

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Ю.М. Бороденко
А.В. Гнатов
Щ.В. Аргун

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ
Частина 2. «Ходова частина»

Підручник

Харків
ХНАДУ
2024

УДК 629.3.03: 621.38 (075)

Б 83

*Рекомендовано Вченою радою Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету,
дозвіл № 59/23/5.6 від 24 листопада 2023 р.*

Рецензенти: *Мигаль В.Д.*, д-р техн. наук, професор
Державний біотехнологічний університет
Магац М.І., к-т техн. наук, доцент
Львівський національний університет природокористування
Монастирський Ю.А. д-р техн. наук, професор
Криворізький національний університет
Сараєв О.В., д-р техн. наук, професор
Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Бороденко Ю.М.

Б83 Мехатронні системи автомобіля. Частина 2 «Ходова частина» / Ю.М. Бороденко, А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун: підручник. – Харків: Мачулін, 2024. – 228 с.

ISBN

Розглянуто компонентний склад електронних систем керування та способи реалізації керуючих впливів на агрегати ходової частини автомобіля. Наведено приклади структури та алгоритми функціонування мехатронних систем рульового керування, активних гальм і підвіски автомобіля провідних автовиробників. Дана загальна характеристика систем керування комбінованої структури шасі автомобіля, які дозволяють інтегрувати функції систем динамічної стійкості, допомоги водієві та безпеки руху автомобіля, включаючи можливості автопілотів.

Призначений для студентів електромеханічних спеціальностей автотранспортних навчальних закладів, корисний для інженерно-технічних працівників у сфері виробництва компонентів автомобільної мехатроніки та обслуговування автотранспортних засобів.

Іл. 152. Бібліогр. 84 найм.

УДК 629.3.03: 621.38 (075)

ISBN

Бороденко Ю.М.,
Гнатов А.В., Аргун Щ.В., 2024
ХНАДУ, 2024

ПЕРЕДМОВА

Підручник складено у відповідності до робочої програми навчальної дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» для підготовки бакалаврів в галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Підручник представлений двома частинами: «Силовий привід» і «Ходова частина». Друга частина, впродовж першої, складається з наступних п'яти тем. Шоста, сьома і восьма теми присвячені мехатронним системам рульового керування, активного гальмування і підвіски, які становлять основу ходової частини автотранспортного засобу. В дев'ятій темі розглянуто принципи будови і приклади реалізації комбінованих систем шасі. В десятій темі, мехатронні і телематичні системи розглядаються як засоби, що підвищують зручність керування автомобілем і забезпечують безпеку руху.

Підручник складено за матеріалами огляду сучасної навчальної літератури, опублікованих досягнень наукових досліджень та на основі технічної інформації, інструкцій і каталогів, викладених на сайтах виробників з автомобільної галузі.

Зміст матеріалу орієнтований на фахівців електромеханіків та для його опанування потрібні певні знання з спеціальних дисциплін (розділів), що передують за навчальним планом: устрій автомобіля, двигуни внутрішнього згорання, електрообладнання автомобілів, теорія електроприводу, дискретні пристрої автоматики, системи автоматичного керування.

Методологія викладення матеріалу передбачає послідовність інформації: призначення та класифікація систем і їх складових; устрій компонентів; структура та функціонування систем; приклади сучасних систем промислових зразків; концептуальні технічні рішення з використанням сучасних технологій.

Для кращого засвоєння матеріалу, в підручнику наводяться структурні схеми та ілюстрації натуральних об'єктів. Текст підручника супроводжується посиланнями на первинні та додаткові джерела інформації. Після кожної теми надано перелік контрольних запитань складених у форматі підсумкового контролю. Наприкінці підручника наведено перелік прийнятих скорочень та іноземних аббревіатур.

ВСТУП

На сьогодні поняття «*Автомобільна мехатроніка*» охоплює широкий спектр задач поліпшення характеристик АТЗ за показниками: безпеки руху, паливної економічності, експлуатаційних витрат, комфорту керування, технологічності виробництва окремих вузлів, агрегатів і систем.

В друга частина підручника присвячена структурному аналізу і алгоритмам функціонування диспульсивних систем рульового керування, активного гальмування і керованих підвісок, які складають гіперсистему ходової частини або шасі автомобіля.

Треба зауважити, що визначення понять «*Ходова частина автомобіля*» і «*Шасі автотранспортного засобу*», викликає певну полеміку між вітчизняними і закордонними спеціалістами автомобільно-будівельної галузі. До речі, поняття підвіска також визначається не однозначно. Наведемо визначення цих понять мовою Wikipedia [1].

Ходова частина забезпечує рух автомобіля з визначеним рівнем комфорту. Механізми і деталі ходової частини зв'язують колеса з кузовом, гасять його коливання, сприймають і передають сили, що діють на автомобіль. Будова ходової частини: рама, передній та задній мости, підвіска, колеса з шинами. Там же позначено, що ходова частина – це сукупність елементів шасі. *Шасі* – сукупність агрегатів і вузлів, змонтованих на спільній рамі. Вузли та агрегати шасі забезпечують привід від двигуна на рушії транспортного засобу та відповідають за його керованість на дорозі, вантажопідйомність та маневреність. До основних елементів шасі автомобіля відносяться: трансмісія; ходова частина; системи рульового керування і гальмування. *Підвіска автомобіля* – сукупність деталей, вузлів і механізмів, які грають роль сполучної ланки між кузовом автомобіля і дорогою. Підвіска входить до складу шасі. В інших джерелах технічної інформації поняття шасі і ходова частина автомобіля мають не однакові формулювання, а склад і підпорядкованість компонентів підвіски, у ряді випадків визначається, виходячи з контексту.

Щоб узгодити різні трактування означених понять для електромеханіків, автори підручника дотримуються припущення, що ходова частина автомобіля (рівно як і шасі), поєднує основні мехатронні системи, які відповідають за рух автомобіля в заданому напрямку, при заданих рівнях комфорту і безпеки руху.

6. СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

6.1. Загальні відомості про рульове керування

Система рульового керування (кермування) – сукупність елементів для спрямування руху транспортного засобу за допомогою рульового колеса. Складається з механізмів, що перетворюють положення (кут повороту) керма в пропорційну зміну положення коліс або аналогічних керуючих напрямком руху елементів [1].

На автомобілях система механічного кермування складається з редуктора (рульового механізму) і композиції тяг (рульової трапеції), що перетворюють поворот керма в поворот керованих коліс. Співвідношення кутів повороту керма і коліс відомо як передавальне відношення рульового керування і зазвичай, становить від 15:1 до 25:1. Колесо, що знаходиться з того боку, куди відбувається поворот, повертається на більший кут так, щоб точка перетину осей передніх коліс перебувала на осі задніх коліс (в цьому випадку всі колеса обертаються навколо однієї точки і не відбувається бічного ковзання шин). Згідно розглянутій структурі, неелектричні системи кермування автомобіля класифікують за загальними ознаками:

- місцем розташування керованих коліс (передня, задня вісь);
- принципом дії (механічні, пневматичні, гідравлічні);
- типом редуктора (рейкові, черв'ячні, гвинтові);
- способом зміни передавальної характеристики.

Розташування керованих коліс визначається типом і конструкцією транспортного засобу. Принцип дії системи кермування, як і будь-якої іншої системи, визначається джерелом енергії, використаної для підсилювача керма і в більшості випадків, диктується наявністю систем і агрегатів аналогічного принципу побудови на борту даного автомобіля [2].

Підсилювачі керма – системи і механізми в рульовому керуванні, призначені для зниження керуючого зусилля, що прикладається до рульового колеса, з метою підвищення комфорту і зниження стомлюваності водія.

Рульовий механізм є частиною системи рульового керування, яка перетворює обертальний рух рульового колеса в поступальний хід рульових тяг. Представляє механічний редуктор у вигляді передачі шестерня-рейка або черв'ячної передачі, або передачі гвинткулькова гайка (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Рульові механізми:
а – рейка; б – черв'як; в – кулькова гайка

Шестерня-рейка – на валу керма закріплена шестерня, яка діє на зубчасту рейку, що рухається уздовж осі керованих коліс. Кінці рейки через тяги повертають колеса (рис. 6.1, а). Застосовується на більшості легкових автомобілів (передньопривідних).

Черв'ячна передача – рульове колесо обертає черв'як, по якому ходить сектор зубчастого колеса. Перекочуючись по сектору черв'яка, ролик обертає вісь, з іншого боку якої закріплений важіль (сошка), який своїм рухом переміщує рульову трапецію (рис. 6.1, б).

Гвинт-кулькова гайка – рульове колесо обертає гвинтовий вал, поступально переміщаючи гайку (гвинтову втулку), через тяги переміщує рульову трапецію. Між витками валу і втулки розташовані кульки, що переводять тертя ковзання в тертя кочення (рис. 6.1, в). Механізм може застосовуватися спільно з гідропідсилювачем (втулка-гайка є також поршнем гідроциліндра).

Неелектричні способи керування кермом дозволяють реалізувати статичні передавальні характеристики системи за рахунок механічних перетворювачів, які мають обмежені експлуатаційні і технологічні показники. Так, наприклад, передавальне відношення можна реалізувати за рахунок засобів гідравлічного підсилювача, а нелінійність передавальної характеристики забезпечити за рахунок різної геометрії зубцевої зони рейкового механізму.

Електричні способи керування додатково дозволяють реалізувати необхідні динамічні характеристики підсилювачів керма, а також алгоритми активного кермування автомобілем в режимах дорожнього руху (системи допомоги водієві) на підставі інформації, отриманої з датчиків бортових систем різного призначення. Крім того, електричні системи керування характеризуються високою комунікабельністю і технологічністю виготовлення.

В мехатронних системах керування електронна частина керування традиційно складається з інформаційних датчиків, електронного блоку керування (ЕБК) і актуаторів (електромеханічних перетворювачі). В ЕБК, згідно закладеній програмі, виконується алгоритм формування сигналів керування виконавчими пристроями. Залежно від складності цього алгоритму (ступеню впливу на робочий орган рульового механізму) мехатронні системи керування поділяють на два типи – пасивні та активні [3, 4].

Пасивні системи самостійно не впливають на елементи кермового механізму, а керують підсилювачами керма і знижують наслідки неправильних дій водія. *Активні системи* AL, AS (системи помічники) надають автоматичне вплив на рульовий механізм залежно від умов і режимів руху автомобіля. Активні системи комбінованої структури, що реалізують більш складні алгоритми з керування ходовою частиною автомобіля, прийнято називати адаптивними. Таким чином, різноманітність мехатронних систем рульового керування можна представити загальною класифікаційною структурою (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Класифікаційна структура мехатронних систем рульового керування

Інтегральні системи керування реалізують оптимальні керуючі впливи через колеса обох осей автомобіля. При цьому, керування колесами задньої осі (підрулювання) здійснюється за допомогою електричного приводу під командою ЕБК.

Функціональність мехатронної системи керування характеризується можливістю автоматично змінювати (корегувати) статичні характеристики (коефіцієнти передачі крутного моменту K_M і кута повороту K_ϕ) залежно від дорожніх умов, режимів руху і характеру впливу водія на рульове колесо. З цього приводу, можна вважати, що максимальна функціональність рульового керування досягається в системах автомобілів-автопілотів.

В якості актуаторів (виконавчих пристроїв) в електронних системах рульового керування для реалізації керуючих впливів використовуються електроклапани і електродвигуни різного призначення. З цих позицій мехатронні системи рульового керування можна представити промисловими назвами:

- з електромагнітною муфтою рульової колонки – Magnasteer;
- з електроклапанним модулятором тиску рідини – Servotronic 1;
- з електромоторним гідронасосом – Servotronic 2;
- з електромоторним підсилювачем – Servolectric;
- з електроклапанним модулятором і електромоторним підсилювачем – Active Front Steering (AFS);
- з основним електромоторним приводом – Direct Adaptive Steering (DAS).

До наведеного переліку слід додати інтегральні системи рульового керування IAL (Integral Aktiv Lenkung) або AS (Assisted Steering), до складу яких входить електромоторний пристрій підрулювання задніх коліс HSR (Highly Sophisticated-transport Research).

Вимоги, що висуваються до систем керування сучасного автомобіля, полягають в забезпеченні надійності, керованості, інформативності та чутливості системи. Ці вимоги можна деталізувати за технічними показниками:

- забезпечення заданої траєкторії руху з необхідними параметрами поворотності, поворотності і стійкості (маневреності);
- нормоване зусилля на рульовому колесі при маневрі;
- забезпечення віброізоляції рульової колонки від нерівностей дороги;
- відповідність радіусу повороту автомобіля керуючому впливу на рульове колесо;
- стабілізація положення повернених керованих коліс;
- нормоване число обертів керма від середнього положення до крайніх положень;

- забезпечення превентивного керування при виході з ладу підсилувача;

- нормоване значення допустимого сумарного люфту керма.

Розглянемо устрій базової системи кермування з гідравлічним підсилувачем (ГПК). Виконавчий механізм гідропідсилувача легкового автомобіля, як правило, компонований разом з рульовим механізмом [5]. Такі підсилувачі називаються інтегральними (рис.6.3).

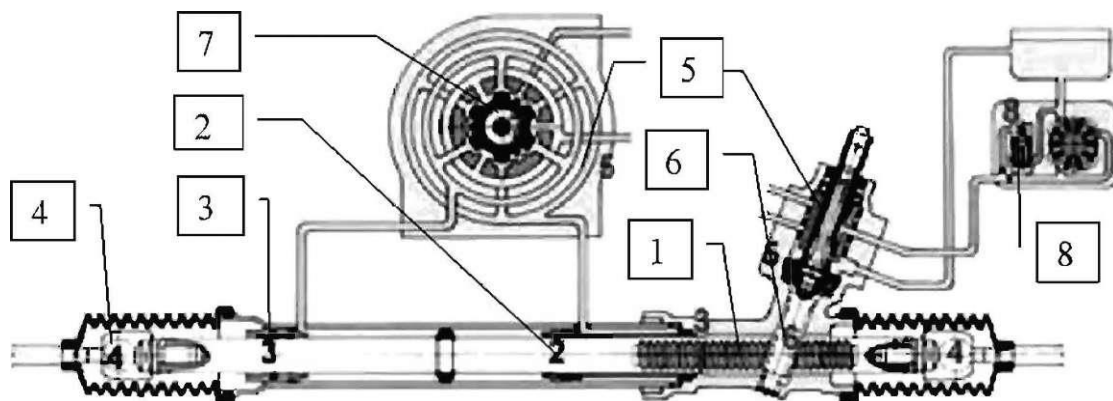


Рис. 6.3. Рейковий рульовий механізм з гідропідсилувачем:

- 1 – рульова рейка; 2 – поршень; 3 – сальники; 4 – шарніри рульових тяг;
5 – розподільник із золотником; 6 – шестерня; 7 – торсіон;
8 – роторний гідронасос

Роторний або аксіально-поршневий насос 8, що приводиться в дію ременем від колінчастого валу ДВЗ, засмоктує з бачка масло і нагнітає під тиском до 100 атм в золотниковий розподільник 5.

