопустима зміна тиску в гідросистемі), але й записує в пам'ять ці дані для наступного аналізу причин появи несправностей.

Мікропроцесорна система керування для чотириступінчастої планетарної ГМП типу 4НР22 призначена для застосування в легкових автомобілях високого класу.

В залежності від розрідження в порожнині сервокамери змінюється положення її штока і, відповідно, регулюється M_c , що передається зчепленням. З розгляду залежності M_c від переміщення L важеля привода зчеплення (рис. 7.21) випливає, що M_c змінюється від нуля до максимального при переміщенні важеля на 13 мм (повний хід важеля – 46 мм). Це враховується в алгоритмі системи керування.

Команду на примусове вимкнення зчеплення в процесі перемикання передач мікропроцесорний пристрій виробляє при надходженні до нього сигналу від вимикача, контакти якого замикаються, коли водій прикладає зусилля до важеля перемикання передач.

Обробку інформації, отриманої від усіх елементів системи керування, виконує центральний мікропроцесор ЦПУ типу 8085 з тактовою частотою 2,2 МГц, він зв'язаний з ППЗП (об'єм пам'яті 2 кбайт) й ОЗП (об'єм пам'яті 256 байт).

В ППЗП записується програма алгоритму, контакти, стандартні програми тощо. ОЗП використовується для запису результатів проміжних обчислень, поточних значень вимірних величин та інших даних, необхідних для мікропроцесорного керування системою.

Робота системи в реальному масштабі часу, необхідна для видачі у певний час команд керування й організації часових затримок, реалізується з допомогою таймера. Зв'язок між керуючими елементами системи і силовими виконавчими пристроями (електромагнітні клапани) здійснюється через так звані порти вводу-виводу та підсилювальні каскади. ОЗП, порти вводу-виводу й

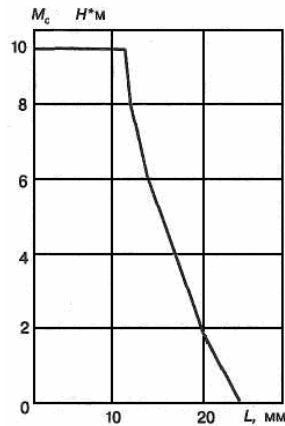


Рис. 7.21. Залежність $M_c=f(L)$

таймер виконані у вигляді однієї великої інтегральної схеми типу 8156.

Мікропроцесори можуть обробляти сигнали тільки у вигляді двійкового цифрового коду. У зв'язку з цим сигнали від датчиків частоти обертання колінчастого вала, веденого вала зчеплення і веденого вала коробки передач, що мають вигляд послідовності імпульсів, спочатку з допомогою ПЧН перетворюються в аналоговий сигнал напруги постійного струму, а потім з допомогою АЦП – у двійковий код. Також з допомогою АЦП здійснюється перетворення аналогового сигналу датчика положення дросельної заслінки (потенціометра) у цифровий двійковий код.

Контрольні запитання

1. Яке удосконалення експлуатаційних якостей трансмісії сучасного автомобіля досягнуто за рахунок мехатронізації механічної коробки передач?
2. Як забезпечується зв'язок між електронними системами і гідравлічними ланцюгами АКП?
3. Які основні джерела енергії використовуються в АКП для силових впливів?
4. Які принципи роботи блока керування АКП?
5. Які завдання виконує блок керування АКП?
6. Які типи датчиків використовуються в керуванні АКП?
7. Наведіть спрощену схему електронного керування АКП?
8. Який існує обмін даними для досягнення оптимального керування АКП?
9. Які критерії оптимальності використовуються в електронних системах керування АКП?
10. Як здійснюється автоматичне керування зчепленням?
11. Які елементи і компоненти забезпечують автоматичне керування зчепленням?
12. Які завдання ЕБК автоматичного зчеплення?
13. Як здійснюється регулювання швидкості автомобіля?
14. Які сигнали контролюються для регулювання швидкості руху автомобіля?
15. Як здійснюється електрогідравлічне керування зчепленням?
16. З яких компонентів складається мікропроцесорна система керування гідромеханічною передачею?
17. Наведіть структурну схему мікропроцесорної системи керування гідромеханічною передачею вантажного автомобіля.

8. МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГАЛЬМУВАННЯМ

8.1. Розвиток мехатронних систем керування гальмуванням

Впровадження в автомобіль мехатронних систем керування гальмуванням почали з найвідповідальнішої системи – гальмівної. Спочатку їх розробляли у різних поєднаннях, з різними алгоритмами керування, з використанням пневматичних і гідравлічних джерел енергії.

Розвиток мехатронних систем керування гальмуванням відбувалося об'єднанням механічних, електричних, електронних, мікропроцесорних компонентів з програмним забезпеченням, що не тільки забезпечило кращу стабілізацію руху автомобіля при гальмуванні, але й дало можливість створити нові мехатронні системи, які працюють навіть у тяговому режимі руху автомобіля (рис. 8.1).

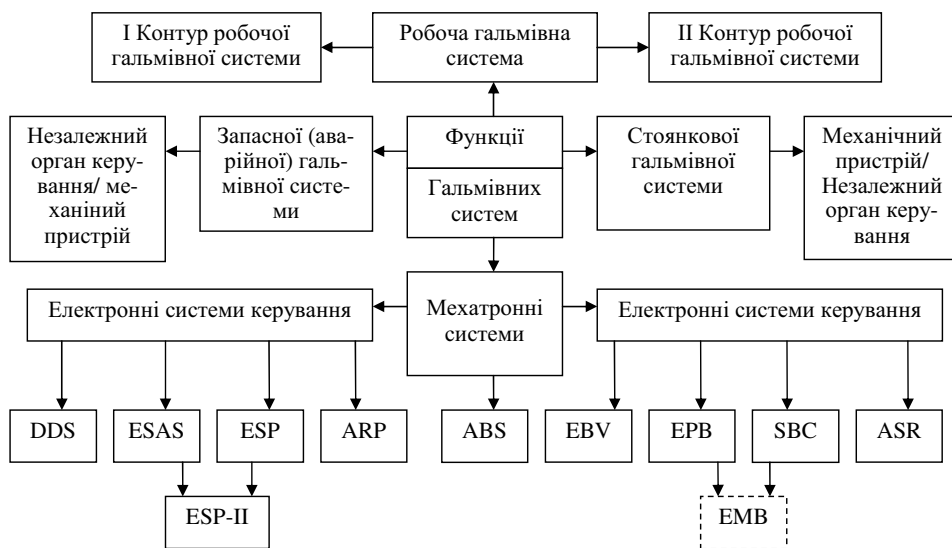


Рис. 8.1. Досягнутий рівень розвитку функцій та допоміжних пристроїв мехатронних систем сучасних легкових автомобілів:

DDS – контроль тиску в шинах; ESAS – рознесене рульове керування; ESP – регулювання курсової стійкості; ESP-II – стабілізація курсової стійкості; ARP – антиперекидална система; ABS – антиблокувальна система; EBV – регулятор гальмівних зусиль; EMB – електромеханічне гальмо; EPB – електричне стоянкове гальмо; SBC – електрогідравлічне гальмо; ASR – керування проковзуванням ведучих коліс

На автомобілях з мехатронними системами керування гальмуванням встановлюється система електронної стабілізації керування рухом (ESP) і система керування тяговим зусиллям (TCS), призначена для попередження пробуксовування коліс під час розгону автомобіля шляхом зменшення крутильного моменту, який передається. TCS автоматично вмикається під час запуску дви-

гуна. Керуючі сигнали в систему TCS про обертання коліс автомобіля надходять від датчика антиблокувальної системи (АБС).

Основа сучасних мехатронних систем гальмування складають електрогідрравлічні та електромеханічні, програмні засоби автоматизації електронного керування гальмами. На ранніх етапах розвитку вони базуються на антиблокувальних системах, а далі на їх основі додавалась значна кількість різних функцій щодо забезпечення активної безпеки.

Гальмівні системи та їх елементи, що існують на сьогодні, представлені на рис. 8.1. Досягнутий високий рівень мехатронізації гальмівних систем отримали завдяки інтеграції електромеханічних компонентів у вигляді різноманітних датчиків (педалі, тиску, швидкості коліс та ін.), електрогідрравлічних агрегатів з електродвигунами та електромагнітними клапанами, електропневматичних акумуляторів тиску та мікропроцесорної техніки. Це дало можливість створити інтегроване програмне забезпечення з електронним блоком керування гальмівною системою, що призначена для збереження стійкості та керованості автомобіля під час гальмування.

8.2. Антиблокувальна система

Антиблокувальна система (АБС) призначена для забезпечення кочення коліс під час гальмування з ефективністю, близькою до максимальної, з метою збереження керованості автомобіля. При екстремому гальмуванні автомобіля можливе блокування одного або кількох коліс. Заблоковане колесо перестає сприймати бокові сили, що утримують автомобіль на заданій траєкторії, проковзує й автомобіль втрачає керованість, а у разі появи будь-якої бокової інерційної сили починається його занесення.

У своєму розвитку системи АБС пройшли шлях у кілька поколінь – від одноконтурних систем із спільним модулятором до дво-, триконтурних з індивідуальним модулятором на кожному з коліс, що дає можливість отримати оптимальний гальмівний момент з урахуванням дорожніх умов під колесом.

Сучасна АБС легкових автомобілів містить стандартну електрогідрравлічну систему гальмування, електронний блок керування (ECU), регулятор тиску, який змінює гальмівне зусилля на колесі, датчик кутової швидкості колеса (рис. 8.2). Ефективність антиблокувальної системи описана у багатьох роботах, наприклад, [12, 21, 23].

Процес роботи АБС може реалізовуватися за дво- або трифазними циклами. При двофазовому циклі: перша фаза зростання тиску; друга фаза – зниження тиску. У разі трифазного циклу: перша фаза – зростання тиску; друга – зниження тиску; третя фаза – підтримання тиску на постійному рівні.

У наш час розвиток АБС йде двома діаметрально протилежними напрямками. Для автомобілів високого класу створюються найбільш ефективні інтегровані чотириканальні АБС, а для масових дешевих моделей ведеться розробка спрощених варіантів, що вбудовуються в серійні гальмові системи як додаткове устаткування. АБС кардинально змінила уявлення про рівень безпеки руху. Сьогодні ця система входить у список устаткування практично кожної нової моделі автомобіля.

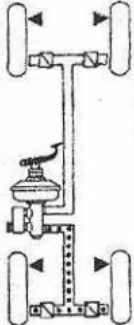
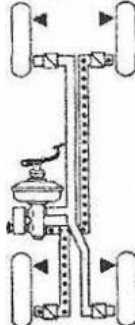
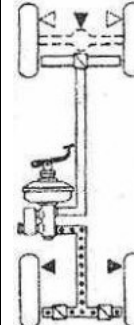
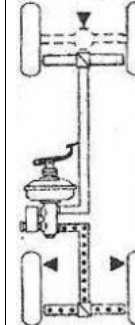
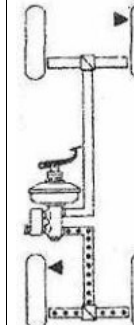
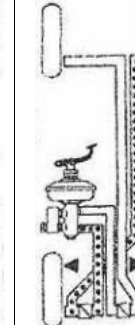
Чотирьоканальна з чотирма датчиками		Триканаль- на з трьома датчиками	Двоканальна система		
			з трьома датчиками	з двома датчиками	
спереду- ззаду	по діагоналі	спереду- ззаду	спереду- ззаду	спереду- ззаду	по діагоналі
варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 4	варіант 5	варіант 6
					

Рис. 8.2. Варіанти антиблокувальної системи:

▣ - клапан керування; ◀ - датчик швидкості; ◁ - датчик, альтернативний датчику диференціала

Найпоширенішими варіантами антиблокувальних систем (рис. 8.2) є:

- **чотирьоканальна система** (варіанти 1, 2 на рис. 8.2). Допускає окремий контроль тиску в двоконтурних системах зі з'єднанням по мостах і з діагональним з'єднанням. Під час гальмування на дорожньому покритті з різними коефіцієнтами зчеплення зліва і справа (так званий «мікст») слід застосовувати заходи для забезпечення відсутності моменту відносно вертикальної осі, що може призвести до втрати курсової стійкості автомобіля;

- **триканальна система** (варіант 3). Момент розвороту під час гальмування на дорожніх покриттях типу «мікст» зменшений так, що легкові автомобілі з довгою базою і великим моментом інерції відносно вертикальної осі не втрачають курсової стійкості і керуваності;

- **двоканальні системи** (варіанти 4, 5, 6). Такі системи, з одного боку, мають меншу кількість компонентів, ніж триканальні і чотирьоканальні, що робить їх менш вартісними. З іншого боку, виникає деяка кількість функціональних обмежень. У варіанті 4 при високопороговому регулюванні переднє колесо з більш високим коефіцієнтом зчеплення визначає тиск, що підводиться до обох передніх коліс. У даному разі під час екстреного гальмування виникає блокування одного з передніх коліс. Це супроводжується збільшеним спрацюванням шин і погіршенням керуваності. При використанні варіанту 5, таке трапляється, коли колесо передньої осі, яке контролюється, має більш високий коефіцієнт зчеплення, ніж у неконтрольованого. У варіанті 6 тиск, що підводиться до передніх коліс, регулюється роздільно, а на кожному задньому колесі – разом з відповідним переднім. Через те, що необхідно створювати перерозподіл гальмівної сили із заднього моста на передній з метою не допустити блокування задніх коліс, дана система забезпечує більш низькі сповільнення, ніж три- або чотирьоканальні системи.

Типове конструктивне виконання установки компонентів АБС наведено на рис. 8.3.

З рис. 8.4 видно, що коли зубці колеса 5 перетинають магнітні сили поля котушки, виникає електричний сигнал. Частота таких сигналів прямо пропорційна швидкості обертання колеса.

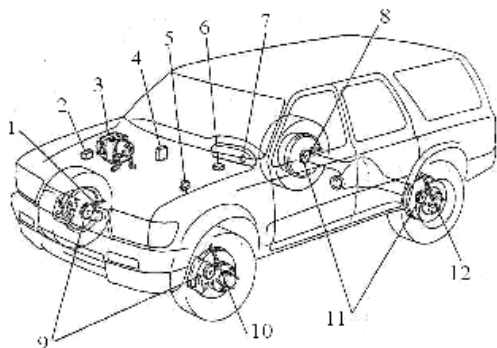


Рис. 8.3. Типова схема розташування компонентів АБС:

1, 8, 10, 12 – колісні датчики; 2 – реле АБС; 3 – гідравлічний модулятор; 4 – ЕБК (ЕСУ) АБС; 5 – діагностичний рознімач; 6 – датчик сповільнення; 7 – контрольна лампа АБС; 9, 11 – зубчасті металеві колеса

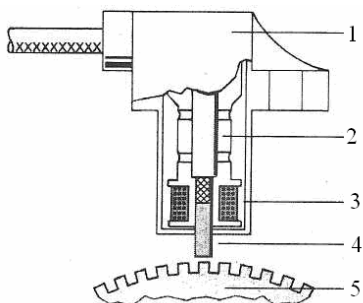


Рис. 8.4. Індуктивний датчик швидкості колеса:

1 – корпус; 2 – постійний магніт; 3 – обмотка; 4 – полюсний наконечник; 5 – зубчасте колесо

Існують різні алгоритми роботи АБС. Найбільше розповсюдження отримали алгоритми, в яких порівнюються реальні частоти обертання коліс з опорною частотою обертання, що фіксуються в даний момент часу системою керування.

На багатьох пасажирських і вантажних автомобілях серійно випускаються АБС на базі електронних блоків із жорсткою логікою та мікропроцесорних комплектів. Основними елементами АБС є електрогідравлічний привід й електронний блок керування, який містить мікроконтролер, що виконує логічну та математичну обробку інформації. У постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) мікроконтролера записані програма і деякі константи, необхідні для роботи АБС.

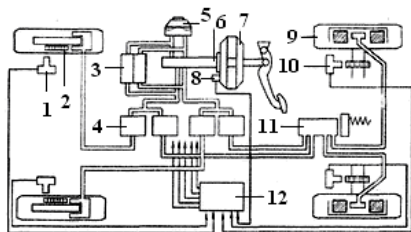


Рис. 8.5. Загальна схема АБС

1, 10 – кінцеві датчики частоти обертання колеса; 2 – зубчасте колесо АБС; 3 – двоконтурний насос з електричним двигуном; 4 – гідравлічні клапани; 5 – бачок з гальмівною рідиною; 6 – двоконтурний головний гальмовий циліндр з гідравлічним блоком; 7 – вакуумний підсилувач; 8 – датчик положення педалі гальма; 9 – заднє колесо; 11 – регулятор тиску; 12 – електронний блок керування АБС.

Загальна схема АБС представлена на рис. 8.5. Компоненти АБС для пов-

нопривідних автомобілів показані на рис. 8.6.

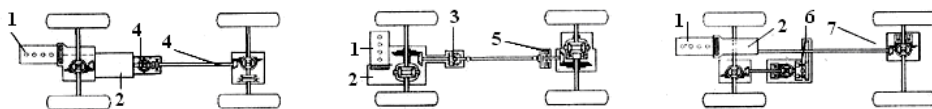


Рис. 8.6. Компоненти АБС на повнопривідних автомобілях:

1 – двигун; 2 – трансмісія; 3 – обгінна муфта і муфта в'язкості; 4 – ручний замок, що перемикається, або в'язкий замок; 5 – пристрій блокування диференціала; 6 – автозчіпка або замок; 7 – автоматичний замок

АБС дає можливість зберегти керованість автомобілем у різних дорожніх умовах (рис. 8.7).

Основними перевагами АБС є:

- зменшення вірогідності занесення автомобіля під час гальмування;
- збереження керованості навіть під час різкого гальмування;
- зниження спрацювання шин.

Антиблокувальні системи були розроблені для забезпечення гальмування автомобіля без блокування його коліс у різних дорожніх умовах та збереження керованості автомобіля.

АБС можуть працювати за різними алгоритмами. Основна мета більшості алгоритмів базується на тому, що при перевищенні ковзання, що відповідає максимальному зчепленню, швидкість обертання колеса різко зменшується.

Структурна організація гальмівного керування з автоматичним регулюванням гальмівної сили припускає розміщення між гальмівним приводом і колісними гальмівними механізмами електронних пристроїв, за допомогою яких реалізується місцевий зворотний зв'язок системи автоматичного регулювання.

У числі додаткових пристроїв знаходиться модулятор тиску, який включає групу електромагнітних клапанів (рис. 8.8).

З допомогою електромагнітних клапанів, якими керує електронний блок, у пневматичному або гідравлічному приводах легко реалізуються релейні алгоритми «увімкнене-вимкнене». Тому такі приводи отримали найбільше поширення і називаються відповідно

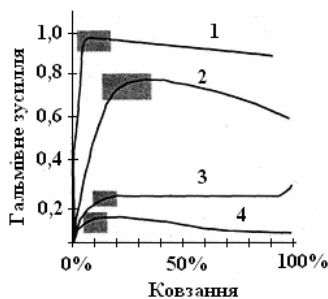


Рис. 8.7. Діапазон регулювання АБС:

■ – діапазон; 1 – сухий асфальт; 2 – мокрий асфальт; 3 – рихлий сніг; 4 – ожеледь

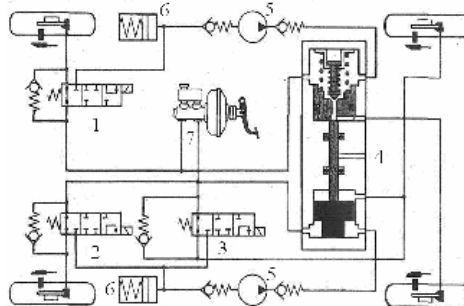


Рис. 8.8. Гідроагрегат гальмівного привода зі слідкувальним керуванням АБС 2Е:

1 – передній правий магнітний клапан; 2 – передній лівий магнітний клапан; 3 – задній правий магнітний клапан; 4 – слідкувальний пристрій; 5 – відкачувальний насос; 6 – акумулятор тиску; 7 – головний циліндр

електропневматичний та електрогідравлічний приводи гальм.

Якість роботи АБС залежить від прийнятого принципу регулювання («алгоритму функціонування»), а також від швидкодії системи. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмового моменту. Важливою властивістю АБС повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність).

Створені мехатронні антиблокувальні системи дають можливість забезпечувати:

- підвищення активної безпеки автомобіля, підвищення гальмівної ефективності особливо на слизьких поверхнях і дорожніх покриттях «мікст», які відрізняються коефіцієнтами зчеплення під кожним колесом, у відповідності з регламентованими нормами (державний стандарт, Правила ЕЕК ООН);
- стійкість при гальмуванні;
- збереження керованості при гальмуванні;
- збільшення середньої швидкості руху автомобіля;
- адаптивність до зовнішніх умов, що змінюються (наприклад, зміна коефіцієнта зчеплення колеса з дорожнім покриттям);
- можливість гальмування при виході з ладу АБС;
- мінімальна витрата робочого тіла;
- мінімальне споживання електроенергії;
- зниження спрацьованості шин;
- завадостійкість по відношенню до зовнішніх магнітних полів;
- сигналізація у разі виходу з ладу АБС, діагностика несправностей;
- загальні вимоги (надійність, низька вартість тощо).

Алгоритм функціонування АБС побудований на аналізі сигналів, що надходять від датчиків з усіх коліс при гальмуванні, відносно швидкості руху кузова автомобіля. Блок керування АБС аналізує показання датчиків швидкості обертання коліс, розпізнає ступінь сповільнення кожного з них, після чого розраховує необхідний тиск у кожному контурі.

Робочий процес АБС залежить не тільки від алгоритму системи автоматичного регулювання і характеристик виконавчого механізму, але й від структури установки системи на автомобілі, яка визначає зв'язки коліс. Керування процесом гальмування може здійснюватися як щодо кожного колеса, так і одночасно щодо кількох коліс. Особливості робочого процесу гальмування одного колеса визначаються алгоритмом робочого блока АБС, що визначається структурною схемою установки АБС.

Антиблокувальні системи починають функціонувати при швидкості вищій за 3-5 км/год, а регулювання гальмування починається зі швидкості 12 км/год і більше.

Згідно з вимогами Правил ЕЕК ООН при швидкості, меншій за 15 км/год допускається блокування.

Основні складові електронного блока керування АБС наведені на рис. 8.9. У цьому блоці використані два мікропроцесори, які здійснюють обробку сигналів, прогін програми контролю та функцію автокерування АБС.

Індуктивний колісний датчик швидкості обертання забезпечує електронний блок керування необхідною інформацією про швидкість обертання коле-

са.

Кільце для збудження імпульсів установлюється на маточині колеса і генерує імпульси напруги в датчику частоти обертання колеса, коли воно починає обертатися. Частота імпульсів пропорційна частоті обертання колеса. Під час першої установки на автомобілі датчик установлюється напроти кільця імпульсів. Зазор у підшипнику колеса й пружні деформації осі автоматично фіксують правильне положення датчика по відношенню до кільця. В залежності від діаметра кільця повітряний зазор між ним і датчиком може бути в межах кількох міліметрів. Якщо зазор стає надто великим, блок керування ECU відключає керування цього колеса.

Використання мікропроцесорів дає можливість досягти значної оптимізації контролерних алгоритмів, включаючи адаптацію до вимог характеристик автомобілів і особливостей водіїв [21].

Електронний блок керування (ECU, ЕБК). Вхідні каскади блока ECU підсилюють сигнали від датчиків швидкості обертання коліс і перетворюють у сигнали в формі прямокутних імпульсів. Частоту обертання коліс вираховує мікропроцесор на основі частоти сигналів. За відомою швидкістю руху та частот обертання окремих коліс може бути вираховане ковзання кожного колеса. Якщо у колеса є тенденція до блокування, то таке значення вираховується на основі показників «прискорення колеса» та «ковзання колеса». Мікропроцесор підживлює з допомогою вихідних каскадів блока ECU соленоїди клапанів модуляції тиску, які керують тиском в окремих гальмівних циліндрах коліс.

Блок ECU містить велику програму визначення несправностей у межах дії системи ABS (датчики швидкості обертання коліс, блок ECU, клапани модуляції тиску, електрична проводка).

У разі виявлення несправності з допомогою блока ECU відключається несправна частина системи і записується код, пов'язаний з детальною реєстрацією несправності. Цей код може бути потім зчитаний і розшифрований у ремонтній майстерні.

8.3. Протибуксовна система автомобіля

Система ASR – (Automatic Slip Regulation або Acceleration Slip Regulation), якщо перекласти на українську, то вийде автоматична протипро-

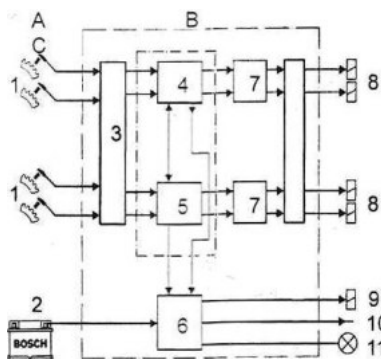


Рис. 8.9. Схема електронного керування ABS – ESP (чотириканальна схема):

A – входи; B – блок керування; C – виходи;
1 – колісні датчики; 2 – напруга живлення;
3 – АЦП; 4 – процесор 1; 5 – процесор 2; 6 – стабілізатор напруги; 7 – вихідні каскади;
8 – магнітні клапани - виконавчі механізми;
9 – реле клапанів; 10 – діагностика; 11 – сигнальна лампа ABS

буксовна система (або антипроковзна система), основною функцією якої є попередження проковзування ведучих коліс автомобіля.

Система ASR (ПБС) шляхом пригальмовування ведучого колеса, що пробуксовує, або зниженням потужності двигуна сприяє покращенню тягових властивостей автомобіля. ПБС розширює функції ABS, регулюючи зрушення автомобіля з місця як функцію прискорення та пробуксовування. Компоненти керування ABS/ASR показані на рис. 8.10.

Завданням ABS/ASR, як і ПБС, є підтримання гальмуючого (ведучого) колеса в режимі оптимального відносного ковзання, при якому поздовжній коефіцієнт зчеплення шини з опорною поверхнею є максимальним (рис. 8.11).

На рис. 8.11 такі позначення: 1 – блок керування ABS/ASR; 2 – блок керування ADS II (ADS – електронне блокування диференціала); 3 – блок керування DME (DME – дальномірна радіосистема ближньої навігації); 4 – блок керування EGS (EGS – електронне керування коробкою передач); 5 – НФМ – датчик масової витрати повітря з плівковим резистором, що нагрівається; 6 – дросельна заслінка 1; 7 – дросельна заслінка 2; 8 – електродвигун ADS (ADS – адаптивна амортизаційна система).

Основою функціонування ПБС (рис. 8.12) є антиблокувальна система (ABS), у складі якої є всі необхідні компоненти: датчики частоти обертання коліс, електронний блок керування, електрокеровані клапани та гідронасос, що дозволяють без натискання на педаль гальма подати під тиском гальмівну рідину в колісний циліндр колеса, що буксує, і перерозподілити крутільний момент у диференціалі (рис. 8.13).

Сигнали датчиків частоти обертання коліс використовуються для вираховування проковзування/прокручування кожного колеса. Сигнали датчиків поперечного та поздовжнього прискорення і швидкості повороту дають інформацію про поточний характер руху автомобіля. Датчик тиску в гальмівній системі визначає фактичний тиск у гальмівній системі. На автомобілях з АКП до цього додається зв'язок з блоком керування коробкою передач, який дає можливість, з одного боку, отримувати інформацію про фактично увімкнену передачу, а з іншого – здійснювати (у разі необхідності) керування коробкою пере-

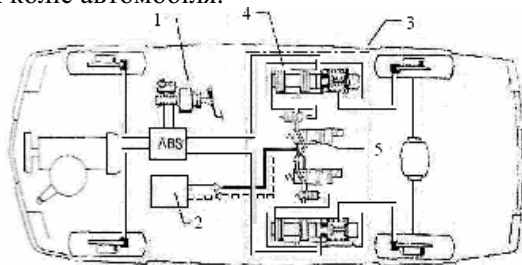


Рис. 8.10. Компоненти керування ABS/ASR:
1 – гідралічний підсилювач гальмівної системи; 2 – модуль створення тиску; 3 – гідралічний модуль системи ASR; 4 – плаваючий плунжер; 5 – регулювальний клапан

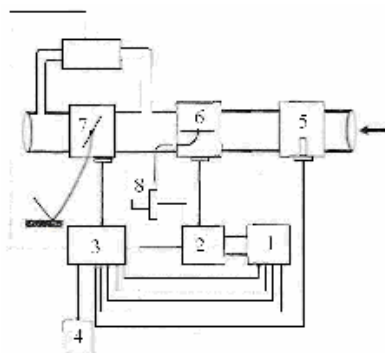


Рис. 8.11. Компоненти протибуксовної системи

дач.

На рис. 8.12 такі позначення: 1 – педальний привід гальма; 2 – підсилювач гальма; 3 – компенсаційний бачок; 4 – головний гальмівний циліндр; 5 – акумулятор тиску; 6 – гідронасос зворотної подачі; 7 – нагнітальний (впускний) клапан; 8 – розвантажувальний (випускний) клапан; 9 – електронний блок керування ABS; 10 – колісний гальмівний механізм; 11 – датчик частоти обертання колеса; 12 – зубчасте колесо; 13 – переднє праве колесо; 14 – переднє ліве колесо; 15 – заднє праве колесо; 16 – заднє ліве колесо; 17 – електродвигун гідронасоса; 18 – камера, що демпфує; 19 – датчик тиску рідини в гальмівній системі; 20 – датчик положення педалі гальма; 21 – нормально відкритий електромагнітний клапан; 22 – нормально закритий електромагнітний клапан; 23 – контролер керування двигуном.

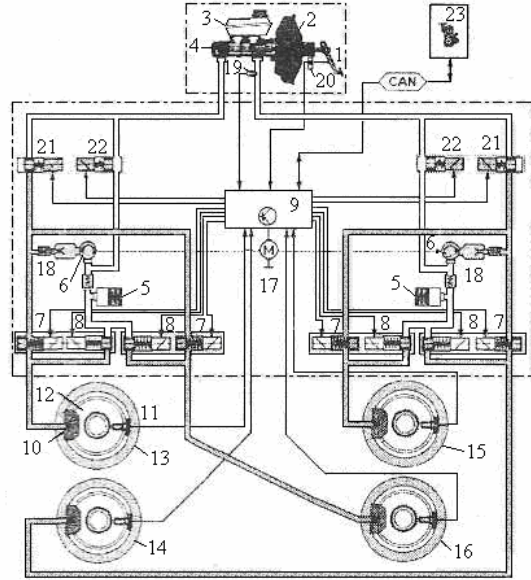


Рис. 8.12. Схема електрогідравлічна функціональна ПБС компанії Continental Teves

19 – датчик тиску рідини в гальмівній системі; 20 – датчик положення педалі гальма; 21 – нормально відкритий електромагнітний клапан; 22 – нормально закритий електромагнітний клапан; 23 – контролер керування двигуном.

ПБС функціонує на підставі сигналів датчиків кутової швидкості усіх чотирьох коліс. На основі отриманих даних програмне забезпечення ПБС виконує такі обчислення:

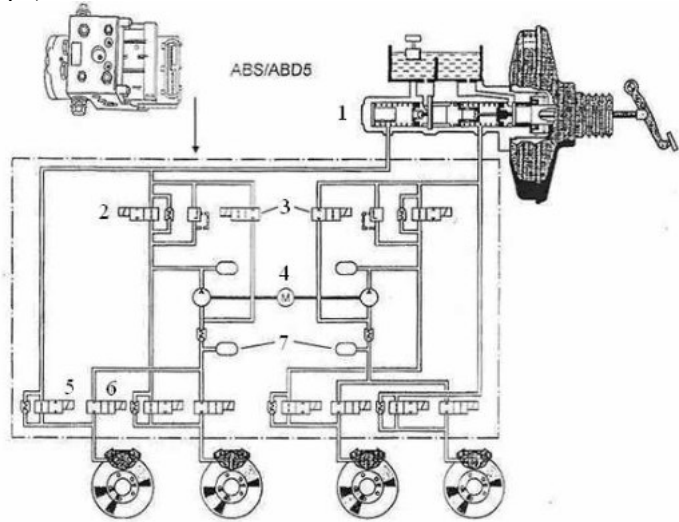


Рис. 8.13. ASR-ABD – автоматичний гальмівний диференціал:

1 – головний гальмівний циліндр; 2 – перемикальний клапан; 3 – всмоктувальний клапан; 4 – відкачувальний насос (самовсмоктувальний); 5 – впускний клапан; 6 – випускний клапан; 7 – гідроакумулятор

- вираховує кутове прискорення ведучих коліс;
- на підставі кутової швидкості ведених коліс вираховує швидкість руху автомобіля;
- порівнянням швидкостей ведених коліс розпізнає траєкторію руху (радіус повороту);
- враховуючи різницю кутових швидкостей ведучих і ведених коліс кожного борту, вираховує величину проковзування ведучих коліс.

Виходячи із цих даних, ПБС устанавлює наявність і (або відсутність) пробуксовування ведучих коліс. Крім того, з блока керування двигуном зчитується інформація про фактичний крутильний момент. На підставі цих даних ПБС визначає необхідні керуючі впливи і розраховує їх параметри.

ПБС на відміну від системи АБС виконує свої функції не тільки за допомогою пригальмовування колеса, але й керуючи двигуном, тобто регулюючи переданий на колесо від двигуна крутильний момент. Для цього педаль акселератора не повинна бути механічно пов'язана із приводом дросельної заслінки. Інакше кажучи, повинна бути можливість регулювати потужність двигуна незалежно від положення педалі акселератора. У разі виникнення небезпеки пробуксовування ведучих коліс система зменшує зусилля, що передаються ними на дорожнє покриття, за рахунок певного пригальмовування коліс, що прослизують, а також за рахунок зменшення переданого на них від двигуна крутильного моменту, для чого ПБС віддає команди системі керування двигуном або АКП.

Таким чином, на відміну від АБС, ПБС працює не під час гальмування, а під прискорення автомобіля. Для того щоб функціонувати під час прискорення, ПБС необхідний доступ до системи керування двигуном, щоб впливати на вибір крутильного моменту, а також мати можливість самостійно створювати тиск у контурах гальмівної системи. Це необхідно для пригальмовування коліс, що буксують, без натискання водієм на педаль гальма.

На підставі проковзування ведучих коліс і фактичного крутильного моменту двигуна ПБС обчислює необхідний крутильний момент двигуна. Це значення передається в блок керування двигуном.

У залежності від керуючих сигналів блок керування двигуном може виконувати таке:

- зменшувати крутильний момент зміною положення дросельної заслінки;
- якщо коригування здійснюється за допомогою системи упорскування – зменшувати крутильний момент за рахунок пропуску впорскувань пального;
- якщо коригування здійснюється за допомогою системи запалювання – можуть виконуватися пропуски імпульсів запалювання або змінюватися кут випередження запалювання у бік запізнювання;
- в автомобілях з АКП ПБС може додатково передати блоку керування АКП вимогу скасувати перемикання передачі.

Для реалізації протибуксувальних функцій програмно-апаратні засоби АБС доповнені: двома парами нормально відкритих 21 і нормально закритих 22 електромагнітних клапани та програмним модулем, що записаний у ПЗП контролера АБС (рис. 8.12) [22].

Таким чином, ПБС – це як програмне, так і апаратне розширення системи АБС. Програмне забезпечення ПБС устанавлюється у блок керування АБС з підвищеною обчислювальною потужністю і збільшеною пам'яттю. Сигнали датчиків частоти обертання коліс використовуються так само, як і в системі АБС. Для того щоб система ПБС змогла виконувати свої функції, звичайна система АБС повинна бути істотно розширена в таких елементах: гідравлічний блок та інтерфейс зв'язку із системою керування двигуном.

До обчислювальної системи входять дві допоміжних (або автономних) та дві основних мікро-ЕОМ, датчики швидкості усіх коліс, модулятор, з'єднувальні кабелі, система сигналізації. Автономні мікро-ЕОМ є системою безпеки із вбудованим пристроєм діагностування (рис. 8.14).

Модулятори регулюють гальмівний тиск на кожному окремому колесі, причому конструкція виконавчих механізмів аналогічна гальмівним пристроям антиблокувальної гальмівної системи. Необхідний робочий тиск створює гідравлічний насос з електронним керуванням через гідроаккумулятор високого тиску.

При відпусканні педалі за командою ЕБК спрацьовують колісні датчики відгальмування, прискорюючи повернення гальмівних колодок у вихідне положення. Це усуває нерівномірність спрацьовування та загрозу занесення, дає можливість досягати максимальної гальмівної ефективності, керуваності й курсової стійкості.

Схема електронного розподілення гальмівних сил системи АБС показана на рис. 8.15.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою АБС є циклічним. Це пов'язано з інерційністю самого колеса, привода, а також елементів АБС. Якість регулювання оцінюється тим, наскільки АБС за-

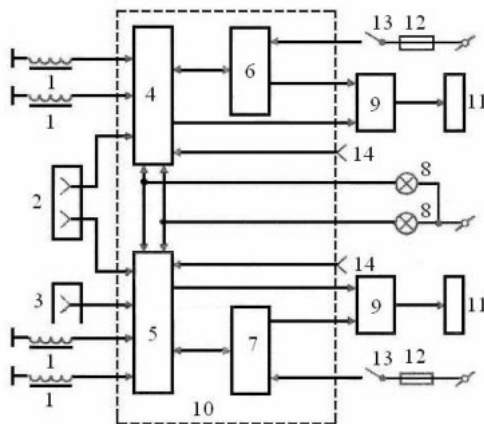


Рис. 8.14. Структурна схема антиблокувальної та протибуксовної системи гальм (АБС/ПБС):

1 – колісні магнітоелектричні датчики; 2 – діагностичний рознімач ISO; 3 – рознімач декодера; 4, 5 – основні мікро-ЕОМ; 6, 7 – допоміжні (автономні) мікро-ЕОМ; 8 – індикатори робочого процесу системи на щитку приладів; 9 – модулятори тиску робочого тіла гальмівної системи (повітря або гальмівна рідина); 10 – електронний блок керування; 11 – електромагніти гальмівних циліндрів; 12 – запобіжники; 13 – вимикачі АБС/ПБС; 14 – додаткові з'єднувачі



Рис. 8.15. Електронне керування гальмівними силами:

1 – ідеальне розподілення гальмівної сили; 2 – установлене розподілення гальмівної сили; 3 – з чутливим до вантажу редуктором тиску; 4 – електронне розподілення гальмівної сили

безпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. У разі великого діапазону циклічних коливань тиску порушується комфортність при гальмуванні («смикання»).

Аналогічні порушення можуть проявлятися під час роботи антипробуксовних систем при регулюванні крутильного моменту на ведучих колесах.

Щоб отримати більшу точність і плавність регулювання ковзання коліс у тяговому режимі, в ПБС зміну тиску необхідно робити більш повільно, ніж в АБС. Для цього у модулятор уведені дроселювальні клапани з меншим прохідним перерізом, які спрацьовують на початку функціонування ПБС.

8.4. Система керування тяговим зусиллям

З використанням системи тягового зусилля (TCS) АБС з антипробуксовною системою (ПБС) автомобілі отримують такі переваги:

- збільшення сили тяги та підвищення стійкості автомобіля при зрушуванні з місця, розгоні та під час руху поверхнею з низьким коефіцієнтом зчеплення;
- збільшення прохідності по м'яким ґрунтам;
- зменшення навантаження в трансмісії у разі різкої зміни коефіцієнта зчеплення;
- зниження витрати пального, особливо в зимових умовах;
- зменшення спрацьованості шин;
- зниження втомлюваності водія.

Гальмівні системи з електронним керуванням (ELB) дають можливість оптимізувати процеси сил тяги та гальмування. У ELB складні функції обробляються електронним шляхом (рис. 8.16, 8.17) [21].

У систему ELB, як мінімум, входять:

- електропневматична гальмівна система (EPB);
- антиблокувальна система (ABS);
- система контролю сили тяги (TCS).

В ELB зроблена спроба керування з допомогою використання додаткової інформації, наприклад, тиску в гальмівному циліндрі та навантаження на вісь.

Під час стійкого діапазону кочення колеса спрацьовування гальм керується електронним шляхом з допомогою системи EPB, тому керування колесами, осьми й автомобілем в цілому може здійснюватися з урахуванням різноманітних вимог конструкторів.

Приблизно при 30% значень ковзання – найкраща передача гальмівного зусилля (рис. 8.18). Бокова сила у заблокованому колесі під час повороту мінімальна, у колесі, що вільно обертається – максимальна (рис. 8.19).

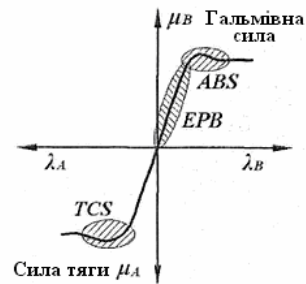


Рис. 8.16. Крива залежності зчеплення/ковзання (сфера дії ELB):
 λ – відносне ковзання; μ – коефіцієнт зчеплення; A – сила тяги; B – гальмівна сила

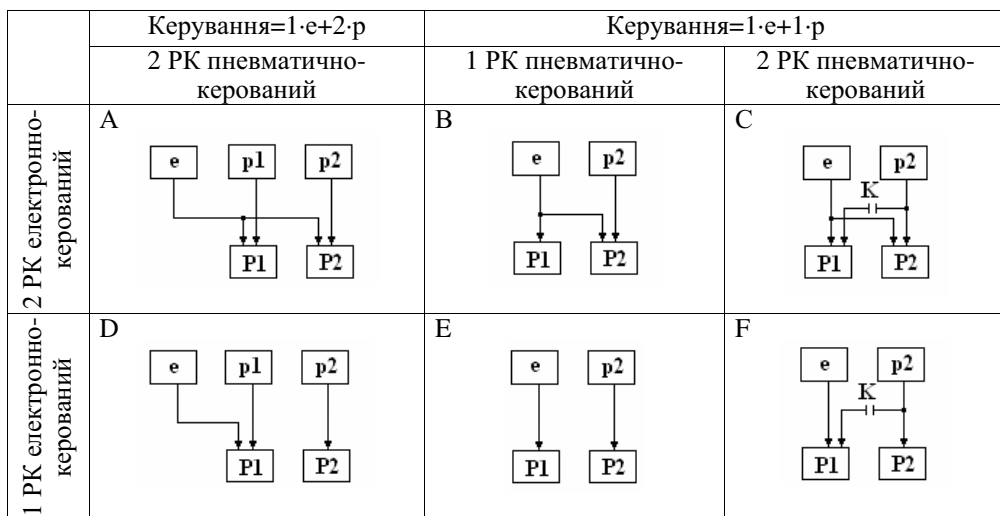


Рис. 8.17. Структура керуючих і робочих контурів:

A-F – варіанти структури; е – електронне керування; р – пневматичне керування; Р – пневматичний робочий контур; 1, 2 – стиснене повітря з ресивера 1, 2; К – клапан-розділювач магістралей; РК – робочі контури

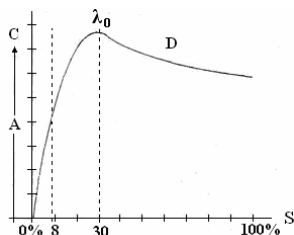


Рис. 8.18. Гальмівне зусилля і ковзання:

A – гальмівне зусилля; S – ковзання; C – максимальне; D – гальмівне зусилля (коефіцієнт зчеплення 0,7)

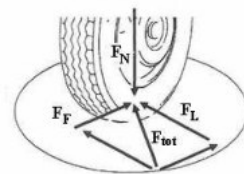
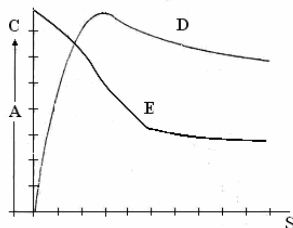


Рис. 8.19. Гальмівна і бокова сили:

A – гальмівне зусилля; S – ковзання; C – максимальне; D – гальмівне зусилля (коефіцієнт зчеплення 0,7); E – бокова сила; F_F – гальмівна сила; F_N – сила нормального тиску (вага); F_L – бокова сила; F_{tot} – результуюча

Компоненти системи контролю тягового зусилля (TCS) для легкових автомобілів наведені на рис. 8.20, 8.21. Система TCS дає можливість урахувати відомі несправності автомобіля і пропонує їх визначення за ознаками та групами (АВС, двигун і т. ін.).

Соленоїдні клапани АВС (рис. 8.21) мають положення створення, підтримки та зменшення тиску і тим самим регулюють його в системі для швидкої та точної підтримки гальмівного зусилля на ведучих колесах.

Блок керування ЕТС, який через інтерфейс приєднаний до блока керування АВС/ТКС, забезпечує керування дросельною заслінкою або регулятором дизельного насоса з метою контролю за крутільним моментом вала двигуна.

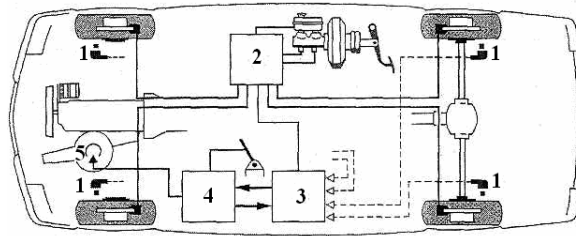


Рис. 8.20. Компоненти системи ABS/TCS для легкових автомобілів:
 1 – датчик частоти обертання колеса; 2 – гідравлічний модулятор ABS/TCS; 3 – блок керування ABS/TCS; 4 – блок керування ETC; 5 – дросельна заслінка

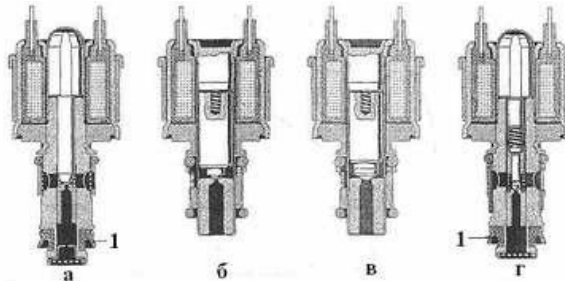


Рис. 8.21. Соленоїдні клапани типу 2/2 системи ABS/TCS 5:
 а – впускний клапан; б – випускний клапан; в – всмоктувальний клапан; г – допоміжний клапан; 1 – втулка зворотного клапана

Реакція системи узгоджується регулюванням моменту запалювання суміші, даючи можливість скоротити відносно довгі затримки моменту запалювання, які з'являються у тому разі, коли крутільний момент контролюється виключно з допомогою дросельної заслінки.

По суті, тяговий контроль (TCS) – антипод АБС, яка не дає колесам пробуксовувати під час гальмування, а TCS – під час розгону. Електронний блок відслідковує тягу на колесах з допомогою кількох датчиків швидкості. Оснащення автомобіля програмою курсової стійкості ESP, датчиками кута повороту, швидкості обертання коліс і поперечного прискорення, гальма дало можливість допомагати водію у найбільш складних ситуаціях. Пригальмовуючи те чи інше колесо, електроніка зводить до мінімуму ризик занесення машини під час швидкого проходження складних поворотів.

Система стабілізації руху (electronic stability program – ESP – вона ж VDC VSC, DSC, ATTS, VSA) – найбільш складний пристрій, який керує роботою антиблокувальної та протибуксовної систем, контролює тягу й керує дросельною заслінкою (рис. 8.22, табл. 8.1). Блок електронного керування використовує інформацію від датчиків, які відслідковують роботу двигуна і трансмісії, швидкість обертання кожного колеса, тиск в гальмовій системі, кут повороту руля, поперечне прискорення. Ситуація оцінюється, обчислюється зусилля гальмування для кожного колеса.

Процесор ESP зв'язаний з блоком електронного керування двигуном, що дає можливість коригувати потужність та оберти колінчастого вала двигуна.

На рис. 8.22 прийняті такі позначення: 1 – датчик швидкості обертання коліс; 2 – датчик тиску в гальмівній системі; 3 – датчик положення рульового колеса; 4 – датчик кутової швидкості відносно вертикальної осі; 5 – датчик поперечного прискорення; 6 – модулятор тиску; 7 – органи керування роботою двигуна; 8 – сигнали датчиків для ESP; α – кут ковзання шини; δ_w – кут повороту переднього колеса; λ_{N0} – номінальне проковзування шини.



Рис. 8.22. Електронна система стабілізації руху ESP

Таблиця 8.1

Системи регулювання стійкості автомобіля

Назва	Призначення
ESP – Electronic Stability Program (Mercedes, Audi)	На будь-якій швидкості та на будь-якому покритті запобігають занесенню автомобіля завдяки цілеспрямованому пригальмовуванню коліс і втручанням в систему керування двигуном
VDC – Vehicle Dynamics Control (Subaru)	
DCS – Dynamic Stability Control (BMW)	
VCS – Vehicle Stability Control (Toyota) VSA – Vehicle Stability Assist (Honda)	
StabiliTrack – Stability Traction (GM) ATTS – Active Torque Transfer System (Honda)	Тільки для передньопривідних автомобілів. Додаткова роздавальна коробка з багатодисковою муфтою передає на зовнішнє колесо при повороті більший привідний момент, запобігаючи в такий спосіб ефекту недостатньої поворотності, покращуючи стійкість автомобіля

У системі контролю тягового зусилля ABS/TCS легкового автомобіля для оптимального керування крутильним моментом на ведучих колесах механічний зв'язок між педалью подачі пального і дросельною заслінкою (або важелем керування паливною форсункою на дизельних двигунах) замінено на електронне керування ETC (EGAS). Датчик перетворює положення педалі акселератора в електричний сигнал, який потім, за допомогою блока керування використовується для генерування керуючої напруги. Серводвигун реагує на цей сигнал за допомогою відновлення позиції дросельної заслінки (або важеля керування паливним насосом в дизельних двигунах), після чого він передає дані про положення заслінки знову у блок керування.

Електронне керування потужністю двигуна EMS та система керування ABS/TCS для легкових автомобілів показані на рис. 8.23 та 8.24 відповідно [21].

Коротке, одночасне спрацювання робочих гальм, як правило, використовується для доповнення до роботи системи ETC (поліпшена тягова характе-

ристка забезпечується використанням обмеженого проковзування). Стандартний гідравлічний модулятор АБС може бути розширений при підключенні секції TCS, що створює додаткову гідравлічну енергію, для отримання гальмівного зусилля і перемикання на роботу TCS [21].

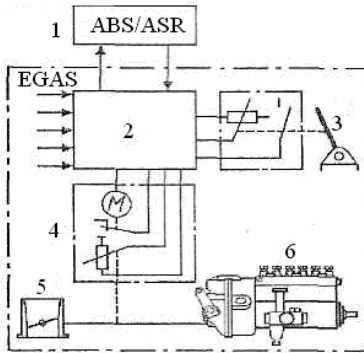


Рис. 8.23. Електронне керування потужністю двигуна EMS для системи TCS:

1 – блок керування ABS/TCS; 2 – блок керування ETC (EGAS); 3 – педаль акселератора; 4 – серводвигун; 5 – дросельна заслінка; 6 – паливний насос високого тиску (дизельний двигун)

лісні гальма; 10 – колесо 1; 11 – колесо 2; 12 – датчик частоти обертання колеса; 13 – дорожнє покриття, колесо 1; 14 – дорожнє покриття, колесо 2; 15 – маса автомобіля m_F , p – тиск у гальмівному приводі; v – швидкість обертання колеса; v_F – швидкість руху автомобіля; λ – ковзання; Θ_R – момент інерції колеса; M_A – сила тяги; M_B – гальмівне зусилля; M_R – сумарна сила, що діє на ведуче колесо; M_S – сила зчеплення між шиною та дорожнім покриттям; індекси 1, 2 – колесо 1, 2.

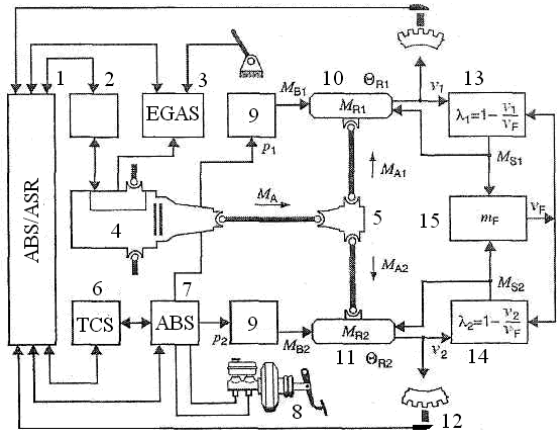


Рис. 8.24. Схема керування ABS/TCS для легкових автомобілів:

1 – блок керування ABS/TCS; 2 – блок керування Motronic; 3 – блок керування ETC; 4 – двигун, зчеплення, коробка передач; 5 – головна передача; 6 – джерело тиску TCS; 7 – гідравлічний модулятор АБС; 8 – головний гальмівний циліндр; 9 – колісні гальма; 10 – колесо 1; 11 – колесо 2; 12 – датчик частоти обертання колеса; 13 – дорожнє покриття, колесо 1; 14 – дорожнє покриття, колесо 2; 15 – маса автомобіля m_F , p – тиск у гальмівному приводі; v – швидкість обертання колеса; v_F – швидкість руху автомобіля; λ – ковзання; Θ_R – момент інерції колеса; M_A – сила тяги; M_B – гальмівне зусилля; M_R – сумарна сила, що діє на ведуче колесо; M_S – сила зчеплення між шиною та дорожнім покриттям; індекси 1, 2 – колесо 1, 2.

8.5. Електронна система курсової стійкості автомобіля

Програма електронної системи стабілізації руху автомобіля (ESP). Система ESP призначена для збереження стійкості та керуваності автомобіля за рахунок завчасного визначення й усунення критичної ситуації. Вона розширює можливості АБС (TCS, ПБС) і системи електронного блокування диференціала, попереджуючи проковзування коліс. Система ESP отримує сигнали від високочастотних датчиків, які видають інформацію про швидкість автомобіля, його бокове зміщення, тиск у гальмівній системі та кут повороту передніх коліс. Вона керує роботою згаданих систем, а також поєднує з керуванням двигуном, керуючи положенням дросельної заслінки і контролюючи тягу.

Усі зовнішні сили, що діють на автомобіль, намагаються його розвернути навколо центра ваги. Датчик курсової стійкості (DRS 50/100) передає в блок

керування ESP аналоговий сигнал напруги, пропорційний кутовій швидкості автомобіля.

Основні компоненти системи ESP наведені на рис. 8.25, 8.26, 8.27.

На рис. 8.25: А – датчики; В – виконавчі механізми; 1 – датчик тиску в гальмівній системі G201; 2 – блок датчиків ESP G419, що містить: датчик поперечного прискорення G200, датчик поздовжнього прискорення G251, датчик швидкості повороту автомобіля G202; 3 – датчик кута повороту рульового колеса G85; 4 – датчик частоти обертання заднього правого колеса G44, переднього правого колеса G45, заднього лівого колеса G46, переднього лівого колеса G47; 5 – вимикач педалі гальма F47; 6 – вимикач стоп-сигналу F; 7 – клавіша відключення ASR та ESP E256; 8 – діагностичний рознімач; 9 – блок керування АБС EDS/ASR/ESP J104; 10 – додаткові сигнали, система керування двигуном, керування АКП; 11 – гідравлічний блок з насосом зворотної подачі АБС V39, 12 – контрольна лампа АБС K47; 13 – контрольна лампа гальмівної системи K118; 14 – контрольна лампа ESP та ASR K115.

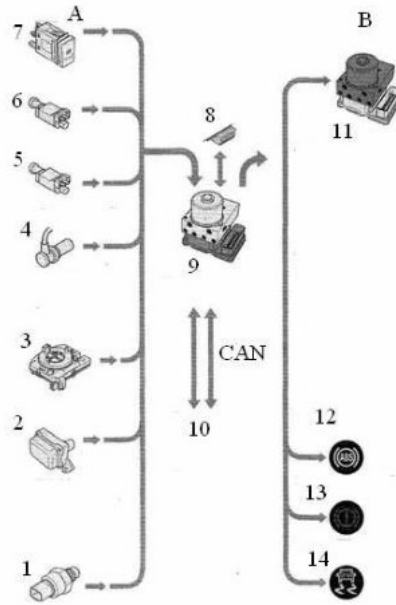
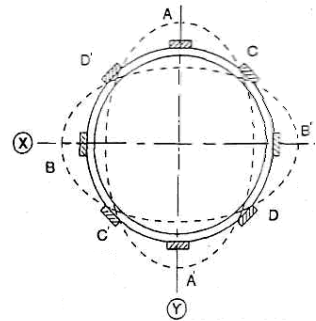
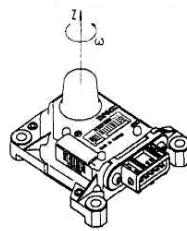
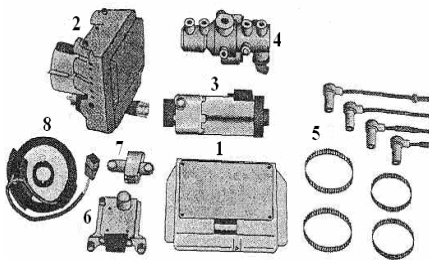


Рис. 8.25. Компоненти системи підтримання курсової стійкості (на прикладі однієї системи автомобіля)



а

б

Рис. 8.26. Основні компоненти системи ESP:

а: 1 – електронний блок керування; 2 – гідравлічний блок; 3 – гідронагнітальний насос; 4 – диференційний гідропідсилювач з датчиком тиску; 5 – колісні датчики; 6 – гіроскопічний датчик швидкості рискання; 7 – акселерометр бокового прискорення; 8 – датчик кута повороту руля; б: датчик курсової стійкості передає у блок керування ESP аналоговий сигнал напруги пропорційний кутовій швидкості рискання автомобіля

Основа датчика (рис.8.26, б) – металевий циліндр у корпусі з вакуумом. На циліндрі з відстанню 45° один від одного нанесені вісім п'єзоелементів. Чотири з них надають циліндру коливання у напрямках осей X та Y. При швидкості рискання, яка дорівнює нулю, чотири інших п'єзоелемента знаходяться точно в точках перетину проведених коливань. Якщо датчик обертається (разом з автомобілем), то точки перетину коливань зміщуються. При цьому змінюється вихідний сигнал п'єзоелементів. Цей сигнал перетворюється і підсилюється внутрішньою схемою обробки, яка інтегрована в датчик. Вихідний сигнал датчика через контакт 3 (від 0,7 до 4,3 В) передається у блок керування ESP. Напряга живлення подається на датчик від блока керування на контакт 1 (маса) і контакт 2 (12 В).

Система ESP забезпечує однакове гальмування усіх коліс автомобіля, розподіляючи гальмівні зусилля так, щоб отримати найбільшу ефективність гальмування без втрати керованості автомобілем навіть при максимальних зусиллях. Рух педалі гальма перетворюється на електричний сигнал, що передається на процесор. Також збирається інформація з датчиків швидкості, навантаження, поперечного прискорення, кута повороту керма (рис. 8.28). Після обробки система формує керуючий сигнал на зміну тиску в системі на кожному із коліс.

На сьогодні ESP є найбільш розвиненою та досконалою системою контролю зчеплення коліс з дорогою. Вона не є системою, що стоїть окремо, інші системи (ABS, EBV, CBC, EDS, GMB, ASR та MSR) входять в неї в якості опцій. Кожна з цих систем опцій здатна працювати як самостійно, так і у зв'язі з рештою систем. По відношенню до інших систем ESP є системою більш високого рівня.

Електронна система ESP вирішує, при яких умовах і які саме системи контролю зчеплення коліс з дорогою повинні бути задіяні, й керує їх

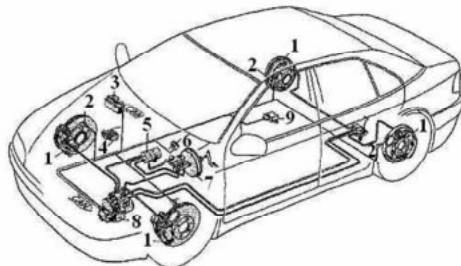


Рис. 8.27. Компоненти ESP з електричними з'єднаннями в автомобілі:

1 – гальмівні механізми коліс; 2 – датчики частоти обертання коліс; 3 – блок керування (ECU) роботою двигуна з інтерфейсом CAN; 4 – механізм керування дросельною заслінкою; 5 – підживлювальний насос з датчиком підведення тиску; 6 – датчик повороту рульового колеса; 7 – підсилювач гальм з головним гальмівним циліндром; 8 – гідравлічна система з датчиком гальмівного зусилля та під'єднанням ECU; 9 – датчик кутової швидкості повороту навкруг вертикальної осі з інтегрованим датчиком поперечного прискорення

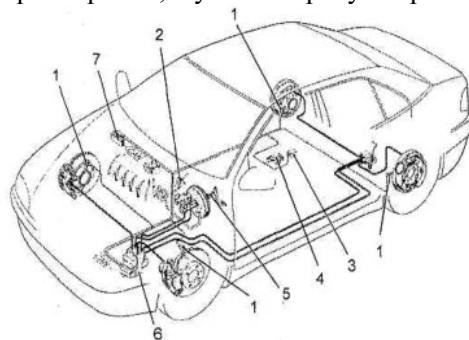


Рис. 8.28. Датчики і блоки системи ESP:

1 – датчики швидкості коліс; 2 – датчик положення руля; 3 – датчик поперечного прискорення; 4 – датчик курсової стійкості; 5 – вимикач стоп-сигналу; 6 – гідравлічний блок ESP; 7 – блок керування ESP

спільною роботою.

ESP постійно знаходиться у стані готовності. Розпізнавання критичної динамічної ситуації базується на порівнянні параметрів руху, які задає водій, і фактичних параметрів руху автомобіля. Коли вони починають відрізнятися, до керування підключається система ESP. В залежності від конкретної ситуації ESP може зменшувати крутильний момент вала двигуна або відмінати перемикач передачі АКП. Після цього ESP стабілізує автомобіль точно розрахованим пригальмуванням одного або кількох коліс.

У разі недостатньої поворотальності втручання ESP починається з керування двигуном, а при надлишковій – з гальмівної системи.

Коригувальне втручання продовжується доти, поки нестабільна ситуація не буде усунена, тобто поки не будуть знову досягнуті номінальні параметри руху.

Автомобіль з ESP повинен об'їхати перешкоду, що раптово з'явилася на його смузі руху. Система розпізнає недостатню поворотальність автомобіля під час повороту вліво і допомагає йому увійти в поворот дозованим пригальмуванням лівого заднього колеса. Одночасно система, через шини даних CAN, знижує крутильний момент вала двигуна, щоб додатково сповільнити рух автомобіля за рахунок гальмування двигуном.

У своїй роботі система ESP використовує, в основному, компоненти систем ABS і ASR. У неї є блок керування з відповідним програмним забезпеченням і гідравлічний блок з насосом зворотної подачі для регулювання гальмівних тисків. Гідравлічний блок повинен мати функцію ASR для усіх чотирьох коліс.

Про стан і спрацьовування системи ESP водія інформують контрольні лампи в комбінації приладів.

На багатьох автомобілях вимикач установлюється на передній панелі, що дає можливість відключити функцію ESP/ASR. На деяких моделях, як наприклад Tiguan, при цьому виключається тільки функція ASR, а решта систем контролю, як наприклад ABS, залишаються включеними і у разі виключення функції ESP.

Датчики системи ESP. Магніторезистивні датчики кута повороту рульового вала (рис. 8.29), виконані за схемою псевдоефекта Холла, видають на вихідних затискачах датчика чотириполюсну планарної структури синусоїдальний сигнал точності. Другий елемент, встановлений під кутом 45° , генерує додатковий косинусоїдальний сигнал.

Використовуючи залежність двох сигналів напружень можна визначити кут повороту рульового колеса (наприклад, розрахунком функції арктангенса, за допомогою мікроконтролера або монолітної інтегральної схеми точних прикладних програм – ASIC). Результат визначається з високою точністю в діапазоні кутів повороту до 180° і, головним чином, не залежить від змін температури та напруженості магнітного поля.

Кути повороту елементів які обертаються, можна визначати за допомогою двох датчиків, робота яких ґрунтується на псевдоефекті Холла і які мають спарену конфігурацію. У цьому випадку два взаємопов'язаних магніти закріплені на шестернях вала рульового колеса, що обертаються через підвищуваль-

ну зубчасту передачу (рис. 9.10).

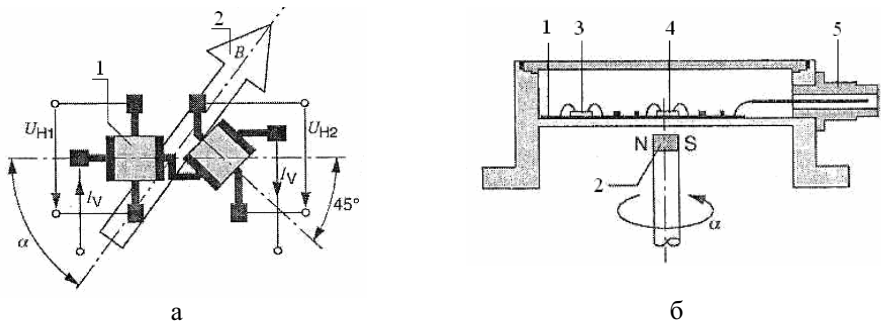


Рис. 8.29. Магніторезистивний датчик кута повороту:

а – схема вимірювання; б – структура датчика; 1 – тонкий NiFe-шар (AMR-датчик); 2 – обертовий постійний магніт з індуктивністю B ; 3 – плата; 4 – ASIC; 5 – рознімач; I_V – струм, що подається; U_{H1} , U_{H2} – основний та допоміжний сигнали; α – вимірюваний кут повороту

Автомобіль зберігає курсову стійкість і керуваність навіть при екстремому гальмуванні (рис. 8.30) на слизькому дорожньому покритті. Гальмівний шлях на слизькій дорозі стає коротшим порівняно з гальмуванням із заблокованими колесами (рис. 8.31).

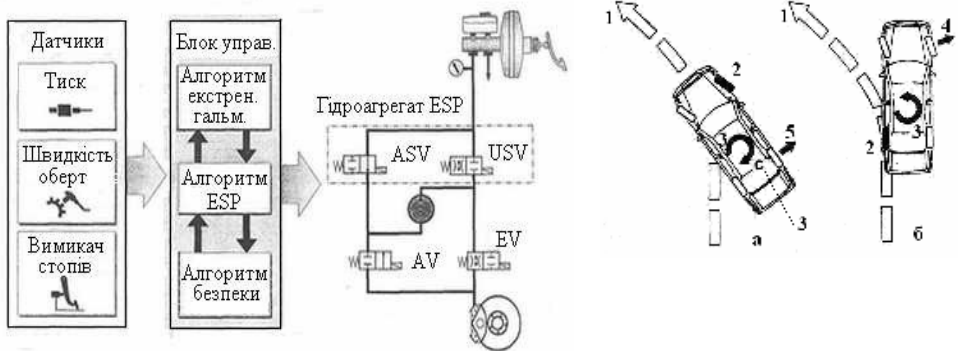


Рис. 8.30. ESP – електрогідрравлічна система екстреного гальмування:

ASV – клапан всмоктування повітря або клапан керування гальмами причепа; USV – вакуумний клапан

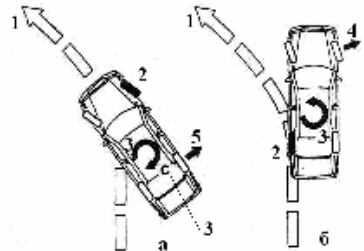


Рис. 8.31. Гальмівні дії ESP:

1 – заданий напрям руху; 2 – колесо, що загальмовується; 3 – створюваний коригувальний момент; 4 – винос автомобіля з повороту; 5 – занесення автомобіля

Програмне забезпечення ESP пропонує різні стратегії контролю: попередній (м'який) та критичний (у разі спортивного стилю водіння) [23].

Приклад 1. Автомобіль заносить при повороті наліво (рис. 8.31, а): відбувається занесення задньої осі. Для нейтралізації виконується точно розрахована гальмівна дія на праве переднє колесо.

Приклад 2. Автомобіль не вписується у лівий поворот (рис. 8.31, б): пе-

редня вісь автомобіля не вписується у поворот. Для нейтралізації виконується точно розрахована гальмівна дія на ліве заднє колесо.

Завдяки наявності необхідних датчиків (рис 8.25, 8.28, 8.32) електронна система стабілізації розпізнає моменти різного обертання набагато раніше, ніж найдосвідченіший водій. Під час руху система порівнює умови руху з розрахованими заданими значеннями (заданий курс автомобіля). Система також використовує датчик положення педалі подачі пального (рис. 8.33) і датчик тиску в гідравлічному модуляторі.

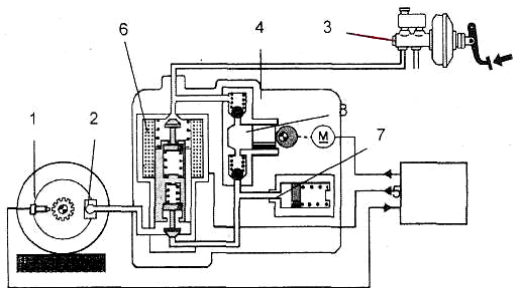


Рис. 8.32. Гідроагрегат ABS 2S:

1 – датчик частоти обертання; 2 – колісний циліндр; 3 – головний гальмівний циліндр; 4 – гідроагрегат; 5 – блок керування; 6 – магнітний клапан; 7 – акумулятор тиску; 8 – відкачувальний насос

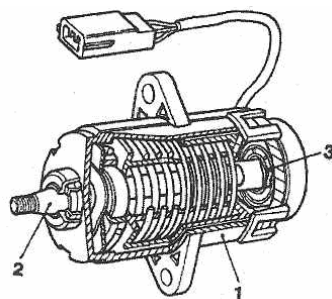


Рис. 8.33. Датчик положення педалі:

1 – корпус; 2 – вал; 3 – потенціометр

Електронна гальмівна система SBC. Електрогідравлічна система SBC (рис. 8.34) – це система для пасажирських транспортних засобів, керування в якій відбувається з допомогою електроніки замість механічних і гідравлічних видів зв'язку. Першим транспортним засобом, що було обладнане цією інноваційною гальмівною системою від Bosch був Мерседес SL. SBC гальмує, визначаючи команду гальмування водія за електронним сигналом. Датчики тиску і положення педалі визначають кут і швидкість, з якою водій натискає педаль гальма. Блок керування обробляє інформацію і використовує це, щоб видати сигнали керування для модуляторів колісного наванта-

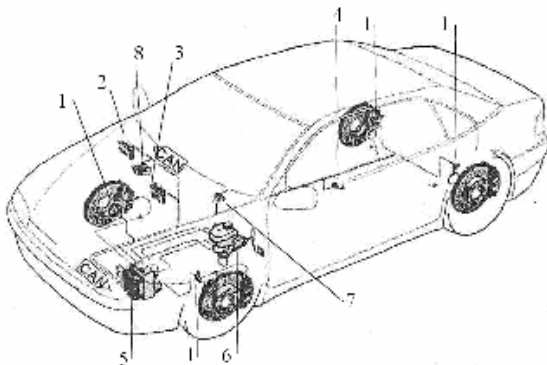


Рис. 8.34. Компоненти системи SBC:

1 - активний датчик, з функцією визначення обертання; 2 – блок керування електронікою; 3 – блок керування ESP; 4 – датчик курсової стійкості та бокового прискорення; 5 – гідравлічний модулятор (для SBC, ABS, ASR, ESP) з інтегрованим блоком керування; 6 – датчик ходу педалі; 7 – датчик кута повороту; 8 – допоміжна батарея

ження у гідроагрегаті для індивідуального контролю тиску в гальмівній системі у кожному з коліс.

В систему інтегровані функції ABS та ESP. SBC також полегшує інтеграцію гальмівної системи разом з шинами і ходовою частиною. Система не потребує вакуумного гальмівного підсилювача й, отже, вакууму. У критичній ситуації функція гальма забезпечується через пряму гідравлічну дію від головного гальмівного циліндра безпосередньо на передні гальма. У штатних ситуаціях, це не відбувається, і приведення в дію гальм виконує електроніка.

Функціональна схема SBC приведена на рис. 8.35.

Під час руху в повороті SBC використовує гальма колеса на зовнішньому боці повороту у більшій мірі, ніж на внутрішньому. Це збільшує стабільність, а також скорочує гальмівний шлях. Більш швидка, більш точна система керування також покращує можливості програми ESP щодо підтримання стійкості й таким чином забезпечує більшу безпеку.

Основою системи є гідроагрегат (рис. 8.36), який об'єднує в собі блок керування, модулятори тиску колісних гальмівних механізмів, гідроаккумулятор, електричний насос.