Розподільник відстежує зусилля на кермі і строго дозовано допомагає повертати керовані колеса. Для цього, використовують чутливий пристрій (найчастіше торсіон 7, вбудований в розріз рульового валу). Коли машина стоїть або їде по прямій, то зусилля на рульовому валу немає, і торсіон не закручений – відповідно перекриті дозуючі канали розподільника, тиск в магістралі не підвищується, а масло зливається назад в бачок.

При повороті керма торсіон закручується тим сильніше, чим більше зусилля на кермі. Золотник відкриває канали і направляє масло в виконавчий пристрій (гідроциліндр). У механізмі типу «гвинткулькова гайка» більший тиск подається або за поршень 2, або до нього, допомагаючи тому переміщатися уздовж рульового валу. В рейковому механізмі масло подається в корпус рейки по одну або іншу сторону поршня, пов'язаного з рейкою 1, і підштовхує її вправо

або вліво. Коли рульове колесо вже повернуто до упору, спрацьовують запобіжні клапани, скидаючи тиск масла і запобігаючи пошкодженню деталей механізму. Недоліком систем з гідропідсилювачем є мале реактивне зусилля на кермі.

Щоб домогтися гарної керованості рульового приводу і водночас не зробити рульове колесо занадто тугим, необхідно оптимізувати параметри, які впливають на значення зусилля, що повертає: продуктивність насоса, характеристики золотника, жорсткість торсіону, геометрію передньої підвіски, кути установки коліс. Крім того, певний вплив на реакцію рульового колеса чинять параметри задньої підвіски, характеристики шин і навіть жорсткість кузова на скручування. Оптимізація характеристики рульового керування полягає в забезпеченні певної залежності між реактивним зусиллям на рульовому колесі і поточною швидкістю руху автомобіля (рис. 6.4).



Рис. 6.4. Регулювальні характеристики підсилювача рульового керування

Далі розглянемо устрій мехатронних систем провідних виробників різного принципу побудови і функціональних можливостей.

6.2. Характеристика датчиків мехатронних систем

У системах рульового керування застосовуються датчики різного призначення і принципу будови [6]:

- крутного моменту на рульовому колесі або кермі;
- кута повороту рульового колеса;
- сумарного кута повороту рульового механізму;
- швидкості руху автомобіля;

- частоти обертання ДВЗ;
- відхилення від заданого курсу (поперечного прискорення).

Датчик крутного моменту на рульовому колесі (ДКМР) встановлюється на автомобілях з електропідсилювачем керма (ЕПК). У деяких автомобілях датчик ДКМР працює в парі з датчиком, який контролює кут повороту керма.

Розрізняють декілька конструкцій датчиків ДКМР, побудованих на різних фізичних принципах: оптичний, індуктивний, датчик Холла, магніторезистивний датчик. Всі перераховані види датчиків безконтактні вимірювальні пристрої (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Датчики крутного моменту:
а – устрій; б, в – конструктивні виконання

На рис. 6.5, а позначено позиції: 1 – вхідний вал; 2 – кільцевий магніт; 3 – датчик Холла; 4 – вихідний вал-шестерня; 5 – торсіон; 6, 7 – перший та другий статори. Крім фізичних принципів, датчики розрізняються за швидкістю і точністю вимірювання.

Найпоширенішим є датчик ДКМР, побудований на базі елементів Холла. Встановлюється датчик крутного моменту на рульовій колонці. За допомогою торсіону-стрижня рульовий вал і вал-шестерня зв'язуються між собою, а на корпусі встановлюється чутливий елемент. Щоб збільшити чутливість і надійність вимірювань в конструкції датчика встановлюється дві аналогові мікросхеми Холла. Під час провертання рульового колеса торсіон обертається і закручується, що приводить в рух багатополосний магніт відносно зубців статора. При цьому, через елементи Холла з формується магнітний потік, пропорційний зусиллю, прикладеному до керма.

У магніторезистивному датчику ДКМР, вимірювання відбуваються схожим чином, шляхом обертання на рульовому валу двох магніторезистивних чутливих елементів, які вимірюють магнітний потік і утворюють електричний сигнал. У разі виходу з ладу датчика крутного моменту рульового колеса відбувається автоматичне плавне відключення підсилювача.

Індуктивний датчик ДКМР складається з двох концентричних циліндрів з отворами (слотами перфорації), які утворюють магнітну систему. В статорній частині датчика розташовані дві пари концентричних котушок (обмоток), які утворюють два ідентичних трансформатора (рис. 6.6, а).

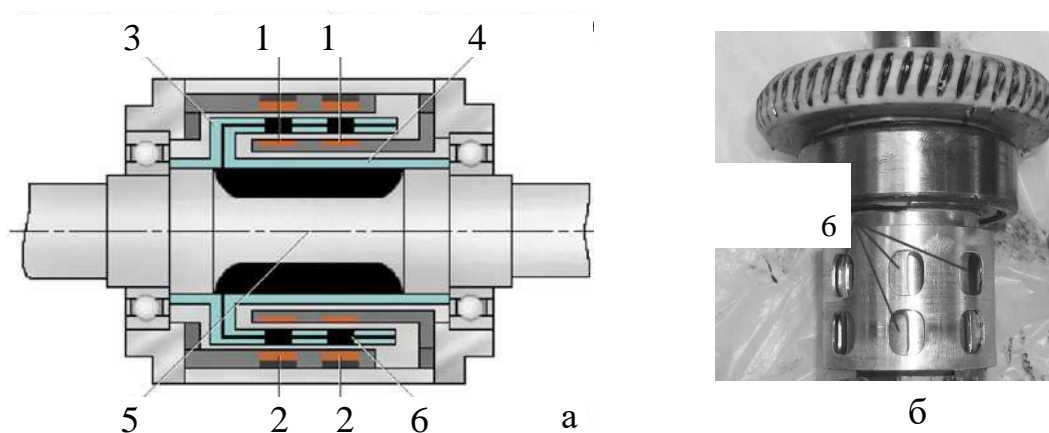


Рис. 6.6. Індуктивний датчик крутного моменту:
а – устрій; б – зовнішній вигляд

На рис. 6.6 позначено позиції: 1 – первинні обмотки; 2 – вторинні обмотки; 3 – зовнішній циліндр; 4 – внутрішній циліндр; 5 – торсіон; 6 – слоти перфорації. Зусилля, прикладене до керма, викликає поворот валу роторної частини датчика із зовнішнім перфорованим циліндром. Деформації торсіону призводять до радіального зміщення слотів зовнішнього і внутрішнього циліндрів відносно один одного. В результаті цього, пропорційно прикладеному зусиллю, змінюється перетин сердечника (феромагнітної маси) між зовнішніми і внутрішніми котушками. При цьому, для одного трансформатора деформації кручення призводять до збільшення магнітного зв'язку котушок, для другого навпаки – до зменшення. Таким чином, змінна напруга (частота 20 кГц) трансформується в диференційний сигнал на вторинних обмотках датчика. Збільшення або зменшення середнього значення диференційної напруги буде визначати напрямок і значення прикладеного крутного моменту.

Датчики кута повороту рульового колеса (ДКПР) на відміну від інших датчиків кутового переміщення характеризується широким діапазоном вимірювань (понад 720 градусів в кожную сторону). Датчик встановлюється на рульовій колонці між перемикачем і рульовим колесом, іноді – на рульовому механізмі. Датчик ДКПР служить для визначення кута повороту, напрямку і кутової швидкості повороту рульового колеса. Принцип будови та конструкція датчика визначається функціональними вимогами до системи керування (рис. 6.7).



Рис. 6.7. Варіанти конструкцій датчиків кута повороту рульового колеса

Датчики ДКПР побудовані за різними фізичними принципами вимірювань: потенціометричні, оптичні, магнітоелектричні, магніто-резистивні.

Потенціометричний ДКПР включає два потенціометра, закріплених на рульовій колонці. Один потенціометр зміщений відносно другого на 90 градусів, що дозволяє визначати відносний і абсолютний кути повороту рульового колеса. Значення опорів потенціометрів пропорційні куту повороту рульового колеса. Контактний спосіб вимірювання обмежує застосування датчиків потенціометричного типу. Більш досконалим сенсорним пристроєм є безконтактний *оптичний датчик* ДКПР, який поєднує кодувальний диск, джерела випромінювання та світлочутливі елементи (оптопари), і блок визначення повних обертів (рис. 6.8, а).

Кодувальний диск жорстко закріплений на рульовій колонці. Він має два сегментарних кільця – внутрішнє і зовнішнє. На внутрішньому кільці розміщені прямокутні отвори рівномірно по колу, а на зовнішньому, – нерівномірно. Перфорація внутрішнього кільця дозволяє визначати величину кута повороту рульового колеса, а комбінація отворів зовнішнього кільця дозволяє оцінити напрямок обертання рульового колеса в будь-який момент часу. Між кільцями розташовані джерела випромінювання (світлодіоди). Зовні кільця встановлені світлочутливі елементи (фоторезистори).

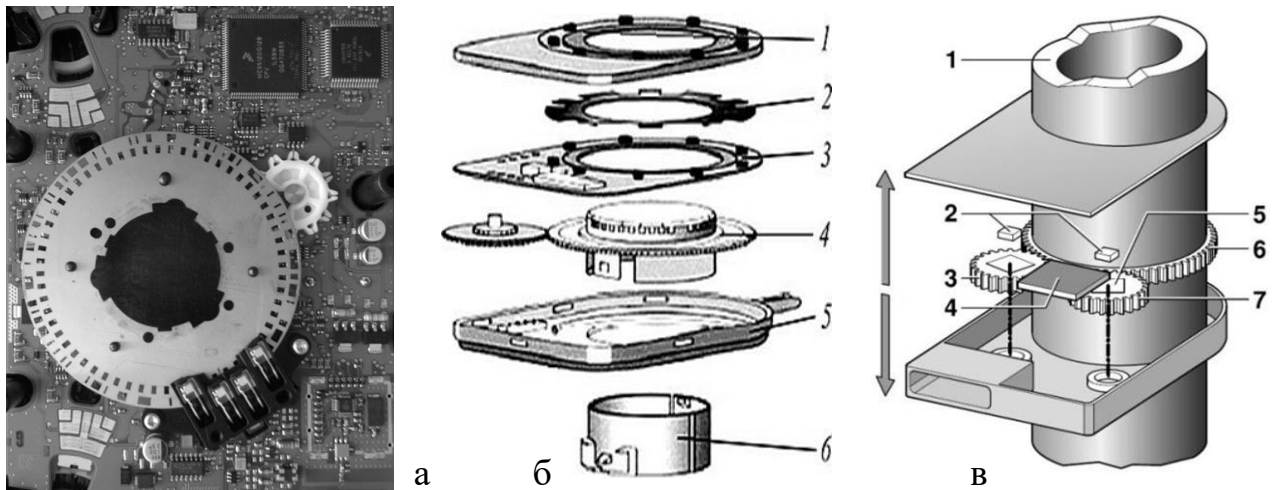


Рис. 6.8. Устрій датчиків кута повороту рульового колеса:
 а – з фотоелементами; б – з елементами Холла; в – з магніторезисторами

При попаданні освітлення на фоторезистори датчика формується сигнал. На підставі імпульсів напруги сформованих фоторезисторами, електронний блок датчика розраховує кут і напрямок повороту рульового колеса.

Магнітоелектричний ДКПР (рис. 6.8, б) включає: диск з дев'ятьма постійними магнітами 1; кодувальний диск 2; диск з елементами Холла 3; шестерню редуктора передачі повороту рульового колеса 4; корпус датчика 5; сполучну втулку 6. Поточний код сигналу датчика сприймається мікроконтролером, який формує відповідний сигнал керування виконавчим пристроєм системи.

Магніторезистивний ДКПР (рис. 6.8, в) активується рульовою колонкою 1 і складається з: елементів магніторезистивного датчика 2; вимірювальних шестерень 3 і 7; електронної плати 4; постійних магнітів 5; повідної шестерні 6. Магніторезистивний ДКПР є більш універсальним пристроєм, тому що крім відносного і абсолютного кута повороту рульового колеса дозволяє визначати його кутову швидкість. Конструкція датчика включає два магніторезистивних елемента, закріплених в корпусі датчика. Магніторезистори активізуються двома рухомими магнітами. Привідні зубчасті колеса мають різну кількість зубців (відрізняється на одиницю).

Датчик сумарного кута повороту рульового механізму (ДСКР) побудований аналогічно ДКПР (рис. 6.9).

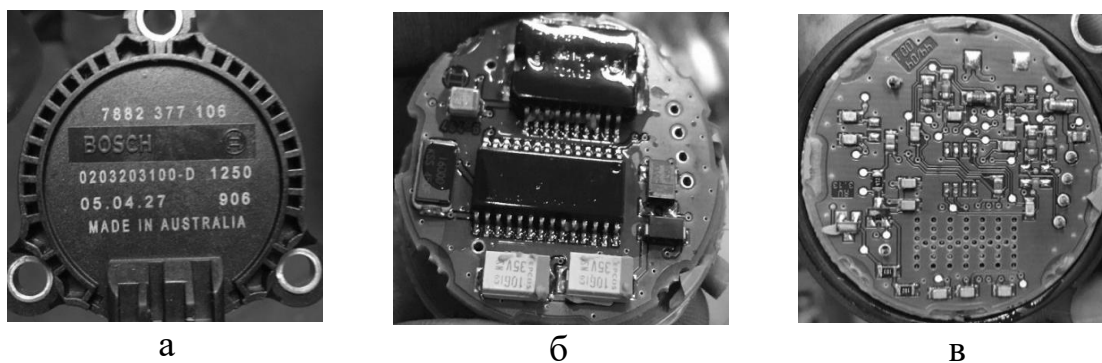


Рис. 6.9. Датчик сумарного кута повороту рульового механізму:
а – вигляд у зборі; б – компоновка елементів в – друкований монтаж

Датчики, які вимірюють швидкість обертання коліс або швидкість руху автомобіля, зазвичай мають магнітоелектричний (цифровий датчик Холла) або індукційний принцип будови (рис.6.10).



Рис. 6.10. Зовнішній вигляд датчиків суміжних електронних систем:
а – швидкості руху автомобіля; б – швидкості обертання коліс;
в – частоти обертання ДВЗ

Цифровані або імпульсні сигнали цих датчиків зазвичай, отримуються від суміжних систем керування, де вони використовуються, як основні.

6.3. Устрій гідроелектричних систем

Для забезпечення необхідних передавальних характеристик рульового керування, використовуються гідропідсилювачі з електронним регулюванням. В *електромагнітній системі Magnasteer* це завдання вирішується за допомогою електромагнітної муфти, яка змінює жорсткість торсіону [7] (рис. 6.11).

Згідно позиціям рис. 6.11, а, позначено: 1 – гідронасос з бачком; 2 – блок керування; 3 – електронний спідометр; 4 – рейковий рульовий механізм з гідропідсилювачем; 5 – розподільник з електромагнітним пристроєм корекції жорсткості торсіону; 6 – рульове колесо.

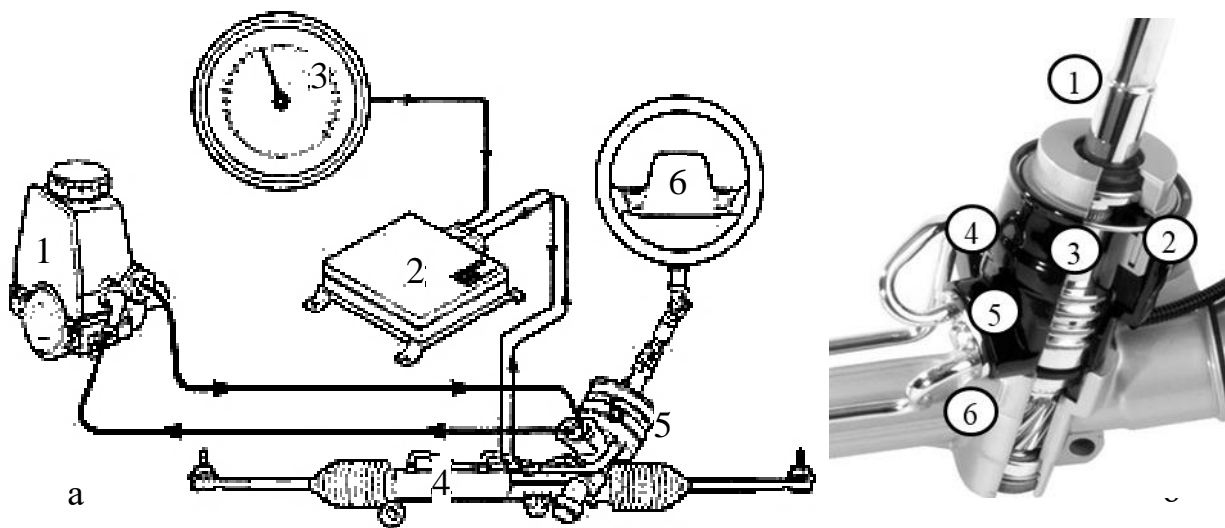


Рис. 6.11. Система рульового керування Magnasteer:
а – склад системи; б – установка електромагнітної муфти

На рис. 6.11, б, відповідно: 1 – вал керма; 2 – статорні обмотки; 3 – роторні магніти; 4 – електричне рознімання; 5 – розподільник тиску; 6 – рейкова передача.

Одним кінцем торсіон жорстко прикріплений до валу керма, а до іншого кінця кріпиться шестерня рейкового механізму і відповідна частина золотника, так званий стакан. Коли автомобіль їде прямо або стоїть на місці і кермо не обертають, золотник і стакан знаходяться в нейтральному положенні і відтинають гідросистему від виконавчого механізму. При поверненні керма і коліс виникає опір діям водія. Через кермові тяги, зусилля опору коліс передається на рейку, шестерню і нижній кінець торсіону. Поки шестерня і стакан золотника стоять на місці, кермо починає повертатися разом з рульовим валом, золотником і верхнім кріпленням торсіону. В результаті, торсіон закручується на деякий кут, золотник і стакан повертаються відносно один одного і відкривають для проходу масла в гідропідсилювач профільовані вікна-канавки. Чим м'якше торсіон, тим на більший кут повертається золотник і стакан. При цьому, виникає більший тиск у виконавчому механізмі гідропідсилювача і полегшується зусилля на кермі. При жорсткому торсіоні, кут відкриття клапанів золотника зменшується, і реакція на кермо посилюється.

В системі Magnasteer кінці торсіону з'єднані зі статором і ротором магнітної системи. На статорі розташовані електричні котушки, а на роторі встановлені потужні постійні магніти, утворюючи пропорційний електромагнітний привід скручування торсіону. В початко-

вому стані, коли котушки знеструмлені торсіон наполовину закручений пружним елементом.

При активізації рульового колеса, ЕБК, на підставі сигналу від спідометра (датчика швидкості руху автомобіля) формує сигнал керування електромагнітним приводом. При цьому, змінюється напрямок і сила струму в обмотках електромагніту (ШІМ-регулювання) пропорційно швидкості руху автомобіля V_A . Відповідна реакція приводу спричиняє змінення жорсткості торсіону. Таким чином, реалізується функціональна залежність $K_M=f(V_A)$ у всьому діапазоні швидкостей автомобіля. Якщо, до системи Magnasteer додати ще й датчики кутового положення керма (φ_{PK}) і крутного моменту на рульовому колесі (F_{PK}), то з'являється можливість створювати оптимальні реактивні зусилля в діапазонах змінень цих параметрів $K_M=f(V_A, \varphi_{PK}, F_{PK})$.

Гідроелектрична система Servotronic. В конструкції ZF Servotronic, на допомогу золотникам приходять електрогідравлічний модулятор тиску (електромагнітний клапан і камера зворотної дії з поршнем). Сигнал керування електрогідравлічним модулятором формується ЕБК на підставі показань спідометра аналогічно системі Magnasteer [8] (рис. 6.12).

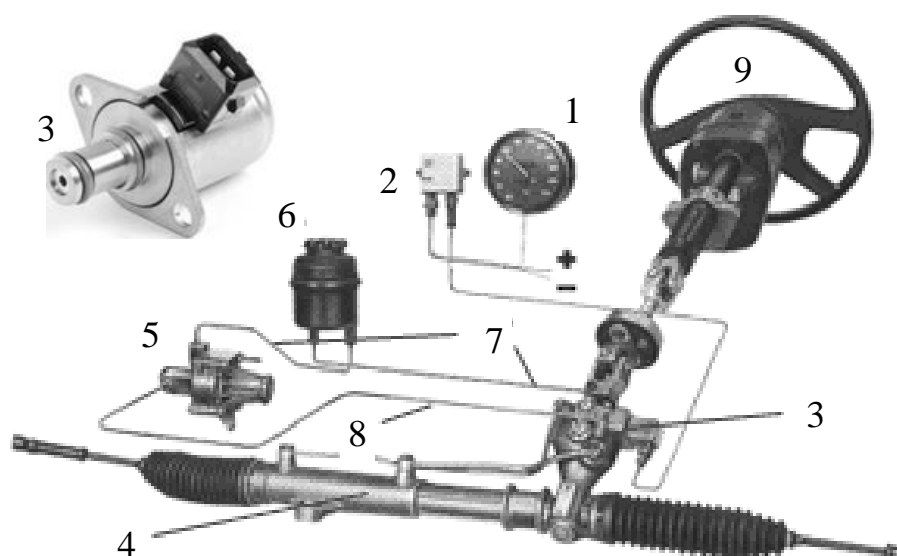


Рис. 6.12. Склад системи Servotronic з модулятором тиску:
1 – електронний спідометр; 2 – блок керування; 3 – електрогідравлічний модулятор; 4 – рейковий рульовий механізм; 5 – гідронасос; 6 – компенсаційний бачок; 7, 8 – гідромагістралі; 9 – рульове колесо

Зі зростанням швидкості V_A , за сигналом від ЕБК, модулятор обмежує тиск в робочому контурі і допомога гідروпідсилювача зменшується до нуля.

При повороті коліс на місці або при русі з малою швидкістю клапан відкритий, тиск в системі максимальний (легке кермо). При наборі швидкості, клапан, керований ЕБК, пропорційно закривається. В результаті, тиск в системі зменшується, а зусилля на кермі збільшується (важке кермо). Розглянемо дію системи за детальною схемою її устрою (рис. 6.13).

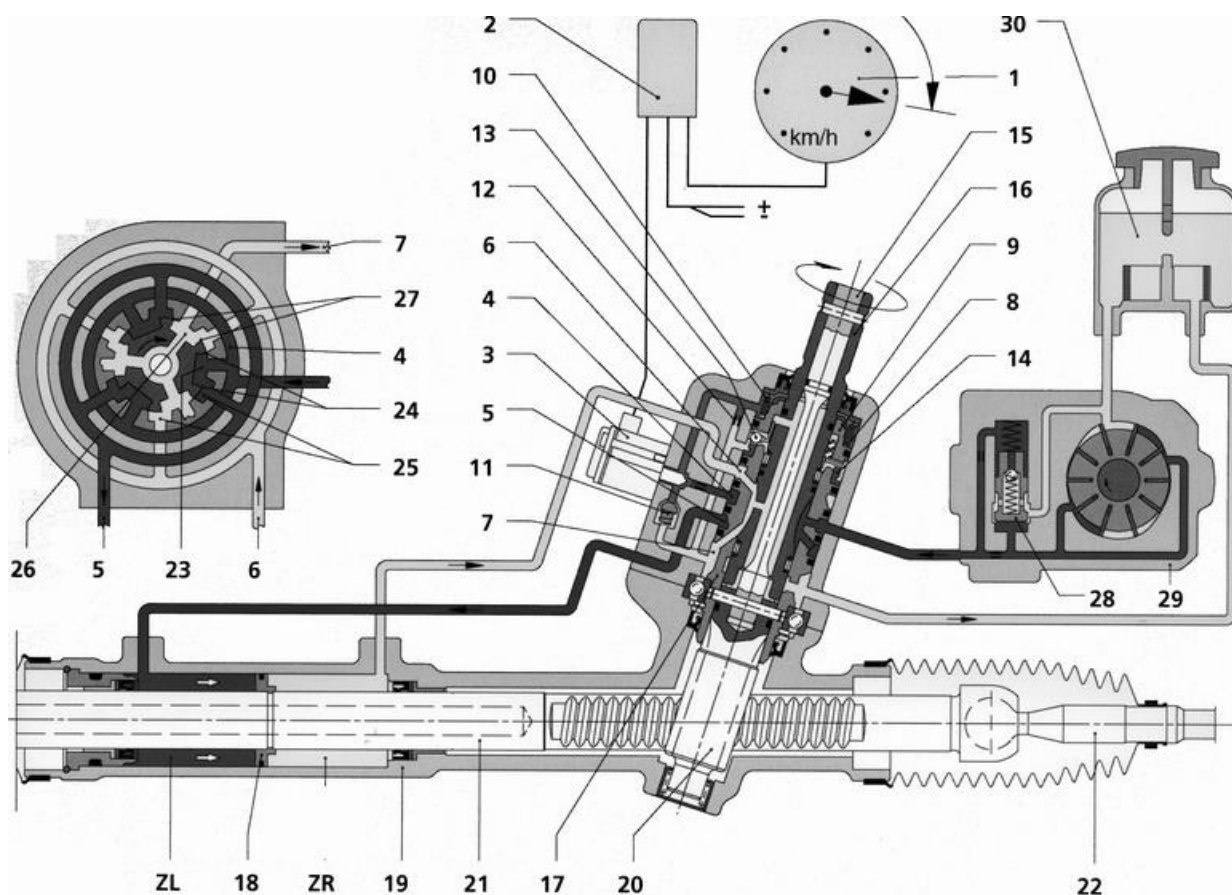


Рис. 2.1.13. Схема гідроелектричної системи Servotronic:

- 1 – електронний тахометр; 2 – електронний блок; 3 – електрогідравлічний перетворювач; 4, 5, 6 – радіальні канавки; 7 – камера зворотної магістралі; 8 – камера зворотної дії; 9 – поршень зворотної дії; 10 – підпорна пружина; 11 – відсічний клапан; 12 – діафрагма; 13 – кулька; 14 – фіксатор; 15 – торсіонний стрижень; 16 – пружна муфта; 17 – золотникова втулка; 18 – поршень; 19 – корпус; 20 – шестерня; 21 – зубчаста рейка; 22 – поперечна тяга; 23 – канавка магістралі, що подає; 24 – кромка магістралі, що подає; 25 – осьова канавка; 26 – регулююча канавка зворотної лінії; 27 – керуюча канавка зворотної магістралі; 28 – редукційний клапан; 29 – насос ГУР; 30 – резервуар гідравлічної рідини; ZL, ZR робочі циліндри

Відкриття клапана модулятора узгоджується з поточною швидкістю руху автомобіля. В лінії подачі робочої рідини обмежується потік від радіальної канавки 4 в камеру зворотної дії 8. Діафрагма 12 перешкоджає відтіканню великої кількості рідини в камеру зворотної дії 7, тому в ній встановлюється підвищений тиск. За рахунок цього виникає підвищений тиск рідини на поршень зворотної дії 9, а притискне зусилля кульок в призматичних направляючих 13 зростає. Якщо автомобіль рухається прямолінійно, то це сприяє правильній центрівці клапана. При роботі клапана модулятора зростання навантаження на кульки додатково перешкоджає обертанню пружної муфти. Тому, в умовах зазначеного гідравлічного опору потрібен збільшений момент приводу рульового колеса, щоб певне гідравлічне посилення встановилося в правій ZR або лівій ZL камері.

При русі автомобіля на високій швидкості, коли потік рідини малий для роботи перетворювача або взагалі відсутній, керуючий клапан в ньому відкритий повністю. За рахунок цього, максимальний тиск встановлюється в системі протидії, рідина надходить через радіальну канавку припливної лінії 4.

При обертанні рульового колеса вправо на високій швидкості руху, підвищується робочий тиск в системі, а також тиск протидії, в роботу вступає поршень протидії, до якого надходить потік рідини з камери зворотної дії 8. Як тільки тиск протидії обертанню рульового колеса досягає верхньої межі, з метою виключення подальшого підвищення тиску рідини відкривається відсічний клапан 11 і рідина надходить в камеру зворотної лінії 7. При цьому, момент приводу рульового колеса не збільшується і зберігається оптимальний контакт коліс з дорожнім полотном.

Електрогідравлічна система Servotronic. В електрогідравлічному варіанті підсилювача керма (ЕГПК) Servotronic, механічний гідронасос замінений електронасосом [9] (рис. 6.14).

На малих швидкостях руху автомобіля, швидкість обертання насоса максимальна, а на великих – обмежується блоком керування. Тому, чим вище швидкість руху, тим «важче» стає кермо. Заміна гідронасоса електронасосом дозволяє знизити витрату палива до 0,2 л на 100 км (не витрачається потужність ДВЗ). Налаштовуючи програму роботи блоку керування, можна адаптувати ЕГПК до різних моделей автомобілів.