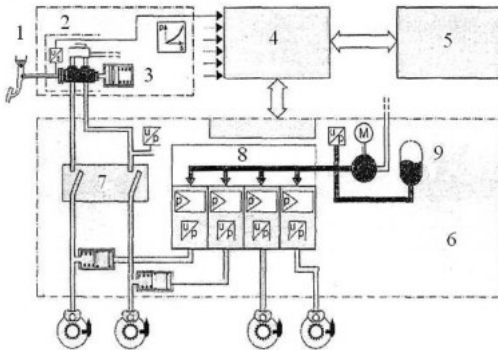


Рис. 8.35. Функціональна схема SBC:

1 – натискання педалі гальма; 2 – датчик ходу педалі; 3 – симулятор опору педалі; 4 – функції гальмування: ABS, ASR, ESP, EBV, дія сервомотора, розподіл гальмівної сили; 5 – інтерфейс з системами обробки; 6 – гідравлічний модулятор; 7 – роздільні клапани; 8 – модулятори тиску; 9 – акумулятор високого тиску

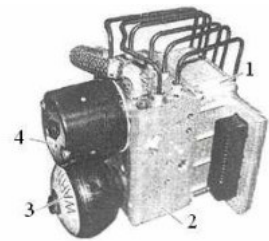


Рис. 8.36. Гідроагрегат SBC:

1 – блок керування; 2 – гідравлічний модуль; 3 – мембранний гідроаккумулятор; 4 – електро-двигун насоса

У критичних ситуаціях, якщо система виявляє різке відпускання педалі керування подачею пального і таким чином можливе аварійне гальмування, можливе попереднє підкачування тиску гальмівної системи.

У гідроаккумуляторі міститься гальмівна рідина, під тиском 14-16 МПа. Блок керування SBC регулює цей тиск керуючи електричним насосом. Таким чином забезпечується малий час реакції та швидке створення тиску.

Специфічні функції системи SBC показані на рис. 8.37.

У системі SBC є різні лампи попередження, а також текстові попередження. Попереджувальна лампа (трикутник) ABS/ESP засвічується при вмиканні запалювання і проведенні початкового контролю ABS та ESP. Після завершення контролю залишається увімкненою протягом однієї секунди. Лампа

не засвічується у разі дуже короткої дії ESP. Попереджувальна лампа гальма та АБС засвічується при появі несправності. Також з'являється повідомлення у комбінації приладів. Колір білий або червоний – залежить від серйозності несправності. Символ зупинки також з'являється у разі низького рівня гальмівної рідини.

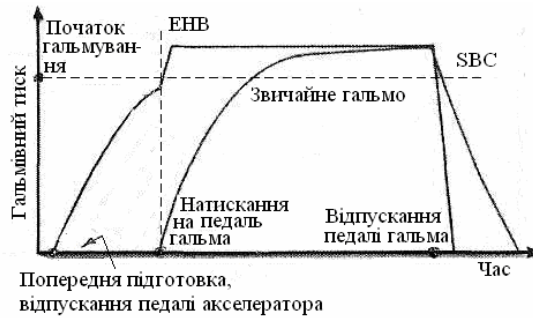


Рис. 8.37. Специфічні функції системи SBC:
EHB – гальмівна система з електрогідравлічним приводом

Адаптивна система автоматичного регулювання швидкості (ACC). Основна функція ACC та сама, що і звичайної системи – автоматично підтримувати швидкість, визначену водієм. Крім того, це утримує відповідну відстань до автомобіля попереду. Це досягається вимірюванням відстані та відносної швидкості автотранспорту, що їде попереду, з допомогою систем електронного керування. ACC реагує на переміщення об'єктів і працює на швидкості вище за 30 км/год. Додатковою особливістю ACC є можливість гнучко реагувати на транспортну ситуацію через прискорення або сповільнення чи навіть гальмування у разі необхідності. Це можливо на основі ABS, ASR та ESP. Ці системи здатні створити тиск у гальмівній системі автоматично. Обмін інформацією між різними компонентами відбувається через шину CAN.

8.6. Додаткові функції гальмівної системи

Програмне об'єднання компонентів електроніки ABS, ESP та SBC дало можливість значно розширити функції гальмівної системи в керуванні рухом автомобіля. Мехатронна система об'єднаного керування динамічними параметрами (VDIM) забезпечує координоване керування всіма гідравлічними, електромеханічними та електронними системами та комплексами автомобіля. Якщо окремі системи (ABS, TCS, ESP, SBC, VGRS, EBD, HAC) звичайної гальмівної системи мали роздільне керування, то VDIM реалізує спільне керування усіма перерахованими системами [75].

Електронне блокування диференціала (EDS) – це логічне доповнення до функцій протиблокувального пристрою гальмівної системи. Така електроніка підвищує потенціал безпеки, покращуючи тягові властивості за несприятливих дорожніх умов, особливо під час руху на підйом, під час розгону та зрушуванні з місця.

Основні достоїнства системи EDS полягають у:

- підвищується ступінь придатності автомобіля до зимової експлуатації;
- блокування диференціала приводиться в дію не вручну, а автоматично;
- у разі необхідності можливе плавне примусове увімкнення блокування;
- вплив на роботу рульового керування відсутній;
- електроніка блокування диференціала може бути застосована на перед-

ньо- та повнопривідних автомобілях;

- завдяки використанню компонентів АБС, що вже є на автомобілі, впровадження системи не буде пов'язане зі значними затратами;
- реалізація додаткової функції не порушує роботу гальмівної системи в режимі використання АБС.

Система керування активним диференціалом АУС (Active Yaw Control) призначена для регулювання крутильного моменту, який передається на ліву та праву задні напівосі автомобіля, змінюючи при цьому крутильний момент автомобіля у відповідності з кутом повороту коліс. У результаті досягається більш безпечний рух за будь-якого стиля водіння та різних дорожніх умов.

Перерозподіл крутильного моменту, відбувається за допомогою активного диференціала, яким керує електронний блок. На основі даних про швидкість обертання коліс, поздовжнє і поперечне прискорення, положення керма і педалі акселератора комп'ютер віддає команди задньому диференціалу збільшити або зменшити крутильний момент, що підводиться до правої або лівої напівосі (рис. 8.38) [21].

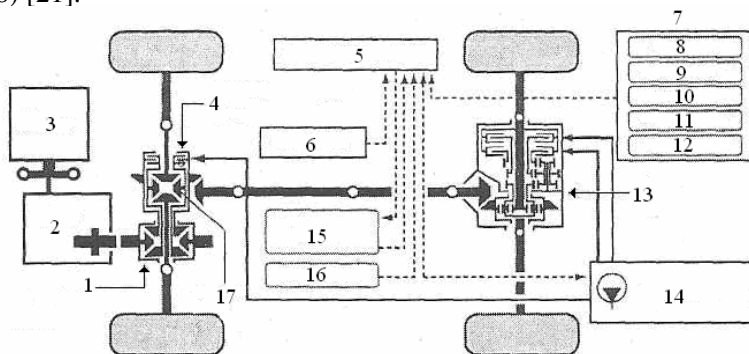


Рис. 8.38. Схема повнопривідної трансмісії автомобіля із заднім активним диференціалом АУС:

1 – міжосьовий буфер (50:50); 2 – КПП; 3 – двигун; 4 – муфта блокування АСД; 5 – блок АСД+ АУС; 6 – блок АБС; 7 – датчики; 8 – кута повороту керма; 9 – дросельної заслінки; 10 – колісних АБС; 11 – поздовжнього прискорення; 12 – поперечного прискорення; 13 – задній активний буфер (Super АУС); 14 – гідронасос; 15 – перемикач режимів; 16 – датчик гальм; 17 – передній буфер

АУС не має нічого спільного зі звичайними системами курсової стабілізації ESP, які коригують положення машини на дорозі за допомогою гальм або прикриттям дросельної заслінки, і є складною конструкцією, що містить планетарний редуктор та пакет фрикціонів.

Принцип роботи системи полягає у тому, що задня вісь має змогу підкеруватися, але цей ефект досягається не поворотом коліс, а різницею тягових сил, прикладених до правого та лівого коліс. Це створює додатковий повертальний момент, який «довертає» автомобіль у повороті, щоб компенсувати недостатню повертальність. Звідси виникає відчуття нейтральної поведінки машини (нейтральної повертальності).

Крім того, «активний» перерозподіл моменту між задніми колесами дає

можливість більш повно реалізувати тягову силу – електроніка завжди може подати більший момент на те колесо, яке сильніше притиснуте до дороги і має краще зчеплення з покриттям.

Диференціал не дозволяє витратити енергію двигуна на зрив у пробуксовування розвантаженого колеса, а спрямовує її на інше колесо. При цьому автомобіль прискорюється інтенсивніше і вимагає менших кутів повороту керма для коригування траєкторії.

Коли автомобіль рухається по прямій і датчики не надсилають сигналів про зміну параметрів руху, АУС діє як відкритий симетричний диференціал. Обидва його зчеплення розімкнені (рис. 8.39) [21].

Під час лівого повороту вмикається зчеплення підвищувальної передачі. Ступінь проковзування фрикціонів регулює комп'ютер, але при цьому більша частина крутільного моменту передається через редуктор на праву напіввісь – швидкість обертання правого колеса збільшується (рис. 8.40) [21].

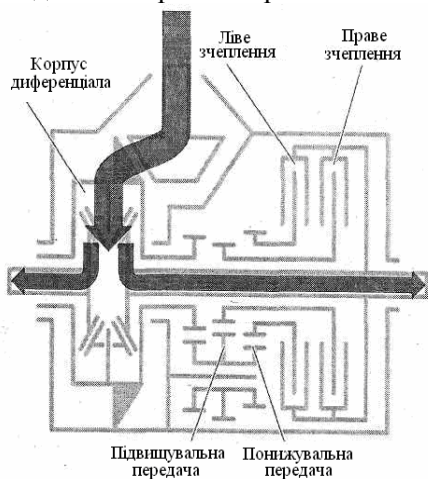


Рис. 8.39. Потік потужності через диференціал під час прямолінійного руху автомобіля

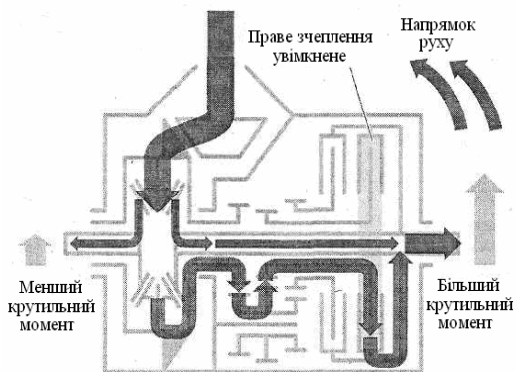


Рис. 8.40. Потік потужності через диференціал при здійсненні автомобілем лівого повороту

Під час правого повороту (рис. 8.41) вмикається зчеплення понижувальної передачі. При цьому редуктор здійснює відбір моменту з правої напівосі. Праве колесо призупиняється, а на ліве диференціал передає більший момент, і воно прискорюється.

В автомобілях багатьох фірм упроваджуються й інші корисні системи для підвищення якості гальмування, такі як [6]:

- система електронного розподілу гальмівних сил (PGC, EBD – Electronic Brake Force Distribution, DBC – Dynamic Brake Control);

- система керування обертальним моментом вала двигуна (КОД, Motor Schlerpmoment Regelung). Система КОД попереджує блокування ведучих коліс, яке можливе при різкому відпусканні педалі подачі пального або при різкому гальмуванні на передачі. Свою функцію система реалізує через керуван-

ня паливним насосом високого тиску дизельних двигунів;

- система контролю тяги для спуску з крутих і слизьких схилів (СКТ, Hill Descent Control – HDC). СКТ працює шляхом «придушення» двигуна та пригальмовуванням коліс з підтриманням швидкості у межах 7 км/год;

- система контролю підйому вгору (СПГ, Hill Start Assist – HSA, Hill Assist Control – HAC). Система призначена для керування при зрушуванні автомобіля на на крутому підйомі за рахунок утримання його кілька секунд після того, як відпущена педаль гальм. Це дозволяє водію плавно натиснути на педаль подачі пального і при цьому не скотитись вниз. Реалізується система на базі існуючих у системі АБС засобів і додаткової функції у програмі;

- система попередження перевертання (СПП, Active Roll Mitigation – ARM, Roll Stability Control – RSC). Система попередження перевертання спрацьовує у разі різкого вимушеного маневру, коли виникає загроза перевертання автомобіля. У цьому випадку СПП негайно зменшує потужність двигуна та пригальмовує одне або кілька коліс настільки, щоб зберегти стійкість;

- автоматичне ручне гальмо (АРГ, Handbrake with Automatic Hold – HAH) утримує автомобіль на похилій поверхні та попереджує скочування автомобіля при початку руху. Вмикання реалізується спеціальною кнопкою, яка вмикає режим СПП.

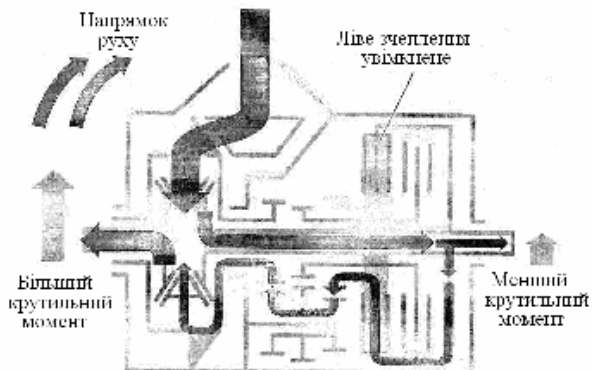


Рис. 8.40. Потік потужності через диференціал при здійсненні автомобілем правого повороту

Контрольні запитання

1. Які існують найпоширеніші варіанти АБС?
2. Які основні переваги АБС?
3. Що дає можливість забезпечити АБС?
4. Як побудовані алгоритми функціонування АБС?
5. Як електронний блок керування здійснює адаптацію до вимог характеристик автомобіля та особливостей керування автомобіля водієм?
6. З яких компонентів керування складається система ABS/ASR?
7. Як можна отримати більшу плавність регулювання діапазону циклічних коливань («смикання») при гальмуванні?
8. Приведіть схему (залежність) керування гальмівними силами задньої і передньої осі при електронному розподіленні гальмівної сили порівняно з установленим розподіленням.
9. Які переваги існують при використанні системи (TCS)?
10. Наведіть криву залежності гальмівних сил та сили тяги, зчеплення/ковзання при електронному керуванні (ELB).
11. З яких компонентів складається система контролю тягового зусилля (TCS)?

12. Яку інформацію використовує система ESP для керування роботою антиблокувальної та протипроковзної системи та контролем тяги?
13. Наведіть компоненти керування ABS/TCS легкового автомобіля.
14. Якими гальмівними системами розширені можливості керування ESP?
15. Наведіть основні компоненти системи ESP.
16. Поясніть принцип роботи магніторезисторного датчика кута повороту системи ESP.
17. Як здійснюється електрогідравлічне екстремне гальмування (SBC)?
18. Наведіть компоненти системи SBC та її специфічні функції.
19. Яке призначення системи автоматичного регулювання швидкості ACC?
20. На основі яких систем розширені функції системи ACC?
21. Для чого служить система MSR?
22. Що являє собою EDS і які її основні достоїнства?
23. Для чого призначена і як функціонує система АУС?

9. МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

9.1. Тенденції розвитку мехатронних систем

Мехатронні системи рульового керування формувалися в процесі його еволюційного розвитку та вдосконалення – від чисто механічної системи з використанням мускульної сили водія, потім гідравлічного та електрогідравлічного підсилювача до систем з електронним керуванням. Звідси й різний ступінь мехатронної інтеграції компонентів та рівня їх інтелектуалізації.

Системи рульового керування з підсилювачем знайшли широке застосування (рис. 9.1). Однак без інтеграції електроніки підсилювачі, як правило, мають постійний коефіцієнт підсилення, що негативно позначається на занадто великих і занадто малих швидкостях руху автомобіля. На малій швидкості потрібні більші зусилля на рульовому колесі, а на великій швидкості – менші (рис. 9.2).

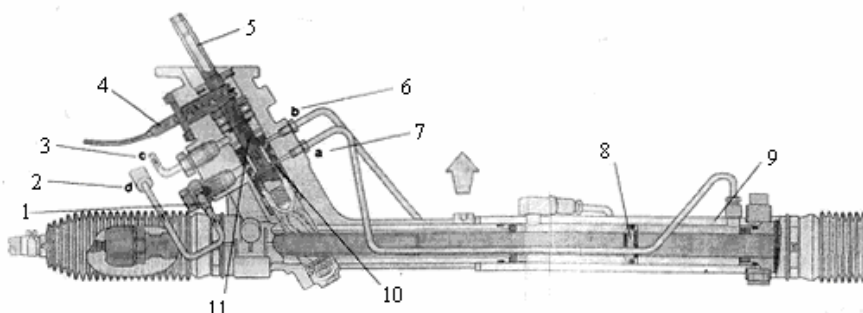


Рис. 9.1. Гідравлічний вузол гідропідсилювача рульового керування фірми KOYO:

1 – зворотний клапан; 2 – від шестеренного насоса; 3 – зливний трубопровід; 4 – датчик підсилювача (G250); 5 – торсіон; 6 – до лівої порожнини силового циліндра; 7 – до правої порожнини силового циліндра; 8 – поршень; 9 – силовий циліндр; 10 – розподільна гільза; 11 – поворотний золотник

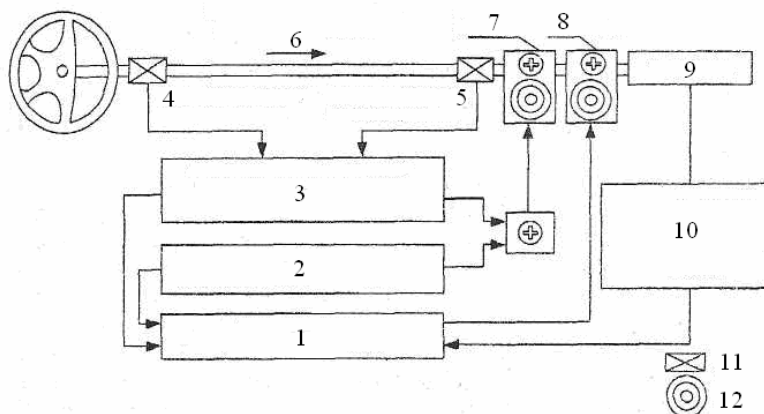


Рис. 9.2. Активна система рульового керування з підсилювачем

На рис. 9.2 числами позначені: 1 – контроль зусилля рульового керування; 2 – регулювання коефіцієнта рискання, інтерференційне вирівнювання; 3 – зміна коефіцієнта підсилення зусилля холостого ходу рульового керування; 4 – датчик кута повороту рульового колеса; 5 – датчик зусилля на рульовому колесі; 6 – ручне керування кутом повороту і моментом; 7 – стабілізатор рульового керування; 8 – підсилювач рульового керування; 9 – автомобіль; 10 – коефіцієнт рискання, бокове прискорення, швидкість, момент на рульовому колесі; тиск у гальмівній системі; 11 – датчик; 12 – двигун.

Розробки з метою підвищення ефективності рульового керування базуються на інтеграції електронної техніки і мають два напрямки:

- керування, що реагує на швидкість руху автомобіля для зміни підсилення відповідно до швидкості автомобіля;
- керування, що реагує на частоту обертання колінчастого вала двигуна.

В обох напрямках мета зміни полягає у тому, щоб зробити легшим керування на низькій швидкості та менш чутливим – на високій.

Об'єднання електронних блоків керування з датчиками та виконавчими механізмами в єдиний вузол дозволяє суттєво розширити функціональні можливості електронних систем керування.

Існують також системи, які з допомогою мікропроцесорних засобів дають можливість керувати рульовим підсилювачем за показниками кутової швидкості повороту рульового колеса або встановлювати його за бажанням водія.

Необхідність використання систем підсилення з можливістю модуляції сил, що діють на рульове керування, за швидкістю руху викликана зростаючими вимогами комфортабельності та безпеки руху сучасних автомобілів. В таких системах електронний блок керування (ЕБК), виконаний у вигляді аналогової схеми, (рис. 9.3) оцінює сигнали, що відповідають швидкості руху автомобіля, і визначає рівень реакції гідравлічного або електронного підсилювача. (рис. 9.4)

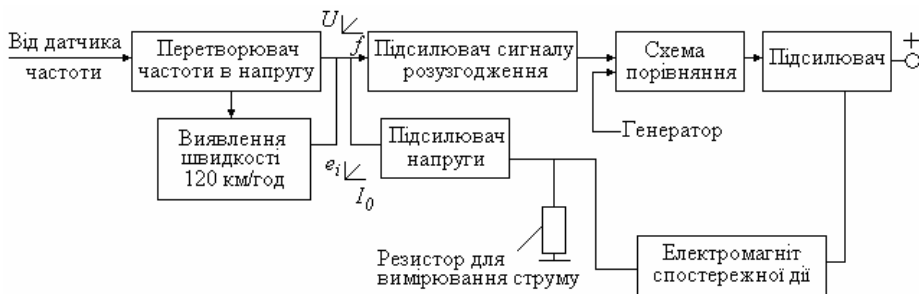


Рис. 9.3. Структурна схема електронного блока рульового керування з підсиленням за швидкістю автомобіля

На вхід схеми ЕБК надходить сигнал від датчика швидкості. Вихідним сигналом з ЕБК є сигнал, що приводить у рух електромагніт спостережної дії. Цей електромагніт відрізняється від звичайного тим, що може фіксувати чотири клапани у довільному положенні, пропорційному середньому струму. Сигнал від датчика швидкості за допомогою перетворювача частоти в напругу (f -

U) перетворюється в напругу, пропорційну швидкості, що легко обробляється аналоговою схемою. На високій швидкості для збільшення рульового зусилля струм електромагніта повинен рости. Але щоб не допускати надмірного збільшення зусилля на рульовому колесі на великих швидкостях, значення струму залишається незмінним при швидкості вище 120 км/год. Для цього вводиться схема виявлення швидкості 120 км/год. Напруга U , отримана в результаті перетворення сигналу датчика швидкості, напруга e_i , пропорційна спаданню напруги (утвореному струмом I_0 через електромагніт) на резисторі для вимірювання струму, порівнюються в підсилювачі сигналу неузгодженості. Підсилювач, що містить інтегруючу схему на операційному підсилювачі, виробляє сигнал, скоригований таким чином, що при наявності неузгодженості через електромагніт завжди протікає струм, пропорційний швидкості. Схема порівняння в результаті обробки скоригованого сигналу та сигналів трикутної форми e_0 генератора виробляє імпульси відповідно до реальної швидкості. Ці сигнали через транзистор надходять на електромагніт. Зі збільшенням струму ступінь відкриття електромагнітного клапана та зусилля на рульовому колесі зростають.

Принципова схема системи керування за допомогою гідравлічного підсилювача наведена на рис. 9.4, 9.5.

Особливістю конструкції даного гідравлічного підсилювача є те, що виконавчий механізм може бути встановлений або в насосі підсилювача, або в рейковому рульовому механізмі. У виконавчому механізмі є розподільний клапан, який змінює витрату рідини з насоса підсилювача. Роботою клапану керує електронний блок керування, що одержує сигнали швидкості руху автомобіля від центрального електронного модуля керування (датчика).

Особливі характеристики підсилювача рульового керування (рис. 9.6) до-

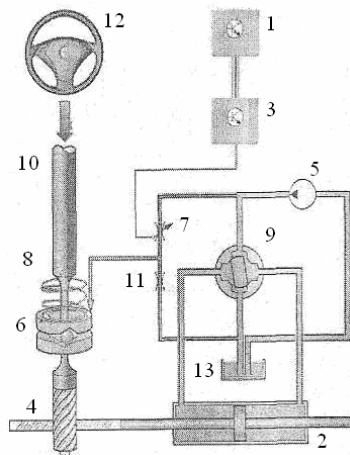


Рис. 9.4. Схема підсилювача привода рульового керування:

1 – блок керування; 2 - поршень зубчастої рейки; 3 – Servotronic – блок керування; 4 – рульовий механізм; 5 – насос; 6 – центральний вузол; 7 – клапан Servotronic; 8 – пружина центрального вузла; 9 – поворотний золотник у рульовому механізмі; 10 – торсійний стрижень; 11 – дросель; 12 – рульове колесо; 13 – вирівнювальний бачок

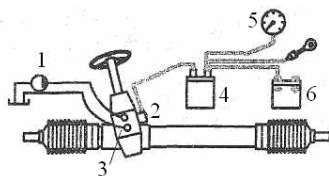


Рис. 9.5. Схема рульового керування з гідравлічним підсилювачем, робота якого модулюється від швидкості руху:

1 – нагнітальний масляний насос; 2 – електродгідравлічний перетворювач; 3 – корпус розподільного клапана; 4 – електронний блок керування; 5 – електронний спідометр; 6 – акумуляторна батарея

звояють повертати рульове колесо з мінімальним зусиллям при нерухомому автомобілі або під час його руху з невеликою швидкістю; ступінь посилення знижується з підвищенням швидкості руху. Таким чином, під час руху з високими швидкостями забезпечується можливість керування поворотами автомобіля в оптимальному режимі. При такій системі важливо, що тиск і витрата масла ніколи не зменшуються, і тому ці параметри можуть бути негайно затребувані в критичних ситуаціях керування.

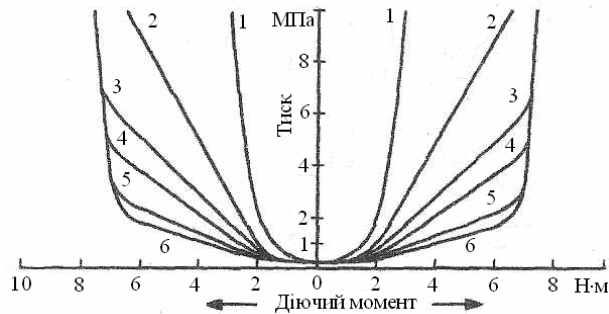


Рис. 9.6. Характеристичні криві системи рульового керування з підсилювачем
 1 – 0 км/год; 2 – 20 км/год; 3 – 50 км/год; 4 – 80 км/год;
 5 – 120 км/год; 6 – 200 км/год;
 (форма кривих може змінюватися відповідно до змін параметрів автомобіля)

У разі використання електродсилювача (рис. 9.7), в роботі системи використовується електричний двигун, який живиться від системи електрообладнання автомобіля, і розташовується в одному з трьох місць: на рульовій колонці, в районі шестеренного насоса або рейкового привода.

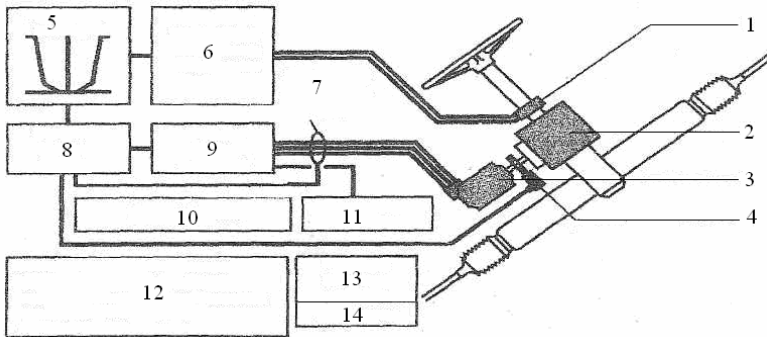


Рис. 9.7 - Схема роботи системи рульового керування з електродсилювачем:
 1 – датчик крутного моменту; 2 – понижувальна передача; 3 – датчик електродвигуна; 4 – електродвигун; 5 – характеристичні криві; 6 – достовірність даних датчика й оцінка даних датчика; 7 – вимірювання електричного струму; 8 – контроль роботи двигуна; 9 – стадія вихідної потужності; 10 – пристрій безпеки; 11 – акумуляторна батарея; 12 – запам'ятовувальний пристрій даних: характеристики автомобіля, характеристики рульового керування; запам'ятовувальний пристрій відмов/помилки; 13 – бортовий контролер зв'язку; 14 - діагностика

ЕБК системи Servolectric програмує її роботу з допомогою динамічно керованих параметрів, тобто автоматичне (з оберненим зв'язком) підсилення впливу на керовану вісь, забезпечуючи значне заощадження енергії рульового керування (приблизно 85% заощадження енергії порівняно з рульовим керуванням з гідродсилювачем, насосом, приводом від двигуна).

Система Servolectric дозволяє керувати автомобілем без підсилення у разі

виходу з ладу системи підсилення потужності.

Щоб зі збільшенням швидкості автомобіль не став менш керованим електроніка системи AFS в міру розгону поступово зменшує активність електродвигуна. На швидкості 180-200 км/год він взагалі відключається – передатне відношення повертається до стандартного. Система AFS здатна не тільки збільшувати чутливість рульового керування, але й зменшувати її.

Процесор системи Servolectric отримує сигнали від датчика швидкості руху автомобіля і посилає керуючі сигнали на клапан електрогідравлічного підсилювача рульового керування (див. підрозділ 9.2).

9.2. Мехатронні компоненти рульового керування

До складу електрогідравлічного підсилювача, що на сьогодні широко застосовується, входять: силовий гідроциліндр з розподільними клапанами, насосний агрегат з електродвигуном, датчик повороту рульового колеса, нагнітальний і зливний трубопроводи. Загальний вигляд електрогідравлічного підсилювача руля приведений на рис. 9.8. До підсилювача руля висувуються особливо високі вимоги:

- підсилювач, що вийшов з ладу, не повинен призводити до заклинювання рульового керування, його довільній дії або яким-небудь іншим тяжким наслідкам;
- рульове керування повинне забезпечувати добре відчутну реакцію на рульовому колесі, мати високий ККД і бути здатним до спільної роботи з іншими системами автомобіля;
- розміщення підсилювача на автомобілі не повинні перешкоджати його габарити та спосіб приводу;
- функціонування підсилювача повинне відповідати режимові руху автомобіля і бути достатньо інформативним; при цьому підсилювач повинен створювати помірні, але достатньо інформативні реактивні зусилля на рульовому колесі.

Тиск, який створює насос електрогідравлічного підсилювача, не залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна автомобіля. На виході насоса створюється гідравлічна потужність, яка дорівнює добутку витрати робочої рідини на її тиск. Такий підсилювач дає можливість підтримувати крутільний момент на рульовому колесі у межах від 1 до 5 Н·м.

Динамічні показники рульового керування залежать як від інерції його компонентів, так і від динамічних характеристик системи керування насосним агрегатом. Суттєво впливають на динаміку рульового керування такі фактори, як момент інерції ротора електродвигуна, розширення гідравлічних шлангів при підвищенні тиску в них, при виконанні швидкого маневру продуктивність насоса повинна підвищуватися до максимального значення за час менший 0,1 мс.

Необхідна для підтримки рульового керування продуктивність насоса підсилювача або відповідна їй частота обертання його вала розраховується в електронному блоці керування за сигналами датчиків швидкості автомобіля і швидкості повороту рульового колеса. Приведена на рис. 9.8 типова схема ро-

боти підсилювача показує, на скільки частота обертання вала його насоса збільшується зі зростанням швидкості повороту рульового колеса і знижується зі збільшенням швидкості автомобіля. Остання функція необхідна не тільки для заощадження енергії на привід підсилювача, але й для підвищення зусиль на рульовому колесі, за якими водій сприймає опір повороту керованих коліс, що рівнозначно зниженню передатного відношення в рульовому механізмі. Підсилювачі автомобілів Ford Focus C-MAX дають можливість знизити зусилля на рульовому колесі, підвищити активну безпеку автомобіля, що дає можливість знизити витрату пального і викидів CO.

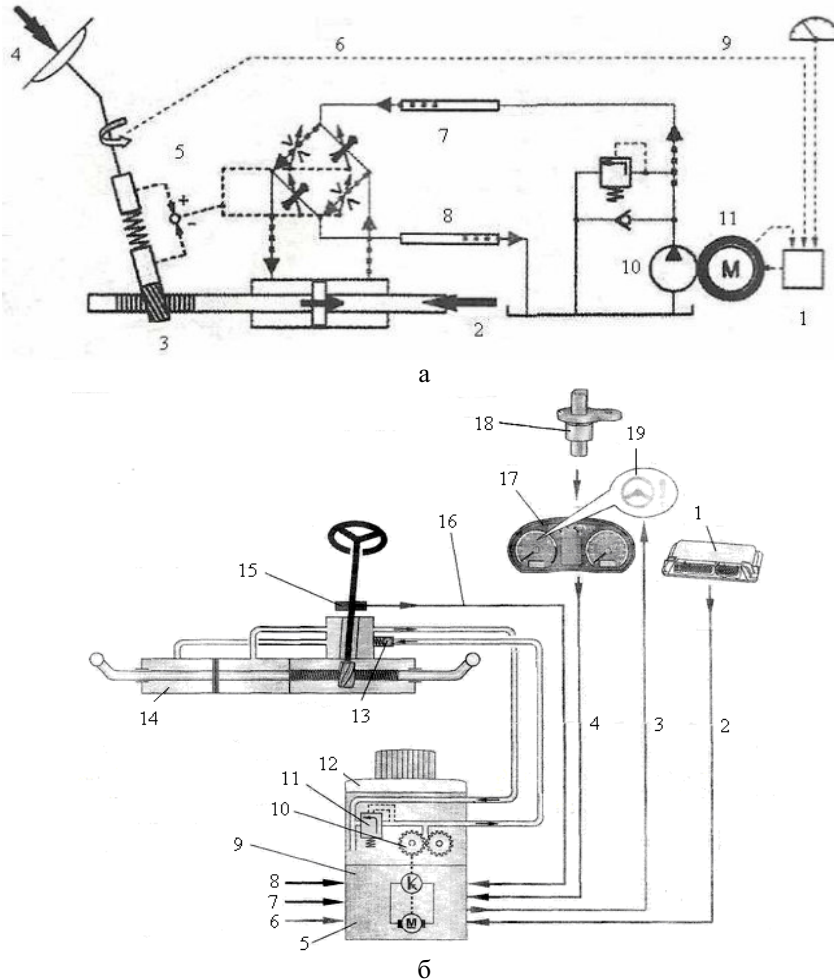


Рис. 9.8. Схема роботи електрогідравлічного підсилювача (а) та елементи системи керування (б):

а: 1 – електронний блок керування; 2 – навантаження; 3 – шестірня із зубчатою рейкою; 4 – вал рульового керування; 5 – гідророзподільник; 6 – швидкість повороту рульового колеса; 7 – нагнітальний трубопровід; 8 – зливний трубопровід; 9 – швидкість автомобіля;

10 – насос; 11 – електродвигун; б: 1 – блок керування двигуном Motronic J220; 2 – сигнал частоти обертання вала двигуна; 3 – шина CAN; 4 – сигнал швидкості автомобіля; 5 – електродвигун насоса; 6 – «Корпус»; 7 – підсилювач руля – клемма +15; 8 – підсилювач руля – клемма +30; 9 – блок керування підсилювачем руля J500; 10 – шестеренний насос; 11 – редукційний клапан; 12 – бачок для робочої рідини; 13 – зворотний клапан; 14 – рульовий механізм; 15 – датчик підсилювача руля G250; 16 – сигнал швидкості повороту руля; 17 – блок керування з дисплеєм і комбінацією приладів J285; 18 – датчик шпідометра G22; 19 – контрольна лампа системи Servotronic K92.

Рульове керування розробки компанії Nissan з усіма керованими колесами «Nissan U-Wheel Active Steer System» має програмне забезпечення, що дає можливість у критичній ситуації підтримувати систему ESP регулювання курсової стійкості автомобіля. Система автоматично повертає колесо у бік, протилежний занесенню.

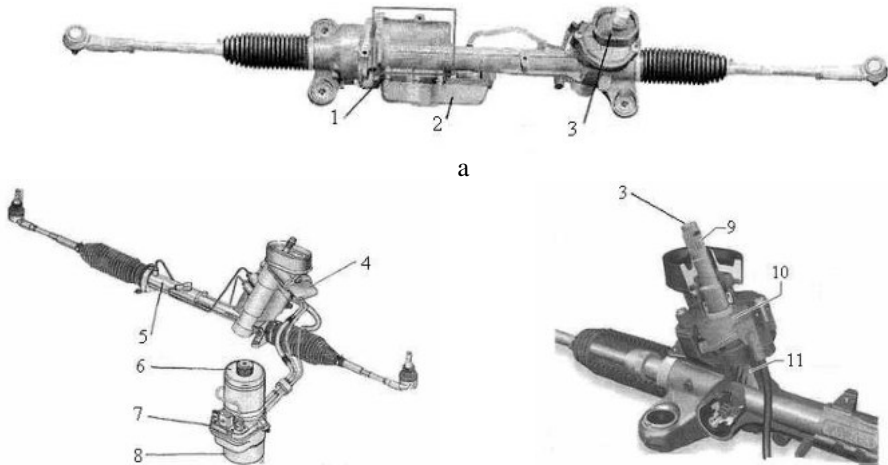
Автомобіль з чотирма керованими колесами має менший радіус повороту, що значно підвищує його маневреність. Він більш стійкий під час руху на високих швидкостях. Однак численні випробування свідчать, що у цих мостів з керованими колесами надто складна конструкція, а тому і висока вартість.