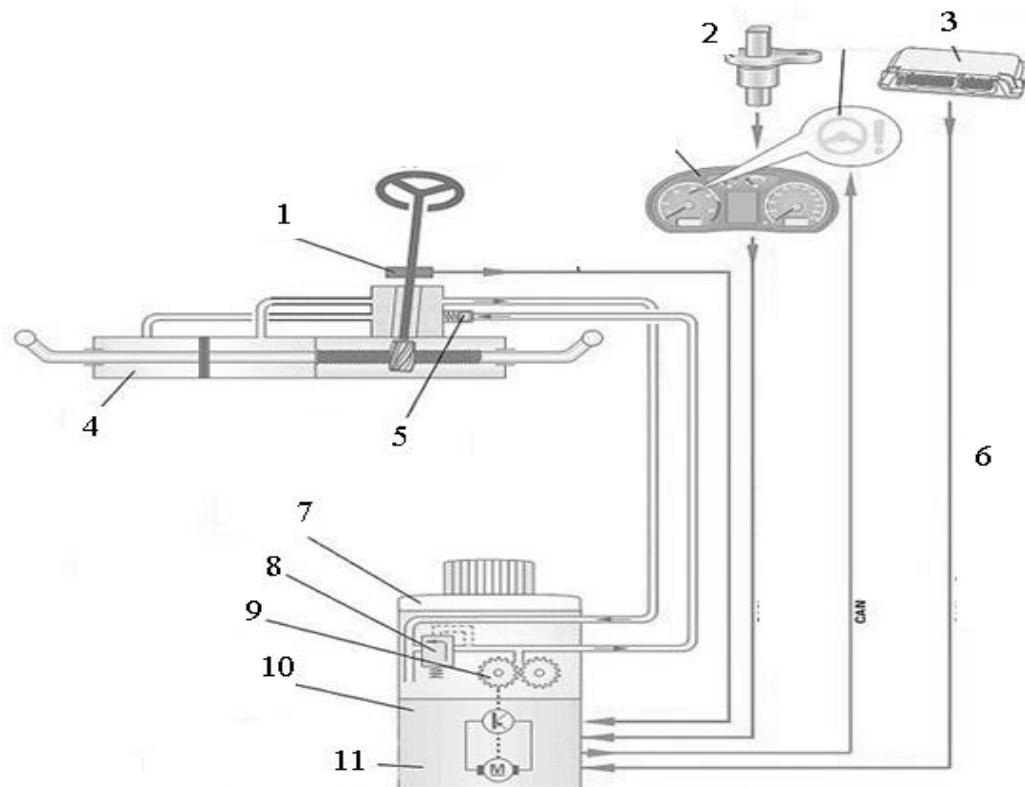


Рис. 6.14. **Схема електрогідравлічної системи Servotronic 2:**
 1 – датчик підсилювача керма; 2 – датчик швидкості автомобіля; 3 – блок керування ДВЗ; 4 – рульовий механізм; 5 – зворотний клапан; 6 – сигнал частоти обертання ДВЗ; 7 – бачок з рідиною; 8 – редукційний клапан (обмеження тиску рідини); 9 – гідронасос; 10 – блок керування насосом; 11 – електродвигун гідронасоса

Електричний насос гідропідсилювача підключається тільки в певні моменти, тому що автомобіль з ЕГПР оснащений комбінованим датчиком (повороту керма і зусиллю на кермі). Показання датчиків визначають швидкість обертання включення і відключення електронасоса. Таким чином, система Servotronic 2 дозволяє реалізувати оптимальні залежності $K_M=f(V_A, \varphi_{PK}, F_{PK})$. Тим не менше, гідропідсилювачі завжди мають низький ККД. Більш ефективними при невисоких зусиллях є електромеханічні підсилювачі типу Servoelectric.

6.4. Устрій електромеханічних систем

Привід електричного підсилювача керма (ЕПК) активізується електродвигуном, який, як правило, представлений асинхронним електродвигуном. На торсіон пристрою, що відстежує, встановлений датчик крутного моменту на кермі (ДКМК), і залежно від його сигналу

ЕБК забезпечує струм потрібної полярності і сили на обмотки електродвигуна, пов'язаного з рульовим механізмом через механічну передачу. За сигналами від датчика швидкості можна змінювати характеристику підсилювача відповідно до будь-якої, закладеної в пам'ять ЕБК залежності.

Для реалізації алгоритмів керування система ЕПК використовує інформацію, що надходить від блоків керування ABS (колісних датчиків кутової швидкості ДК) і керування двигуном (датчика частоти обертання колінчастого валу ДЧО/ДПКВ) [7, 10].

При повороті водієм рульового колеса відбувається скручування торсіонного валу і активізація датчика ДКМК. Програма ЕБК обробляє інформацію з датчика моменту і інших датчиків, що характеризують режими руху автомобіля. В результаті обчислень необхідного додаткового крутного моменту, на виході ЕБК формується сигнал керування електродвигуном привода рульового механізму.

Залежно від повної маси і компонування автомобіля ЕПК може вбудовуватися в різні ланки системи рульового керування (рис. 6.15).

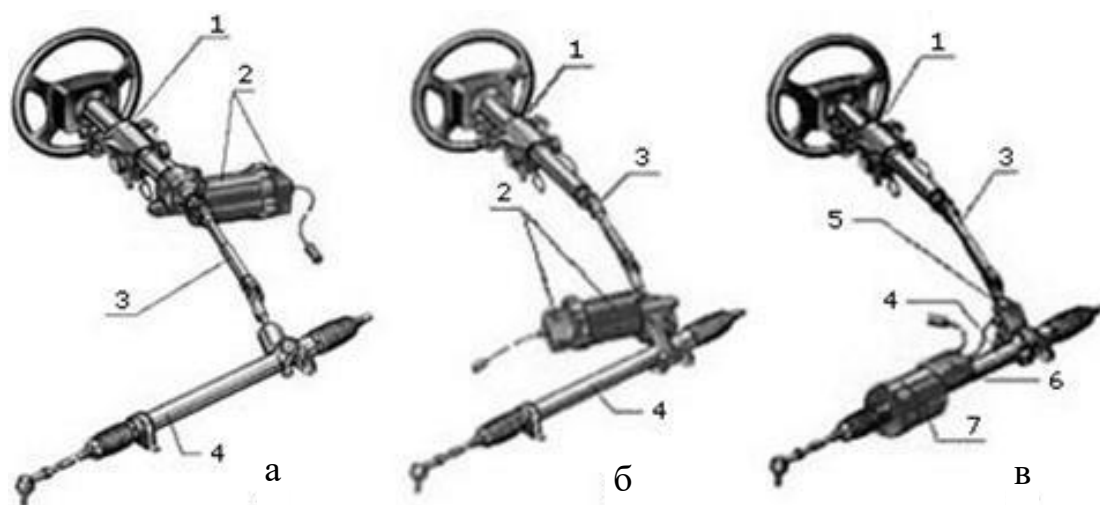


Рис. 6.15. Варіанти компоновки електропідсилювачів ZF Servolectric:
 а – для автомобілів малого класу; б – для автомобілів середнього класу;
 в – для вантажівок

Згідно позиціям рис. 6.15 позначено: 1 – рульова колонка; 2 – електродвигун з черв'ячною передачею і ЕБК; 3 – проміжний вал; 4 – рейковий рульовий механізм; 5 – пристрій з торсіоном, що відстежує; 6 – блок керування; 7 – електропривод з механізмом гвинткульова гайка-рейка.

Якщо, в системах типу Columntype (рис. 6.15, а) всі елементи знаходяться в кабіні автомобіля, то основні робочі елементи систем Piniontype і Rackassisttype (рис. 6.15, б, в) перебувають поза кабіною, в моторному відсіку, що полегшує їх охолодження. В машинах малого класу в якості редуктора використовується черв'ячна передача (рис. 6.16, а).

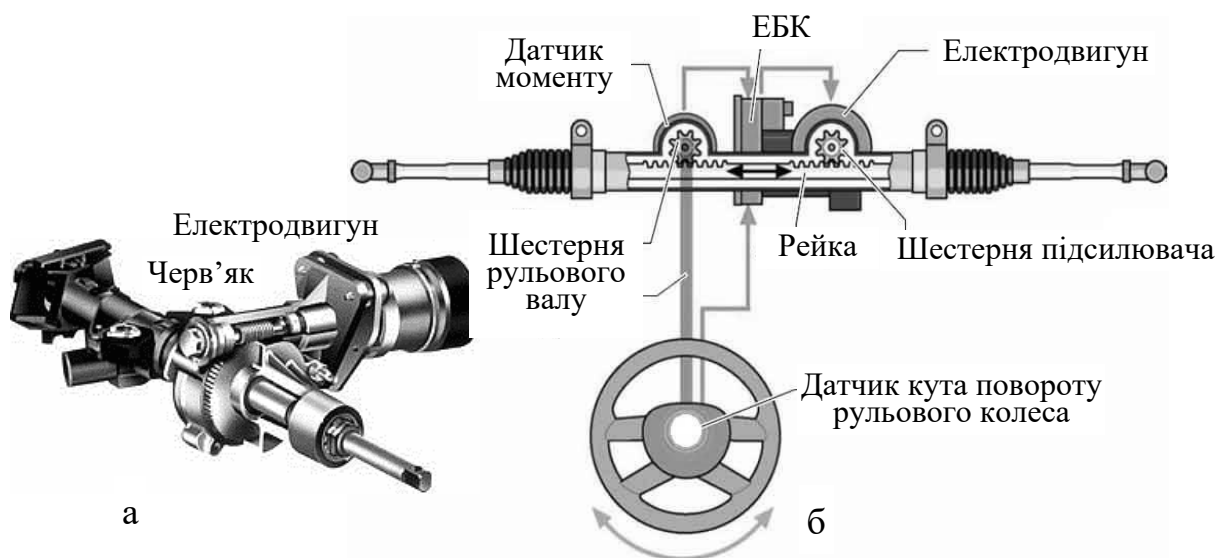


Рис. 6.16. Варіанти рульових механізмів системи Servolectric:
а – черв'ячний; б – з двома шестернями

Варіанти конструкції Rackassisttype представлені у вигляді підсилювача керма з двома шестернями або підсилювача керма з паралельним приводом. В ЕПК з двома шестернями передача крутного моменту здійснюється від рульового колеса на рейку рульового механізму однією шестернею. На іншу шестерню момент передається за допомогою електричного мотора (рис. 6.16, б).

У ЕПК з паралельним приводом електромотор передає зусилля на рейку рульового механізму за рахунок пасової передачі або передачі гвинт-кулькова гайка (рис. 6.17).

Програмою керування ЕБК передбачені режими функціонування електромеханічного підсилювача керма:

- поворот автомобіля в звичайному режимі;
- поворот машини на великій швидкості;
- поворот машини на малій швидкості;
- повернення коліс у середнє положення;
- підтримання коліс в середньому положенні.

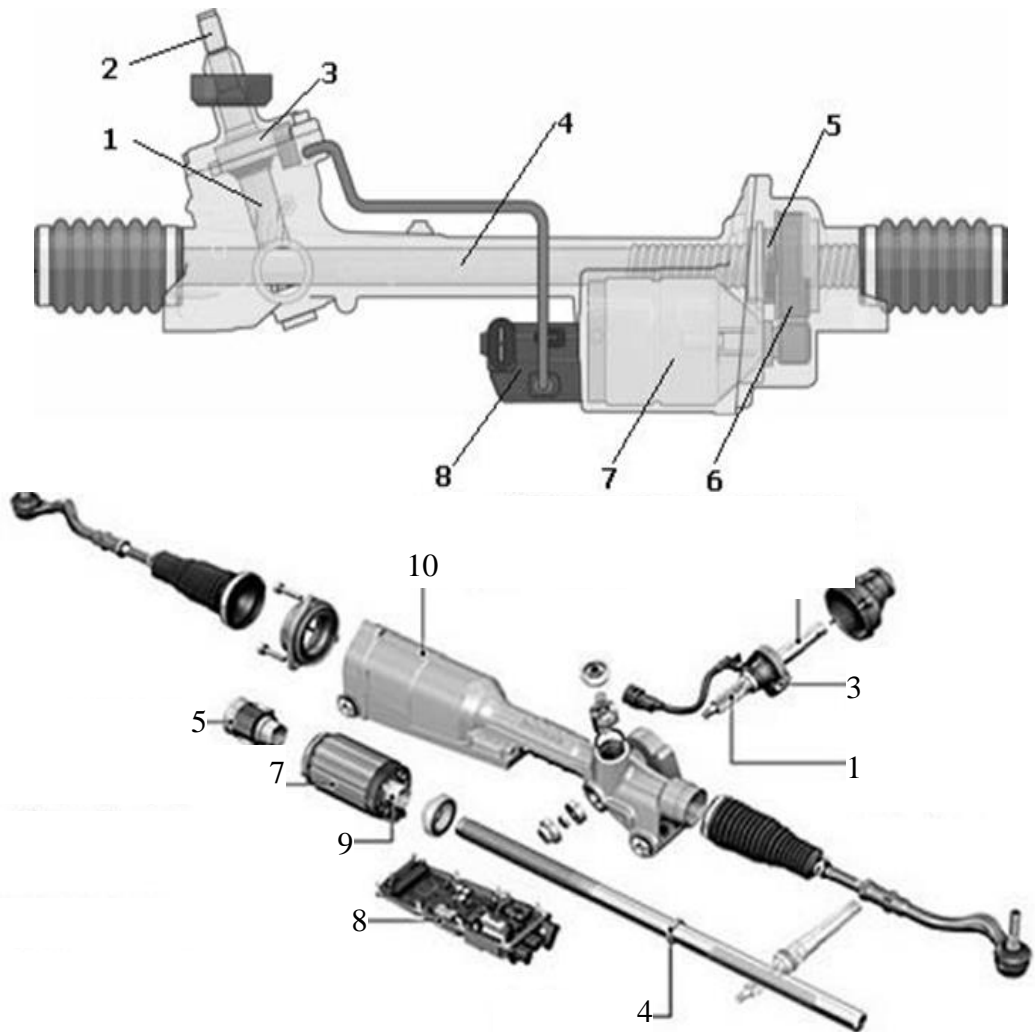


Рис. 6.17. Компонівка механізмів гвинт-кулькова гайка системи **Servolectric**: а – з пасовою передачею; б – з інтегрованим електродвигуном

Згідно з позиціями рис. 6.17 позначено: 1 – повідна шестерня; 2 – рульовий вал; 3 – датчик крутного моменту; 4 – рейка; 5 – кулькова гайка; 6 – ремінна передача; 7 – електродвигун; 8 – ЕБК; 9 – полий вал (ротор) електродвигуна; 10 – картер рульового механізму.

До основних переваг застосування ЕПР в порівнянні з гідروпідсилювачем відносяться:

- надійність за рахунок відсутності гідравлічної системи;
- забезпечення кращого зв'язку водія з дорогою;
- компактність, простота обслуговування і безшумна робота;
- точність і зручність регулювання характеристик рульового керування;
- можливість реалізації автоматичного керування;
- економія палива за рахунок того, що електропідсилювач працює тільки під час повороту керма;

- технологічність виробництва і установки на автомобіль;
- екологічна безпека (відсутність рідини);
- можливість керування транспортним засобом в аварійному стані;
- забезпечення легкості і плавності рульового керування;
- забезпечення відповідності між кутами повороту коліс і керма;
- забезпечення пропорційності між силами опору повороту коліс і зусиллям на рульовому колесі;
- незалежність роботи підсилювача керма від температурних перепадів;
- високий ККД електродвигуна в порівнянні з гідронасосом.

До мінусів пристрою відносяться:

- неможливість використання пристрою на вантажівках через його малу потужність;
- недостатня захищеність від вологи;
- відносно висока вартість.

Останнім часом все частіше доводиться зустрічати абревіатуру EPS (Electrical Power Steering), або MDPS (Motor Driver Power Steering). Створення таких електромеханічних систем стало наслідком загальної боротьби за екологію (відсутність масла, зменшення витрат палива). Захисні програми блоку керування дозволяють запобігати перегрів, а також підвищені, неприпустимі витрати електроенергії в разі перевантажень системи електроживлення, пов'язаних зі зниженням обертів ДВЗ. При ідентифікації аварійного режиму, системи забезпечують попереджувальне зростання зусилля на кермі.

6.5. Побудування систем активного керування AFS

Система активного рульового керування AFS (Active Front Steering) складається з системи гідропідсилювача Servotronic, доповненої електроприводом з планетарною передачею у розриві рульового валу [11, 12] (рис. 6.18).

Електропривод керма, дозволяє змінювати швидкість обертання рульового валу. На вході в планетарний редуктор, рульовий вал з'єднаний з сонячною шестернею, на виході блок сателітів з'єднаний з валом рульового механізму. Коронна шестерня зовнішньою стороною зв'язана з електродвигуном за допомогою черв'ячної передачі. Така компоновка електроприводу реалізує функцію суматора обертів рульового колеса і електродвигуна.

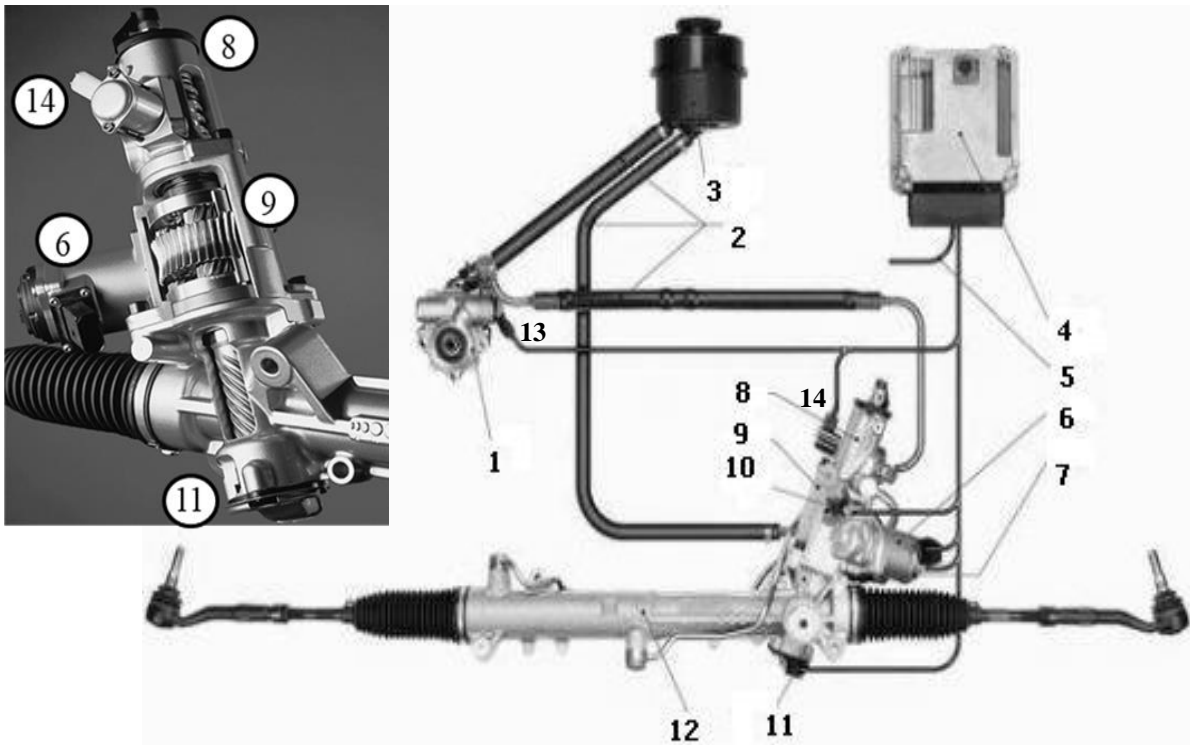


Рис. 6.18. Склад системи активного рульового керування AFS:
 1 – гідронасос; 2 – трубопроводи; 3 – бачок; 4 – ЕБК; 5 – мультиплексна лінія зв'язку; 6 – електродвигун приводу; 7 – датчик кутового положення ротора електродвигуна; 8 – датчик кутового положення керма; 9 – планетарний редуктор; 10 – електромеханічний блокувач електродвигуна; 11 – датчик сумарного кута повороту рульового механізму; 12 – корпус зубчастій рейки і гідроциліндра; 13 – клапан ECO; 14 – клапан Servotronic

При нерухомій коронній шестерні, передавальне число планетарного редуктора дорівнює одиниці і рульовий вал передає обертання напряду. Обертання коронної шестерні в одну або іншу сторону дозволяє збільшити або зменшити передавальне число планетарної передачі, чим досягається зміна передавального відношення рульового механізму по куту повороту K_{ϕ} .

Електродвигун вентильного типу 9 обладнаний аварійним електромагнітним фіксатором 10, блокуючим черв'ячну передачу. У вихідному положенні передача заблокована. При подачі струму на електродвигун, спрацьовує електромагніт, і фіксатор, долаючи зусилля пружини, звільняє ротор електродвигуна. При виникненні несправності в системі AFS, припиняється подача струму на електродвигун, фіксатор блокує черв'ячну передачу і крутний момент від валу рульового колеса передається напряду до валу рульового механізму без опору ротора електродвигуна.

Датчик кутового положення ротора електродвигуна 7 формує сигнали для системи керування вентиляційною машиною та здійснює зворотний контроль за швидкістю обертання і зупинкою двигуна.

Електроклапан ESO (Electronically Controlled Orifice) в насосі гідропідсилювача рульового керування регулює потік (продуктивність насосу) і знижує тиск в гідравлічній системі шляхом шунтування нагнітальної камери насосу. В результаті, споживання потужності насосом гідропідсилювача знижується, та відповідно знижуються витрата палива і викиди вуглекислого газу ДВЗ.

Для реалізації функцій активного керування, в системі AFS, крім означених, задіюються датчики суміжних систем: динамічної стабілізації (швидкості руху автомобіля ABS, швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі і вертикального прискорення DSC); керування ДВЗ (положення колінчастого валу та дросельної заслінки) та інші. Таким чином, утворюється комбінована структура системи керування поперечною динамікою автомобіля (рис. 6.19).

Інформаційні зв'язки систем комбінованої структури представляються шинними структурами, в яких використовуються декілька ліній CAN зв'язку (F-CAN – ходової частини, K-CAN – кузова, PT-CAN – двигуна і трансмісії). Система AFS функціонує за наступним алгоритмом.

При здійсненні маневрів на низькій швидкості відповідно за сигналом датчика кута повороту рульового колеса включається електродвигун. Електродвигун через черв'ячну пару передає обертання на коронну шестерню планетарного редуктора. Обертання шестерні в певному напрямку з максимальною швидкістю забезпечує найменше передавальне відношення рульового механізму K_{ϕ} , яке досягає значення 1:10. При цьому, кермо перестає бути «гострим», зменшується кількість обертів рульового колеса від упору до упору, чим досягається високий комфорт в керуванні.

З ростом швидкості руху виконання поворотів супроводжується зменшенням частоти обертання електродвигуна, відповідно збільшується передавальне відношення рульового механізму K_{ϕ} . На швидкості від 180 км/год до 200 км/год передавальне відношення досягає оптимального значення 1:18. Електродвигун, при цьому, перестає обертатися, а зусилля від рульового колеса передається на рульовий механізм безпосередньо тільки під керуванням зусилля гідроелектричної системи Servotronic.

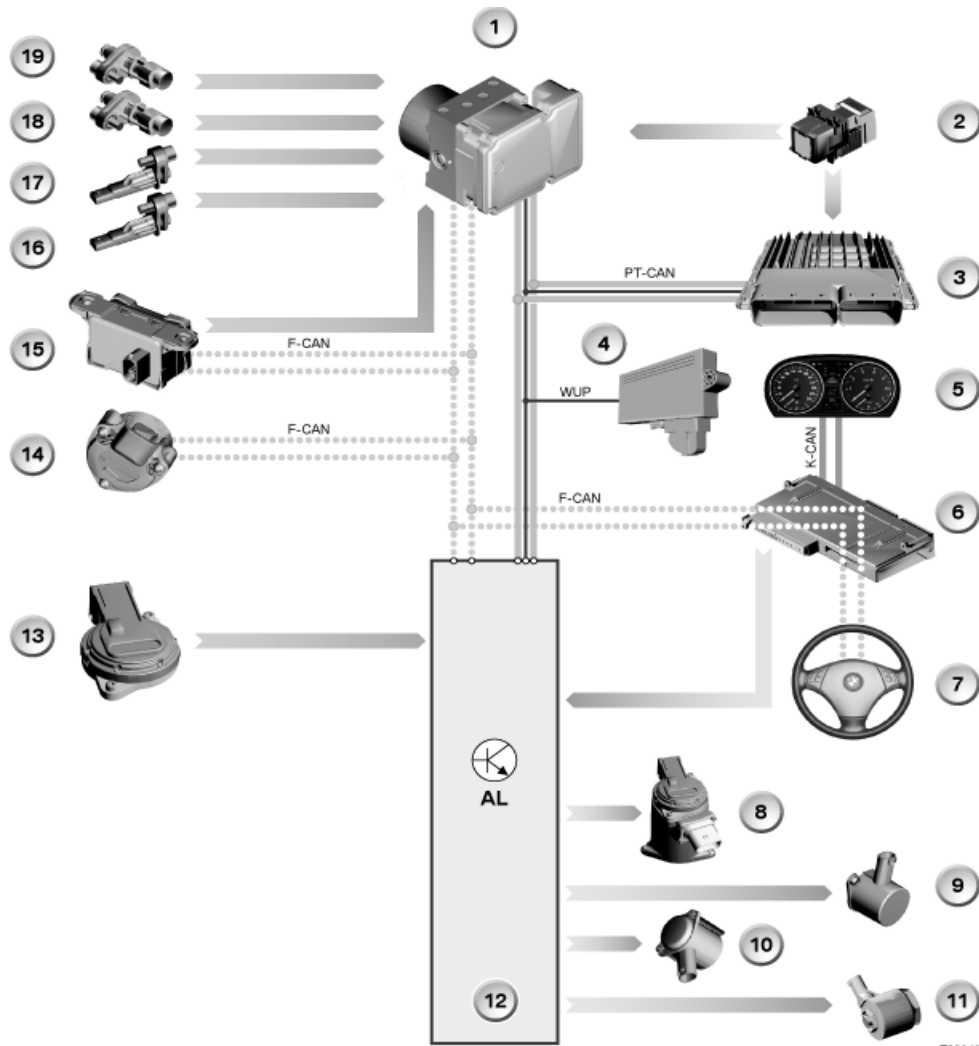


Рис. 6.19. Схема електрична функціональна системи AFS (BMW):
 1 – система динамічної стійкості; 2 – вимикач стоп-сигналу; 3 – ЕБК системи керування ДВЗ; 4 – система доступу в автомобіль; 5 – комбінація приладів;
 6 – комутаційний блок; 7 – датчик ДКПР; 8 – серводвигун приводу керма;
 9 – блокувальник серводвигуна; 10 – клапан Servotronic; 11 – клапан ECO насоса;
 12 – ЕБК системи AL; 13 – датчик положення ротора електродвигуна системи AL; 14 – датчик сумарного кута повороту; 15 – датчики DSC;
 16 – 19 – датчики кутової швидкості коліс

З подальшим зростанням швидкості електродвигун знову починає працювати, при цьому обертання відбуваються в протилежному напрямку. Передавальне відношення рульового механізму може досягати 1:20. При цьому, передавальне відношення K_{ϕ} забезпечує найменшу «гостроту» керма, збільшується кількість обертів рульового колеса від упору до упору, тим самим забезпечується безпека маневрування на високих швидкостях.

Якщо, при проходженні повороту фіксується надлишкова обер-тальність автомобіля (втрата зчеплення задніх коліс з дорогою), система AFS, на підставі сигналів датчиків системи DSC самостійно коригує кут повороту передніх коліс. В результаті цього, зберігається курсова стійкість автомобіля. У разі, коли система активного рульового керування не може повністю забезпечити стійкість автомобіля, підключається система динамічної стабілізації.

Таким чином, система AFS дозволяє реалізувати функції системи Servotronic $K_M=f(V_A, \varphi_{PK}, F_{PK})$ і додаткові функції активного коректування повороту коліс $K_\varphi=f(V_A, \varphi_{PK})$.

Аналогічним чином побудована активна система ESAS (Electric Steer Assisted Steering), яка відрізняється від системи AFS програмним забезпеченням. Нова опція дозволяє не тільки змінювати передавальне відношення K_φ , але й самостійно (без участі водія) повертати колеса на деякий кут. До числа активних систем також відносяться і інтегральні системи AS (Active Steering) з електромоторними актуаторами на кожній осі автомобіля [13].

6.6. Структура та функціонування інтегральної системи IAL

Інтегральна система рульового керування IAL (Integral Assisted Steering) складається з двох рульових механізмів, які суцільно керують кутовим положенням передніх AL (Active Lenkung) та задніх HSR (Highly Sophisticated-transport Research) коліс [13] (рис. 6.20).

В системі активного керування колесами передньої осі AL застосована спеціальна рульова рейка (позиція 1b), яка забезпечує змінне передавальне відношення.