Порівняно з традиційним підсилювачем руля електрогідравлічний підсилювач має низку переваг:

- зниження енергетичних витрат до 85%;
- менший вплив на середовище в результаті знижених енергетичних витрат і меншої кількості робочої рідини в гідравлічній системі;
- зниження витрати пального в реальних їздових циклах приблизно на 0,2 л на 100 км;
- підвищення активної безпеки в результаті зниження зусиль на рульовому колесі під час маневрування та забезпечення безпосереднього керування під час руху з підвищеними швидкостями.

На рис. 9.9 показані механічні, електромеханічні й електронні елементи мехатронної системи рульового керування. Для регулювання зусилля руля в залежності від швидкості руху автомобіля додатково встановлений датчик (4) підсилювача руля, який передає сигнал, що відповідає швидкості повороту рульового колеса, на електронний блок керування (7). Електродвигун (1) підсилювача рульового керування (потужністю від 580 до 830 Вт) установлений в корпусі рульового механізму, і його вал розташований паралельно рульовій рейці. Підтримувальне зусилля для рульового механізму передається від електродвигуна на рейку з допомогою зубчастого ремня.

Керування підсилювачем рульового керування здійснюється на основі вхідних сигналів від таких датчиків: повороту рульового колеса, кількості обертів вала двигуна, моменту повороту рульового колеса, кількості обертів вала електродвигуна та швидкості автомобіля. Блок керування (рис. 9.9, а) приймає рішення про необхідний рівень з боку підсилювача рульового керування, а потім розраховується необхідні для привода електродвигуна величина і напрям струму в статорі.



**Рис. 9.9. Електричні елементи рульового керування (а)
й електрогідравлічний підсилювач рульового керування (б):**

1 – електродвигун підсилювача рульового керування; 2 – блок керування підсилювачем рульового керування; 3 – вхідний вал рульової колонки з шестірнею та датчиком моменту повороту рульового колеса; 4 – датчик підсилювача руля; 5 – рульовий механізм; 6 – бачок для робочої рідини; 7 – блок керування підсилювачем руля; 8 – шестеренний насос з електродвигуном; 9 – вхідний вал рульової колонки; 10 – датчик моменту повороту рульового колеса; 11 – вал-шестірня

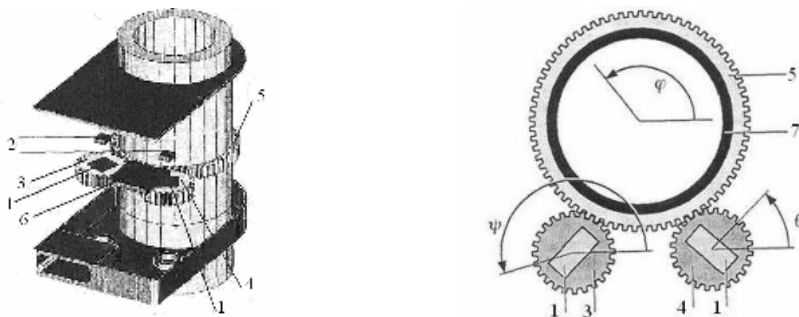


Рис. 9.10. Датчик кута повороту рульового колеса:

1 – магніт; 2 – AMR-датчик; 3 – шестірня з m зубцями; 4 – шестірня з $m+1$ зубцями; 5 – привідна шестірня з n зубцями ($n > m$); 6 – блок обробки; 7 – рульовий вал; ψ , ϕ , θ – кути повороту

Датчик кута повороту рульового колеса LWS 3 (компоненти датчика приведені на рис. 9.10) працює з «анізотропними магніторезистивними датчиками» (AMR), у яких електричний опір змінюється в залежності від напрямку дії зовнішнього магнітного поля. Діапазон вимірювання – чотири повних оберти. Шестірні (3 і 4), які приводяться в дію від рульового вала, відрізняються за кількістю зубців на один зубець, завдяки чому будь-якому положенню рульового колеса відповідає певне співвідношення кутів впливу магнітного поля. Та-

ким чином можливе визначення актуального положення рульового колеса. Шестірні встановлюються у вихідний стан лише після кількох обертів (в одному напрямку), тобто немає необхідності у лічильнику обертів.

Датчик має функцію самодіагностики, що значно підвищує достовірність сигналу. Інформація про положення рульового колеса передається в блок керування шиною CAN. В електронній системі стабілізації (ESP) застосовується оптичний датчик кута повороту (рис. 9.11). Датчик складається з дев'яти світлодіодів для визначення положення шторок та двох мікропроцесорів, які утворюють єдину одиницю зі схемою обробки сигналу. Світлодіоди розташовані на однакових відстанях у каналі бар'єра, через який рухаються вісім шторок різної довжини. Оптичний датчик через шину CAN дає можливість визначати кут повороту з точністю $\pm 1^\circ$.

ЕБК у рульовому керуванні регулює зусилля на рульовому колесі (за наявності гідропідсилювача) або поворот чотирьох коліс і т. п. Керування зусиллям зводиться до його зменшення, коли автомобіль стоїть чи рухається з невеликою швидкістю, і, навпаки, до його збільшення у разі великих швидкостей, що забезпечує курсову стійкість і керованість. Можлива також зміна зусилля на рулі за бажанням водія. Компоненти системи рульового керування автомобілів фірми Volkswagen приведені на рис. 9.12.

Керування підсилювачем рульового механізму відбувається в залежності від швидкості за параметричним полем у згідно з програмою, що записана в пам'яті блока керування. Залежно від маси та оснащення автомобіля параметричне поле програмується у пам'яті блока керування на останньому етапі виробництва автомобіля.

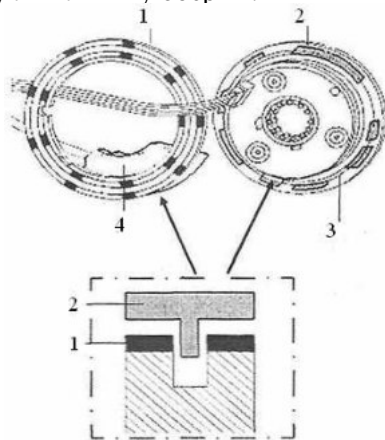


Рис. 9.11. ESP оптичний датчик кута повороту:

1 – кільце зі світлодіодами; 2 – шторки; 3 – нижня частина датчика з пазами для рульового вала; 4 – верхня частина датчика зі схемою обробки сигналу

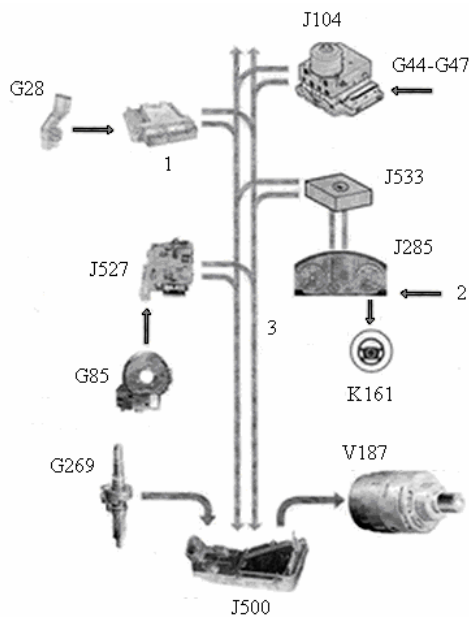


Рис. 9.12. Компоненти системи рульового керування

На рис. 9.12 прийняті такі позначення: 1 – блок керування двигуна; 2 – клемма 15; 3 – шина CAN; J500 – блок керування підсилювача рульового керування; G269 – датчик моменту повороту рульового колеса; G85 – датчик кута повороту рульового колеса; J527 – блок керування електроніки рульової колонки; G28 – датчик обертів вала двигуна; J104 – блок керування АБС; G44-G47 – датчики частоти обертання коліс (сигнал швидкості); J533 – діагностичний інтерфейс шини даних; J285 – блок керування комбінації приладів; K161 – контрольна лампа підсилювача рульового керування; V187 – двигун електромеханічного підсилювача рульового керування.

Момент зусилля, прикладеного водієм до рульового колеса, є основою для розрахунку підтримувального зусилля з боку підсилювача рульового керування. Величина моменту зусилля на рульовому колесі вимірюється безпосередньо на валі-шестірні рульової колонки з допомогою датчика моменту G269 (рис. 9.12). При цьому виконується вимірювання кута повороту вхідного вала рульової колонки відносно вала-шестірні, і виміряна величина перетворюється в аналоговий електричний сигнал.

Контрольні запитання

1. Яка тенденція розвитку мехатронних систем рульового керування?
2. Як здійснювалася інтеграція електроніки в рульове керування?
3. Через які причини відбувалася інтеграція електронних систем у рульове керування?
4. Які завдання автоматизації рульового керування були вирішені з допомогою електронних систем?
5. Наведіть схему рульового керування з гідравлічним підсилювачем, робота якого модулюється від швидкості руху?
6. Який склад елементів електрогідравлічного підсилювача?
7. Який принцип функціонування датчика кута повороту рульового колеса?
8. З яких компонентів складається система електронного рульового керування?

10. МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ І КОНТРОЛЮ ТИСКУ В ШИНАХ

10.1. Електронні системи керування освітленням і світлової сигналізації

Прилади освітлення сучасних автомобілів поділяються на зовнішні та внутрішні. Прилади освітлення об'єднані у дві системи – систему освітлення і систему світлової сигналізації. До зовнішніх приладів системи освітлення належать фари (дальнє, ближнє світло), габаритні ліхтарі, освітлення номерного знака, а до внутрішніх – освітлення салону, підкапотного простору, багажного відділення і лампи освітлення контрольно-вимірювальних приладів.

До системи світлової сигналізації належать покажчики поворотів, стоп-сигнали, прилади, що сигналізують про аварійний стан автомобіля.

Система освітлення і сигналізації автомобіля (рис. 10.1) складається з приладів, які формують світловий потік, та елементів підведення до них електроенергії.

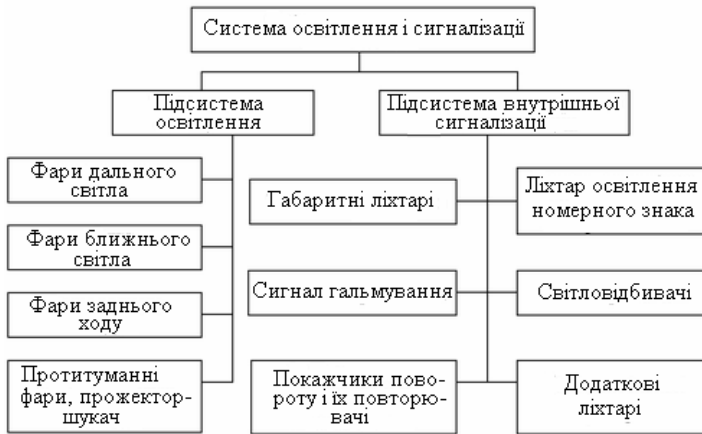


Рис. 10.1. Блок-схема системи освітлення і сигналізації

Автоматичне керування світлом фар. Схема і компоненти автоматичного перемикачання фар представлена на рис. 10.2. Якщо перемикач освітлення E1 знаходиться у положенні «Автоматичне керування світлом фар», блок керування бортовою мережею вмикає фари за сигналом датчика дощу й освітлення G397. Це відбувається, наприклад, при в'їзді в тунель.

Дальнє світло фар автоматично вмикається під час руху автомобіля зі швидкістю більше 140 км/год протягом 10 с. Воно вимикається також автоматично, якщо швидкість автомобіля не перевищувала 65 км/год протягом більше 150 с. Ця функція діє, якщо перемикач зовнішнього освітлення встановлений у положення «Автоматичне керування світлом фар».

Розташована з внутрішнього боку по відношенню до центра повороту фара повертається на кут до 15 градусів, а поворот зовнішньої фари обмежується кутом 7,5 градусів. Під час повороту фар на різні кути досягається краща

освітленість криволінійної дороги. Найбільше охоплення освітлюваної частини дороги досягається у разі повороту внутрішньої фари на вдвічі більший кут, ніж зовнішньої фари.

При швидкості автомобіля менше 10 км/год поворот фар не виконується. Під час руху зі швидкостями більше 10 км/год кути повороту фар залежать практично тільки від радіуса повороту, який проходить автомобіль. Таким чином виконується припис законодавця, згідно з яким заборонено повертати обидві фари у нерухомого автомобіля. По мірі розгону автомобіля з повернутим на певний кут рульовим колесом фари плавно переходять у повернутий стан.

Активна фара повинна бути в змозі отримати дані з простору, що оточує автомобіль, інтерпретувати їх і згідно з цим створювати потрібний розподіл світла.

Автомобілі вищого класу вже сьогодні оснащені великою кількістю датчиків для спостереження за простором навколо автомобіля. Поряд з цим деякі автомобілі вже оснащені дальнюдіючими датчиками такими як, наприклад, системою лидарів (оптичні локатори) або радарами для автоматичного регулювання дистанції. У майбутньому з'являться системи на базі відеокамер з інтегрованою обробкою зображення, наприклад, для розпізнавання смуги руху. Автомобіль майбутнього буде, таким чином, у змозі завчасно оцінювати простір довкола.

Для керування активними системами фар дані можна отримати від датчиків, що є в автомобілі. Вирішальне значення при цьому має програмне забезпечення, яке в режимі реального часу відфільтровує необхідні дані із загального потоку інформації від різних датчиків і дозволяє цілеспрямовано керувати оптичними компонентами фари. Вони повинні забезпечувати динамічне створення світлової плями, яка вільно переміщується. Тут можливі фари із дзеркальною матрицею.

Такий чіп складається з кількох сотен тисяч мікроскопічно малих дзеркал з високим ступенем відбиття, які

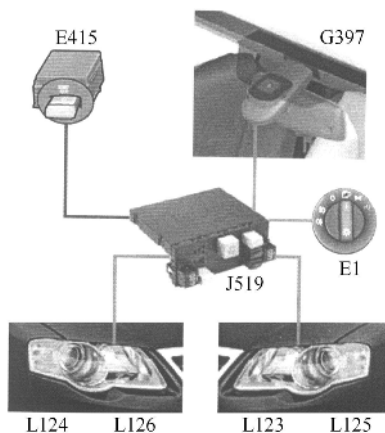


Рис. 10.2. Схема автоматичного перемикачання фар:

E1 – перемикач зовнішнього освітлення; E415 – електронний вимикач запалювання і стартера; G397 – датчик дощу й освітленості; J519 – блок керування бортовою мережею; L123 – лампа ближнього світла у лівій фарі; L124 – лампа ближнього світла у правій фарі; L125 – лампа дальнього світла у лівій фарі; L126 – лампа дальнього світла у правій фарі

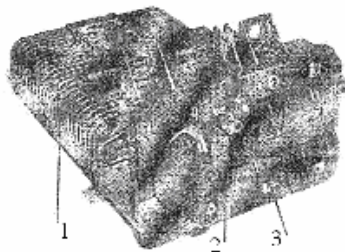


Рис. 10.3. Блок керування світлом:
1 – центральний вмикач світла; 2 – елемент керування; 3 – фототранзистор для LCD-індикатора

розміщені на запам'ятовувальному елементі.

Автомобіль BMW E46 має блок керування зовнішнім світлом (LSZ), що розташований на панелі приладів (рис. 10.3). Він керує освітленням, гальмівною і поворотною сигналізацією, контрольними лампами системи освітлення, інтенсивністю освітлення (панель приладів), освітленням приладів та LCD-індикаторами. Також блок керування здійснює контроль за станом ламп розжарювання (холодні/теплі) та захищає мережу від короткого замикання. У разі виходу з ладу певних ламп запускаються аварійні функції. Елемент керування й LSZ є окремими частинами. Якщо до освітлення додаються серійні протитуманні фари, то достатньо лише замінити позицію 2 та перекодувати LSZ.

10.2. Системи контролю тиску в шинах

Необхідний рівень тиску у шинах – це не тільки хороша керованість і безпека автомобіля, але це ще й значна економія пального, підвищення терміну експлуатації покриття та елементів підвіски. Національна адміністрація з безпеки США (NHTSA) прийняла рішення про обов'язкове використання датчиків контролю тиску у шинах на всіх нових автомобілях [6].

Система контролю тиску непрямої дії, що працює у складі АБС, визначає падіння тиску через різницю у частоті обертів коліс (спущене колесо має дещо менший радіус кочення і тому обертається швидше). Іншим способом визначення падіння тиску у шинах є виділення із сигналів колісного датчика швидкості параметрів, які характеризують рівень коливань шини при обертовій деформації.

Найпростішими засобами контролю тиску у шинах є візуальні засоби, коли встановлюють спеціальні ковпачки на вентилях коліс замість штатних, які змінюють колір у залежності від рівня тиску. При падінні тиску на 20% ковпачок змінює колір із зеленого на прозорий.

Схема сигналізації контролю тиску в шинах показана на рис. 10.4.

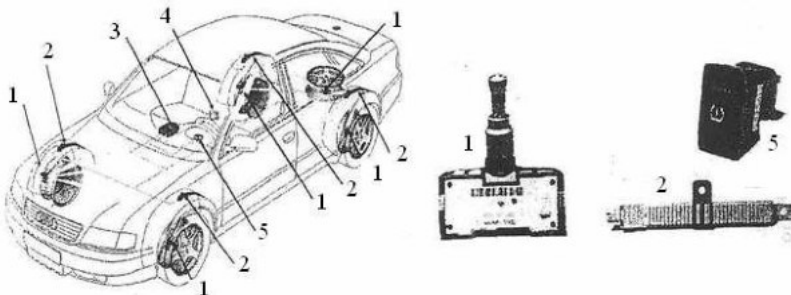


Рис. 10.4. Система контролю тиску в шинах TPMS:

1 – датчик тиску в шинах; 2 – антена контролю тиску; 3 – блок керування системи TPMS; 4 – індикатор в панелі приладів; 5 – функціональний вмикач для TPMS; (TPMS – Tyre Pressure Monitoring System – система моніторингу тиску в шинах)

Найважливіша риса системи – наявність тільки однієї антени. Інерційний датчик (вмикач) сповіщає систему про рух автомобіля. У разі коли зафіксована швидкість руху більше 10-20 км/год протягом 10 с формується керуючий сиг-

нал, який розшифровується кожен хвилину.

У стані спокою вимірювання виконуються кожні 15 хв, а їх розшифрування – кожен годину. Це розвантажує АКБ.

Фінська фірма з виробництва шин Nokian Tyres запропонувала систему контролю тиску в шинах під назвою RoadSnoor (рис. 10.5).

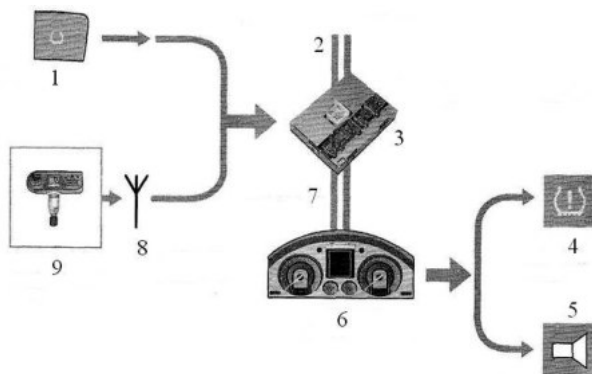


Рис. 10.5. Компоненти системи сигналізації та контролю тиску в шинах автомобілів Phaeton, Touareg і Passat:

1 – E226 кнопка контролю тиску повітря; 2 – інша інформація з шини даних CAN; 3 – J502 блок керування контролю тиску в шинах (у центральному блоці керування систем комфорту J393); 4 – K230 індикатор системи контролю тиску повітря; 5 – H3 зумер і звуковий сигнал; 6 – J285 блок керування комбінації приладів; 7 – шина даних CAN-Комфорт; 8 – R47 антена центрального замка й охоронної сигналізації; 9 – G222- G225 датчики тиску повітря в шинах

У разі втрати тиску в шині система звуковими та світловими сигналами з маленького приймача попереджує про це водія. У систему RoadSnoor входять чотири пронумерованих датчики, які монтуються на сталевих стрічках в ободах коліс. Кожне колесо для ідентифікації отримує кільце з вентиляем, на якому нанесена відповідна цифра. Ця цифра у разі зниження тиску вказується на приймачі. Датчики в шинах і приймач вмикаються автоматично, як тільки автомобіль рушає з місця. Датчики по радіо передають на приймач інформацію про тиск і температуру в шині.

Втрату тиску в 10% приймач вказує з допомогою червоного блимаючого світлового та звукового сигналів. Одночасно блимає номер відповідної шини. У разі втрати тиску більше, ніж на 20%, лампочки блимають швидше, звукові сигнали інтенсивніші. Попереджувальні звукові сигнали можна вимкнути кнопкою, а світловий сигнал буде блимати доти, поки тиск у шині не буде відрегульований.

Датчики системи RoadSnoor працюють на батарейках, що полегшує експлуатацію: на автомобілі не потрібні спеціальні виїмки для стаціонарної установки датчиків, приймач має розміри не більші за сірникову коробку. Батарейки датчиків служать приблизно 10 років або 150 тисяч кілометрів пробігу. Приймач працює на стандартній батарейці, термін служби якої складає приблизно півроку. Про падіння напруги батарейки приймач сповіщає звуковим сигналом, який відрізняється від звукового сигналу, що попереджує про змен-

шення тиску в шинах.

Сучасні системи здатні контролювати у режимі on-line тиск у шині, температуру повітря та інші важливі для роботи колеса параметри. При виникненні відхилень такі системи відразу сповіщають водія. Система моніторингу автомобіля TBS EHM 5000 має систему контролю тиску у шинах і температури у кожному колесі з виведенням інформації на лобове скло. Згадана фірма Nokian Tyres розробила систему RoadSnoor, у якій 25-грамові датчики прикріплюються до колісних дисків із внутрішньої сторони (всередині безкамерної шини). Кожен датчик має джерело живлення з терміном роботи на 150 тис. км. Датчики працюють тільки під час руху з 20 км/год і передають кодові повідомлення по радіоканалу на приймач, що розміщений у арці колеса. Датчики фірми Pirelli мають пам'ять про основні параметри шини, робочі тиск та температуру, тип дорожнього покриття, час і відстань, що пропрацювала шина, розмір плями контакту, а у разі падіння тиску подають команду на їх підкачування [6].

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте електронну систему керування освітленням та світловою сигналізацією автомобіля.
2. Які основні компоненти мехатронної системи автоматичного керування освітленням та світловою сигналізацією автомобіля?
3. Наведіть схему автоматичного перемикання світла фар.
4. Яка інформація з оточуючого автомобіль простору необхідна для створення потрібного розподілу світла?
5. Яка інформація про освітлення надається на панелі приладів?
6. Представте схему і назвіть компоненти автоматизованої системи контролю тиску в шинах.
7. Як електронна система RoadSnoor контролює параметри тиску в шинах?
8. Які ще системи контролю тиску в шинах ви знаєте?

11. БОРТОВІ МЕХАТРОННІ, ТЕЛЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЯ

11.1. Інформаційні блоки та нормативні вимоги до діагностики автомобіля

Високий рівень мехатронізації сучасного автомобіля забезпечив створення систем внутрішньої та зовнішньої телематики. Передача телематичних даних від внутрішніх до зовнішніх систем (середовища) – між автомобілем та інформаційним простором – забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій контролю динамічних властивостей, дистанційного діагностування і технічного обслуговування автомобілів.

Під час звичайної експлуатації автомобіля бортовий комп'ютер періодично тестує електричні та електронні системи і їх компоненти [23, 34, 35]. У разі виявлення несправності контролер комп'ютера переходить в аварійний режим роботи, підставляючи значення параметра, яке пасує при цьому, замість того, що дає несправний блок. Протоколи зв'язку за стандартом OBD-II надають діагностику низку стандартних функціональних можливостей щодо режимів діагностування. Установлення достовірного діагнозу вимагає високої інженерної кваліфікації від фахівця, який здійснює аналіз інформації (табл. 11.1), отриманої від системи самодіагностики, а також наявності досить тривалого часу для пошуку несправності. [18, 23, 34, 35, 36].

Таблиця 11.1

Інформаційні блоки автомобіля

C	Діагностика	ESI[tronic]-C інформація щодо діагностики блока керування (БУ) бензиновим і дизельним двигуном, а також БУ гальмами та комфортом. Підтримуються системи інших виробників. ESI[tronic]-C містить інструкції щодо ремонту та програмне забезпечення (ПЗ) для діагностики БУ
TSB	Технічна інформація TSB	TSB містить опис відомих несправностей автомобіля і пропонує їх визначення за ознаками і групами (ABS, Airbag, engine тощо)
M	Механіка	ESI[tronic]-M дає швидкий доступ до інформації про всі механічні параметри автомобіля, в том числі дані щодо розвалу/сходження, сервісних робіт, про складання/розбирання агрегатів і т. п.
P	Електроніка комфорту	ESI[tronic]-P містить електричні схеми для систем кондиціонування, протитугінних систем, центрального замка, підігріву сидінь, подушок безпеки, склопідійомників і т. п.
Опція		
Truck	Вантажівки	KTS Truck призначена для діагностики блоків керування вантажних і комерційних автомобілів. ПЗ надає можливість проводити ідентифікацію БУ, читати і видаляти помилки з пам'яті БУ, відображати фактичні значення, проводити тестування виконавчих органів, виконувати спеціальні функції щодо програмування БУ. Інформаційна частина ПЗ містить схеми електричних з'єднань, складальні креслення, інструкції щодо ремонту, номінальні значення фактичних вимог на вибраний автомобіль

Водія інформує про несправність контрольна лампа «Check Engine» (пе-

ревірити двигун) або світлодіод, що розташовані на панелі приладів. Мікропроцесор ЕБК заносить специфічний код несправності в КАМ-пам'ять (Keep Alive Memory). КАМ-пам'ять здатна зберігати інформацію у разі відключення живлення ЕБК. Це забезпечується підключенням мікросхем КАМ-пам'яті окремим кабелем до акумуляторної батареї або застосуванням малогабаритних підзаряджуваних акумуляторів, розташованих на друкованій платі ЕБК.

11.1.1. Стандарти бортових систем діагностики автомобіля

Основним стандартом бортових систем діагностики автомобіля є OBD-II, що визначає особливості конструкції систем самодіагностики і протоколів, що вони використовують. Стандарт OBD-II уніфікує протоколи обміну даними між системою самодіагностики і сканером, систему позначення кодів несправностей діагностичного рознімача, ідеологію самодіагностики в цілому.

Розробка вимог і рекомендацій за стандартом OBD-II велась під егідою EPA (Environmental Protection Agency – агентство із захисту довкілля при уряді США) з участю організацій CARB і SAE.

Стандарт OBD-II передбачає більш достовірне діагностування двигуна, трансмісії, каталітичного нейтралізатора і т. д. порівняно з OBD-I. Доступ до системної інформації бортового ЕБК можна здійснити не тільки спеціалізованими, але й універсальними сканерами. З 1996 року всі автомобілі, що продавалися у США, стали відповідати вимогам OBD-II.

У Європі аналогічні документи були прийняті пізніше, ніж у США. Тим не менше, аналогічні правила EOBD (European On Board Diagnostic) стали чинними і в Європі з 1 січня 2000 р.

До сьогодні розроблено три стандарти бортової діагностики (рис.11.1).

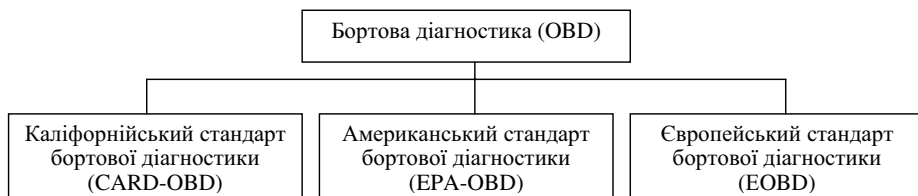


Рис. 11.1. Стандарти бортової діагностики

Згідно з нормативними вимогами OBD-II мікропроцесорна система керування (МПСК повинна здійснювати не тільки діагностування системи керування, але й роботу низки систем двигуна. Додатково до функцій, що виконувалися згідно з вимогами OBD-I, передбачається:

- контроль роботи системи подачі пального;
- діагностування пропусків згорання в циліндрах;
- контроль роботи системи рециркуляції відпрацьованих газів;
- перевірка ефективності роботи нейтралізатора;
- контроль системи вловлювання парів пального;
- перевірка системи подачі вторинного повітря у випускную систему.

При виконанні цих вимог забезпечується збереження заданого рівня економічних та екологічних показників автомобіля у разі пробігу в 160 тис. км. Очевидно, що в перспективі функції діагностування будуть поширюватися й на інші вузли і системи двигуна.

Однією з особливостей бортового діагностування двигуна є намагання максимально використовувати для цього інформацію, отриману від датчиків системи керування, а у разі необхідності нових датчиків вибирають такі, інформація від яких може бути використана для удосконалення керування двигуном або діагностування кількох несправностей. Це змушує постійно шукати нові методи діагностування несправностей у роботі двигуна, встановлювати нові діагностичні ознаки й розвивати алгоритми діагностування.

Найважливіші додаткові функції діагностування, передбачені другим ступенем діагностування OBD-II, показані у табл. 11.2.

Таблиця 11.2

Найважливіші додаткові функції діагностування OBD-II

Процес, який діагностують	Деякі застосовувані та можливі способи діагностування
Робота системи подачі пального у всіх циліндрах	Вимірювання вмісту O ₂ у відпрацьованих газах (ВГ). Вимірювання тиску в циліндрі. Вимірювання нерівномірності крутного моменту, що створюється тепловою ланкою двигуна
Пропуски згорання	Вимірювання нерівномірності обертання колінчастого вала. Вимірювання іонного струму на свічці запалювання. Вимірювання тиску в циліндрі. Вимірювання тиску у впускній системі. Контрольний розряд на свічці запалювання
Ефективність роботи нейтралізатора	За зміною вмісту кисню до і після нейтралізатора. За зміною температури нейтралізатора. Вимірювання концентрацій CO, CH і NO _x після нейтралізатора
Правильність роботи системи рециркуляції ВГ	За перепадом тиску в магістралі. За зміною температури в магістралі. За сигналом λ-зонда
Правильність роботи системи вловлювання парів пального	За перепадом тиску в магістралі
Робота системи подачі вторинного повітря (якщо він використовується)	За перепадом тиску в магістралях

Із застосуванням стандартів EOBD та OBD-II процес діагностики електронних систем автомобіля уніфікується, тепер можна один і той самий сканер без спеціальних адаптерів використовувати для тестування автомобілів усіх моделей. Вимоги стандарту OBD-II передбачають:

- стандартний діагностичний рознімач;
- стандартне розміщення діагностичного рознімача;
- стандартний протокол обміну даними між сканером та автомобільною бортовою системою діагностики;
- стандартний список кодів несправностей;
- збереження в пам'яті ЕБК кадру значень параметрів у разі появи коду

помилки («заморожений» кадр);

- моніторинг бортовими діагностичними засобами компонентів, відмова яких може призвести до збільшення токсичних викидів у довкілля;
- доступ як спеціалізованих, так і універсальних сканерів до кодів помилок, параметрів, «заморожених» кадрів, тестувальних процедур тощо;
- єдиний перелік термінів, скорочень, визначень, що використовуються для елементів електронних систем автомобіля та кодів помилок.

Обмін інформацією між сканером та автомобілем відбувається згідно з міжнародним стандартом ISO 1941 та стандартом SAE J1850. Стандарт J1979 установлює список кодів помилок і рекомендовану практику програмних режимів роботи для сканера.

У відповідності до вимог OBD-II бортова діагностична система повинна виявляти погіршення роботи засобів доочищення токсичних викидів. Наприклад, індикатор несправності Malfunction Indicator Lamp – MI (аналог лампи «Check Engine», що була раніше) вмикається у разі збільшення вмісту CO або CH у токсичних викидах на виході каталітичного нейтралізатора більше, ніж у 1,5 рази порівняно з допустимими значеннями.

Такі самі процедури застосовуються й до іншого обладнання, несправність якого може призвести до збільшення токсичних викидів.

Структура програмного забезпечення ЕБК за стандартом OBD-II.

Програмне забезпечення ЕБК двигуна сучасного автомобіля багаторівневе [35]. Перший рівень – програмне забезпечення функцій керування, наприклад, реалізація впорскування пального. Другий рівень – програмне забезпечення функцій електронного резервування основних сигналів керування у разі відмови керуючих систем. Третій рівень – бортовий самоконтроль і реєстрація несправностей в основних електричних та електронних вузлах і блоках автомобіля. Четвертий рівень – діагностика і самотестування в тих системах керування двигуном, несправність у роботі яких може призвести до збільшення викидів токсичних речовин у довкілля.

Діагностику і самотестування в системах OBD-II здійснює підпрограма четвертого рівня, яка називається Diagnostic Executive (Diagnostic Executive (підпрограма DE) – виконавець діагностики). Підпрограма DE з допомогою спеціальних моніторів (emission monitor – ЕММ) контролює до семи різних систем автомобіля, несправність у роботі яких може призвести до збільшення токсичності викидів. Решту датчиків і виконавчих механізмів, що не увійшли до цих семи систем, контролює восьмий монітор (Comprehensive Component Monitor – ССМ). Підпрограма DE виконується у фоновому режимі, тобто у той час, коли бортовий комп'ютер не зайнятий виконанням основних функцій - функцій керування. Усі вісім згаданих міні-програм-моніторів здійснюють постійний контроль обладнання без втручання людини.

Кожен монітор може здійснювати тестування під час поїздки тільки один раз, тобто під час циклу «ключ запалювання включений-двигун працює-ключ виключений» при виконанні певних умов. Критерієм на початок тестування можуть бути: час після запуску двигуна, обороти вала двигуна, швидкість автомобіля, положення дросельної заслінки тощо. Багато тестів виконуються на прогрітому двигуні. Виробники по-різному встановлюють цю умову, напри-

клад, для автомобілів Ford це означає, що температура двигуна перевищує 70 °C і протягом поїздки вона підвищилась не менше, ніж на 20 °C.

З різних причин Executive – підпрограма DE – може затримати виконання тесту, встановити черговість тестів:

- відмінені тести – Executive виконує деякі вторинні тести тільки в тому разі, якщо пройшли первинні, інакше тест не виконується;

- конфліктуючі тести – інколи одні й ті самі датчики і компоненти повинні бути використані різними тестами. Executive не допускає цього, затримуючи один тест до кінця виконання другого;

- затримані тести – тести і монітори мають різний пріоритет, Executive затримає тест з нижчим пріоритетом, поки не виконає тест з вищим пріоритетом.

Executive проводить три види тестів:

- пасивний тест – означає просто спостереження (моніторинг) за значеннями параметрів системи або кола;

- активний тест реалізується, коли система не проходить пасивний тест. Припускається подача тест-сигналу і реєстрація реакції системи на нього. Тест-сигнал повинен мінімально впливати на поточну роботу досліджуваної системи;

- якщо не пройшли активний і пасивний тести, Executive виконає тест, під час якого режими двигуна і підсистем можуть змінюватися.

Результати виконання тестів передаються від моніторів Executive. Коди помилок виявлених несправностей записуються в пам'ять ЕБК і засвічується лампа МІ, якщо несправність підтверджується у двох поїздках поспіль.

Монітор ССМ контролює вхідні та вихідні сигнали компонентів і підсистем поза діяльністю перших семи моніторів. Залежно від виду кола ССМ може встановити обрив, замикання або невідповідність сигналу нормі. Проводяться також тести на «раціональність» для вхідних і «функціональність» для вихідних сигналів, які перевіряють відповідність цих значень режиму. Наприклад, перевірка вихідного сигналу датчика положення дросельної заслінки у системі керування впорскуванням з визначенням маси повітря за його об'ємною витратою на раціональність припускає порівняння сигналів з датчиків положення дросельної заслінки та абсолютного тиску у впускному колекторі. У разі більшого відкриття дросельної заслінки розрідження у впускному колекторі зменшується, сигнал з датчика абсолютного тиску повинен це підтверджувати. При нормальній роботі сигнали цих двох датчиків відповідають один одному, що і перевіряє монітор ССМ.

Залежно від типу ЕБК ССМ може контролювати такі пристрої:

- датчик масової витрати повітря;
- датчик температури охолоджувальної рідини;
- датчик температури повітря;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик положення колінчастого вала;
- датчик положення розподільного вала;
- бензонасос і т. д.

Звичайно Executive вмикає лампу МІ після виявлення несправності у

двох поїздках поспіль.

Executive контролює підсистеми автомобіля, несправність яких може збільшити кількість викидів у довкілля токсичних речовин, з допомогою решти моніторів. Монітори здатні виявити погіршення характеристик обслуговуваних підсистем, яке призводить до перевищення норм на токсичність у 1,5 рази. Монітори обслуговують:

- каталітичний нейтралізатор;
- датчики кисню;
- пропуски спалахування;
- паливну систему;
- систему вловлювання парів пального в баку;
- систему рециркуляції вихлопних газів;
- систему подачі повітря у випускний колектор.

Можливим несправностям присвоєні певні коди, які під час діагностування і в разі наявності несправності заносяться у пам'ять електронного блока керування і виносяться на індикатори панелі приладів автомобіля. У низці систем визначити код несправності можна за черговістю спалахів сигнальної лампи через певні інтервали часу.

У більшості систем цифровий код може бути виведений на рідкокристалічний екран. Нарешті, у найскладніших системах на екран може бути виведена інформація не тільки про несправність, але й перелік необхідних заходів, яких повинен вжити водій у зв'язку з появою несправності або ж для її усунення.

«Самодіагностика» призначена для оперативного зчитування інформації про несправності та відмови, накопиченої в процесі поточної експлуатації автомобіля. Для накопичення інформації про несправності використовується вбудований діагностичний блок, який може запам'ятати не менше 3-5 несправностей одночасно.

Функція самодіагностики закладена в електронний блок керування і може бути застосована для штатного електронного контролю роботи усіх систем автомобіля: двигуна, автоматичної коробки передач, антиблокувальної системи гальм, протибуксувальної системи ведучих коліс і системи стабілізації руху автомобіля, контролю клімату тощо.

Код несправності запам'ятовується при надходженні сигналу про несправність. Сигнал може зразу ж бути показаний при натисканні випробувальної кнопки на діагностичному блоці. Блок керування має пам'ять для запам'ятовування кодів несправностей та адаптивну програму, яка здатна зберегти інформацію протягом заданого часу.

Для пошуку несправностей у контрольованих системах потрібне приєднання спеціального вимірювального блока – діагностичного засобу (сканера), що дає можливість визначити місце і характер несправності. Діагностичний сканер приєднується до діагностичного блока. Зчитування і запис кодів несправностей, виявлених у контрольованій системі, виконується із дотриманням необхідних заходів, що вказані в експлуатаційній документації на автомобіль. Розпізнавання й усунення несправностей виконується згідно з таблицею кодів несправностей.

11.1.2. Протоколи обміну даними в OBD-II

Стандарт OBD-II є продовженням стандарту OBD-I. У ньому збільшені вимоги щодо самоконтролю і розширена сфера його контролю. Найважливіші доповнення стандарту OBD-II полягають в такому:

- додаткова миготлива функція індикатора несправностей MI;
- контроль не тільки за несправностями функцій/компонентів, але й за дотриманням норм токсичності ВГ;
- разом з несправностями у так званому «стоп-кадрі» (фіксація стану системи) зберігаються дані із заводськими установками;
- зчитування інформації з пам'яті перевірочним обладнанням (сканувальним приладом) замість блінк-коду.

Вимоги OBD-II у значній мірі визначаються такими стандартами:

- SAE J1850, ISO 9141-2 або ISO 15031-3 – зв'язок;
- SAE J1962 – з'єднання рознімачів, опис стандартного рознімача DLC (Data Link Connector) для підключення діагностичного обладнання;
- SAE J1978 – діагностична установка (сканувальний прилад для системи OBD-II);
- SAE J1979 – опис змісту протоколів перевірки (режими 1-9);
- SAE J1930 – стандарт маркування систем і їх компонентів;
- SAE J2012 – структура і формат тексту, що виводиться зі змістом несправностей.

Стандарт OBD-II вимагає безперервного контролю за такими системами і пристроями:

- згорання пального;
- каталітичний нейтралізатор;
- лямбда-зонд;
- система додаткової подачі повітря;
- система приготування горючої суміші;
- система рециркуляції ВГ.

Несправність будь-якого вузла системи приводить до вмикання індикатора MI, що розташований на панелі приладів.

У рамках OBD-II використовується п'ять протоколів обміну даними: ISO 9141, ISO 14230 (також називається KWP 2000), PWM, VPW і CAN. Кожний з протоколів має кілька різновидів, що відрізняються, наприклад, швидкістю обміну інформацією. В Інтернеті зустрічаються так звані «таблиці застосовуваності», у яких указуються переліки марок і моделей автомобілів та OBD-II-протоколи, що підтримуються ними. Однак, треба враховувати, що одна й та сама модель з одним і тим самим двигуном одного року випуску може бути випущена для різних ринків з підтримкою різних протоколів діагностики. Точно так протоколи можуть відрізнятися і за моделями двигунів, за роками випуску. Таким чином, відсутність автомобіля у списках не означає, що він не підтримує OBD-II, так само як його присутність не означає, що підтримує і, тим більше, повністю підтримує (можливі неточності у списку, різні модифікації автомобіля тощо). Ще складніше судити про підтримку конкретного різновиду OBD-II-стандарту.

Загальною передумовою того, щоб припустити, що автомобіль підтримує

OBD-II діагностику, є наявність 16-контактного діагностичного рознімача трапецієподібної форми (DLC – Diagnostic Link Connector). На переважній більшості OBD-II-сумісних автомобілів він знаходиться під панеллю приладів з боку водія; рознімач може бути відкритим або закритим кришкою, що легко знімається і має напис «OBD-II», «Diagnose» тощо. Однак, ця умова не є достатньою. Рознімач OBD-II інколи встановлюється на автомобілі, що взагалі не підтримують жоден з OBD-II-протоколів. У таких випадках необхідно використовувати сканер, який розрахований на роботу із заводськими протоколами конкретної марки автомобіля (наприклад, це стосується автомобілів Opel Vectra для європейського ринку 1996-1997 рр.).

Щоб оцінити придатність того чи іншого сканера під час діагностики конкретного автомобіля необхідно визначити, який з OBD-II-протоколів використаний на конкретному автомобілі. Для цього можна виконати описані далі дії [35, 36].

1. Подивитися в технічній документації безпосередньо для даного автомобіля (але не в загальному посібнику для даної марки/моделі!). Також корисно оглянути усі ідентифікаційні таблички на автомобілі (рис. 11.2) – можлива наявність таблички «OBD-II compliant» (підтримує OBD-II) або «OBD-II certified» (сертифіковано на підтримку OBD-II).

2. Подивитися в інформаційній базі даних (наприклад, Mitchell-on-Demand). Однак, це також не абсолютний спосіб, тому що база може містити неточності, включати інформацію щодо автомобілів, що випущені для іншого ринку і т. п. Звичайно, використання спеціалізованих дилерських баз щодо окремої марки підвищує ступінь достовірності інформації.

3. Використати сканер, що дає можливість визначити, який з варіантів OBD-II-протоколу використовується на автомобілі. Протокол можна спробувати визначити вручну шляхом послідовної зміни використовуваних адаптерів і перевірки наявності зв'язку з ЕБК автомобіля. Якщо ніяких припущень щодо використовуваного протоколу немає, то починати перебір краще з протоколу ISO як найбільш розповсюдженого (або з протоколу, вказаного для діагностованого автомобіля в інформаційній базі даних).

4. Оглянути діагностичний рознімач і визначити наявність виводів. Як правило, у рознімачі присутня тільки частина задіяних виводів, а кожний протокол використовує свої виводи рознімача. Призначення виводів 16-контактного діагностичного рознімача OBD-II (стандарт J1962) наведено на рис. 11.3.

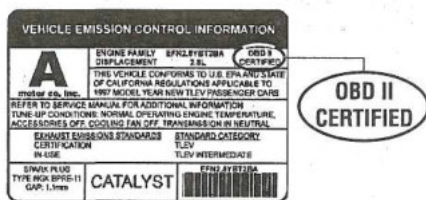


Рис. 11.2. Ідентифікаційна табличка

Пропущені виводи можуть бути використані конкретним виробником для своїх нужд.

Таким чином, використовуються такі протоколи:

- ISO 9141-2 – ідентифікується наявністю контакта 7 (K-line) і відсутністю контактів 2 і/або 10; використовувані виводи 4, 5, 7,

15 (може не бути), 16;

- SAE, J1850 VPW (Variable Pulse Width Modulation) – використовувані виводи 2, 4, 5, 16 (без 10);
- SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation) – використовувані виводи 2, 4, 5, 10, 16.

Протоколи PWM, VPW ідентифікуються відсутністю контакта 7 (K-Line) діагностичного рознімача.

Переважна більшість автомобілів використовують протоколи ISO. Однак, велика частина легкових автомобілів і легких вантажівок концерну GM використовують протокол SAE J1850 VPW, а більша частина автомобілів Ford – протокол J1850 PWM.

11.1.3. Діагностичний рознімач

На рис. 11.3 показаний діагностичний 16-контактний рознімач, який є стандартним на автомобілях, що відповідають вимогам OBD-II. У табл. 11.3 пояснюються призначення окремих контактів.

Рознімач розміщується у пасажирському салоні, звичайно під панеллю приладів. Будь-який сканер може бути підключений до рознімача і отримати доступ до системних даних. Сім з 16 контактів мають установлене стандартом призначення. Решта знаходяться у розпорядження виробника. Контакти 7 і 15 використовуються в європейських системах діагностики для передачі даних за стандартом ISO 9141. Для передачі даних за стандартом SAE J1850 (американські виробники) використовуються контакти 2 та 10.

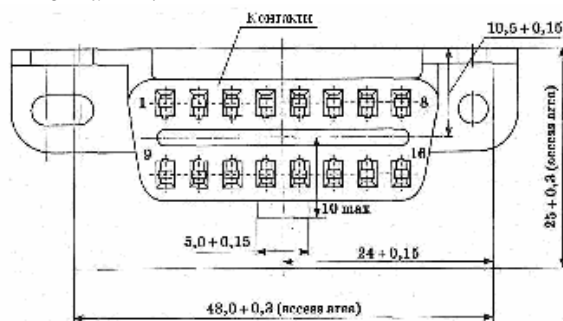


Рис. 11.3. 16-контактний діагностичний рознімач OBD-II (призначення контактів за стандартом J1962):

- 2 – J1850 Bus+; 4 – Chassis Ground; 5 – Signal Ground;
- 6 – CAN High (ISO 15765); 7 – ISO 9141-2 K-Line;
- 10 – J1850 Bus-; 14 – CAN Low (ISO 15765); 15 – ISO 9141-2 L-Line; 16 – Battery Power (напруга АКБ)

Таблиця 11.3

Рознімач OBD-II

Контакт	Призначення
1	Визначається виробником
2	Лінія шини плюс, SAE J1850
3	Визначається виробником
4	Земля
5	Земля для сигналів
6	Визначається виробником
7	Лінія K, ISO 9141

Контакт	Призначення
8	Визначається виробником
9	Визначається виробником
10	Лінія шини мінус, SAE J1850
11	Визначається виробником
12	Визначається виробником
13	Визначається виробником
14	Визначається виробником
15	Лінія L, ISO 9141
16	Плюс акумулятора

Для стандартів OBD-II та EOBD на сьогодні діють такі способи передачі інформації:

1. За стандартом ISO 9141-2 – використовується європейськими автовиробниками – з низькою швидкістю (5 Бод).
2. За стандартом ISO 14230-4 – використовується європейськими автовиробниками – з високою і низькою швидкістю.
3. За стандартом SAE J1850 (американські автовиробники) зі швидкістю 10,4 кБод для виробників GM і 41,6 кБод для виробників Ford.

11.1.4. Структура кодів помилок

Коди несправностей складаються з комбінації п'яти символів, буквенних і цифрових. Наприклад: P0283.

Перший символ коду задає тип системи автомобіля. Другий символ коду задає підгрупу. Третій – вузол або агрегат. Четвертий і п'ятий символи коду визначають локалізований (несправний) вузол або агрегат.

На сьогодні використовуються чотири букви для визначення основних електронних систем автомобіля:

- B – для корпусної електроніки (body);
- C – для шасі (chassis);
- P – для систем керування силовим агрегатом (powertrain);
- U – не визначений (undefined).

Не всі комбінації кодів визначені, багато зарезервовано на майбутнє за SAE.

Другий символ приймає значення 0, 1, 2, 3. 0 означає, що код помилки введений SAE; 1 – виробником; 2 і 3 – зарезервовані для майбутнього використання за SAE.

Третя цифра вказує на підсистему, де з'явилася несправність, наприклад, для систем керування силовим агрегатом (P):

- 1, 2 – системи подачі пального та охолоджувальної рідини;
- 3 – система запалювання;
- 4 – система контролю за токсичними викидами;
- 5 – система контролю оборотів вала двигуна;
- 6 – ЕБК;
- 7, 8 – трансмісія;

9, 0 – зарезервовано за SAE.

Дві цифри коду помилки вказують більш точно на причину несправності. Коди несправностей різних датчиків, виконавчих механізмів, електронних та електричних кіл організовані в блоки за значеннями лівої цифри з двох. Права цифра у блоці відповідає більш специфічній інформації, наприклад, низька або висока напруга, сигнал поза зоною допустимого діапазону значень тощо.

Код P0113, наприклад, розшифровується з урахуванням викладеного так: P – несправність систем керування силовим агрегатом; 0 – код установлений SAE; 1 – системи подачі пального та охолоджувальної рідини; 13 – високий рівень сигналу датчика температури повітря у впускному колекторі.

У системі OBD-II використовується значна кількість кодів помилок, наприклад, на сучасних автомобілях General Motors їх більше 400. Далі наведені деякі коди помилок OBD-II:

- P0105 – несправність у колі датчика абсолютного або барометричного тиску у впускному колекторі;

- P0120 – несправність у колі датчика положення дросельної заслінки;

- P0306 – пропуск у циліндрі № 6.

Коди помилок різних несправностей установлюються при дотриманні відповідних різних умов і можуть бути розділені на категорії:

- коди помилок типу А показують наявність несправності, що призводить до збільшення кількості токсичних речовин, які викидає автомобіль у довкілля. Ці несправності можуть вивести з ладу каталітичний нейтралізатор, тому Executive записує коди помилок типу А у пам'ять ЕБК і вмикає лампу МІ у разі виявлення несправності під час найпершої поїздки. Приклади: пропуски у системі запалювання, надто збагачена або надто збіднена паливна суміш;

- коди типу В заносяться в пам'ять ЕБК і засвічується лампа МІ, якщо один з діагностичних тестів не виконано у двох поїздках поспіль. Коди типів А і В пов'язані з несправностями, що призводять до збільшення кількості токсичних речовин, які виробляє автомобіль. При їх занесенні у пам'ять ЕБК засвічується лампа МІ, яка може бути маркована як «Check Engine» (перевірити двигун) або «Service engine soon» (двигун потрібно скоро обслужити);

- коди типів С і D показують несправності, які не пов'язані зі збільшенням забруднення довкілля. Їх поява у пам'яті ЕБК викликає вмикання індикатора Service (обслуговування), якщо такий є в наявності.

11.2. Бортові контролери зв'язку CAN блоків керування автомобіля

11.2.1. Способи передачі даних

Бортова електроніка сучасного автомобіля у своєму складі має велику кількість виконавчих та керуючих пристроїв. До них належать різноманітні датчики, контролери та інші пристрої та механізми, описані у розділах 4-9.

Для керування автомобілем потрібен обмін інформацією між окремими електронними блоками керування, тобто роботою в мережі у тісному взаємозв'язку одного з одним. Обмін інформацією між електронними блоками змен-

шує загальну кількість необхідних датчиків і покращує керування окремими системами. Питання інтерфейсів систем передачі інформації, які проектуються для використання в автомобілях, розв'язані шляхом застосування шини CAN для передачі даних

Застосовувана на автомобілях система CAN дає можливість об'єднати в локальну мережу блоки керування або складні датчики. Шина CAN – це система, яка складається зі спеціального кабелю із розгалужувачами для підключення електронних блоків та кінцевих пристроїв – термінаторів (резисторів).

Позначення CAN – це скорочення від Controller Area Network (локальна мережа, що пов'язує блоки керування). Використання системи CAN на автомобілі дає такі переваги:

- обмін даними між блоками керування відбувається на уніфікованій базі, яку називають протоколом. Шина CAN служить мовби магістраллю для передачі даних;

- системи, що діють незалежно, наприклад, система курсової стабілізації ESP, можуть бути реалізовані з меншими затратами;

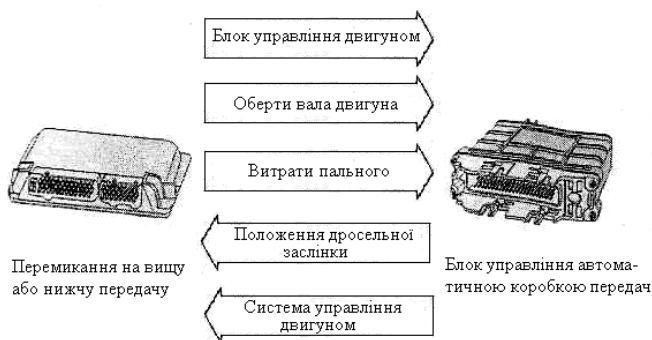
- спрощується підключення додаткового обладнання;

- шина даних CAN є відкритою системою, до якої можуть бути підключені як мідні проводи, так і скловолоконні провідники;

- можна проводити одночасну діагностику кількох блоків керування, що входять в систему.

Сигнали можуть бути передані через систему CAN за умови, що електронні блоки керування мають послідовний CAN-інтерфейс.

З допомогою шини даних CAN можна значно зменшити кількість проводів, наприклад, замість п'яти при використанні одиночних проводів два двоспрямованих (рис. 11.4). Їх кількість не змінюється в залежності від кількості блоків керування і типів даних. Використання шини даних CAN є найбільш практичним способом передачі великого обсягу даних між кількома блоками керування.



а

Рис. 11.4. Спосіб передачі даних з використанням одиночних проводів (а) та з використанням шини CAN (б)



б

Продовження рис. 11.4

Найчастіше шина CAN – це скручені (звити) пари проводів (по 30 витків на один погонний метр) із розгалужувачами для підключення ЕБК та кінцевими резисторами-термінаторами з номінальним опором 120 Ом на кінцях шини (рис. 11.5)

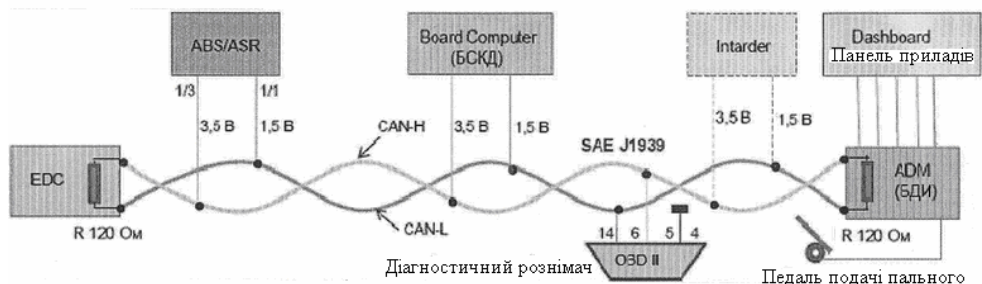


Рис. 11.5. Підключення пристроїв до шини CAN

CAN-шина забезпечує підключення будь-яких пристроїв, які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію (дуплексна система). Власне шина – це звита пара (рис. 11.4, б). Така реалізація шини дала можливість знизити вплив зовнішніх електромагнітних полів, що виникають під час роботи двигуна та інших систем автомобіля. Такою шиною забезпечується достатньо висока швидкість передачі даних.

Завдяки застосуванню даної системи зі складу електричної схеми автомобіля звільнилась певна кількість провідників, які забезпечували зв'язок, наприклад, за протоколом KWP 2000 між контролером системи керування двигуном і штатною сигналізацією, діагностичним обладнанням тощо.

Будь-який вузол мережі CAN надсилає повідомлення по мережі і кожен з вузлів системи вирішує, чи відноситься до нього це повідомлення. Для вирішення цього завдання в CAN є апаратна реалізація фільтрації повідомлень. Контролери CAN з'єднуються з допомогою диференціальної шини, що має дві лінії, з високим CAN-H (Can-High) і низьким CAN-L (Can-Low) рівнями, якими передаються сигнали (рис. 11.6). Високий або низький провідники CAN визначаються мультиметром або осцилографом.

Протокол CAN-шини реалізований у двох версіях: версія А задає 11-бітну ідентифікацію повідомлень (тобто в системі може бути 2048 повідомлень), версія В – 29-бітну (536 млн. повідомлень).



Рис. 11.6. Типова схема шини CAN

Шина даних CAN використовується для об'єднання окремих блоків керування в єдину систему. Чим більше інформації має блок керування про всю систему, тим точніше він може відобразити кожну окрему функцію.

Швидкість передачі даних між блоками керування шиною CAN складає від 100 кбіт/с до 1 Мбіт/с. В залежності від виконання функцій швидкості передачі інформації розділені на три класи (різновиди).

CAN Class C – це шина силового агрегату (двигун-трансмсія) і систем активної безпеки (АБС). Це найшвидший канал зі швидкістю передачі даних 500 кбіт/с-1 Мбіт/с для зв'язку між головними блоками керування (двигун - трансмісія - АБС - системи безпеки). Саме тут особливо важлива швидкість реагування, здатність миттєво обробляти колосальні об'єми інформації.

CAN Class B – служить для зв'язку менш важливих модулів і блоків, що входять до складу систем клімат-контролю (система «Комфорт») або, наприклад, кузовної електроніки (блок керування подушками безпеки, датчиками в дверях автомобіля). В даному випадку швидкість передачі вже не відіграє такої важливої ролі й об'єми даних, що передаються, теж не так важливі, тому по CAN Class B інформація передається зі швидкістю до 100 кбіт/с.

CAN Class A – до нього відносяться найменш значні блоки, і швидкість передачі складає до 10 кбіт/с. У більшості випадків застосування CAN описаних швидкостей цілком вистачає для забезпечення повноцінного функціонування автомобільних електронних систем. Усі абоненти шини своєчасно отримують і обробляють інформацію, що надходить. Вони адекватно взаємодіють один з одним, і тому автовласник не відчуває ніяких незручностей в процесі руху, і що найголовніше, – в аварійній ситуації вчасно спрацьовують подушки безпеки, натягуються ремені безпеки тощо. Тобто всі блоки діють злагоджено, а контролюючі пристрої забезпечують безперебійне функціонування всієї системи в цілому.

Таким чином можна зробити висновок про переваги використання шини даних CAN:

- значно спрощується коло провідників;

- забезпечується висока швидкість обміну даними між блоками керування;
- звільняється додаткове вільне місце завдяки компактності блоків керування і їх розмічів;
- зменшується кількість помилок завдяки безперервній перевірці повідомлень, що передаються, блоками керування;
- для того, щоб додати додаткову інформацію в протокол передачі даних, необхідно лише внести необхідні зміни до програмного забезпечення;
- шина даних CAN є загально визнаним світовим стандартом, що забезпечує можливість обміну даними по шині між блоками керування різних виробників.

На рис. 11.7 показана топологія і форма сигналів CAN-шини легкового автомобіля. Під час передачі інформації якого-небудь з блоків керування сигнали підсилюються прийомо-передавачем (трансивером) до необхідного рівня.

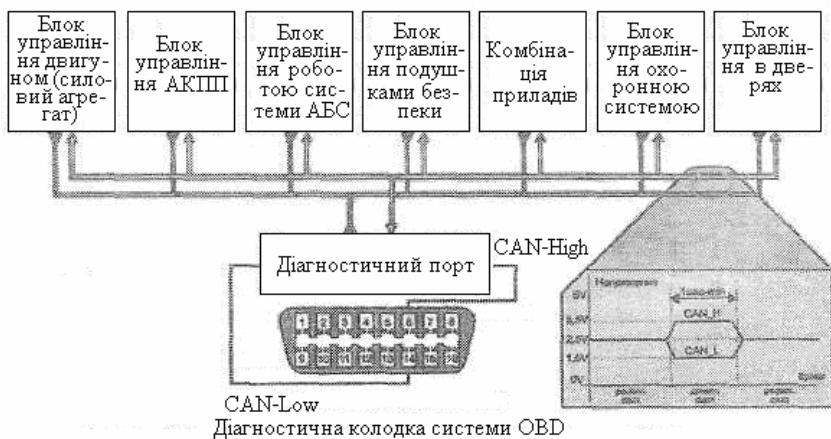


Рис. 11.7. Топологія і форми сигналів CAN-шини

Кожен підключений до CAN-шини блок має певний вхідний опір, в результаті утворюється загальне навантаження шини CAN. Загальний опір навантаження залежить від кількості підключених до шини електронних блоків керування та виконавчих механізмів. Так, наприклад, опір блоків керування, підключених до CAN-шини силового агрегату, в середньому складає 68 Ом, а системи «Комфорт» й інформаційно-командної системи – від 2,0 до 3,5 кОм.

Слід мати на увазі, що при вимкненні живлення відбувається відключення навантажувальних опорів модулів, підключених до CAN-шини.

На рис. 11.8 показаний фрагмент CAN-шин з розподіленням навантаження в лініях CAN-High і CAN-Low. Системи і блоки керування автомобіля мають не тільки різні навантажувальні опори, але й швидкості передачі даних, тому це може перешкоджати обробці різнотипних сигналів. Для розв'язання цієї технічної проблеми використовується перетворювач для зв'язку між шинами. Такий перетворювач прийнято називати міжмережним інтерфейсом. Такий пристрій в автомобілі найчастіше вбудований у конструкцію блока керу-

вання, комбінацію приладів, а також може бути виконаний у вигляді окремого блока. Також інтерфейс використовується для введення і виведення діагностичної інформації, запит якої реалізується по проводу, підключеному до інтерфейсу або до спеціального діагностичного кабелю CAN-шини. У даному разі великим плюсом у проведенні діагностичних робіт є наявність єдиного уніфікованого діагностичного рознімача (колодка OBD). На рис. 11.9 показана блок-схема міжмережного інтерфейсу.

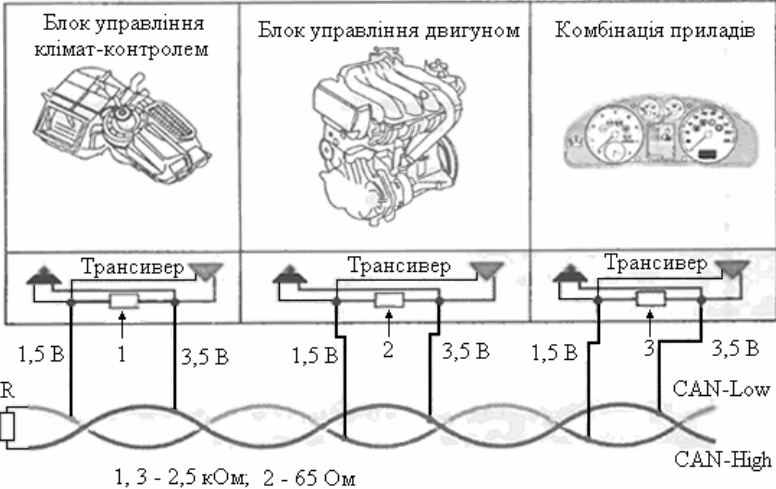


Рис. 11.8. Фрагмент CAN-шини з розподіленням навантаження в проводах CAN-High CAN-Low

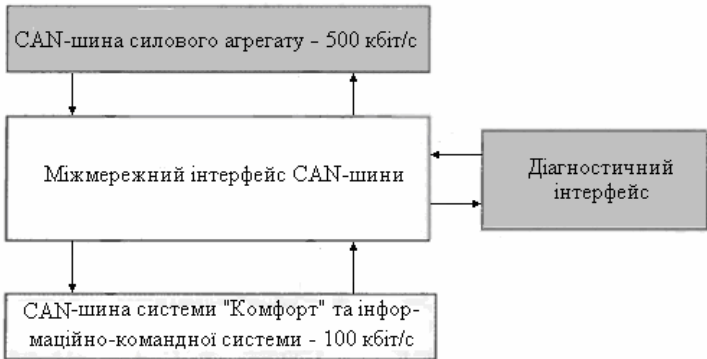


Рис. 11.9. Блок-схема міжмережного інтерфейсу

Слід мати на увазі, що на деяких марках автомобілів, наприклад, на Volkswagen Golf V, CAN-шини системи «Комфорт» та інформаційно-командна система не з'єднані міжмережним інтерфейсом. Далі представлені електронні блоки й елементи, що відносяться до CAN-шин силового агрегату, системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи: CAN-шина силового агрега-

ту, електронний блок керування двигуна, електронний блок керування КПП, блок керування подушками безпеки, електронний блок керування АБС, блок керування електропідсилювача руля, блок керування ПНВТ, центральний монтажний блок, електронний замок запалювання, датчик кута повороту рульового колеса, CAN-шина системи «Комфорт», комбінація приладів, електронні блоки дверей, електронний блок контролю паркувальної системи, блок керування системи «Комфорт», блок керування склоочисників, контроль тиску в шинах, CAN-шина інформаційно-командної системи, комбінація приладів, система звуковідтворення, інформаційна система, навігаційна система.

Наведені елементи і блоки за своїм складом можуть відрізнятися в залежності від марки автомобіля.

11.2.2. Компоненти шини CAN

Шина CAN складається з таких компонентів:

- контролер;
- трансивер;
- два термінали шини даних;
- два проводи шини даних.

Усі вузли шини даних вбудовані у блоки керування, за винятком проводів шини даних. Функції блоків керування порівняно з попередніми моделями не змінилися.

Призначення компонентів системи показано на рис.11.10. Контролер шини CAN отримує дані від мікрокомп'ютера блока керування. Він обробляє їх і передає трансиверу шини CAN. Аналогічно, контролер приймає сигнали від трансивера шини CAN, обробляє їх і передає мікрокомп'ютеру блока керування.

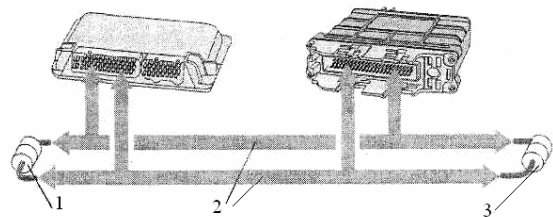


Рис. 11. 10. Компоненти шини даних:
1 – термінал шини даних; 2- провід шини даних; 3 – термінал шини даних

При використанні шини даних приймач не визначається. Інформація передається по шині даних і, як правило, приймається та аналізується усіма компонентами.

Трансивер шини CAN – це приймач і передавач, об'єднані в один пристрій. Він служить для перетворення даних від контролера шини CAN в електричні сигнали і передачі їх по проводам. Аналогічно він також приймає дані та перетворює їх для контролера шини CAN.

Термінал шини даних – це резистор. Він запобігає зворотній передачі даних від кінців проводів шини, що може призвести до фальсифікації подальших даних. Проводи шини даних є двоспрямованими і служать для передачі даних.

Процес передачі даних складається з таких етапів (рис. 11.11 [21]):

- **підготовка даних.** Точкою відправлення повідомлення (даних) завжди

є блок керування. Він передає дані, що підлягають відправленню, власному контролеру шини CAN;

- **передача даних.** Трансивер шини CAN отримує дані від контролера, перетворює їх в електричні сигнали і відправляє далі шиною;

- **отримання даних.** Усі блоки керування, об'єднані через шину даних, після передачі виконують функцію приймача. Якщо двом блокам керування потрібно відправити повідомлення одночасно, першим відправляє повідомлення блок керування з вищим пріоритетом. Наприклад, дані системи АБС мають вищий пріоритет, ніж дані коробки передач;

- **перевірка даних.** Блоки керування перевіряють, чи є отримані дані необхідними для їх функціонування, чи ні;

- **адаптація даних.** Якщо отримані дані важливі, вони піддаються адаптації й обробці, інакше вони ігноруються.

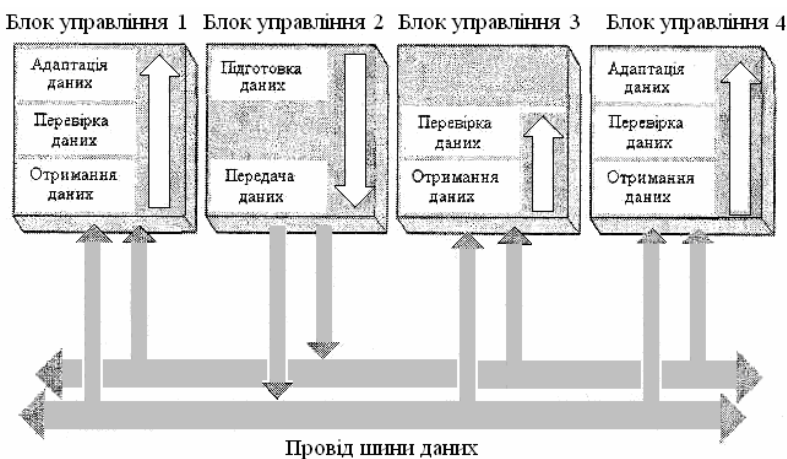


Рис. 11.11. Алгоритм передачі даних

Передача даних у шині CAN виконується за протоколом у вигляді обміну повідомленнями між блоками керування через дуже короткі проміжки часу. Протокол складається з послідовності бітів інформації, що передаються один за одним. Кількість бітів даних у протоколі передачі залежить від розміру поля даних. Структура протоколу передачі даних завжди відповідає стандартним фреймам, які складаються з семи послідовно розташованих полів даних.

Фрейм (англ. frame – кадр, рамка) – це описана стандартом структурована послідовність бітів, що складаються в байти, яка є повідомленням, що абоненти шини приймають або передають.

Для контролю функціонування CAN-шини розроблені сканери, які бувають контактні та безконтактні. Використання безконтактних є пріоритетним, адже вони не впливають на роботу шини, не займають діагностичний рознімач і не руйнують ізоляцію. Вони працюють тільки на зчитування інформації.

На рис. 11.12 показано безконтактний пристрій CANCrocodile, призначений для контролю функціонування CAN-шини. На ньому цифрами позначені: 1 – корпус; 2 – плата; 3 – індикатори; 4 – з'єднувальний кабель; 5 – рознімач живлення і передачі даних.

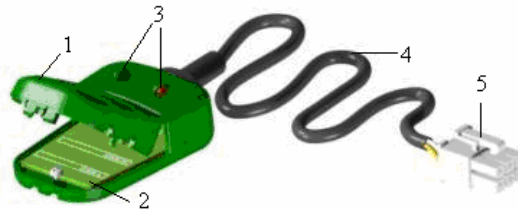


Рис. 11.12. Безконтактний пристрій CANCrodile

У табл. 11.4 наведені технічні характеристики безконтактного пристрою CANCrodile.

Таблиця 11.4

Технічні характеристики безконтактного пристрою CANCrodile

Параметр	Значення
Допустима кількість втрачених повідомлень, %	1
Номінальна швидкість передачі даних, кбіт	250
Вихідний інтерфейс	CAN 2.0 B (ISO 11898)
Напруга живлення, В	12/24
Діапазон напруги живлення, В	10-50
Сила струму, мА	100
Температурний діапазон роботи, °С	-10...+85
Сумісність	SAE J1939, CAN Open, DeviceNet, NMEA 2000

11.2.3. Бортова система CAN керування двигуном

Керування двигуном постійно вдосконалюється. Наприклад, для керування двигуном TDI-CR 2,0 л використовується електронна система керування дизельним двигуном EDC-17 виробництва фірми Bosch. Основна відмінність від системи EDC-16 полягає у збільшенні потужності процесора та збільшенні обсягу пам'яті.

Функціональна схема керування двигуна показана на рис. 11.13.

Приклад обміну даними про функціональний стан автомобіля приведений на рис. 11.14.

Датчики системи поділяються на дві групи: датчики визначення вимог водія і датчики визначення фактичних параметрів руху автомобіля.

Для визначення вимог водія служать:

- датчик кута повороту рульового колеса;
- дані від блока керування двигуна;
- вимикач стоп-сигналу;
- вимикач педалі гальма;
- датчик тиску в гальмівній системі.

Для визначення фактичних параметрів руху автомобіля служать:

- датчики частоти обертання усіх чотирьох коліс;
- датчик визначення поздовжнього і поперечного прискорення;

- датчик швидкості повороту автомобіля;
- датчик фактичного гальмівного тиску.