Привод задніх коліс активується залежно від швидкості руху. До 60 км/год задні колеса повертаються в протифазі з передніми. Це створює відчуття укороченої колісної бази, зменшує діаметр розвороту і покращує маневреність і динаміку. Починаючи з 60 км/год, задні колеса встановлюються паралельно переднім колесам. Це позитивно позначається на стійкості руху і комфорті керування, особливо при різких і швидких маневрах.

В системі використовуються сигнали датчиків: кутової швидкості коліс; кута повороту рульового колеса; стану виконавчих пристроїв AL та HSR. Рульове керування передніх коліс AL базується на системі Servoelectric або AFS.

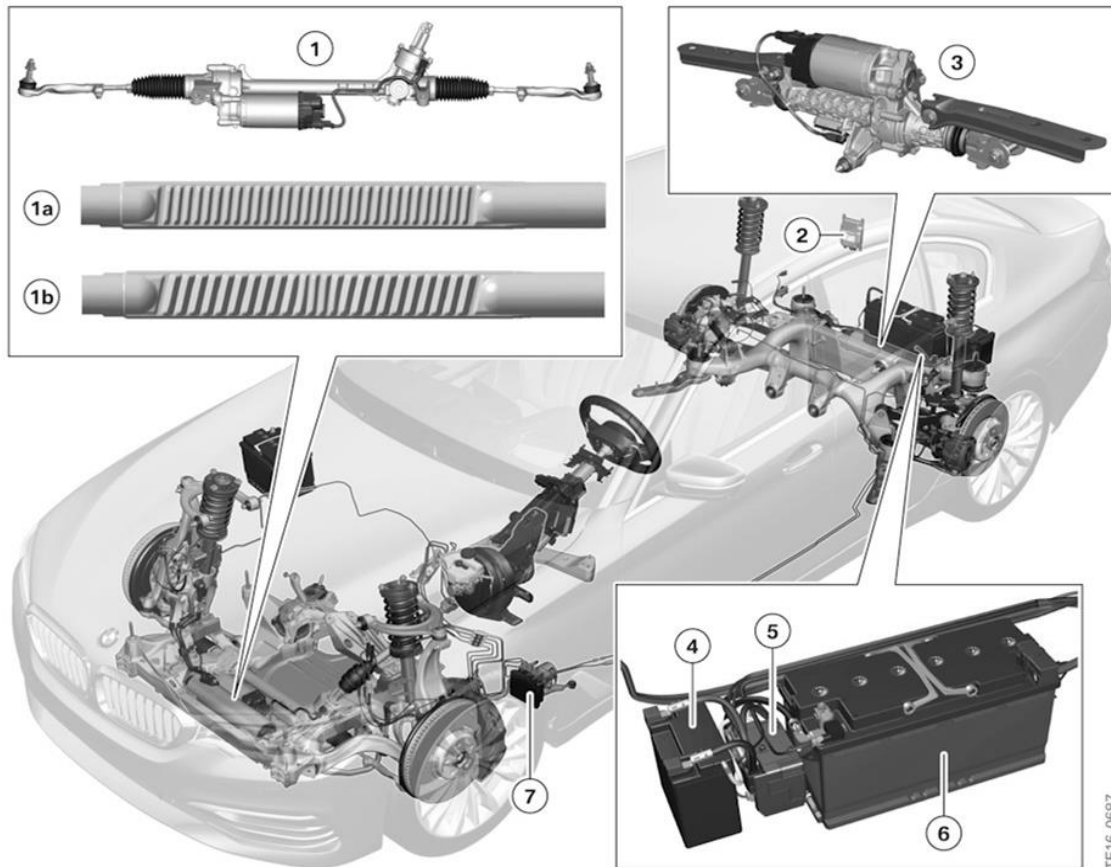


Рис. 6.20. Компонівка інтегральної системи рульового керування BMW: 1 – привод передніх коліс; 2 – ЕБК HSR; 3 – привод задніх коліс; 4 – зарядний пристрій; 5 – розподільче реле; 6 – додаткова АКБ; 7 – блок системи DSC

Керування колесами заднього моста реалізує електромеханічна система HSR. Конструкція приводу кутового положення коліс задньої осі визначається виробником (рис. 6.21).

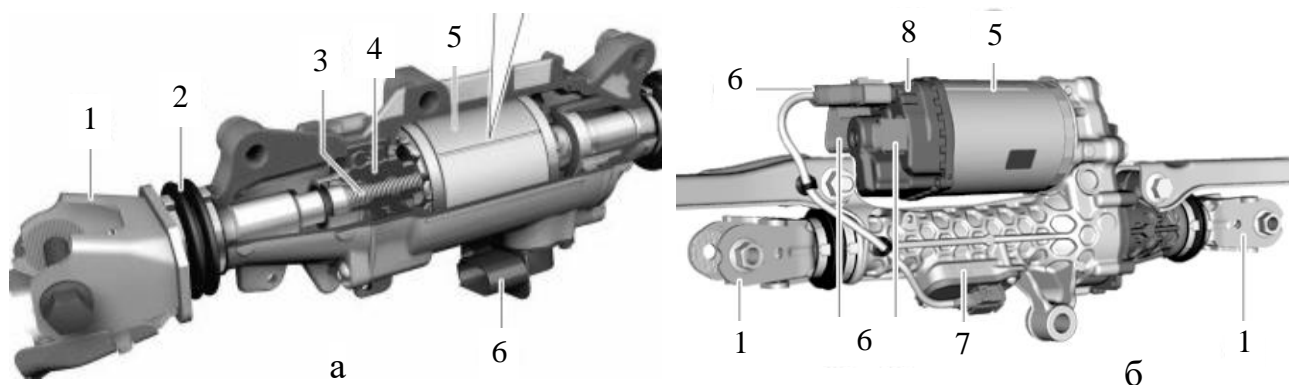


Рис. 6.21. Компонівка електромеханічного приводу системи HSR: а – з інтегрованим двигуном; б – із зовнішнім двигуном

На рис. 6.21, а позначено позиції: 1 – кріплення важелів сходження; 2 – манжета; 3 – гвинтовий вал; 4 – гайка гвинтового валу; 5 – електродвигун; 6 – електричні рознімання; 7 – датчик положення приводу; 8 – електронний блок HSR.

Електронний блок HSR здійснює керування серводвигуном, вбудованим в актуатор системи регулювання кута бічного відведення коліс задньої осі. Інтегральна система забезпечує:

- розширення системи AFS функцією HSR;
- оптимальне відношення K_{ϕ} (залежно від швидкості руху);
- вільний вибір кута повороту задніх коліс;
- функції системи Servotronic;
- функції стабілізації руху;
- скорочення гальмівного шляху на покриттях з різним зчепленням дорожньої поверхні.

6.7. Перспективні розробки

Удосконалення систем рульового керування можна здійснювати в декількох напрямках. Для систем із застосуванням електроприводу такими напрямками є:

- заміна механічних, пневматичних систем і систем з гідропідсилювачем на системи з електропідсилювачем;
- підвищення компактності конструкції активних систем з електропідсилювачем;
- втілення систем превентивного керування з використанням відеокамер;
- втілення систем рульового керування по проводам;
- застосування інноваційних конструкцій керма;
- використання датчиків керма нових конструкцій з поліпшеними техніко-експлуатаційними характеристиками;
- підвищення функціональності систем з опціями допомоги водієві;
- інтегрування електронних систем керування в комбіновані структури.

Розглянемо перспективні розробки закордонних виробників, які застосовані на автомобілях останнього покоління або, на даний час, використовуються тільки, як експериментальні, або взагалі вважаються перспективними концептуальними пропозиціями. За першим напрямком розвитку розглядається *електричний підсилювач рульово-*

го керування ZF ReAX спроектований для підтримки електронних систем EPS (Electrically Powered Steering) комерційних вантажівок і автобусів [14] (рис. 6.22, а).



Рис. 6.22. Компоновка електричного приводу керма:
а – на рульовому механізмі ReAX EPS; б – на ступці керма

Повністю електричне рульове керування – важлива складова систем допомоги водієві (ADAS) і функцій автоматизованого водіння, здатних підвищити безпеку, спростити роботу водіїв та вдосконалити логістичні процеси. Більш того, підсилювачі ReAX EPS ZF підвищують ефективність агрегатів, оскільки мають меншу масу і вимагають менше монтажного простору в порівнянні зі звичайним гідравлічним рульовим керуванням. Основа системи – виконавчий механізм, оснащений потужним електродвигуном з вбудованим блоком керування, коробкою передач і датчиками.

Система ReAX EPS підтримує функції: активного повернення рульового колеса в положення прямолінійного руху, компенсації ухилу дороги і бокового вітру, посилення рульового керування залежно від швидкості. Крім того, можна запрограмувати практично будь-який режим рульового керування у вигляді характеристики відповідного автовиробника або у вигляді опцій для водія.

Найцікавіший підхід до системи змінюваного передавального відношення рульового механізму запропонувала компанія Ford. Інженери під'єднали до рульового валу електромотор, який при необхідності загострює кермо. Оригінальним в цій розробці є компоновка електроприводу. Розробники розмістили електродвигун прямо в мачини керма. Там же встановлено і подушка безпеки, і органи керування системами мультимедіа і круїз-контролю (рис. 6.22, б).

Експериментальне обладнання було встановлено на автомобіль Nissan Leaf. Принцип дії заснований на постійному моніторингу навколишнього простору за допомогою декількох відеокамер і виявленні так званих зон ухилення (escape zones). При появі небезпеки, комп'ютер вже знає, чи можна направити машину правіше або лівіше, чи немає там інших автомобілів, чи дозволить зчеплення коліс з дорогою зробити маневр досить швидко і безпечно.

Система адаптивного рульового керування DAS (Direct Adaptive Steering) встановлюється на деякі комплектації автомобіля Infiniti Q50 з 2013 року (рис. 6.23).

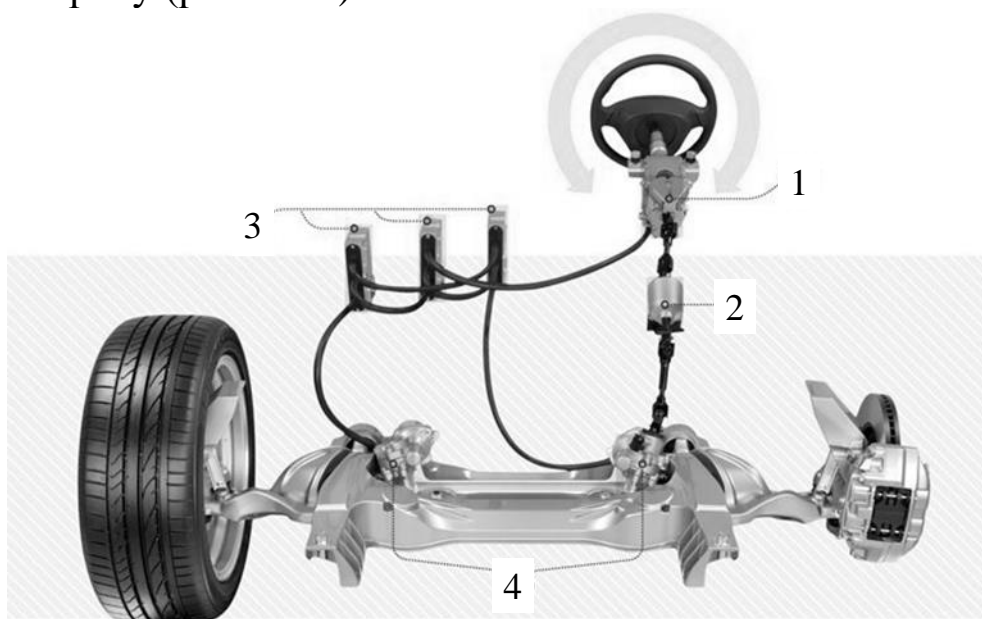


Рис. 6.23. Склад системи адаптивного рульового керування:
1 – імітатор опору рульового колеса; 2 – електромеханічне зчеплення;
3 – модулі керування; 4 – виконавчі електромотори

Завдяки керуванню по проводах (steer-by-wire), електроніка дозволяє адаптувати роботу рульового керування до конкретних умов руху і індивідуальних запитів водія.

В системі DAS застосовані датчики ДПКР і ДКМК. Інформація з ДПКР використовується для обчислення кута повороту передніх коліс. Датчик ДКМК встановлюється в рульовому механізмі передніх коліс і служить для формування зворотного зв'язку з рульовим колесом залежно від умов та режимів руху автомобіля.

Сигнали від датчиків надходять в три ідентичних ЕБК (апаратне резервування), які дублюють роботу один одного. Відповідно до закладеної програми блоки формують керуючі сигнали на виконавчі

пристрої: імітатор опору, сервоприводи керованих коліс, електромагнітне зчеплення. Імітатор опору створює симуляцію природного опору на рульовому валу, забезпечуючи зворотний зв'язок з реакцією дорожнього полотна. Електромагнітне зчеплення встановлюється в розріз рульової колонки і забезпечує другу ступінь захисту на випадок виходу з ладу електроніки або зникнення напруги живлення. При подачі електричного живлення, зчеплення розмикається, рульове керування здійснюється по проводах. При втраті живлення, зчеплення замикається, рульове керування здійснюється за традиційною механічною схемою.

Функціонування системи DAS здійснюється наступним чином. Коли водій обертає рульове колесо, датчик ДКПР зчитує зміну кута, а ЕБК розраховує необхідний кут повороту передніх коліс. Сервоприводи рульового механізму переміщують рульову рейку і забезпечують поворот коліс на розрахунковий кут. Фактичне зусилля повороту на колесі вимірюється відповідним датчиком і передається в ЕБК. Після обробки інформації ЕБК посилає сигнал на імітатор опору рульового колеса для імітації зворотного зв'язку з дорогою.

Система DAS дозволяє водієві вибрати характер зворотного зв'язку. В налаштуваннях передбачені три режими роботи – важкий, стандартний і легкий. Крім перерахованих режимів, зусилля і реакції системи можуть бути персоналізовані. Система адаптивного рульового керування має кілька переваг, що відрізняють її від традиційного механічного керування: швидкодія; точність керування; відсутність вібрацій на кермі; можливість реалізації нових функцій [15]. Наприклад, якщо застосувати на автомобілі відеокамеру переднього огляду, то можна реалізувати функції допомоги водію (адаптації) при маневруванні, утриманні на дорожній полосі, або навіть автопілота.

Концепт Honda EV-STER представляв замість керма в салоні автомобіля два джойстика (рис. 6.24, а).

Сенс такої концепції в тому, щоб перевантаження в повороті не заважали водієві керувати автомобілем.

Компанія Citroën демонструвала концептуальний С5 з системою X-by-wire. Замість керма в салоні з'явився штурвал, схожий на авіаційний, за допомогою якого, водій може керувати не тільки напрямком руху, а й розгоном і гальмуванням (рис. 6.24, б).