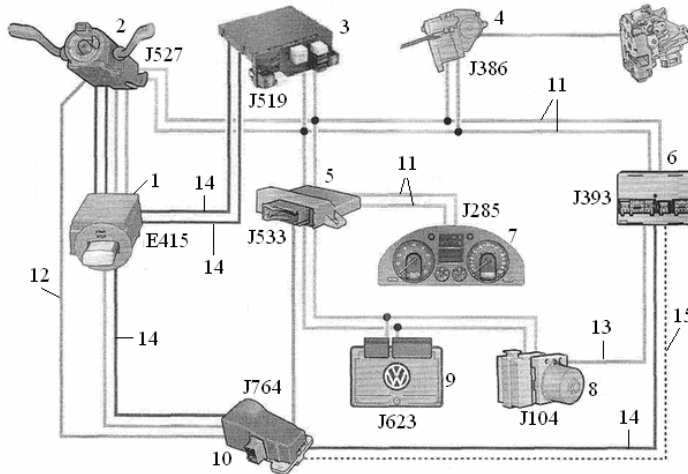


Рис. 11.13. Функціональна схема керування двигуном у системі автомобіля:
 1 – електронний вимикач запалювання і стартера; 2 – блок керування приладами на рульовій колонці; 3 – блок керування бортовою мережею; 4 – блок керування в дверях водія; 5 – діагностичний інтерфейс сполучення шин даних; 6 – центральний блок керування системою «Комфорт»; 7 – блок керування в комбінації приладів; 8 – блок керування системою АБС; 9 – блок керування двигуном; 10 – блок керування блокуванням вала рульового керування; 11 – шина передачі CAN; 12 – вихідний сигнал; 13 – вхідний сигнал; 14 – «плюс»; 15 – послідовна шина

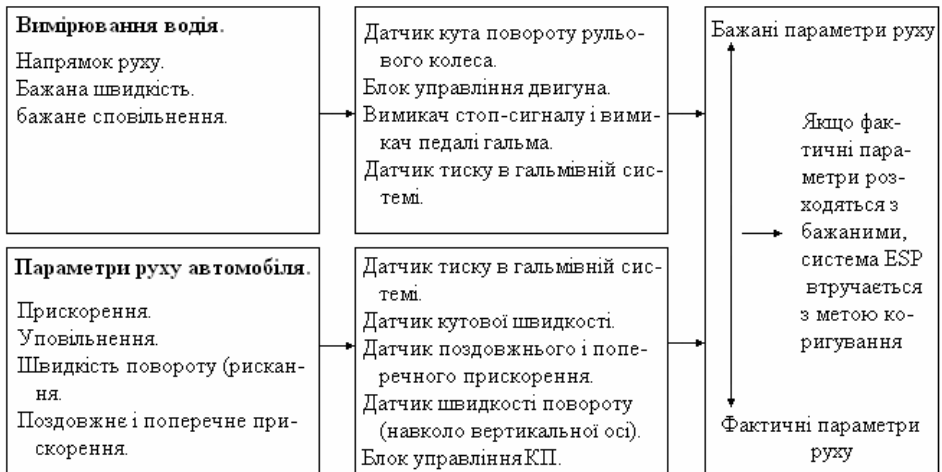


Рис. 11.14. Схема обміну даними про стан автомобіля

Кут повороту рульового колеса система розглядає як напрям руху, який

задає водій; натискання на педаль гальма – як намір знизити швидкість або зупинитися. Датчик тиску в гальмівній системі дає інформацію про бажану інтенсивність гальмування.

З даних, що свідчать про наміри водія, блок керування ABS/ESP вираховує бажані параметри руху, а з даних про фактичний рух – параметри фактичного руху. З порівняння обох наборів параметрів ESP розпізнає виникнення критичних ситуацій і вживає необхідних заходів, щоб їх попередити.

Для коригування з допомогою двигуна на підставі проковзування ведучих коліс і фактичного крутільного моменту вала двигуна ASR вираховує необхідний крутільний момент і це значення передає у блок керування двигуна.

Залежно від виконання керуючих елементів блок керування двигуна має такі можливості (рис. 11.15):

1. Зменшити крутільний момент зміною положення дросельної заслінки.
2. Якщо коригування здійснюється з допомогою системи впорскування – зменшити крутільний момент за рахунок пропуску впорскувань пального.
3. Якщо коригування здійснюється з допомогою системи запалювання – можуть виконуватися пропуски імпульсів запалювання або зміни кута випереження запалювання у бік «пізно».
4. В автомобілях з АКП ASR може додатково передати блоку керування АКП вимогу відмінити перемикання передачі.

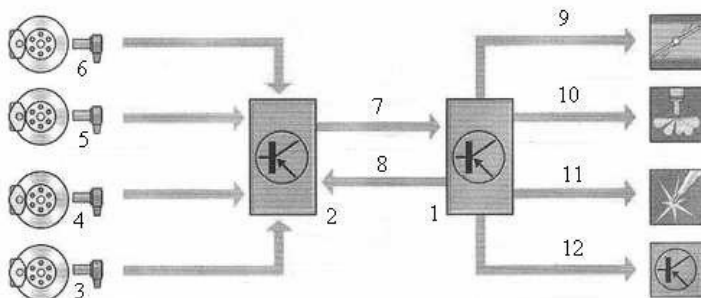


Рис. 11.15. Схема керування крутільним моментом:

1 – блок керування ABS/ASR; 2 – блок керування двигуна; 3 – датчик частоти обертання задній правий; 4 – датчик частоти обертання задній лівий; 5 – датчик частоти обертання передній правий; 6 – датчик частоти обертання передній лівий; 7 – запит потрібного крутільного моменту; 8 – інформація про фактичний крутільний момент; 9 – керування дросельною заслінкою; 10 – керування з допомогою системи впорскування; 11 – керування з допомогою системи запалювання; 12 – керування АКП

Інтерфейси шини CAN. Показані на рис. 11.16 повідомлення пересилаються блоками керування по шині CAN. Загальна кількість можливих повідомлень дуже велика, тому у наведеному на рис. 11.16 переліку вказані лише деякі найважливіші.

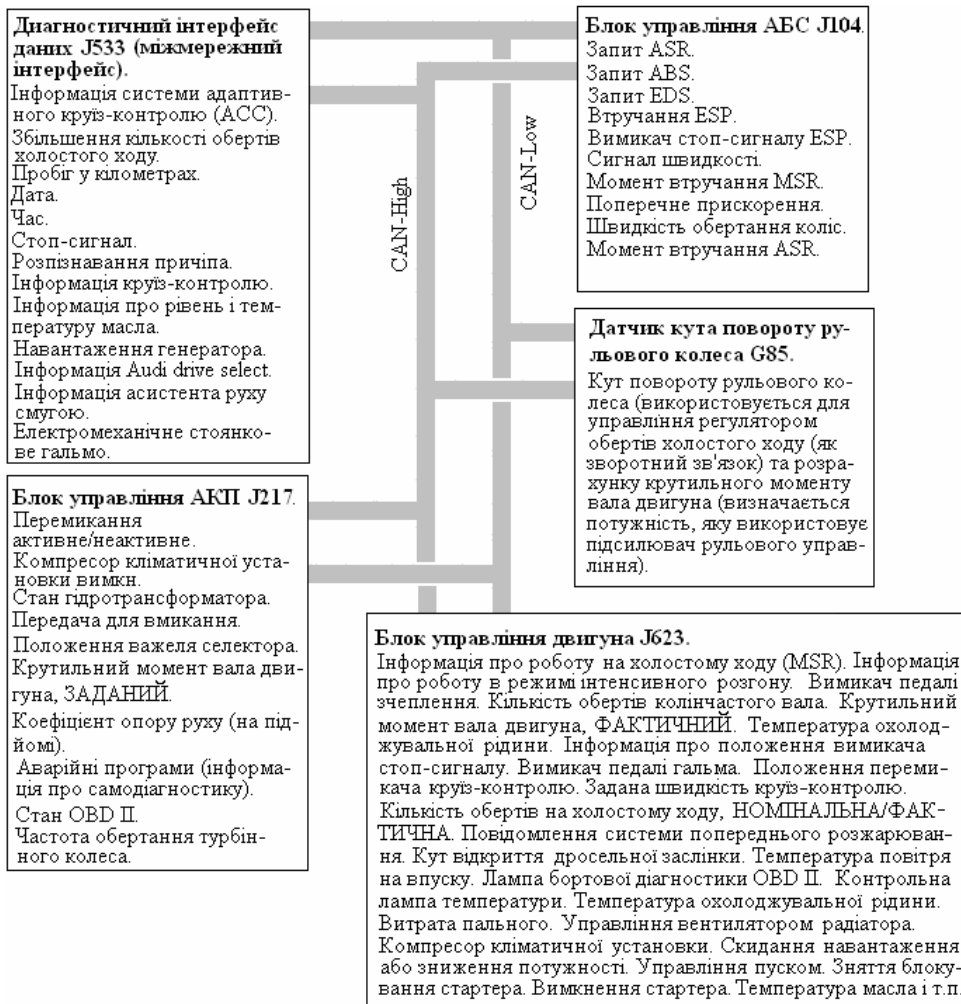


Рис. 11.16. Шина CAN автомобіля Audi

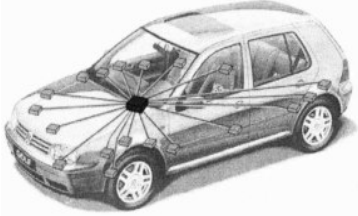
11.2.4. Компонівка бортової системи CAN автомобіля

Автомобілі можуть бути з одним і трьома блоками керування, об'єднаними у мережу через систему шин даних (рис. 11.17, 11.18).

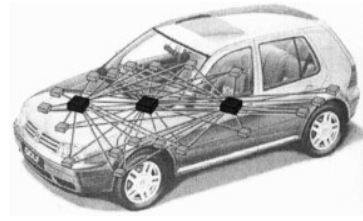
Діагностичний інтерфейс (шлюз) J533 забезпечує обмін даними між шинами:

- CAN силових агрегатів;
- CAN системи «Комфорт»;
- CAN інформаційно-розважальної системи Infotainment;
- CAN комбінації приладів;

- CAN діагностичної системи.



а



б

Рис. 11.17. Автомобілі з одним (а) і трьома (б) блоками керування

До системи шин CAN підключені такі шини нижчого рівня:

- шина LIN;
- CAN електромеханічного стоянкового гальма;
- CAN датчиків;
- CAN адаптивних фар;
- послідовна шина.

На рис. 11.19 представлена схема блоків керування, підключених до мережі шин даних автомобіля. Компоненти системи керування, приведені на рис. 11.19, мають такі назви:

- E221 – модуль керування на рульовому колесі;
- E415 – електронний замок запалювання і стартера;
- G85 – датчик кута повороту рульового колеса;
- G273 – датчик охорони салону;
- G384 – датчик нахилу кузова;
- G397 – датчик дощу та освітленості;
- G419 – блок датчиків системи ESP;
- H12 – звуковий сигнал охоронної сигналізації;
- J104 – блок керування системою АБС;
- J136 – блок керування регулюванням сидіння водія і рульової колонки з функцією запам'ятовування;
- J217 – блок керування автоматичною коробкою передач;
- J234 – блок керування подушками безпеки;
- J255 блок керування системою клімат-контролю;
- J285 – блок керування в комбінації приладів;
- J345 – блок керування приладами причепа;
- J364 – блок керування автономним опалювачем;
- J386 – блок керування приладами у дверях водія;
- J387 – блок керування приладами у дверях переднього пасажира;
- J388 – блок керування приладами у задніх лівих дверях;
- J389 – блок керування приладами у задніх правих дверях;

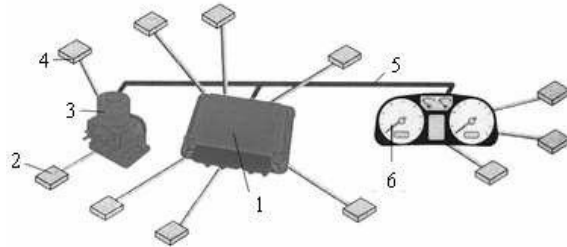


Рис. 11.18. Система CAN з трьома блоками керування:

1 – блок керування двигуна; 2 – виконавчий пристрій; 3 – блок керування АБС; 4 – датчик; 5 – шина даних CAN; 6 – комбінація приладів

- J393 – центральний блок керування системою «Комфорт»;
- J400 – блок керування склоочисником;

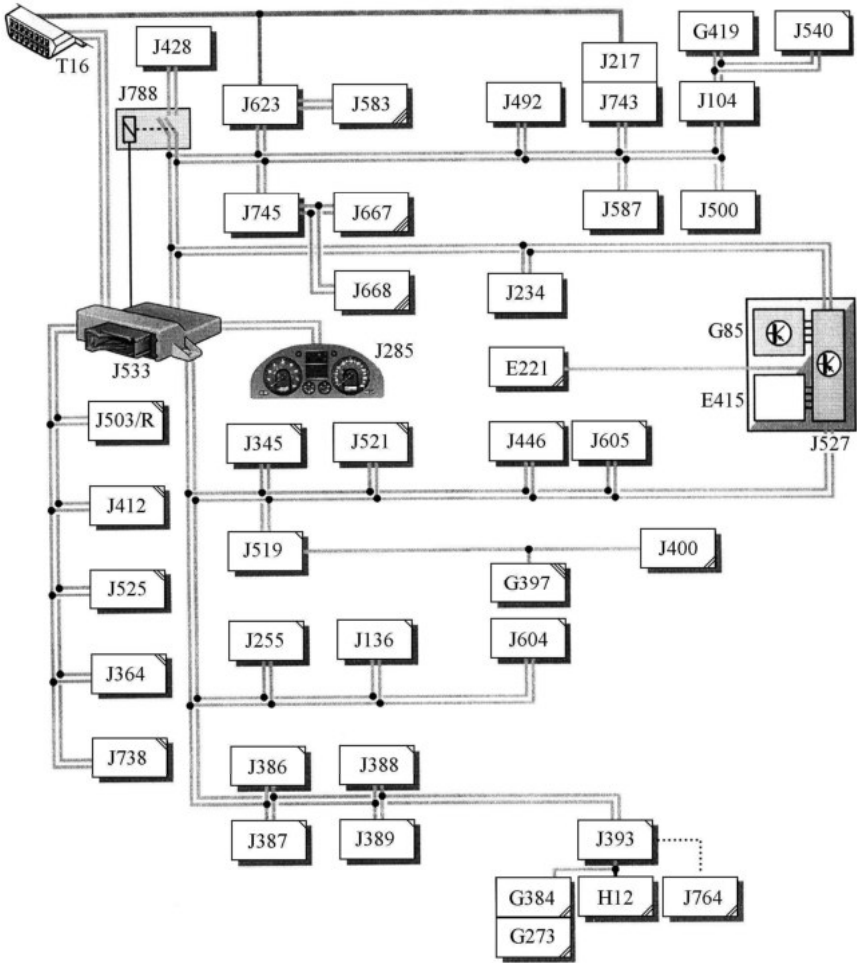
















Рис. 11.19. Блоки керування, підключені до мережі шин даних на прикладі автомобіля Passat:

	Шина CAN силових агрегатів		Шина CAN комбінації приладів
	Шина CAN системи «Комфорт»		Шина CAN діагностичної системи
	Шина CAN інформаційно-розважальної системи Infatainment		Провід шини CAN
	Шина CAN адаптивних фар		Провід «К»
	Шина CAN електромеханічного стоянкового гальма		Провід шини LIN
	Шина LIN		Провід послідовної шини
	Шина CAN датчиків		

- J412 – блок керування електронікою обслуговування мобільного телефону;
- J428 – блок керування системою регулювання дистанції;
- J446 – блок керування паркувальним пристроєм;
- J492 – блок керування трансмісією повнопривідного автомобіля;
- J500 – блок керування підсилювачем руля;
- J503 – блок керування з дисплеєм для радіосистеми та навігаційної системи;
- J519 – блок керування бортовою мережею;
- J521 – блок керування регулюваннями сидіння переднього пасажира з функцією запам'ятовування;
- J525 – блок керування системою цифрової обробки звуку;
- J527 – блок керування електронними приладами на рульовій колонці;
- J533 – діагностичний інтерфейс сполучення шин даних;
- J540 – блок керування електромеханічним стоянковим гальмом;
- J583 – блок керування датчиком NO_x;
- J587 – блок керування датчиками селектора коробки передач;
- J604 – блок керування додатковим повітряним опалювачем;
- J605 – блок керування кришкою багажника;
- J623 – блок керування двигуном;
- J667 – модуль керування лівою фарею;
- J668 – модуль керування правою фарею;
- J738 – блок керування системою обслуговування телефону;
- J743 – модуль Mechatronic коробки передач DSG;
- J745 – блок керування адаптивними фарами та їх коректором;
- J764 – блок керування електроблокуванням вала рульового керування;
- J788 – роздільне реле у колі шини CAN силових агрегатів;
- R – радіосистема;
- T16 – 16-контактний штекерний рознімач (діагностична колодка).

Через вібрації автомобіля причинами несправностей можуть бути, перш за все, пошкодження ізоляції, обрив проводів або порушення контактів у рознімачах. Цим несправностям присвоєні коди згідно з таблицею ISO (табл. 11.5). У цій таблиці приведені можливі несправності шини CAN.

Таблиця 11.5

Таблиця несправностей шини CAN за стандартом ISO

ISO	CAN-High	CAN-Low
1		Обрив
2	Обрив	
3		Замикання на «плюс»
4	Замикання на «масу»	
5		Замикання на «масу»
6	Замикання на «плюс»	
7	Замикання на провід Low	Замикання на провід High
8	Відсутність R _{term}	Відсутність R _{term}

Діагностика несправностей CAN-шини виконується з допомогою спеціалізованої діагностичної апаратури (аналізatori CAN-шини), осцилографа (у тому числі, із вбудованим аналізатором шини CAN) і цифрового мультиметра. Як правило, роботи з перевірки функціонування CAN-шини починають з вимірювання опору між проводами шини. Необхідно мати на увазі, що CAN-шини системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи, на відміну від шини силового агрегату, постійно знаходяться під напругою, тому для їх перевірки слід відключити одну з клем акумуляторної батареї. Основні несправності CAN-шини, в основному, пов'язані із замиканням/обривом ліній (або навантажувальних резисторів на них), зниженням рівня сигналів на шині, порушеннями логіки її роботи. В останньому випадку пошук несправності може забезпечити тільки аналізатор CAN-шини.

Пошук несправностей завжди починається з проведення діагностики з допомогою апаратури VAS 5051 або VAS 5052, яка замінює прилади VAG 5051 і VAG 5052. При цьому не слід очікувати повідомлення про несправності шини, тому що несправності блоків керування можуть проявлятися таким же чином, як несправності шини. У таких випадках слід звернути увагу на повідомлення про несправності, що збережені у пам'яті міжмережного інтерфейсу. Перевірку шини CAN силового агрегату можна почати з вимірювання опору між її проводами з допомогою омметра. Для проведення відповідної перевірки шини CAN системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи потрібен осцилограф DSO, що входить у комплект апаратури VAS 5051. Підключивши систему VAS 5051 до міжмережного інтерфейсу, слід вивести повідомлення про несправності через її головне меню (для цього викликати функцію 19 – інтерфейс). Через меню інтерфейсу можна викликати блоки даних вимірювань. Кожного разу слід задавати номер потрібного блока вимірювань.

11.3. Бортові системи діагностування автомобіля

11.3.1. Класифікація вбудованих засобів самоконтролю технічного стану автомобіля

Сучасні автомобілі мають вбудовані бортові системи діагностування майже всіх технічних систем, адаптоване керування робочими процесами, розпізнавання і коригування складу горючої суміші, регулювання витрати пального. Високий технічний рівень виробництва автомобілів дає можливість підвищити ресурс, технічну й екологічну надійність, змінити періодичність ТО порівняно з традиційними конструкціями.

Сучасні бортові системи діагностування – це включені в конструкцію автомобіля датчики, пристрої вимірювання, мікропроцесори та пристрої відображення діагностичної інформації. Класифікація вбудованих систем діагностування приведена на рис. 11.20.

Системи бортового діагностування дають можливість оцінювати технічний стан складальних одиниць або систем при щоденному обслуговуванні або безперервно в процесі роботи. Постійно контрольовані параметри бортової системи діагностування дають можливість виявляти відмови та несправності, які

спричиняють аварійну ситуацію, значні втрати через прості машини або прискореного зношування вартісного обладнання. До безперервно контролюваних параметрів належать: рівні та температура робочих рідин, тиск у системах змащування і гальм, зарядженість акумуляторних батарей тощо. У разі наявності бортових систем діагностування інформація про технічний стан системи та складальних одиниць надходить до водія і диспетчера через цифрові покажчики, звукові або світлові сигнали для надання рекомендацій щодо режимів роботи та технічного обслуговування. В окремих випадках доцільно за командою датчика здійснювати автоматичну зупинку автомобіля або інші дії з метою недопущення аварійного стану або викиду робочої рідини, що знаходиться під тиском.

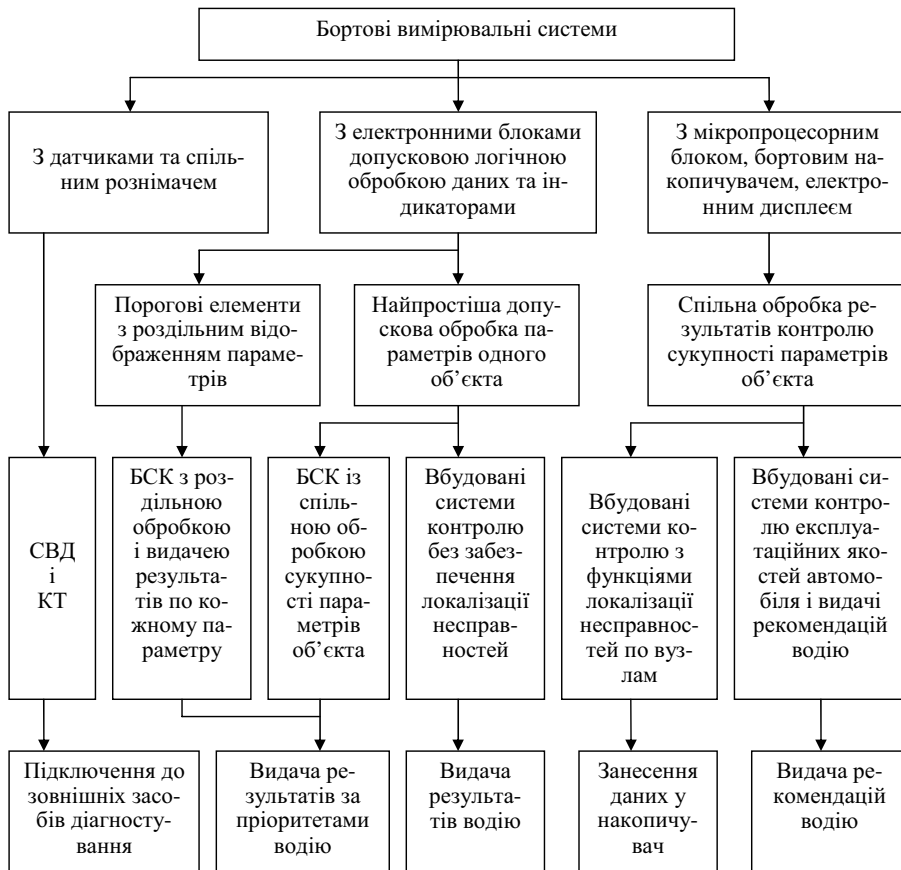


Рис. 11.20. Класифікація вбудованих засобів діагностування

Можливості самодіагностики технічних систем дають можливість оптимізувати робочі процеси, передбачаючи:

- ідентифікацію системи і ЕБК;
- розпізнавання, зберігання та зчитування інформації про статичні й оди-

ничні порушення роботи;

- зчитування поточних реальних даних, що включають умови довкілля та специфікації;

- моделювання функцій системи;

- програмування параметрів системи.

Окремі програми для тестувального блока зберігаються у підключених модулях, тоді як коригування і передача даних у системі здійснюються з допомогою інтерфейсу даних.

Самодіагностика автомобілів характеризується виконанням кількох вимог:

1. Контроль за роботою складних систем і вузлів. Конструкція автомобілів, що все більше ускладнюється, робить можливості самодіагностики достатньо важливими для виявлення й усунення несправностей. Метою є інтегрування всієї системи у процес діагностування.

2. Захист вузлів і деталей, які наражаються на особливий ризик у разі появи несправностей. Як приклад можна навести захист каталітичного нейтралізатора, що реагує на пропуски запалювання. Система реагує на певну частоту появи пропусків запалювання, відключаючи подачу пального у несправний циліндр, щоб запобігти перегріванню нейтралізатора.

3. Робота в аварійній ситуації згідно з величинами, прийнятими «за замовчуванням». Наприклад, у разі виходу з ладу датчика навантаження (який визначає масову витрату повітря) генерується сигнал його заміни, що базується на значеннях частоти обертання колінчастого вала і положення дросельної заслінки.

4. Інформування водія про несправності системи діагностики з допомогою індикаторних ламп, дисплеїв або акустичних пристроїв попередження.

5. Зберігання точної інформації. Система зберігає в пам'яті ЕБК попереджувальну інформацію і дані про окремі несправності. Також у запам'ятовувальному пристрої зберігаються дані про умови роботи технічних систем автомобіля на момент виявлення несправності.

6. Доступ до збережених даних про несправності. Дані, що зберігаються у пам'яті системи самодіагностики під час роботи автомобіля, можуть бути передані на діагностичний стенд з дисплеєм через послідовно підключений багатоканальний вхід (порт).

7. Індикація даних про несправності у формі миготливого коду на панелі приладів. Це допомагає обслуговуючому персоналу пришвидшити діагностику шляхом звуження поля можливих джерел несправностей.

Інформаційно-допоміжні системи дають можливість провадити навчання методам економічного і безпечного руху, атестацію режимів руху на маршрутах і визначати маршрутні нормативи часу руху, витрату пального, затрат на ТО і ремонт.

Доцільність використання конкретних засобів діагностування визначається із застосуванням економіко-імовірнісного методу, який враховує вартість діагностичних засобів самого технологічного процесу, а також вплив діагностування на безвідмовність, довговічність автомобіля та періодичність його ТО.

Змістовно завдання побудови полягає в тому, щоб знайти (вирахувати, вибрати, призначити) таку сукупність і, можливо, послідовність вхідних впливів, при подачі яких на об'єкт діагностування, отримані у заданих контрольних точках відповіді об'єкта дають можливість зробити висновок про його технічний стан.

На сьогодні провідні автомобілебудівні фірми застосовують на легкових автомобілях від великого до малого класів розгалужені мікропроцесорні бортові системи контролю (БСК) для допускового контролю 15-20 і більше параметрів. На додаток до функцій перших впроваджених БСК ці системи забезпечують контроль стану зчеплення, амортизаторів, акумуляторної батареї, системи запалювання, компресії по циліндрам та ін. (рис. 11.21).

Для поелементної перевірки, визначення характеру несправностей та пошуку елементів, що відмовили, найскладніші мікропроцесорні системи керування оснащують спеціальним «діагностичним рознімачем» і підключають до них вторинні переносні тестери. Прикладом може бути діагностичне забезпечення розроблених фірмою WABCO антиблокувальних мікропроцесорних гальмівних систем, які мають у своєму складі «діагностичний рознімач»: найпростіші вбудовані елементи самоконтролю і вторинні переносні тестери для перевірки пневмоапаратів та електронних блоків антиблокувальних систем.

У блоці пам'яті вбудованих систем діагностування зберігається інформація для механіка-діагноста, команди автоматичним регуляторам щодо обмеження швидкості руху, частоти обертання колінчастого вала двигуна, дані для своєчасної постановки автомобіля на ПР і ТО, заміни конкретних вузлів та агрегатів, що разом зі стаціонарними комплексами АСУ визначає остаточний ресурс.

Одним з показників діагностування, які повинні бути забезпечені технічними засобами діагностування (ТЗД), є глибина пошуку несправності. Чим нижчий рівень структурної одиниці, тим складніший алгоритм пошуку в ній несправності і тим вища вартість ТЗД. У той же час, чим нижчий рівень структурної одиниці, тим нижча вартість запасних елементів. У зв'язку з цим при завданні глибини пошуку несправності необхідно забезпечити мінімальні витрати на створення ТЗД і на запасні елементи.

На сьогодні можливості ранньої діагностики несправностей автомобіля, що тільки зароджуються, суттєво підвищились. Застосування сучасного персонального комп'ютера за наявності відповідного програмного забезпечення практично знімає обмеження на можливості аналізу сигналів.

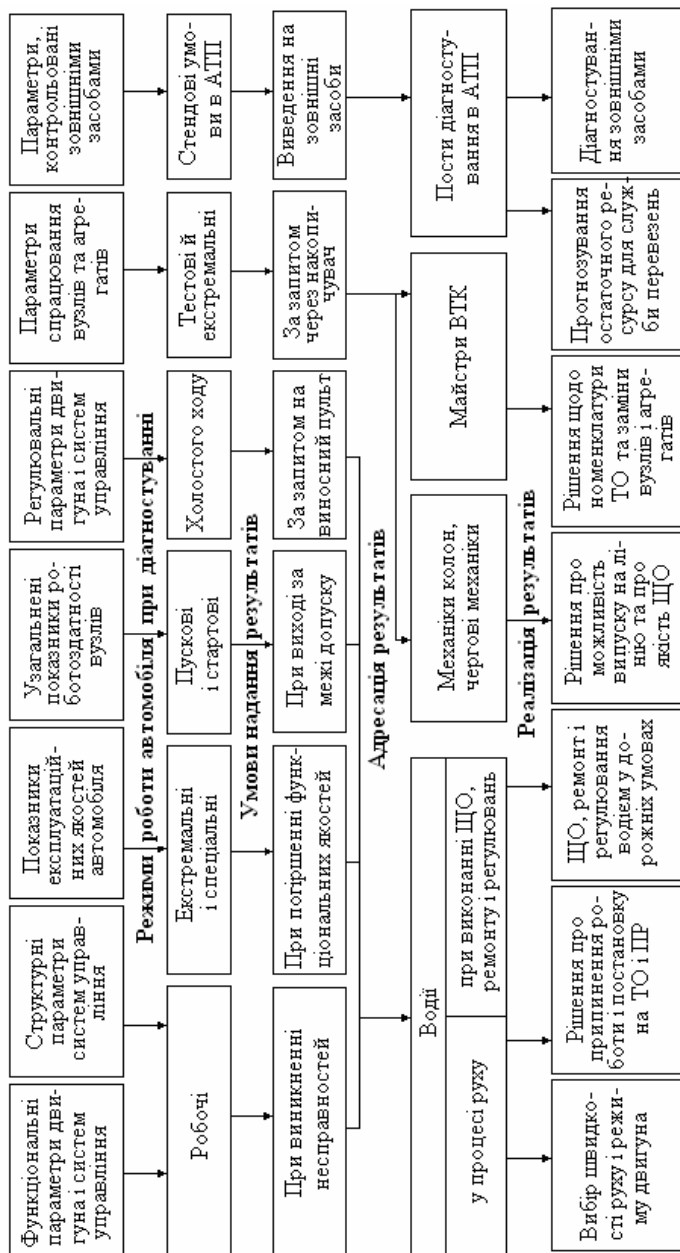


Рис. 11.21. Можливості та сфера контролю технічного стану вбудованими засобами

11.3.2. Можливості бортової системи самодіагностики

Найпростішим і найбільш розповсюдженим методом діагностування системи керування двигуном є діагностування з використанням вбудованої бортової системи самодіагностики. Такий варіант діагностування полягає в: кожний блок керування системами транспортного засобу має вбудований алгоритм самодіагностики датчиків, виконавчих елементів і кіл електропроводки; у системах, пов'язаних з екологічними обмеженнями та в аварійних системах (подушки безпеки) можуть бути використані багаторівневі алгоритми діагностування компонентів. Блок керування слідкує за виходом з ладу електричних блоків і передає результати в пам'ять несправностей. Інформація про результати самодіагностування зберігається у спеціально зарезервованих комірках пам'яті блока керування, звідки вона може бути виведена на діагностичний рознімач. Зчитування інформації з діагностичного рознімача може здійснюватися з допомогою діагностичного сканера або тестера. Сучасні універсальні діагностичні сканери дають можливість здійснювати до шести рівнів діагностування:

- рівень ідентифікації системи керування;
- зчитування з пам'яті кодів несправностей;
- зчитування фактичних параметрів (потоків даних);
- керування виконавчими механізмами;
- проведення узгодження, адаптації та навчання окремих компонентів або підсистем;
- зчитування результатів спеціальних екологічних тестів, які проводить система самодіагностики під час руху транспортного засобу.

Діагностування з допомогою системи самодіагностики не дає достатньої кількості інформації для достовірної постановки діагнозу. В алгоритмі роботи сучасної бортової системи самодіагностування можна виділяти кілька рівнів функціонування.

Перший рівень – перевірка сигналів датчиків, установлених в системі. Перевіряється версія: чи не виходить сигнал датчика за межі допускового діапазону.

Другий рівень перевірок – порівняльний. Оцінюється ймовірність того, що датчик, який перевіряється, дійсно може мати такий рівень сигналу саме на даному режимі, тобто по відношенню до сигналів з інших датчиків.

Третій рівень перевірки – оцінюється динамічна зміна сигналу за часом.

Четвертий рівень перевірки полягає в наступному. Якщо бортова система керування поставила діагноз про справність датчика, то з його допомогою оцінюється динаміка самого процесу, що відбувається в системі. Наприклад, за сигналом датчика масової витрати повітря оцінюється правильність функціонування системи рециркуляції відпрацьованих газів.

Інформація, яку бортова система самодіагностики передає на діагностичний рознімач, містить:

- коди наявних несправностей;
- фактичні дані процесів, якими керують;
- показання різних датчиків у вигляді напруги та у вигляді приведених фізичних величин;
- результати проведеного тестування підсистем системи керування.

Постановка діагнозу здійснюється за таким алгоритмом: зчитування області пам'яті несправностей; якщо несправності є в наявності, то здійснюється перевірка параметрів системи, пов'язаних з елементом, який спричинив помилку.

Параметри, відображені діагностичним сканером, порівнюються з еталонними значеннями для даного режиму. У разі виходу значення параметра за межі допуску робиться висновок про можливу причину несправності на основі технічної документації. Якщо ж елементом, який перевіряється, є не датчик, а виконавчий елемент чи підсистема в цілому, то за командами діагностичного сканера елемент (підсистема), що тестується, вводиться в тестовий режим. Справність підсистеми оцінюється за задоволенням граничних умов, як керуючого сигналу, що задається, так і реакції системи на цей керуючий сигнал. Відгук на керуючий вплив сприймається як зміна сигналів датчиків, установлених у підсистемі, яку тестують.

Якщо оцінювати метод «самодіагностики» з точки зору часових затрат, то він є «найшвидшим». Витрати часу, потрібного на проведення тестового діагностування, можна поділити на такі операції:

- підключення діагностичного сканера до діагностичного рознімача;
- ідентифікація блока керування й установка зв'язку;
- зчитування кодів несправностей;
- постановка попереднього діагнозу на основі рекомендацій експертної системи за зчитаними помилками;
- зчитування параметрів, які відображає система самодіагностики, й порівняння їх з допустимими за технічною документацією;
- проведення тестів виконавчих механізмів (у разі необхідності);
- постановка остаточного діагнозу й відключення діагностичного сканера.

11.3.3. Системи самоконтролю електронних систем двигуна

Домінуюча роль, яку відіграють електронні системи у двигуні, змушує приділяти підвищену увагу проблемам, пов'язаним з їх обслуговуванням. Крім цього, через те, що основні функції двигуна стають все більше залежними від електронних систем, ці системи повинні задовольняти достатньо жорстким вимогам щодо надійності.

Вирішення цих проблем полягає у включення функцій самоконтролю в електронну систему. Наприклад, ЕБК здійснює самоперевірку свого функціонування наступним способом: програмовані чіпи пам'яті зберігають тестові комбінації, які можуть відновлюватися і використовуватися з метою порівняння. Для запам'ятовуючих пристроїв застосовується порівняння з підсумковими даними випробувань для гарантії того, що всі дані й програми зберігаються в цих пристроях так, як потрібно (рис. 11.22).

Датчики випробовуються на точність отриманих від них даних (в установлених межах); так само перевіряються розімкнуті та замкнуті кола. Кінцеві елементи керування можуть бути випробувані під час їх роботи з використанням граничних значень струму.

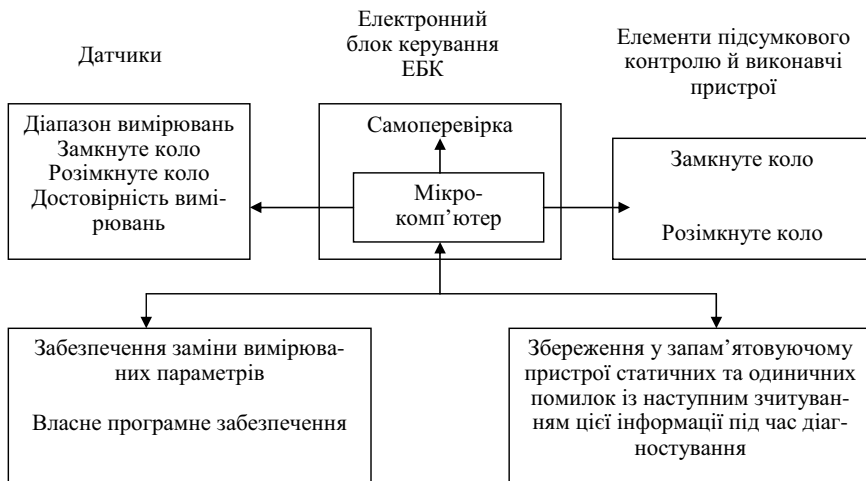


Рис. 11.22. Структура самоконтролю електронних систем

Зовнішні випробувальні пристрої використовують інтерфейси, регламентовані стандартом ISO 9141. Послідовний багаторядний вхід-вихід (порт) забезпечують підтримку швидкості передачі інформації в діапазоні значень від 10 Бод до 10 кБод (Бод – одиниця швидкості передачі інформації, дорівнює кількості елементарних електричних сигналів, переданих лінією зв'язку за одну секунду). При цьому використовується одно- або двопровідний порт, що дає можливість приєднувати до центрального діагностичного рознімача відразу кілька блоків керування.

У випробувальному блоці здійснюється контроль періоду між подачами імпульсів з метою визначення швидкості передачі інформації (в Бодах) передавачем, яка підтримується автоматично. Байти кодів визначають протокол для наступної передачі даних.

Можливості самоконтролю передбачають:

- ідентифікацію системи й ЕБК;
- розпізнавання, зберігання та зчитування інформації про статичні та спорадичні порушення роботи;
- зчитування поточних реальних даних, що охоплюють умови довкілля та специфікації;
- моделювання функцій системи;
- програмування параметрів системи.

Окремі програми для випробувального блока зберігаються в модулях, в той час як коригування і передача даних у системі здійснюється з допомогою інтерфейсу даних.

На рис. 11.23 наведено периферійне і функціональне обладнання для діагностування електронних систем ав-

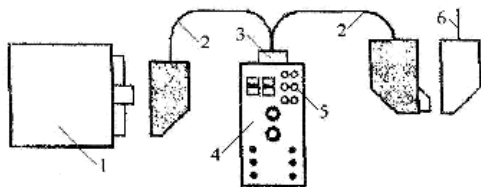


Рис. 11.23. Периферійне та функціональне обладнання, що використовується при діагностуванні

томобілів.

На рис. 11.23 цифрами позначені: 1 – ЕБК; 2 – кабель для приєднання адаптера; 3 – рознімач; 4 – універсальний випробувальний адаптер; 5 – рознімач для приєднання випробувального обладнання; 6 – з'єднувальні проводи.

Приєднання випробувального обладнання відбувається шляхом введення універсальних адаптерів між елементами штепсельного рознімача у місці з'єднання периферійного пристрою з ЕБК. Якщо необхідно провести випробування лише периферійного пристрою (датчика, виконавчого пристрою), то достатньо приєднати тестер до штепсельного рознімача цього пристрою. Окрема електронна система потребує використання лише одного замінюваного кабелю, з'єданого з адаптером системи. Програма реалізується через універсальний випробувальний адаптер, потім використовується для отримання логічної послідовності випробувань.

Після приєднання до системи випробувальний прилад забезпечує показ вимірних параметрів і видає сигнали, які відповідають імпульсам запалювання і впорскування пального. Коли ЕБК залишається підключеним до системи для виконання експлуатаційних випробувань, спеціальні коди можуть бути використані для введення різних параметрів, які імітують умови реальної експлуатації, а також для оцінювання точності роботи випробувального приладу.

До випробувальних програм діагностування двигунів з комп'ютерним керуванням, що застосовуються на СТО, належать:

- порівняння показників потужності двигуна при замиканні на масу кола запалювання кожного циліндра або при аналізі узгодження в їх роботі з різною частотою обертання колінчастого вала (для машин з переривачем-розподільником);

- визначення характеру розподілення робочої суміші (за складом) по циліндрах шляхом вимірювання вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах від кожного з циліндрів (під час тесту послідовного вимкнення іскри);

- порівняння значень компресії в циліндрах на основі струму стартера;

- аналіз напруги у первинному і вторинному колах системи запалювання.

Випробування електронних систем двигунів виконуються з використанням випробувального обладнання, спеціально створеного для застосування у бортових системах діагностики двигуна.

11.3. 4. Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю

Відображення даних з пам'яті несправностей можливе двома способами. На панелі приладів є контрольна лампа «Check Engine». Якщо блок керування розпізнав і врахував несправність, контрольна лампа «Check Engine» починає світитися. Якщо з увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики, лампа «Check Engine» і лампа клавіші діагностики видають світловий код, який можна розшифрувати з допомогою табл. 11.6 [59]. Щоб зітерти код несправності, слід перед увімкненням вимикача стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики і тримати її натиснутою протягом 3 с. При стиранні пам'яті несправностей стираються усі

дані, необхідні для вирівнювання роботи двигуна по циліндрам. Тому перші 5 хвилин після нового запуску двигуна ці дані знову розраховуються.

Таблиця 11.6

**Коди несправностей та інформаційні коди
для двигуна Volvo D12A**

Коди несправностей	
Код	Несправна конструктивна група
11	Датчик положення педалі подачі пального
12	Контакти холостого ходу
13	Датчик швидкості руху автомобіля
14	Реле живлення блока керування
21	Блок керування
22	Програмування блока керування
23	Датчик температури охолоджувальної рідини
24	Датчик температури наддувного повітря
25	Датчик тиску наддування повітря
26	Датчик кута повороту розподільного вала
27	Датчик ВМТ
31	Насос-форсунка циліндра 1
32	Насос-форсунка циліндра 2
33	Насос-форсунка циліндра 3
34	Насос-форсунка циліндра 4
35	Насос-форсунка циліндра 5
36	Насос-форсунка циліндра 6
Інформаційні коди	
41	Не проведено випробування гальм або є несправність вимикача педалі гальма
42	Горить сигнал готовності гальм
43	Горить сигнал вимикача педалі гальма
44	Увімкнений вимикач холостого ходу
45	Увімкнений вимикач педалі привода зчеплення
46	Задіяне стоянкове гальмо
47	Надходить сигнал небезпеки відмови
51	Темпомат увімкнений
52	Темпомат у положенні SET
53	Темпомат у положенні RESUME
61	Надходить сигнал АБС моторного гальма
62	Надходять дані від електронної системи керування коробкою передач
63	Блок керування у стані програмування

Коди несправностей від 41 до 63 є інформаційними, з допомогою яких можуть перевірятися функції увімкнення виконавчих механізмів і наявність сигналів, що надходять від них. Цей найпростіший спосіб зчитування кодів несправностей повсюди використовується для вантажних автомобілів з тим, щоб водій відразу міг інформувати спеціалістів на станції технічного обслуговування про неполадки.

Дані пам'яті несправностей можуть також бути зчитані у незашифрованому вигляді з допомогою тестера фірми Volvo. Тестер, основним елементом якого є ноутбук, дає можливість користувачеві у разі відомих кодів несправно-

стей отримати інформацію про подальші дії щодо виявлення несправностей. Такими діями можуть бути, наприклад, відображення таблиці даних, виміряні сила струму або напруга з допомогою мультиметра чи осцилографа, вимірювання компресії та рівномірності роботи двигуна по циліндрам.

11.4. Системи дистанційної діагностики автомобілів

11.4.1. Бортові системи навігації, мобільного зв'язку та контролю технічного стану автомобіля

Бортові системи дистанційного діагностування автомобіля знаходяться у стадії розвитку. На сучасних автомобілях знаходять широке застосування бортові конвектори діагностичного рознімача, сканери комунікатори (трекери), пристрої передачі даних, отриманих на борту, гаджети-адаптери, навігатори та широкий спектр пристроїв аналізу інформації.

Радіозв'язок, телефон, системи радіонавігації поступово стали стандартним оснащенням сучасного автомобіля. Розвиток супутникових інформаційних систем навігації (GPS/GPRS) та мобільного зв'язку надав можливість не тільки контролювати географічне положення автомобіля та здійснювати зв'язок з диспетчерським центром транспортного підприємства, але й, у тому числі, передавати поточну і накопичену діагностичну інформацію про автомобіль, заносючи її в базу даних конкретного автомобіля. Розроблена на основі сучасних ІТ-технологій бортова система контролю і діагностики (БСКД) автомобілів є високоефективною і повністю адаптивною системою, яка дає можливість в умовах експлуатації вести повний контроль над автомобілем у процесі його роботи за призначення і здійснювати діагностування його електронних систем керування.

Застосування на автомобілях складних високоефективних електронних систем керування викликало необхідність створення нового діагностичного обладнання зі значним обсягом сервісної інформації. Враховуючи значну різноманітність як моделей автомобілів, так і електронних систем керування ними різних виробників, створення діагностичного обладнання потребувало уніфікації його з допомогою прийняття міжнародних стандартів. До таких стандартів належить міжнародний стандарт ISO 9141, який визначає протоколи обміну інформацією через послідовний інтерфейс між електронними блоками керування та діагностичними тестерами або сканерами. Одним зі спеціальних діагностичних пристроїв, що встановлюються на автомобілі, є БСКД, яка забезпечує доступ до бортового діагностичного програмного забезпечення.

Бортова система контролю і діагностики призначена для забезпечення діагностування бортових електронних систем автомобіля по інтерфейсу ISO 9141 безпосередньо на автомобілі, контролю осьового навантаження і режимів роботи автомобіля, відліку поточного часу і, відповідно, відображення контрольованих параметрів і поточного часу на рідкокристалічному моніторі блока контролю, установленого на панелі приладів.

БСКД – це фактично вбудований у панель приладів автомобіля бортовий комп'ютер з функціями контролю режимів роботи, витрати пального та діаг-

ностування електронних систем (EDC двигуна, ABS/ASR, EGAS), установлених на автомобілі, різних виробників.

Сучасна БСКД автомобіля включає в себе такі компоненти:

- блок БСКД, установлений на додатковій панелі щитка приладів у кабіні автомобіля;

- кабель з'єднання блока з діагностичним рознімачем;

- діагностичний рознімач у кабіні;

- кабель RS-232 з'єднання рознімача із сервісним адаптером;

- сервісний адаптер;

- кабель USB з'єднання адаптера з персональним комп'ютером;

- персональний комп'ютер (ноутбук з доступом до Інтернету);

- модем 3G безпроводного зв'язку передачі сигналів бортових звітів на точки доступу;

- точки доступу Bluetooth/GSM-GPRS/SMS;

- накопичення бортових звітів у базі даних і передача оперативної інформації через WEB-сайт на комп'ютер користувачу або диспетчеру транспортного підприємства.

БСКД дає можливість у режимі реального часу або періодичного зчитування накопиченої у базі даних інформації, вести постійний моніторинг картографічного положення автомобіля в процесі його руху маршрутом, оцінювати його технічний стан за певними параметрами електронних блоків керування механізмами і системами автомобіля.

Принцип роботи БСКД автомобіля полягає у реєстрації події в координатах часу та накопиченні даних в енергонезалежній пам'яті. Зчитування даних з БСКД виконується в режимах on-line або off-line (після рейсу) раз на місяць або під час проведення чергового ТО на розсуд споживача. Для зчитування даних використовується програмне забезпечення із сервісного комплект та комп'ютер типу Notebook, що підключається через сервісний комплект до штатного діагностичного рознімача автомобіля. При включення електроживлення дані автоматично зчитуються з пам'яті БСКД і у зашифрованому вигляді передаються на сервер віддаленої точки доступу. Якщо комп'ютер не має доступу до Інтернету, дані у зашифрованому вигляді зберігаються у спеціальній «теці», а при виході в Інтернет автоматично передаються на сервер віддаленої точки доступу. Споживач, який має ліцензію (право доступу на сервер), може в будь-який час і з будь-якої точки отримати необхідну інформацію і збірний звіт про роботу автомобіля або групи автомобілів (автопарку) через Інтернет за будь-який вибраний на свій розсуд період часу.

З допомогою БСКД водій може вчасно отримати попередження про критичні режими та несправності в системах EDC двигуна, самостійно (без використання додаткового обладнання) проводити контрольне діагностування електронних систем і визначати вид і місце несправності, що виникла в рейсі, зірти помилки після усунення несправності, а також контролювати час і параметри роботи двигуна (температуру, оберти, тиск масла, часову витрату пального і т. д.). Крім того, водій може отримувати маршрутну інформацію (пробіг з початку поїздки, середню витрату пального і т. д.) у зручній графічній і текстовій формі, контролювати осьове навантаження й оптимізувати завантаження

автомобіля, не допускаючи перевищення навантаження на вісь, та ще багато інших функцій.

Для транспортного підприємства БСКД дає можливість знизити затрати на паливе за рахунок можливості контролю фактичної витрати пального, об'єму, часу і кількості заправок, попередження зливання пального. Контролюючи фактичний час роботи, пройдений автомобілем шлях, а також стиль водіння та витрату пального, оптимізувати оплату праці водія. Існують і інші можливості для споживача з використанням БСКД на автомобілях.

Можливості БСКД залежать від кількості параметрів технічних систем автомобіля, що реєструються установленими на ньому датчиками. Створюються можливості проводити експрес-діагностику технічного стану автомобіля у процесі його руху та вчасного усунення поточних несправностей. Одночасно можна накопичувати інформацію для прогнозування ресурсу та проведення технічного обслуговування за фактичним станом автомобіля на сервісних станціях і ремонту на підприємствах.

11.4.2. Системи дистанційного контролю і діагностики

Зростання ролі та значення технічної діагностики пов'язане із загальним технічним розвитком і ускладненням технічних систем, необхідністю забезпечення технічної та екологічної безпеки цих систем, зниження ступеня небезпеки і тяжкості наслідків аварій і катастроф. Розвиток мікропроцесорної техніки й інформаційних технологій дають можливість успішно вирішувати завдання глобалізації контролю та діагностування транспортних засобів.

При глобалізації методів і засобів технічного контролю та діагностики транспортних засобів головним залишається подальший розвиток трекінгових систем [36], інтелектуалізація діагностики процесів експлуатації, прогнозування остаточного ресурсу, технічної й екологічної надійності машин, контроль вантажів, що перевозяться.

Комплекс технічних засобів для автоматизованого збирання й обробки інформації про автомобіль включає такі складові:

- бортова система моніторингу технічного стану автомобіля;
- гаджет і система взаємодії гаджетів;
- віртуальне підприємство з експлуатації автомобільного транспорту, яке включає функцію автоматизованого збирання й обробки інформації (моніторингу) про автомобіль.

Безперервний моніторинг автомобіля. Безперервний моніторинг параметрів технічного стану сучасного автомобіля під час його експлуатації забезпечують різні електронні системи керування робочими процесами вузлів та агрегатів. Вони виконують функцію власної діагностики (самодіагностика) та діагностики процесів, якими вони керують, а також інформують водія, механіка, диспетчерську службу про відхилення значень контрольованих величин параметрів процесів, що виникли на автомобілі.

Інформування спеціалістів здійснюється з допомогою інформації, яка надається у різному вигляді як на борту автомобіля, так і в зовнішньому інформаційному просторі. Інформування забезпечується в режимах «on-line» або

«off-line».

Режим «on-line» на борту автомобіля досягається з допомогою, наприклад:

- світіння на панелі приладів індикаторної лампи «Check Engine»;
- світіння спеціальних світлодіодів, розташованих безпосередньо на пристроях керування (автомобілі старих моделей);
- за рахунок інформації, що виводиться на який-небудь додатковий дисплей на борту автомобіля.

Для вирішення таких завдань використовується контроль параметрів автомобіля з передачею інформації з телематичного блока по каналу 3D у службу сервісу. Так, компанія Raqani встановлює на автомобілях Zonda систему дистанційної діагностики TMD, яка збирає дані, які отримує бортова діагностика від кожної одиниці Zonda та по зв'язку GPRS відправляє їх на завод, що дає можливість автовиробнику Raqani контролювати кожну одиницю Zonda, не полишаючи заводу [15]. Система TMD – це спеціальний прилад NANO, який підключається до діагностичного рознімача в автомобілі. Він декодує інформацію і по GPRS подає її на смартфон водія. В результаті з допомогою TMD-NANO за тисячі кілометрів від сервісу під його контролем перебувають параметри двигуна, коробки передач і допоміжного обладнання кожної одиниці Zonda.

Система TMD-NANO опитує на Zonda усі системи керування та діагностики й інформує сервіс інженерно-технічної служби з допомогою смартфона водія про технічний стан автомобіля. У разі виникнення критичної ситуації на Zonda існує вмикання лампи аварійного режиму і можливість з дозволу водія вивести агрегат (двигун) з цього режиму. Сервісний центр у разі появи несправностей, наприклад, коробки передач подає електронному блоку автомобіля команду, яка забороняє переводити її в аварійний режим і забезпечує рух Zonda тільки на обережних режимах I і II передач [15].

Інші розроблені системи «телематичних блоків» навігаторів дають можливість отримати з інтерфейсу інформацію про: круїз-контроль, положення дросельної заслінки, вмикання гальмівної системи, зниження частоти обертів колінчастого вала двигуна, швидкість, пробіг, витрату пального, сервісні інтервали ТО тощо. Галузеві рішення: контроль температурних режимів для рефрижераторних перевезень, контроль за трейлерами та вантажами для перевезень без супроводження і транспортної безпеки, керування ТО й поставками у системі логістики.

11.4.3. Чинники, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю

Ефект від застосування бортових систем самоконтролю не повинен переоцінюватися, тому що блок керування контролює інші блоки здебільшого лише за кінцевим результатом. Рано чи пізно будь-який механік зіштовхується з ситуаціями, коли двигун працює незадовільно, а з пам'яті несправностей може надходити повідомлення, що несправності відсутні.

Дуже часто на явно несправних транспортних засобах самодіагностика

не визначає ніяких пошкоджень або неправильно встановлює причину несправності. Особливо це стосується гідродинамічних або механічних несправностей. У цьому разі механік цілеспрямованими вимірюваннями (рис. 11.24 [59]) повинен перевіряти блоки, які не визначаються самодіагностикою.



Рис. 11.24. Загальний алгоритм пошуку несправності

Самодіагностикою у системі впорскування пального контролюються тільки її електричні компоненти. В електросистемі автомобіля в першу чергу необхідно перевірити напругу живлення обох блоків керування – ПНВТ і двигуна. При несправностях гідравліки системи впорскування або механічних агрегатів двигуна самодіагностика не допоможе і навіть може підвести, якщо видасть механіку спотворену інформацію, спрямувавши хибним шляхом. Якщо у пам'яті несправностей, не зважаючи на скаргу водія, негативної інформації немає, слід спочатку перевірити всі блоки і шину CAN, які не контролюються самодіагностикою. У системі впорскування для цього потрібна перевірка тиску подачі пального, компресії в циліндрах і фаз газорозподілення. Гідравліка впорскування перевіряється вимірюванням тиску на лінії зворотного зливання пального в контурі низького тиску та випробуванням розпилювачів форсунок.

При скаргах на поганий запуск, низьку потужність двигуна або димний вихлоп раціонально провести вимірювання димності ВГ димоміром. Перевага такого вимірювання у легкому доступі до випускної труби.

Обмежені можливості системи самодіагностики можна продемонструвати на прикладі датчика температури. Мірою температури для блока керування слугує падіння напруги на термісторі з від'ємним температурним коефіцієнтом NTC (рис. 11.25). Розробник установлює допустимий діапазон температур, наприклад, від -40 до $+140$ °C (рис. 11.26 [59]).

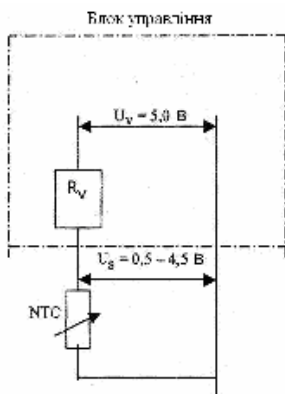


Рис. 11.25. Схема датчика з від'ємним температурним опором (NTC):

R_v – додатковий опір; U_v – напруга живлення; U_s – напруга сигналу

Для блока керування всі сигнали, що відповідають цьому діапазону температур, знаходяться в області напруг від 0,5 до 4,5 В. Тільки коли напруга виходить з цієї «зеленої області», блок керування установлює помилку, яка повідомляє або короткому замиканню ($U_s=0 \text{ В}$), або обриву ($U_s=5 \text{ В}$). Однак, якщо через підвищений перехідний опір в електричному рознімачі виміряна надто низька температура, а напруга сигналу при цьому не вийшла із «зеленої області», блок керування буде вважати цю інформацію правильною і буде використовувати її, наприклад, під час розрахунку початку впорскування пального або величини пускової подачі пального. Ці міркування відносяться до всіх датчиків, у яких величини напруги сигналу є мірою таких фізичних величин, як витрата повітря, тиск наддування, положення педалі подачі пального і т. д. Звідси випливає, що повідомлення блока керування «несправність відсутня» не завжди означає справність. Навіть якщо пам'ять несправностей не містить повідомлення про несправність, слід мати на увазі, що несправність все таки може існувати. З допомогою системи самодіагностики блок керування виконує моніторинг вузла, який в описуваному прикладі складається з датчика температури, джгута проводів з рознімачами і блока живлення. Перш ніж замінити датчик температури, слід з допомогою подальших вимірювань переконатися, що несправність дійсно пов'язана з несправністю датчика температури, а не з несправністю джгута проводів або блока керування. Ці вимірювання будуть мати тим більше значення, чим вища вартість несправної деталі.

Більша частина блоків керування поставляється з так званим переліком параметрів, у який входять усі вимірювані величини, що обробляються блоком керування (деякі автовиробники перелік параметрів також називають блоком вимірюваних величин). Ці величини при опитуванні датчиків перевіряють на достовірність. Комбінуючи різні дані результатів перевірки, механік, що має великий досвід вимірювань і добре знає систему керування, може визначити подальші кроки перевірки. В особливо складних випадках рекомендується зареєструвати проведені вимірювання, включаючи результати їх обробки, і відповідним чином роздрукувати. Тільки діючи послідовно, методом виключення



Рис. 11.26. Контрольована блоком керування напруга сигналу датчика з від'ємним температурним опором (NTC):

А – область нормальної напруги; у заштрихованій області блок керування не реагує на несправність

справних блоків, можна виділити несправний конструктивний елемент. Коли несправний блок буде встановлено – або виявленням у пам'яті несправностей, або з допомогою відповідних тестів – несправна частина блока повинна бути визначена подальшими вимірюваннями. Наприклад, блок вимірювання температури охолоджувальної рідини складається з датчика температури охолоджувальної рідини, електричних проводів, з'єднувальних колодок і відповідної частини блока керування. У пам'яті несправностей може виявитися несправним один із названих конструктивних елементів. Вимірюванням напруги або опору несправний конструктивний елемент може бути остаточно визначений і замінений. Такий метод перевірки може зайняти дуже багато часу, але у складних випадках він є єдиним, що дійсно приводить до позитивного результату.

Очевидно, при включенні в роботу самодіагностики «електронні мізки» блока керування ні в якому разі не повинні відключатися. Тим не менше в системах, що існують на сьогодні, не можна відмовлятися від використання самодіагностики. У майбутньому в більш важких незрозуміlostях електронних систем указання на можливу несправність можна буде отримувати читаючи пам'ять несправностей. З широким впровадженням протоколу бортової діагностики (OBD) глибина самодіагностики суттєво повинна розширитися.

Далі наведено ще кілька вказівок щодо раціонального використання самодіагностики.

Якщо в складному випадку несправності можливе припущення, що раніше вже було кілька безуспішних пошуків несправності, пам'ять несправностей слід зітерти і провести пробні поїздки до тих пір, поки несправність не виникне знову. Тим самим можна запобігти небезпеці, що пам'ять несправностей покаже їх у всіх тестах, які, наприклад, проводилися з роз'єднаними рознімачами.

У складних випадках може виявитися раціональним опитувати пам'ять несправностей усіх систем, що є на транспортному засобі. На сьогодні електрообладнання, оснащене бортовим контролером зв'язку CAN, дає можливість, наприклад, виявити неполадки у живленні блока керування – одну з несправностей, що найчастіше зустрічаються у дизельних двигунів Volkswagen з безпосереднім впорскуванням і турбонаддуванням і виникають через несправності реле. Сам блок керування не може реєструвати порушення живлення, тому що в цей момент через неполадки у живленні в нього не працює пам'ять. Одноразово порушується обмін даними з іншими блоками керування, що реєструють працюючі блоки керування як помилки у передачі даних.

Багато блоків керування (наприклад, на автомобілях Mercedes-Benz) у разі появи помилок фіксують робочий стан двигуна, наприклад, температуру, частоту обертання колінчастого вала, швидкість і пройдений шлях автомобіля. Подальше оцінювання граничних умов дасть можливість швидше виявити несправність і відтворити її під час випробувальної поїздки [59].

В акумуляторній системі паливоподачі (АСПП) створюється тиск пального 130-180 МПа на режимах максимального крутильного моменту і номінальної потужності, а на холостому ході – 20-30 МПа. Тому перевірити наявність витоку, величина якого зростає зі зростанням тиску, на холостому ході складно. Діагностичний сканер дає можливість (для деяких блоків керування)

на короткий час піднімати тиск в акумуляторі до гранично допустимого і під час роботи двигуна на режимі холостого ходу, що дає можливість провести тест витоків.

Достовірність постановки діагнозу за всіма компонентами системи керування залежить від рівня інформативності [53]:

1. Інформативність для датчиків складає приблизно 70%.
2. Рівень вихідного сигналу датчика не дає можливості поставити абсолютно достовірний діагноз про його технічний стан.
3. На 20% знижується інформативність сигналу за рахунок появи так званих спорадичних несправностей, тобто несправностей, що виникають періодично, лише на певних режимах роботи та відсутні безпосередньо в момент проведення діагностики. Ці несправності можуть бути дійсно пов'язані як з роботоздатністю самого датчика, так і з дефектами електричних з'єднань до нього.
4. 10% зниження інформативності виникає через неможливість точно визначити, чи відбулося спотворення сигналу датчика у допустимих межах з причини його несправності, чи це результат неправильної роботи іншого несправного вузла.
5. Інформативність тестових перевірок виконавчих механізмів складає менше 50%, оскільки тут виникає вимога щодо достовірності сигналів датчиків підсистеми, за якими оцінюється величина відгуку. Крім того, на відміну від контролю датчиків не для всіх виконавчих механізмів закладені тести в бортовій системі самодіагностики.

Для систем керування, розроблених під різні норми на викид токсичних речовин існують різні рівні діагностування, різні вимоги до набору діагностованих вузлів, різні тести виконавчих механізмів. Акумуляторні системи керування різних виробників мають спільний принцип роботи, але різні реалізації системи керування та різні гідравлічні схеми. Тому достовірність постановки діагнозу для відмінних за вказаними ознаками систем буде різна, якщо діагноз установлюється тільки за показаннями діагностичного сканера.

Можна вважати, що діагностування АСПП з допомогою бортової самодіагностики з імовірністю 80-90% установлює наявність несправностей в електронних компонентах та електричних колах системи керування подачею пального. При цьому оцінка стану гідравлічних вузлів бортовою системою діагностики може бути неповною, а в деяких випадках неадекватною реальному стану систем і вузлів. Достовірність діагностування значно залежить від особливостей блока керування, діагностичного сканера, року випуску автомобіля. Не всі блоки АСПП дають можливість виконувати всі шість рівнів діагностики, доступність яких обмежується можливостями діагностичного сканера, а деякі ЕБК не підтримують стандарт OBD-II/EOBD.

Тим не менше самодіагностика, незважаючи на її обмеження щодо механіки та гідравліки, контролюючи електроніку зі списком таблиці даних, що усе більше розширяється, може суттєво допомагати у пошуку несправностей.

Із вбудованою діагностикою ЕБК фіксує відхилення робочих параметрів в керуванні роботою двигуна і реєструє їх у вигляді кодів несправностей, сигналізуючи під час руху автомобіля (або під час ТО чи ремонту) про відхилення параметрів технічного стану від установлених норм.

Попередження про несправності в системі відображаються загоранням спеціальної лампи діагностики 24 (рис. 11.27) з рисунком двигуна або написом «Перевір двигун» («Check Engine»). При використанні спеціальної технології контролю, що розроблює виробник автомобілів, коди несправностей зчитуються з допомогою діагностичної лампи або спеціального діагностичного сканера (тестера), який під'єднується до діагностичного рознімача 23.

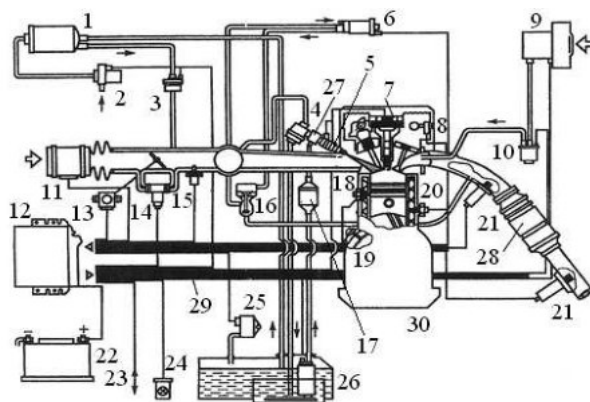


Рис. 11.27. Електронна система керування роботою бензинового двигуна:

1 – адсорбер з активованим вугіллям; 2 – клапан впуску повітря; 3 – клапан продування адсорбера; 4 – регулятор тиску пального; 5 – форсунка (інжектор); 6 – регулятор тиску клапана рециркуляції; 7 – котушка запалювання; 8 – датчик фази (положення кулачкового вала); 9 – насос додаткового повітря; 10 – клапан додаткового повітря; 11 – датчик масової витрати повітря; 12 – електронний блок керування; 13 – датчик положення дросельної заслінки; 14 – регулятор холостого ходу; 15 – датчик температури повітря; 16 – клапан рециркуляції відпрацьованих газів; 17 – паливний фільтр; 18 – датчик детонації; 19 – датчик синхронізації (частоти обертання колінчастого вала); 20 – датчик температури двигуна; 21 – кисневий датчик (λ -зонд); 22 – акумуляторна батарея; 23 – діагностичний рознімач; 24 – лампа діагностики; 25 – датчик різниці тисків; 26 – електричний паливний насос; 27 – паливний акумулятор (рампа) форсунок; 28 – нейтралізатор відпрацьованих газів; 29 – електричні кола; 30 – двигун

Результати діагностування системи впорскування є основними при визначенні комплексу операцій ТО і ПР паливної системи, що пов'язано з високою технологічною складністю і вартістю монтажно-демонтажних, розбирально-складальних і регулювальних робот системи впорскування, а також з недоцільністю частих розбирань поєднаних з'єднань.

Сучасні системи впорскування оснащені вбудованою діагностичною системою з функціями самодіагностики, функціональних і контрольних випробувань. Розпізнавання несправності відбувається шляхом безперервного циклічного процесу порівняння показників датчиків і систем на будь-яких режимах роботи із заданими у блоці керування матрицями робочих значень даних параметрів (частота циклу на автомобілях різних виробників може відрізнятися). Невідповідність отриманого робочого значення потрібному для заданого режиму роботи розпізнається як несправність, про що водія інформує характерний сигнал на робочій панелі автомобіля.

Поява сигналу (сигналів) повідомляє про необхідність оперативного зчитування і розпізнавання характеру несправності або відмови елемента автомобіля з використанням засобів внутрішнього діагностування (якщо вони передбачені в конструкції автомобіля) або через підключення зовнішнього діагностичного обладнання.

Доступ до діагностичної системи здійснюється через гніздо (рознімач) на діагностичному блоці при увімкненому запалюванні.

Функціональне випробування призначене для діагностування системи в режимі імітації послідовного виходу з ладу функціональних елементів, що забезпечують правильну роботу системи впорскування (наприклад, датчика положення дросельної заслінки після того, як він вийде з положення холостого ходу або з положення «робота з повним навантаженням»; блока електронного керування системою запалювання тощо).

Контрольне випробування дає можливість перевірити роботоздатність елементів системи впорскування як до, так і після функціонального випробування засобами внутрішнього діагностування.

Режим функціонального і контрольного випробування включається після комбінації коротких натискань випробувальної кнопки діагностичного блока всередині автомобіля.

Для проведення діагностування слід виконати низку підготовчих операцій, метою яких є приведення системи в технічний стан, потрібний для початку діагностування. Для цього необхідно перевірити такі елементи:

- систему подачі повітря (рекомендується зняти регулятор холостого ходу, промити його речовиною для прочищення карбюраторів та змастити);
- датчик положення дросельної заслінки (необхідно переконатися в тому, що диск потенціометра чистий);
- обмежувач ходу дросельної заслінки (можливо, його положення було порушене, в результаті чого вихідна напруга датчика положення дросельної заслінки вийшло за межі норми);
- трос привода дросельної заслінки (необхідно переконатися, що привод правильно відрегульований і має потрібний вільний хід);
- хід важелів і тяг привода дросельної заслінки (вони повинні рухатися вільно і без заїдання);
- низка інших елементів у залежності від складності системи.

Послідовність виведення кодів несправностей приведена на рис. 11.28, а приклад переліку контрольованих приладів і систем – у табл. 11.7.

Далі виконується діагностування шляхом перевірки роботоздатності елементів системи і зчитування даних з діагностичної системи про несправності, відмови та іншої інформації.

Найчастіше виявлення несправності в конкретному елементі сучасної системи впорскування з повністю електронним керуванням свідчить про необхідність вартісного ремонту цього елемента або його заміни. Однак, перш ніж приймати рішення про заміну запасною деталлю, слід уточнити діагноз.

Однією з найчастіших неполадок може бути зниження обертів вала двигуна на холостому ходу, що супроводжується загоранням контрольної лампи на панелі самодіагностики та висвічуванням коду несправності, який указує на

несправність потенціометра дросельної заслінки. Звичайно у такому разі потенціометр рекомендується замінити.

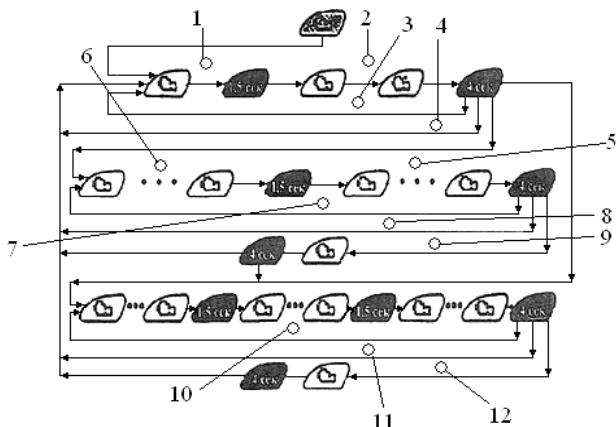




Рис. 11.28. Послідовність виведення кодів несправностей:

-  - короткочасне увімкнення контрольної лампи – 0,5 с (якщо код тризначний, перша цифра <1> може висвічуватися протягом 1 секунди);
-  - контрольна лампа вимкнена – 1,5 або 4 секунди

Потенціометр є пристроєм, напруга якого знаходиться у прямій залежності від кута відкриття дросельної заслінки і змінюється від 0,5 до 4,5 В. При переміщенні дросельної заслінки напруга повинна зростати плавно. Важливо пересвідчитися, що вихідна напруга знаходиться у потрібних межах. Потенціометр перевіряють з увімкненим запалюванням з допомогою дуже чутливого вольтметра, оскільки достатньо найменшого відхилення вихідної напруги потенціометра від норми, щоб відбулися порушення в роботі системи впорскування. Тому звичайні тестери у даному разі непридатні. Найкраще для цього використовувати осцилограф, так як він впевнено сприймає будь-які електричні сигнали, включно наведені. Наведені електричні сигнали можуть імітувати несправності, навіть у тому разі, якщо вихідна напруга відповідає потрібному значенню. Шумовий сигнал ЕБК сприймає як сигнал потенціометра, що може призводити до порушення роботи регулятора холостого ходу. Побічним ефектом цього може стати збільшення витрати пального.