На кожній рукоятці штурвала розташовані курки для пальців, один з яких є задатчиком акселератора, а другий – гальмування.



а



б

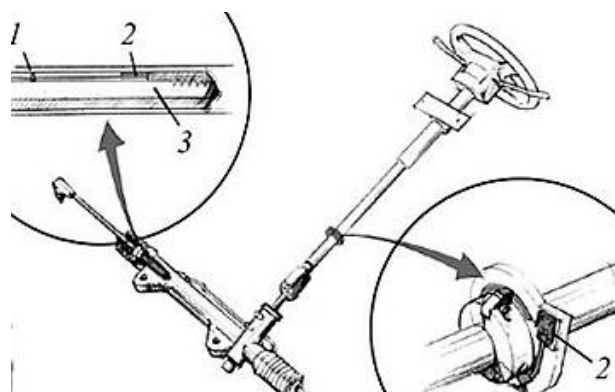
Рис. 6.24. Концептуальні конструкції керма:
а – пропозиція Honda EV-STER; б – пропозиція Citroën

Штурвал дозволяє керувати автомобілем без перехоплень керма на будь-якій швидкості завдяки змінному передавальному відношенню рульового механізму. Центральне місце в механізмі відхилення займає система керування по проводах (steer-by-wire).

Стосовно використання нових датчиків відзначимо наступні інноваційні пропозиції. Датчики крутного моменту створеного на кермі серії CLSx, дозволяють вимірювати з високою точністю зусилля, кут повороту, швидкість і прискорення обертання керма. Відрізняються високою надійністю і простотою установки. Унікальна конструкція датчика зводить до мінімуму вплив осьових навантажень на показання датчика (рис. 6.25, а).



а



б

Рис. 6.25. Установка датчиків положення нових конструкцій:
а – датчики за технологією CLSx; б – магнітострикційні датчики

Сенсор встановлюється між заводським рульовим колесом автомобіля і рульовою колонкою. При цьому, всі функції керма після установки датчика зберігаються, включаючи працездатність подушки безпеки. Датчик встановлюється на будь-який автомобіль за допомогою спеціальних перехідників.

Застосування магнітострикційних технологій в автомобільних системах здійснюють компанії Bosch, General Motors, Ford і інші компанії, що використовують ці датчики для самих різних застосувань. Основне застосування автомобільні магнітострикційні датчики знаходять в детектуванні лінійних переміщень (підвіски, системи рульового керування, перемикання передач).

Спосіб застосування магнітострикційних датчиків переміщення типу MTS в рульовому керуванні для електронних систем автоматичного паркування автомобіля наведено на рис. 6.25, б (1 – магніт, 2 – магнітострикційний датчик, 3 – стійка рульового механізму).

Стосовно підвищення функціональності систем позначимо декілька пропозицій закордонних виробників.

Підсилювач керма в Volkswagen працює в зв'язці з системою стабілізації ESP. Якщо система ESP повідомляє, що автомобіль протягом тривалого часу їде прямо, а кермо при цьому повернуте, система робить висновок про наявність бічного вітру, поперечного ухилу дороги або колії. Комп'ютер дає команду ЕПК збільшити потужність (коефіцієнт передачі K_M), і реакція на кермі зникає.

Існує два рівноважних підходи до реалізації змінного передавального відношення в рульовому керуванні. В обох випадках необхідний додатковий електродвигун. У варіанті Audi він змінює характеристики редуктора, що розриває рульовий вал. Ця система називається Side-Wind Compensation. В системі керування Volkswagen функція Counter-Steering Assistance може підказати водієві як протидіяти заносу. Підсилювач керма спрацює так, що повернути кермо в правильну сторону буде легко, а в неправильну – важко. У версії Ford функція Counter-Steering Assist керує електродвигуном і обертає вал, допомагаючи водієві непомітно для нього.

У гоночних автомобілів, керування, як правило, дуже гостре, що дозволяє реалізувати динамічне маневрування. Однак при русі по прямій, гостре кермо призводить до стомлюваності водія. Щоб задовольнити обом стилям водіння, застосовуються системи рульового керування із змінним передавальним числом. Така система Dynamic

Steering встановлюється на деяких моделях Audi. Система працює в злагоді з ESP і дозволяє непомітно втручатися в керування з метою безпеки. Система допомагає ESP погасити ковзання в початковій стадії, повернувши колеса в сторону заносу. При інтенсивному гальмуванні машина може підрулювати, щоб компенсувати зміни курсу при блокуванні коліс.

Контрольні запитання

1. Перелічить вимоги, що висуваються до СРК.
2. Наведіть класифікацію систем рульового керування за загальними ознаками.
3. Перелічить способи реалізації керуючих впливів в мехатронних СРК.
4. Які передавальні функції реалізуються в мехатронних СРК?
5. Поясніть устрій і функціонування електромагнітної СРК типу Magnasteer.
6. Поясніть устрій і функціонування гідроелектричної СРК типу Servotronic.
7. Поясніть устрій і функціонування електрогідравлічної СРК типу Servotronic.
8. Поясніть устрій і функціонування електромеханічної СРК типу Servoelectric.
9. Які варіанти компоновки електроприводу використовуються в електромеханічних СРК?
10. Поясніть устрій і функціонування активної СРК типу AFS.
11. Поясніть устрій і функціонування адаптивної СРК типу DAS.
12. Поясніть устрій і функціонування датчиків зусилля на кермі інкриментного типу.
13. Поясніть устрій і функціонування датчиків зусилля на кермі трансформаторного типу.
14. Поясніть устрій і функціонування інкриментних датчиків кутового положення керма.
15. Перелічить датчики СРК за призначенням та принципом побудови.
16. Перелічить види механізмів (редукторів) СРК та пояснить їх функціонування.
17. Поясніть призначення електроклапанів гідронасосів СРК.
18. Поясніть принципи будови активних СРК комбінованої структури.
19. Поясніть структуру і функціонування інтегральних СРК.
20. Поясніть устрій і функціонування приводу СРК ведучими (задніми) колесами.

7. СИСТЕМИ АКТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ

7.1 Призначення системи і вимоги до ABS

Антиблокувальна система ABS (нім. Anti Blockier System, англ. Anti-lock Braking System) – система активної безпеки, що запобігає блокуванню коліс транспортного засобу при гальмуванні. Основне призначення системи – забезпечення оптимальної гальмівної ефективності (мінімального гальмівного шляху) при збереженні стійкості і керованості автомобіля [1].

Якщо, при гальмуванні одне або більше коліс транспортного засобу блокується (починає ковзати), виникає ряд неприємних наслідків: збільшується гальмівний шлях; втрачається контроль над кермом; ненормально зношуються шини. Найкраще уповільнення транспортного засобу досягається тоді, коли в гальмівній системі має місце максимальне перетворення кінетичної енергії автомобіля в теплову енергію на гальмівних дисках і барабанах. Шина, яка ковзає навіть на сухій дорозі, далеко не забезпечує досягнення граничного можливого потенціалу цього процесу.

До ABS, як до системи безпеки, висувуються *вимоги*, які визначають її надійність, безпеку і функціональність [16]. По-перше, в разі відмови системи ABS звичайні гальма повинні спрацьовувати на максимумі своїх можливостей. Водій повинен отримувати оперативне попередження про відмову за допомогою простого індикатора. Маневреність автомобіля і зчеплення з дорогою не повинні зникнути при включенні системи ABS.

По-друге, система, повинна реагувати так, щоб найкраще використовувати зчеплення з дорогою. Реакція гальмівної системи повинна бути адекватною незалежно від ступеню та інтенсивності натискання педалі гальма. Нормальний рух і маневрування не повинні надавати ніякої реакції на педаль гальма. Стійкість і керованість автомобілем повинні бути збережені при всіх дорожніх умовах.

По-третє, система повинна адаптуватися до гістерезису гальмування, тобто режиму, коли гальма натискають періодично. Якщо, колеса з різних бортів автомобіля знаходяться на ділянках дороги з різним зчепленням (дорожнє полотно, узбіччя, сухе шосе, крижане покриття), занос транспортного засобу повинен бути зведений до мінімуму, і якщо проявлятися, то настільки повільно, щоб дати водієві можливість його компенсувати. У загальному випадку, принаймні

одне колесо на кожному борту транспортного засобу має контролюватися окремим колом подачі тиску. Тепер це є загальним принципом для всіх чотирьох коліс, які на пасажирських автомобілях керуються незалежно один від одного. Система повинна працювати при будь-якому зниженні швидкості. Крім того, система повинна бути в змозі розпізнавати *аквапланування* і реагувати відповідно, а також залишатися працездатною на нерівній дорожній поверхні.

Необхідно розуміти, що взаємовиключні (суперечливі) вимоги до гальмівної системи призводять до небажаних наслідків при русі автомобіля на повільній швидкості по снігу. При цьому, ABS фактично збільшує гальмівний шлях по снігу, проте, напрямок руху буде збережено.

Основні положення стратегії функціонування гальмівної системи можна сформулювати як *вимоги до ABS*:

- забезпечення швидкого зниження тиску в гальмах на момент нестійкості швидкості колеса для його повернення в режим прискорення;

- забезпечення швидкого підвищення тиску гальмування в період і після повторного прискорення до значень менших за тиск нестійкого стану;

- забезпечення дискретного зростання тиску гальмування в разі збільшеного зчеплення з дорогою;

- вибір чутливості системи для умов руху, які превалюють;

- відключення гальмівної реакції ABS в разі вібрації осі.

Застосування цих п'яти основних вимог призводить до необхідності пошуку компромісу між ними. Програмування процесу гальмування і випробування дослідних зразків дозволяють зменшити рівень компромісу.

Принцип дії. Система ABS надана блок-схемою системи керування із замкнутим контуром (система, що відслідковує). Вхідні сигнали системи керування надходять з датчиків кутової швидкості колеса (колісних датчиків ДК), а вихідні сигнали, утворюють керуючі впливи на гальмівну систему у формі корекції тиску робочого тіла в гальмівних механізмах коліс [17, 18]. Для прикладу, розглянемо поширений варіант схеми ABS, побудованій на базі гідравлічної гальмівної системи з використанням вакуумного підсилювача зусилля педалі гальм (рис. 7.1).

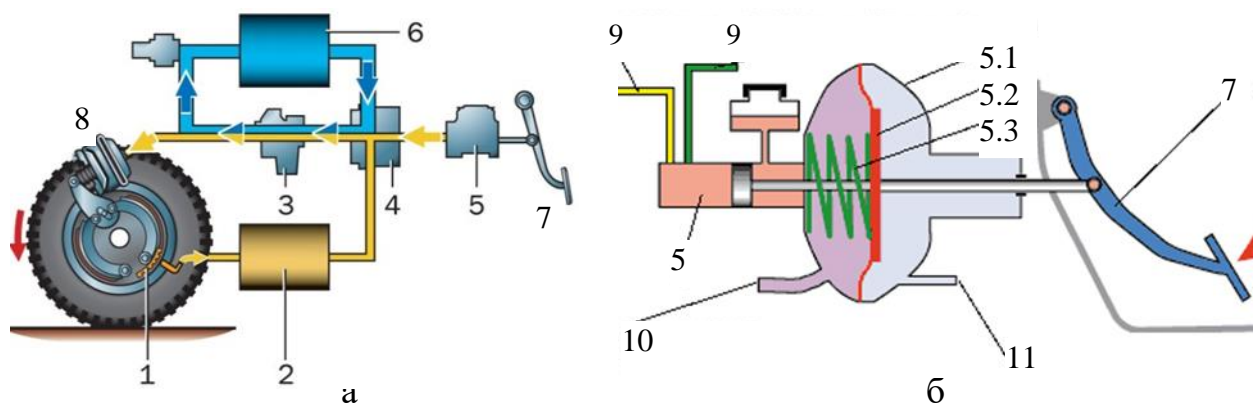


Рис. 7.1. Принципи побудови гальмівної системи з ABS:

а – схема керування зі зворотним зв'язком;

б – схема керування тиском в гальмівній системі

На схемах рис. 7.1 позначено: 1 – датчик кутової швидкості колеса; 2 – реєстратор блокування; 3 – модулятор тиску; 4 – ЕБК; 5 – головний гальмівний циліндр; 5.1 – корпус вакуумного підсилювача; 5.2 – діафрагма; 5.3 – пружина; 6 – манометр; 7 – педаль гальма; 8 – гальмівний циліндр (механізм) колеса; 9 – до гальмівних механізмів коліс; 10 – до впускного колектору ДВЗ; 11 – до атмосфери.

Завдання блоку керування полягає в тому, щоб порівнювати сигнали від кожного колісного датчика для вимірювання прискорення або уповільнення кожного колеса. За цими даними і заздалегідь запрограмованими довідковими таблицями може регулюватися гальмівний тиск в гальмівних циліндрах коліс. Гальмівний тиск може бути зменшено, підтримуватися постійним або збільшуватися. Максимальний тиск визначається ступенем натискання водієм на педаль гальма. Таким чином, система керування під час роботи ABS оперує великим переліком параметрів. За сигналами датчиків швидкості колеса ЕБК обчислює:

- відносну швидкість транспортного засобу (по комбінації сигналів датчиків двох діагональних коліс);
- прискорення або уповільнення коліс;
- прослизання гальма (обчислюється по відносній швидкості транспортного засобу);
- уповільнення транспортного засобу.

У процесі керування гальмівним тиском ЕБК використовує відносну швидкість транспортного засобу в якості відправної точки і забезпечує її лінійне зменшення. Прискорення/уповільнення визначається за сигналами, отриманими від датчиків всіх коліс. Ведені і па-

сивні колеса на автомобілі розглядаються по різному, оскільки вони ведуть себе при гальмуванні відмінно один від одного. Логічна комбінація уповільнення/прискорення коліс і ковзання використовується як керуюча змінна. Фактична стратегія, застосовувана системою керування, змінюється залежно від умов гальмування.

У разі екстреного гальмування ДК реєструють будь-які зміни швидкості обертання коліс. Електронний блок керування розраховує кутову швидкість коліс і будь-які зміни цієї швидкості, потім розраховує, виходячи з цього, швидкість автомобіля. Після цього, ЕБК видає команду виконавчим механізмам забезпечити оптимальний тиск гальмівної рідини, в кожному гальмівному циліндрі. Модулятори тиску (МТ) працюють по команді від ЕБК, зменшуючи або збільшуючи тиск, або підтримуючи тиск на постійному рівні, якщо це необхідно, для збереження оптимального коефіцієнта ковзання (від 10 % до 30 %) і запобігання блокуванню коліс.