Таблиця 11.7

Перелік контрольованих приладів і систем

Позиція діагностики	Робота електронного керування після виникнення несправності
Немає сигналу від датчика положення розподільного вала до електронного модуля	Електронний модуль для керування моментом впорскування пального використовує тільки сигнал від датчика положення колінчастого вала. (Нормальний порядок багатоточкового впорскування пального неможливий)

Позиція діагностики	Робота електронного керування після виникнення несправності
Низька напруга від датчика положення дросельної заслінки	Замість сигналу від датчика положення дросельної заслінки електронний модуль використовує значення, вираховане з сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі
Висока напруга від датчика положення дросельної заслінки	Замість сигналу від датчика положення дросельної заслінки електронний модуль використовує значення, вираховане з використанням сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі
Низька напруга від датчика температури охолоджувальної рідини	1. Електронний модуль використовує значення за замовчуванням для температури охолоджувальної рідини. 2. Електронний модуль вмикає вентилятор радіатора. 3. Електронний модуль здійснює керування без кола зворотного зв'язку
Висока напруга від датчика температури охолоджувальної рідини	1. Електронний модуль використовує значення за замовчуванням для температури охолоджувальної рідини. 2. Електронний модуль вмикає вентилятор радіатора. 3. Електронний модуль здійснює керування без кола зворотного зв'язку
Немає сигналу від датчика швидкості автомобіля	Електронний модуль керує двигуном так, немов швидкість автомобіля дорівнює нулю
Низька напруга від датчика абсолютного тиску в колекторі	Електронний модуль використовує розрахункове значення, обчислене при використанні замість сигналу датчика тиску в колекторі сигнали датчика положення дросельної заслінки та датчика швидкості автомобіля
Висока напруга від датчика абсолютного тиску в колекторі	Електронний модуль використовує розрахункове значення, вираховане при використанні замість сигналу датчика тиску в колекторі сигнали датчика положення дросельної заслінки та датчика швидкості автомобіля
Низька напруга від датчика температури повітря, що надходить	Електронний модуль замість сигналу від датчика температури повітря використовує сигнал від датчика температури охолоджувальної рідини
Висока напруга від датчика температури повітря, що надходить	Електронний модуль замість сигналу від датчика температури повітря використовує сигнал від датчика температури охолоджувальної рідини
Сигнал від датчика положення дросельної заслінки не відповідає сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі	Електронний модуль замість сигналу від датчика положення дросельної заслінки використовує значення, вираховане з використанням сигналу від датчика абсолютного тиску в колекторі
У ремені газорозподільного механізму несправний один або кілька зубців	Електронний модуль для керування моментом впорскування використовує тільки сигнал від датчика положення колінчастого вала. (Нормальний порядок багатоточкового впорскування пального неможливий)
Пропуски даних про положення розподільного вала або колінчастого вала	Електронний модуль для керування моментом впорскування використовує тільки сигнал від датчика положення колінчастого вала. (Нормальний порядок багатоточкового впорскування пального неможливий)

Пошук несправностей та їх усунення у двигуні з електронним впорскуванням пального (ЕВП) не дуже відрізняється від подібних операцій на карбюраторі.

раторному двигуні. Перевірку кожної системи слід проводити за трьома важливими напрямками, а саме: необхідність забезпечення «високого тиску стискування», «правильна установка випередження запалювання та потужна іскра» і «хороша робоча суміш».

Особливо потрібно пам'ятати про необхідність визначення того, чи пов'язана проблема з системою ЕВП. Тому перевірку необхідно проводити, перш за все, визначенням того, чи пов'язана несправність з системою запуску або з дефектом самого двигуна, що впливають на тиск стискування; чи з системою запалювання, що впливає на правильну установку випередження запалювання та новоутворення. Потім слід перейти до перевірки системи ЕВП, що регулює робочу суміш (рис. 11.29). Перевірка системи запуску, двигуна або системи запалювання така сама, як і у карбюраторного двигуна й механіку слід спробувати встановити, в якій системі є несправність. Перевірка системи ЕВП, звичайно, відрізняється від перевірки карбюратора.

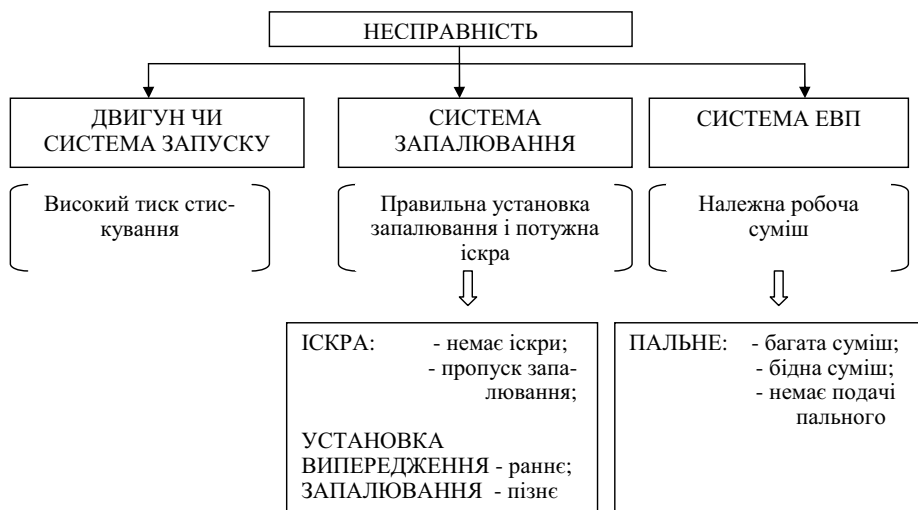


Рис. 11.29. Контроль системи ЕВП

У більшості сучасних систем впорскування вихідна напруга потенціометра дросельної заслінки використовується як сигнал про наступне прискорення автомобіля. Тому ще однією ознакою несправності потенціометра є надлишкова подача пального.

Особливістю відмови потенціометра є те, що його неможливо повернути до робочого стану шляхом очищення або ремонту. Майже завжди це герметичний нерозбірний пристрій, тому якщо він дійсно несправний, його можна тільки замінити.

Другою несправністю сучасної системи впорскування є нестійка робота двигуна при холодному запуску, що інколи супроводжується зворотними хлопками у впускний колектор. Найчастіше це є наслідком збіднення суміші, що викликане помилками у програмному забезпеченні ЕБК. Це може означати як його вихід з ладу, так і несправність однієї або кількох форсунок. Щоб переві-

рити форсунки необхідно їх зняти, почистити й переконатися у справності. Для такої перевірки потрібне спеціальне обладнання.

Якщо перевірка показує, що форсунки справні, слід перевірити програму ЕБК, так як його ремонт обходиться найчастіше дешевше, ніж покупка нового. Разом з перевіркою ЕБК необхідно перевірити відсутність підсмоктування повітря в систему впорскування, що може спричинити збіднення суміші.

Звичайно подібні несправності проявляються у разі значного сумарного пробігу автомобіля, коли двигун починає «старіти». Цьому сприяють утворення нагару на клапанах та загальне спрацювання двигуна.

Сучасні автомобілі найчастіше оснащені каталітичними нейтралізаторами і мають систему обмеження шкідливих викидів зі зворотним зв'язком від λ -зонда. Якщо склад вихлопних газів не відповідає нормі (паливна суміш надто бідна або багата), то перш ніж перевіряти на роботоздатність λ -зонд, необхідно перевірити вихідну напругу датчика абсолютного тиску.

Зчитування може здійснюватися з допомогою тестера (мотор-тестера, автотестера, сканера), підключеного до діагностичного рознімача (розташування діагностичного рознімача різними виробниками визначається по-різному, наприклад, перед селектором коробки передач у салоні водія, рис. 11.30) [39].

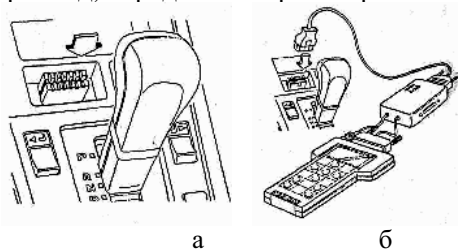


Рис. 11.30. Підключення зовнішнього діагностичного обладнання:

а – місце розташування діагностичного рознімача для підключення діагностичного тестера; б – спосіб підключення діагностичного тестера

При підключенні діагностичного сканера (тестера) найбільш повно визначається технічний стан комп'ютерної системи (коди та їх опис), при цьому є можливість виконати коригування складу паливно-повітряної суміші, кута випередження запалювання тощо.

Система керування двигуном залежно від типу автомобіля може мати 100-200 кодів несправностей для діагностики. Кожен код несправності може дати інформацію про те, чи причиною несправності є обрив, коротке

замикання на електроживлення (+) або коротке замикання на «масу». Це дає загалом до 600 різних кодів несправностей.

Якщо причини несправностей неможливо виявити під час попередньої перевірки та під час контролю на ділянках, не пов'язаних з системою ЕВП, слід перевірити саму систему ЕВП. У наведеній табл. 11.8 указані такі можливі причини:

- двигун глухне;
- поганий запуск двигуна;
- погана робота двигуна;
- нестійкий холостий хід.

Вміст таблиці служить тільки засобом ознайомлення з основними операціями пошуку несправностей і не є вичерпним. Деталі викладені в інструкції з ремонту відповідного двигуна. У наведеній таблиці ЕБК не розглядається як можлива причина несправності, тому спочатку слід перевірити кожен вузол, а

потім, якщо вони справні, перевірити ЕБК.

Застосування зовнішнього діагностичного обладнання дає можливість на більш високому якісному рівні виконувати в штатному режимі функціональні та контрольні випробування при діагностуванні.

Таблиця 11.8

Пошук причини несправності «двигун глухне»

Прояв	Імовірна причина		
	Система	Вузол	Вид несправності
Двигун глухне зразу ж після провертання вала	Паливна система	Паливний насос	Не працює
		Реле розмикання кола	Не включається
		Регулятор тиску	Несправний
		Паливний фільтр, паливопровід	Засмічені
Двигун глухне при натисканні на педаль акселератора	Електронна система керування	Витратомір повітря	Неправильний опір та напруга
		Датчик температури охолоджувальної рідини	
		Корпус дросельної заслінки	
		Витратомір повітря	
Двигун глухне, але повторно запускається	Система електроживлення	Вмикач запалювання	Поганий контакт
	Електронна система керування	Головне реле ЕВП	
		Витратомір повітря	Несправний
		Котушка запалювання	Поганий контакт

Контрольні запитання

1. Які дані інформаційні блоки автомобіля надають водію?
2. Що являє собою стандарт OBD-II?
3. Які нормативні вимоги стандарту OBD-II?
4. Поясніть поняття «самодіагностика» і «самоконтроль».
5. Які протоколи обміну даними використовуються у рамках OBD-II?
6. Як можна оцінити придатність сканера для діагностики конкретного автомобіля?
7. Поясніть призначення контактів діагностичного рознімача OBD-II.
8. Яка структура кодів помилок (несправностей) згідно з OBD-II?
9. Які існують способи передачі даних, зв'язки між блоками керування автомобіля?
10. Які переваги має використання системи CAN на автомобілі?
11. Назвіть компоненти шини CAN.
12. Які датчики входять до групи датчиків визначення вимог водія?
13. Які датчики призначені для визначення фактичних параметрів руху автомобіля.
14. Які коди відносяться до несправностей шини CAN?
15. Які можливості має блок керування двигуна?
16. Наведіть класифікацію вбудованих систем діагностування автомобіля.
17. Які можливості бортових систем самодіагностики автомобіля?
18. Яку інформацію передає система самодіагностики на діагностичний рознімач?
19. Які існують системи дистанційного контролю та діагностики автомобіля?
20. Які чинники впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самодіагностики?

Література

1. Алексієв В. О. Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках: навч.-метод. посібник / В. О. Алексієв, О. П. Алексієв, О. Я. Ніконов. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 212 с.
2. Алексієв О. П. Вступ до системної інженерії гнучких комп'ютерних систем на транспорті: навч.-метод. посібник / О. П. Алексієв, В. О. Алексієв. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 84 с.
3. Алексієв В. О. Інтерактивний моніторинг доріг: монографія / В. О. Алексієв, О. П. Алексієв, А. А. Видмиш, В. О. Хабаров. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 144 с.
4. Мигаль В.Д. Средства информационных систем автомобиля: справочное пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, – 2012. – 414 с.
5. Благодарний М. П. Теоретичні основи експлуатації мехатронних комплексів: навч. посібник / М. П. Благодарний, І. П. Внуков. Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний ін-т». – Х.: ХАІ, 2014. – 179 с.
6. Кір'янов О. Ф. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навч. посібник / О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко. – Х.: «Друкарня Мадрид», 2015. – 272 с.
7. Лемешко О. В. Багатоканальний електров'язок та телекомунікаційні технології: підручник у 2-х частинах. Частина 2 / О. В. Лемешко, В. А. Лошаков, В. В. Поповський. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2010. – 482 с.
8. Введение в мехатронику: учеб. пособие / А. Н. Грабченко, В. Б. Клерников, В. П. Доброскок и др. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – 160 с.
9. Губарев О. П. Мехатроніка: циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації / О. П. Губарев, О. С. Ганпанцурова. Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 160 с.
10. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов / Ю. В. Подураев. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
11. Бажинов О. В. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, В. Я. Двядненко. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2011. – 236 с.
12. Голобородько О. О. Мехатронні системи автомобільного транспорту: навч. посібник / О. О. Голобородько, В. В. Редчиць, О. О. Коробочка. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 300 с.
13. Мигаль В. Д. Выбор электродвигателей для электромобилей и гибридных автомобилей / В. Д. Мигаль, В. Я. Двядненко // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. трудов, 2016. Вып. 75. С. 116-119.
14. Пойда А. М. Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування: лабор. практикум / А. М. Пойда. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 172 с.
15. Волков В. П. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін. За ред. Волкова В. П. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 388 с.
16. Датчики в автомобілі: пер. з нім. Конрада Райфа. М.: За рулем, 2013. – 166 с.

17. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособие / В.Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 320 с.
18. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справочное пособие в 6 томах. Том 4. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 596 с.
19. Кубата В. Г. Спеціалізовані електронні системи АТЗ: навч. посіб. / В. Г. Кубата, С. В. Лубенець, В. Я. Фролов. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 272 с.
20. Павленко В. М. Вдосконалення процесу моніторингу транспортних засобів із використанням телематичних систем / В. М. Павленко // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. трудов, 2016. Вып. 75. С. 139-144.
21. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля: навч. посібник / О. Ф. Дашенко, В. Г. Максимов, О. Д. Ніцкевич та ін. За ред. М. Б. Копитчука. Одеса: Наука і техніка, 2012. – 392 с.
22. Лабораторний практикум з технічної експлуатації автомобілів: навч. посібник / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін. / Під загальною ред. В. П. Волкова. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 5 16 с.
23. Мигаль В. Д. Системы диагностирования автомобиля: учебник / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017. – 592 с.
24. Кузнецов Е. С. Управление техническими системами: учеб. пособие / Е. С. Кузнецов. – М.: МАДИ (ТУ), 2003. – 247 с.
25. Серридж М. Пьезоэлектрические акселерометры и предусилители: справочник по теории эксплуатации / М. Серридж, Т. Р. Лихт. – Дания. Брюль и Кьер, 1987. – 186 с.
26. Панфилов Д. Н. Датчики фирмы Motorola / Д. Н. Панфилов, В. С. Иванов. – М.: ДОДЭКА, 2000. – 96 с.
27. Джексон Р. Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
28. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
29. Литвиненко В. В. Автомобильные датчики, реле и переключатели / В. В. Литвиненко, А. П. Майструк. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
30. Мигаль В. Д. Техническая диагностика трансмиссии автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, С. А. Гаврилов. – Х.: Майдан, 2016. – 330 с.
31. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид. дім «ІНЖЕК», 2007. – 328 с.
32. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
33. Програма обучения. Автомобиль Phaeton. Пневматическая подвеска с регулируемыми амортизаторами. Устройство и принцип действия: пер. и верстка ООО «Фольксваген Груп Рус». – Volkswagen AG Wolfsburg, 2002. – 65 с.
34. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 516 с.
35. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 444 с.

36. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие. – 2-е изд. переработанное и дополненное / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 372 с.
37. Мигаль В. Д. Техническая безопасность автомобиля: справочное пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2011. – 202 с.
38. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, А. Н. Врублевский. – Х.: Майдан, 2015. – 269 с.
39. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов, С. В. Жанказиев, С. М. Круглов и др. Под ред. В. М. Власова. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 480 с.
40. Подригало М. А. Устойчивость колесных машин при заносе и способы ее повышения / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. Ю. Степанов, М. В. Доброгорский. Под ред. М. А. Подригало. – Х.: ХНАДУ, 2006. – 335 с.
41. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 403 с.
42. Тимченко І. І. Автомобільні двигуни: підручник / І. І. Тимченко, Ю. Ф. Гутаревич, К. Е. Долганов, М. Д. Муждобасєв. – Х.: Основа, 1995. – 460 с.
43. Марченко А. П. Двигуни внутрішнього згоряння. Серія підручників у 6 т. – Т. 3. Комп'ютерні системи керування ДВЗ / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов: за ред. А. П. Марченка, А. Ф. Шеховцова. – Х.: Прапор, 2004. – 344 с.
44. Абрамчук Ф. І., Рязанцев М. К., Шеховцов А. В. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 6. Надійність ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. – Х.: Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. – 324 с.
45. Тимченко І. І. Двигуни внутрішнього згоряння: навч. посібник / І. І. Тимченко, О. І. Воронков, Д. І. Тимченко, Г. І. Тохтар. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 276 с.
46. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посібник / Ю. Ф. Гутаревич, Д. Ф. Зеркалов, А. Г. Говорун. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
47. Дяченко В. Г. Двигуни внутрішнього згоряння: підручник / В. Г. Дяченко: за ред. А. П. Марченко. – Х.: НТУ «ХПІ», 2008. – 488 с.
48. Кульчинский А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие высшей школы / А. Р. Кульчинский. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с.
49. Краткий автомобильный справочник в 5 т. – М.: НПСТ «Трансконсалтинг», 2002.
50. Конструкция автомобиля. Том IV. Электрооборудование. Системы диагностики: учебник / С. В. Акимов, В. И. Набоких, Ю. П. Чижов: под ред. А. Л. Карунича. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 480 с.

51. Системы управления дизельным двигателем: пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с.
52. Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическими методами / А. С. Гребенников. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. – 196 с.
53. Ерохов В. И. Система впрыска бензиновых двигателей. Конструкция, расчет, диагностика: учебник / В. И. Ерохов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 551 с.
54. Врублевский А. Н. Научные основы создания аккумуляторной топливной системы для быстроходного дизеля: монография / А. Н. Врублевский. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 216 с.
55. Системы управления бензиновым двигателем Bosch: пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2005. – 432 с.
56. Смирнов Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилем: учеб. пособие / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов. - СПб.: Изд-во «Лань», 2012. - 612 с.
57. Андренко П. М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем: навч. посібник / П. М. Андренко. Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. – Х.: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2014. – 188 с.
58. Гаврилов К. Л. Моторная диагностика. Практическое руководство / К. Л. Гаврилов. – М.: НКЦ «Март»; Ростов н/Д: изд-во «Март», 2005. – 312 с.
59. Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей: пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
60. Вахламов В. К. Автомобили. Основы конструкции: учеб. пособие / В. К. Вахламов. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 528 с.
61. Твег Р. Диагностика электронной системы управления двигателя: руководство по техническому обслуживанию и ремонту / Р. Твег. – М.: АСТ, 2003. – 144 с.
62. Борщенко Я. А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: учеб. пособие / Я. А. Борщенко, В. И. Васильев. – Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2007. – 207 с.
63. Зенкін Є. Ю. Розробка методу прискороного діагностування автомобільних дизелів з акумуляторними системами паливоподачі: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Є. Ю. Зенкін. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 180 с.
64. Грехов Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник / Л. В. Грехов. – М.: Легион Автodata, 2004. – 344 с.
65. Данов Б. А. Электронные системы иностранных автомобилей / Б. А. Данов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 224 с.
66. Сашко В. А. Електронне та електричне обладнання автомобілів / В. А. Сашко. – К.: Каравела, 2007. – 367 с.
67. Соснин В. А. Новейшие автомобильные электронные системы: учеб. пособие / В. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
68. Тюнин А. А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей: практ. пособие: 2-е изд. / А. А. Тюнин. – М.: СОЛОН-Пресс, 2007. – 352 с.

69. Яковлев В. Ф. Диагностика электронных систем автомобиля: учеб. пособие / В. Ф. Яковлев. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 272 с.
70. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3 т. Т. 1. Объекты и методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 459 с.
71. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3 т. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностики / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 403 с.
72. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3 т. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 444 с.
73. Сига Х. Введение в автомобильную электронику / Х. Сига, С. Мидзутани. – М.: Мир, 1989. – 232 с.
74. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: навч. посібник / А. А. Кашканов, В. П. Кужель, О. Г. Грисюк. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.
75. Бажинов О. В. Гібридні автомобілі / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, А. В. Гнатов, А. В. Колесніков. – Х.: вид-во ХНАДУ, 2008. – 327 с.
76. ДСТУ 2947-94. Автотранспортні засоби. Підвіски автомобілів. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.96. Держстандарт України, 1995. – 18 с.
77. ДСТУ 2300-93. Вібрація. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.95. Держстандарт України, 1994. – 59 с.

Предметний покажчик

- CANCrocodile** 269
Common Rail 100, 109, 110, 121, 122, 123, 124, 126, 128, 141, 145, 149, 150
EOBD 252, 253, 260, 293
ESI[tronic] 251
ISO 9141 257, 258, 259, 260, 283, 286
K-Jetronic 106
КАМ-пам'ять 252
M-Motronic 86
Mechatronik J743 200
ME-Motronic 86
MED-Motronic 86
NTC 290, 291
OBD-II 148, 251, 252, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 261, 293
RoadSnoop 249, 250
VAS 5051 276
VAS 5052 276
амортизатор(и):
 - газонаповнені 159, 160, 166
 - гідравлічні 157, 158, 159, 160, 166, 167, 168, 173, 174, 175, 176
 - двотрубні 159, 160, 167
 - електромеханічні 166
 - магнітореологічні 165
 - однотрубні 159, 160, 165
 - пневматичні 158, 164, 165, 166, 179
 - регульовані 168, 177, 179, 180, 181
 - телескопічні 157, 158, 159, 160, 169**аналого-цифрові перетворювачі (АЦП)** 18, 24, 32, 33, 34, 60, 65, 67, 70, 76, 208, 215
арифметико-логічний пристрій (АЛП) 65, 67, 68, 69
виконавчі механізми (пристрої) 13, 14, 17, 25, 27, 30, 31, 33, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 57, 59, 61, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 82, 97, 99, 100, 103, 104, 105, 112, 113, 119, 120, 124, 135, 163, 166, 170, 171, 172, 182, 193, 194, 195, 206, 207, 214, 215, 219, 225, 237, 238, 254, 261, 265, 273, 281, 282, 284, 285, 293
вимикач 21, 25, 73, 74, 91, 99, 103, 104, 105, 132, 172, 181, 182, 188, 194, 204, 207, 219, 225, 226, 227, 247, 269, 270, 284, 285
вимірювальний перетворювач 29
вимірювальний сигнал 15
впорскування 42, 52, 53, 68, 73, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 152, 218, 254, 255, 271, 284, 290, 291, 292, 294, 295, 296, 297, 298, 299
гідравлічний акумулятор 117
датчик(и) 15, 17, 18, 20, 91:
 - абсолютні 19
 - активний 18
 - аналогові 20, 21, 60, 67
 - відносні 19
 - генератор магнітних імпульсів 26
 - генератори напруги 26
 - генераторні 22, 34
 - гизкретні 20, 21
 - інтелектуальні 23, 24, 40, 67
 - нереверсивні 19
 - опорної напруги 25
 - параметричні 22
 - пасивний 18
 - прямої дії 18, 19
 - реверсивні 19
 - складені 18, 24
 - Холла 26, 70, 112**діагностичний рознімач** 70, 74, 105, 187, 198, 212, 219, 225, 252, 253, 258, 259, 266, 268, 275, 279, 281, 282, 283, 286, 287, 289, 294, 299
електрогідравлічний підсилювач 236, 237, 239, 240, 241, 242, 243, 267
електронний блок керування (ЕБК) 30, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 82, 83, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 98, 99, 100, 109, 114, 117, 123, 124, 126, 127, 128, 165, 166, 172, 173, 177, 178, 179, 186, 187, 188, 189, 192, 193, 194, 210, 212, 215, 216, 217, 219, 237, 238, 241, 242, 244, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 260, 261, 263, 267, 277, 278, 282, 283, 284, 293, 294, 296, 298, 299, 300
інтеграція 10, 11, 12, 14, 16, 36, 37, 38, 40, 56, 57, 59, 61, 64, 210, 229, 236, 237
інтелектуальна система 12
інтелектуальні транспортні системи 12

- інтерфейс(и)** 13, 14, 39, 40, 45, 61, 65, 66, 72, 76, 99, 104, 138, 187, 219, 221, 226, 230, 245, 262, 265, 266, 269, 270, 271, 272, 275, 276, 278, 283, 286, 289
- інформаційна система** 12, 31, 32, 251, 267, 286
- інформаційний пристрій** 12
- інформаційні технології** 9, 10, 11, 12, 40, 78, 288
- інформаційно-телекомунікаційна система** 13
- інформація** 12, 13, 14, 15, 18, 20, 23, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 39, 40, 41, 45, 46, 59, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 80, 81, 84, 85, 97, 98, 99, 102, 119, 122, 132, 174, 176, 177, 199, 207, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 229, 231, 244, 247, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 271, 276, 277, 278, 279, 281, 283, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 295, 299
- карбюрація** 79
- керування** 38:
 - ABS/ASR 216
 - ABS/TCS 221, 223, 224
 - АВС 212, 213, 214, 215, 219
 - АКП 185, 188, 189, 191, 197, 218, 225
 - амортизатором 155, 162, 169, 172
 - блокуванням трансформатора 27, 28, 188
 - висотою кузова 166, 174, 177, 178
 - впорскуванням 73, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 99, 101, 102, 122
 - гальмами (гальмуванням) 209, 210, 214, 219, 223
 - гальмівним моментом двигуна (MSR) 72, 226
 - ГМП 202, 203, 204, 206
 - двигуном 37, 39, 42, 70, 72, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 94, 95, 96, 97, 98, 113, 120, 189, 191, 195
 - дзеркалами 39
 - дизелем 95, 96, 98, 99, 100, 103, 104, 120, 127
 - дросельною заслінкою 152, 221
 - зчепленням 191, 192, 193, 194, 199, 201
 - карбюратором 82
 - коробкою передач 39, 72, 190, 195, 198, 216
 - крутильним моментом 132, 223, 271
 - освітленням 246
 - паливоподачею 79, 80, 81, 82, 84, 90, 95, 106, 108, 114, 115, 122, 127
 - підвіскою 39, 154, 155, 166, 169, 171, 172, 173, 175, 179, 182
 - підвіскою двигуна 183
 - ПНВТ 38, 100, 110, 113
 - проковзуванням коліс 209
 - світлом фар 39, 246, 247, 248
 - трансмісією 27, 39, 185, 187, 188, 189, 195, 202
 - тяговим зусиллям (TCS) 209, 220
 - форсункою 124, 130, 136, 139, 223
- коди несправностей** 128, 197, 252, 253, 255, 256, 260, 261, 275, 281, 282, 283, 284, 285, 293, 294, 295, 296, 299
- коригування:**
 - величини паливоподачі 94
 - впорскування 89, 91, 92
 - напруги 93
 - показань датчика 24
 - початку подачі пального 139
 - складу суміші 92, 93, 94, 276, 299
 - траєкторії 233
- мехатроніка** 9, 10, 11, 12, 13, 14, 36, 56, 57, 61, 78, 301
- мехатронна(і) система(и)** 9, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 22, 30, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 54, 56, 57, 58, 60, 68, 69, 70, 74, 78, 80, 81, 82, 103, 106, 155, 163, 166, 169, 185, 209, 210, 231, 236, 242, 246, 251
- мехатронний агрегат** 37
- мехатронний вузол** 37
- мехатронний комплекс** 38
- мехатронний модуль** 11, 37, 38, 40, 45, 46, 54, 57
- мехатронний об'єкт** 36, 37
- мехатронні технології** 10
- мехатронність об'єктів** 38
- мікроконтролер(и)** 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 80, 86, 99, 101, 102, 104, 119, 212, 227
- мікропроцесор** 11, 21, 23, 24, 31, 32, 33, 34, 37, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 75, 76, 82, 95, 100, 163, 174, 175, 176, 177, 189, 206, 207, 208, 214, 215, 244, 252, 276
- мікропроцесорний пристрій** 60, 207
- мікропроцесорна система** 11, 22, 59, 60, 61, 62, 65, 80, 84, 85, 86, 95, 97, 194, 202, 206, 207, 279

- насос-форсунки** 49, 104, 109, 110, 115, 128, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 285
- нормувальний перетворювач** 29
- паливний акумулятор** 85, 95, 98, 100, 101, 107, 108, 111, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 134, 135, 140, 142, 143, 145, 293
- паливопідкачувальний насос** 84, 86, 94, 95, 101, 103, 105, 120, 121, 125, 126, 127
- перетворювачі кодів і сигналів** 33
- потенціометр(и)** 21, 25, 70, 73, 74, 91, 105, 110, 199, 202, 208, 230, 295, 296, 298
- приводи:**
 - гідравлічні 46, 47, 48, 49
 - електромагнітні 50
 - п'єзоелектричні 50, 54
 - пневматичні 46, 47
- режими роботи бензинового двигуна:**
 - гомогенний 131
 - пошаровий (стратифікований) 131
 - на збідненій гомогенній суміші 133
 - гомогенно-пошаровий 133
 - пошаровий – розігрівання каталізатора 133
 - пошаровий – стартовий 133
 - гомогенно-роздільний 133
 - гомогенно-антидетонаційний 134
- рознімач OBD-II** 258, 259
- самодіагностика** 148, 190, 244, 251, 252, 256, 277, 278, 281, 282, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295
- сигнал об'єкта** 15
- силові перетворювачі** 54
- синергетика** 10
- система(и):**
 - «Комфорт» 172, 180, 182, 264, 265, 266, 267, 270, 272, 274, 276
 - ACC 231
 - ATEC 206, 207
 - AYC 232, 233
 - CAN 262, 269
 - ESP 72, 172, 181, 195, 209, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 242, 244, 262, 273
 - SBC 229, 230
 - Servolectric 239, 240
 - TMD 289
 - антиблокувальна 72, 209, 210, 213, 214, 216, 219, 220, 223:
 - двоканальна 211
 - триканальна 211
 - чотириканальна 211
 - бортова 23, 99, 251, 252, 253, 269, 272, 276, 277, 279, 281, 284, 286, 288, 289, 293
 - впорскування:
 - UIS 111, 115, 146, 147, 148
 - UPS 111, 114, 115, 147
 - дистанційного діагностування 251, 286, 288, 289
 - контролю:
 - підйому вгору (HAC) 231, 234
 - тиску в шинах 248
 - тяги для спуску (HDC) 234
 - курсової стійкості автомобіля 224, 225, 226, 242
 - попередження перевертання (RSC) 234
 - протипробуксовна (ASR) 209, 215, 216, 217, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 271, 287
 - регулювання:
 - гальмівних зусиль 209
 - стійкості автомобіля 223
 - швидкості 152, 199, 231
 - розподілу гальмівних сил (EBD) 231, 233
 - рульового керування 236, 244
 - стабілізації руху автомобіля 224
 - керування:
 - активним диференціалом (AYC) 232, 233
 - обертальним моментом 233
 - освітлення і сигналізації 246
- соленоїд** 27, 28, 40, 41, 49, 50, 51, 52, 89, 162, 172, 177, 178, 186, 187, 188, 189, 215
- соленоїдний(і) клапан(и)** 89, 141, 163, 164, 187, 189, 190, 222
- стандартизація** 13
- телематика** 11, 12, 13, 25, 36, 78, 251
- телематичні системи** 12
- терморезистор** 21, 25, 26
- типи паливних насосів** 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

типи підвісок 154:

- пневматичні
- пружинні 156, 157, 161
- ресорні 156, 157
- торсійні 156, 157
- пневматичні 154, 155, 156, 157, 158, 161, 163, 164, 165, 167, 168, 172, 174, 179, 180, 181, 182

торсіон 154, 155, 157, 236

уніфікація 13

форсунка(и):

- електрогідравлічні 101, 104, 119, 121, 126, 127, 140, 141, 142, 143, 150
- електромагнітні 52, 53, 83, 117, 130, 135, 136, 137, 140, 143
- електромеханічні 139
- п'єзоелектричні 54, 143, 145, 149

функції інформаційних систем:

- контролерні 31, 62
- обчислювальні 32, 62
- розподіленої обробки даних 31, 62
- сервісні 32, 62
- тестові 32, 62

швидкодія системи 32, 214

шина CAN 11, 12, 14, 65, 68, 72, 103, 110, 155, 164, 170, 171, 172, 181, 183, 197, 198, 226, 227, 231, 242, 244, 245, 249, 257, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 290, 292

ЮВІЛЕЙ

доктору технічних наук, професору

Мигалю Василю Дмитровичу – 80 років!

**Хронологічний показчик науково-педагогічної діяльності
(монографії, підручники, навчальні та довідкові посібники)**

1. Мигаль В. Д. Вибрационные методы и средства распознавания дефектов машин / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1995. – 235 с.
2. Мигаль В. Д. Вибрация машин и ее диагностические признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1997. – 264 с.
3. Мигаль В. Д. Вибродиагностика при проектировании и изготовлении машин / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1996. – 244 с.
4. Мигаль В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХГПУ, 1997. – 293 с.
5. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Введение в теорию кибернетики: конспект лекций / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 100 с.
6. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Кибернетические системы управления техническим состоянием и движением транспортных машин: конспект лекций / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 98 с.
7. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Техническая система управления и искусственный интеллект. Технические средства кибернетических систем транспорта: конспект лекций / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 90 с.
8. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей. Иллюстративный материал к самостоятельной работе для студентов-специалистов: метод. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 73 с.
9. Мигаль В. Д. Техническая кибернетика транспорта. Иллюстративный материал к самостоятельной работе для студентов-магистров: метод. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2005. – 77 с.
10. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид. дім «ІНЖЕК», 2007. – 328 с.
11. Мигаль В. Д. Вибрация и надежность транспортных машин: монография / В. Д. Мигаль, В. П. Волков, В. П. Мищенко, С. А. Гаврилов, А. В. Мищенко, под ред. В. Д. Мигалю. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 383 с.
12. Мигаль В. Д. Технічна кібернетика транспорту: навч. посібник / В. Д. Мигаль, В. П. Волков. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2008. – 308 с.
13. Мигаль В. Д. Теорія і методи наукової творчості: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид. дім «ІНЖЕК», 2007. – 424 с.
14. Мигаль В. Д. Теорія і методи наукової творчості: навч. посібник / В. Д. Мигаль, В. П. Волков. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2007. – 200 с.
15. Мигаль В. Д. Організація, методи та викладання результатів наукових досліджень: навч.-метод. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2009. – 276 с.
16. Мигаль В. Д. Технологія наукових досліджень. Методи системного підходу й моделювання: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2009. – 200 с.
17. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей. Аппаратные засоби вібраційного діагностування: навч.-метод. посібник / В. Д. Мигаль, І. А. Мармут. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2009. – 190 с.

18. Мигаль В. Д. Техническая безопасность автомобиля: справ. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2011. – 202 с.
19. Основи технічного діагностування автомобілів: лабораторний практикум / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін. – Х.: ХНАДУ, 2011 – 128 с.
20. Лабораторний практикум з технічної експлуатації автомобілів: навч. посібник / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін. / Під загальною ред. В. П. Волкова. – Х.: ХНАДУ, 2012 – 516 с.
21. Мигаль В. Д. Средства информационных систем автомобиля: справ. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 444 с.
22. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 1. Дефекты производства и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 374 с.
23. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 342 с.
24. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 548 с.
25. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 4. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 596 с.
26. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 5. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 450 с.
27. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во Майдан, 2012. – 538 с.
28. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 1. Дефекты производства и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 350 с.
29. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 342 с.
30. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 548 с.
31. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 4. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 596 с.
32. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 5. Средства диагностирования (Книга 2) / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 460 с.
33. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 томах. Том 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – 2-е изд. стер. – М.: Изд-во ИПЦ Маска, 2013. – 538 с.
34. Мигаль В. Д. Методы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2014. – 416 с.

35. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, А. Н. Врублевский. – Х.: Изд-во Майдан, 2015. – 269 с.
36. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 1. Объекты и методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 459 с.
37. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 403 с.
38. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3-х томах. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 444 с.
39. Мигаль В. Д. Теория технической диагностики транспортных машин: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 466 с.
40. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 516 с.
41. Мигаль В. Д. Основы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 372 с.
42. Туренко А. Н. Проектирование диагностического обеспечения транспортных машин: учеб. пособие / А. Н. Туренко, В. Д. Мигаль, Л. А. Рыжих. – Х.: Майдан, 2016. – 392 с.
43. Мигаль В. Д. Техническая диагностика трансмиссии автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, С. А. Гаврилов. – Х.: Майдан, 2016. – 330 с.
44. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 320 с.
45. Мигаль В. Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017. – 313 с.
46. Мигаль В. Д. Системы диагностирования автомобиля: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2017. – 605 с.

Навчальне видання

Мигаль Василь Дмитрович

МЕХАТРОННІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ
АВТОМОБІЛЯ

Навчальний посібник

В авторській редакції

Технічний редактор Жадан О. І.

Комп'ютерна верстка Жадан О. І.

Підписано до друку 06.06.17. Формат 70x100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 19,63. Наклад 300 прим. Зам. № 17-57.

Видання і друк ТОВ «Майдан»
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59
Тел.: (057) 700-37-30
E-mail: maydan.stozhuk@gmail.com

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 1002 від 31.07.2002 р.