7.2. Класифікація і склад систем ABS

Системи ABS промислових зразків різняться за конструкцією елементів, функціональними можливостями, компонентним складом та експлуатаційними властивостями [3, 4, 18, 19]. Сучасні ABS класифікують за загальними ознаками, основними з яких є: принцип будови базової гальмівної системи, гальмівна формула, алгоритм керування гальмівною силою (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Класифікація гальмівних систем з ABS за загальними ознаками

Принцип будови базової системи гальм визначається видом робочого тіла, за допомогою якого, утворюється тиск і передається від педалі гальм на робочий орган гальмівного механізму. Найбільш розповсюдженими для легкових (з короткою колісною базою) автомобілів є гідравлічні системи гальмування, а для вантажівок (з довгою колісною базою) – пневматичні. Оскільки ABS чинить керуючі впливи на гальмівну систему за допомогою електричних виконавчих пристроїв (електроклапанів, електромоторів, електромагнітних приводів), відповідні мехатронні системи за принципом будови отримали назви гідроелектричних, електрогідравлічних, електропневматичних та електромеханічних систем. При цьому, у схрещених назвах систем, перша позиція визначає вид енергії силового контуру дії гальм, а друга – контуру керування.

Гальмівна формула системи визначає гнучкість створення антиблокуючої дії. У різних поєднаннях використовуються системи з двома, трьома і чотирма каналами гідравлічного керування від двох, трьох і чотирьох датчиків швидкості обертання коліс.

Гальмівна база системи визначається конфігурацією гальмівних контурів, які задіюються через пристрій керування. В гідравлічних системах цю функцію виконує головний гальмівний циліндр з двома камерами (рис. 7.3).

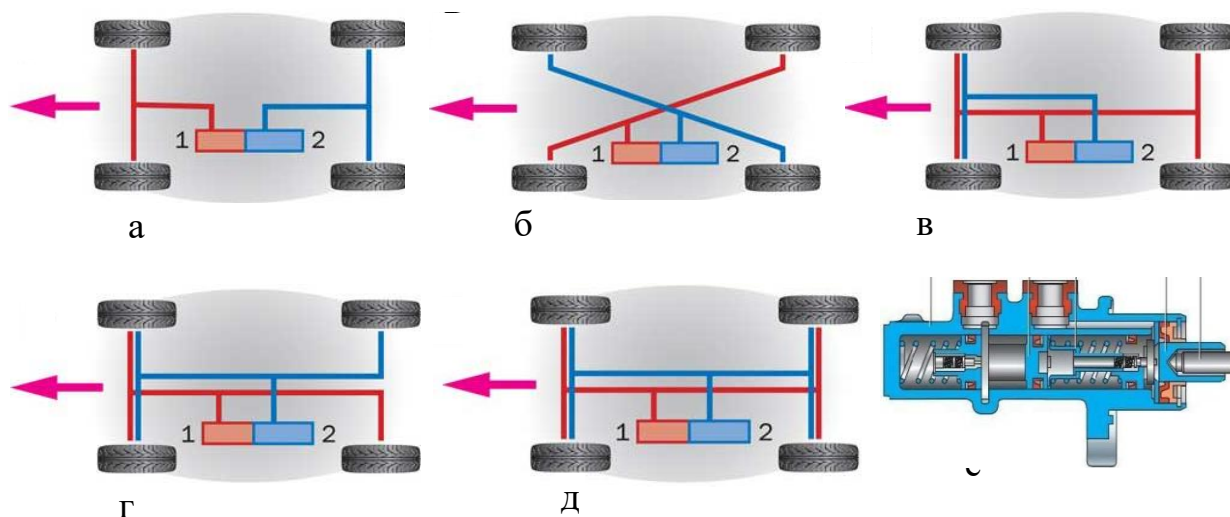


Рис. 7.3. Конфігурації гідравлічних гальмівних систем:
 а – паралельна; б – діагональна; в – д – дублюючі;
 е – головний гальмівний циліндр

Така стратегія дозволяє підвищити надійність функціонування гальм шляхом дублювання гальмівних впливів.

В пневматичних системах також застосовується аналогічна конфігурація контурів гальмування, але функцію пристрою керування виконує двоканальний гальмівний кран.

Алгоритм керування гальмівною силою (коефіцієнтом ковзання) коліс обирається виходячи з гальмівної формули, гальмівної бази та бажаної гнучкості керування (рівня курсової стабілізації). Використовуються алгоритми індивідуального керування по кожному колесу IR (Individual Regelung) та групового керування по колесам окремих осей. Перший варіант забезпечує найбільшу гнучкість керування та реалізується тільки для систем з гальмівною формулою 4S/4M. У другому випадку, здійснюються алгоритми низькопорогового SL (Select Low), високопорогового SH (Select High) або модифікованого групового керування MIR (Modifizierte Individual Regelung).

При SL керуванні, ABS забезпечує керуючі впливи на обидва колеса однієї осі (по загальному каналу керування «М») на підставі сигналів конкуруючого датчика колеса з гіршими умовами зчеплення, а в алгоритмі SH навпаки, – по сигналах датчика колеса, яке має краще зчеплення з дорогою.

Алгоритм MIR являє комбінацію SL з поступовим переходом на IR. Такий алгоритм доцільно використовувати при гальмуванні на поверхні з різним зчепленням під лівим і правим колесами, на повороті та при поперечному ухилі. Зазвичай, алгоритми керування по передній (чисельник) та задній (знаменник) осям автомобіля позначають як дріб (наприклад SH/SL). У випадку індивідуального керування позначення має вигляд IR/IR.

За способом керування тиском в гідравлічних ABS розрізняють плунжерні системи з модуляторами тиску аналогового типу та системи із застосуванням модуляторів тиску дискретної дії (з прямою передачею тиску і зі зворотним нагнітанням тиску).

В першому варіанті, для зниження тиску в колісних (робочих) циліндрах використовується додатковий об'єм, який утворюється при переміщенні плунжера модулятора.

Другий варіант, реалізується в системах з гідропідсилювачем гальм і модуляторами дискретної дії, утвореними парою електроклапанів. В цьому випадку, зниження тиску відбувається за рахунок зливу гальмівної рідини в розширювальний бачок з наступним нагнітан-

ням тиску за допомогою насоса. При цьому, рідина циркулює по контуру, який розімкнутий зливним бачком: робочий циліндр – розширювальний бачок – гідронасос – гідропідсилювач – робочий циліндр.

Третій варіант, реалізується в системах з вакуумним підсилювачем гальм ВПГ і модуляторами дискретної дії. В таких ABS, рідина з робочих циліндрів РЦ зливається через випускні електроклапани в спеціальну камеру (гідроаккумулятор ГА), з наступним нагнітанням тиску електронасосом (насосом зворотного тиску НЗТ) у випускний канал головного гальмівного циліндра. При цьому, об'єм рідини, що циркулює у замкнутому контурі, не змінюється.

Продемонструємо процедуру керування тиском на прикладі найбільш досконалого варіанту ABS (зі зворотним нагнітанням тиску). При натисканні на педаль гальма, впускний клапан ЕК1 відчиняється, а випускний ЕК2 перебуває в зачиненому стані (рис. 7.4, а).

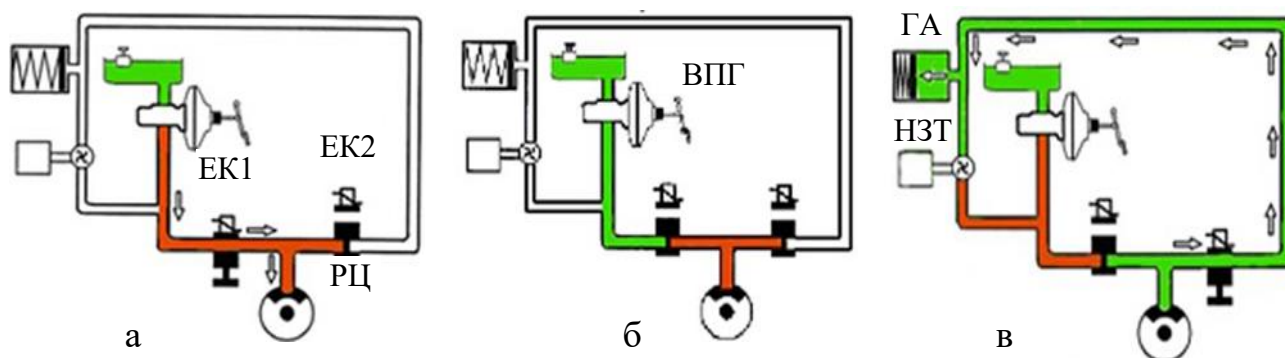


Рис. 7.4. Процес керування тиском в замкнутій системі ABS:

а – підвищення тиску шляхом натиснення на педаль; б – утримання тиску; в – автоматичне скидання тиску через зворотний контур

При цьому, тиск гальмівної рідини в кожному гальмівному циліндрі збільшується і швидкість обертання коліс починає спадати. Якщо, колесо знаходиться на межі блокування (колісні датчики), ЕБК зменшує тиск рідини в гальмівному циліндрі цього колеса, зачиняючи ЕК1 і відчиняючи ЕК2 (рис. 7.4, в).

Після падіння тиску ЕБК перемикає клапан модулятора в режим утримання тиску для визначення зміни швидкості обертання колеса (рис. 7.4, б). Якщо, ЕБК визначить, що тиск необхідно знизити ще більше, відбувається повторення стану (рис. 7.4, в) і колесо, яке перебуває на межі блокування, збільшить число обертів. Однак, якщо тиск утримується низьким, гальмівний момент механізму, який діє на колесо, буде занадто малий. Для запобігання цьому, ЕБК встановлює

модулятор поперемінно в режими збільшення тиску за допомогою насоса зворотного тиску НЗТ (рис. 7.4, в) і утримання (рис. 7.4, б) тиску. Коли тиск в гальмівному циліндрі поступово збільшується по команді ЕБК, знову виникає ймовірність блокування колеса. Тому ЕБК знову перемикає модулятор в режим зниження тиску. По мірі зниження тиску в циліндрі колісного гальмівного механізму, ЕБК періодично збільшує тиск. Електричний насос НЗТ забезпечує необхідну реакцію на вимоги, щодо швидкої зміни тиску ABS.

Зауважимо, що для реалізації модулаторів тиску поряд з двопозиційними (впускні та випускні) можуть використовуватися трипозиційні (перемикаючі) електромагнітні клапани, які виконують одночасно функції двох двопозиційних клапанів.

За конструктивною ознакою для гідравлічних систем розрізняють компонентні, суміщені і модульні комплектації ABS різного ступеня інтеграції. *Компонентні системи* застосовуються на автомобілях, обладнаних стандартним головним циліндром та блоком підсилювача гальма. Блок гідравлічного керування встановлений на виході головного циліндра. *Суміщені комплектації* включають окремий конструктив, в якому поєднані функціональні елементи системи з переліку: головний циліндр; блок підсилювача гальма; модулятор тиску. *Модульні ABS* являють окремий блок, в якому поєднані функціональні елементи системи з переліку: модулятор тиску; електронасос; акумулятор тиску; ЕБК.

На базі модульних систем ABS будуються активні гальмівні системи з розширеними функціями (програмними опціями) [18]:

- електронного розподілу гальмівного зусилля EBD (Electronic Brake Distribution) або EBV (Electronic Brake Variator) – забезпечує рівномірний розподіл гальмівного зусилля між усіма колесами;

- антипробуксування коліс TCS (Traction Control System) – забезпечує перерозподіл крутного моменту двигуна між ведучими колесами залежно від ступеню їх зчеплення з дорожнім полотном, шляхом підгальмовування коліс, які провертаються відносно дороги;

- контролю гальмування в поворотах CBC (Cornering Brake Control) – зберігає курсову стійкість, асиметрично прикладаючи гальмівне зусилля при зміні навантаження на колесо (занесення до внутрішньої сторони повороту);

- підвищення ефективності гальм при нагріванні FBS (Fading Brake Support або Over Boost) – запобігає недостатньому зчепленню

гальмівних колодок з гальмівними дисками, що виникає при нагріванні, шляхом додаткового збільшення тиску в гальмівному приводі;

- видалення вологи з гальмівних дисків BSW (Brems Scheiben Wischer) активується на швидкості понад 50 км/год і включених склоочисниках, забезпечує короточасне підвищення тиску в контурі передніх коліс (притиск гальмівних колодок, випаровування вологи);

- допомоги при спуску DBC (Downhill Brake Control) – полегшує рівномірний спуск транспортного засобу з крутих ухилів (стабілізація швидкості за рахунок пригальмовування коліс та налаштуванням потужності ДВЗ.

Після впровадження *електронних педаль газу*, логічним кроком стало застосування розв'язки педаль гальма і робочої гідравліки гальмівної системи. Натискаючи педаль гальма, водій тільки посиляє команду блоку керування, а тиск 150 бар в гальмівній системі, при цьому, створює гідронасос.

Переваги електрогідравлічних гальм полягають у наступному.

По-перше, скорочується час спрацьовування. Звичайні гальмівні системи виходять на максимальний тиск мінімум через 0,2 с, навіть за допомогою популярних нині систем, типу Brake Assist, а електрогідравлічні гальма здатні створити такий тиск менш ніж за 0,1 с.

По-друге, відбувається більш точний розподіл гальмівних сил між колесами.

По-третє, така система є більш гнучкою комутується з ABS і різними системами стабілізації руху.

По-четверте, на педаль не відчувається пульсації при спрацьовуванні ABS, характерною для сучасних гідромеханічних гальмівних систем.

По-п'яте, відпадає необхідність у вакуумному підсилювачі, що особливо актуально для автомобілів з дизельними двигунами. До того ж, хід педаль гальма, зусилля на ній, її розташування і кінематику тепер можна вибирати тільки з точки зору ергономіки.

Пневматичні системи ABS розрізняють за конфігурацією системи керування та способом реалізації керуючих впливів. Перша ознака пов'язана з гальмівною базою автомобіля (кількістю контурів гальмування) і гальмівною формулою системи керування (кількістю колісних датчиків і каналів модуляції), а друга, – з структурою модулаторів тиску повітря (переліком і конструкцією клапанів ABS).

7.3. Характеристика компонентів мехатронних систем

Компонентами мехатронних систем гальмування є: колісні датчики; пристрої керування; ЕБК; модулятори тиску. У більшості систем керування ABS використовуються *датчики кутової швидкості обертання коліс індукційного типу* [18, 20, 21] (рис. 7.5, а).



Рис. 7.5. Датчики швидкості обертання коліс:

а – індукційного типу; б – на ефекті Холла; в – установка з зубчастим колесом

Датчики складаються з постійного магніту і залізного стрижня на якому розміщена котушка. У деяких сучасних системах ABS застосовуються цифрові *датчики Холла* (рис. 7.5, б). Імпульсні датчики активізуються обертовим зубчастим колесом (рис. 7.5, в). При цьому, в котушці індукційного датчика індукується сигнал, частота і напруга якого пропорційні швидкості обертання колеса. У датчиках Холла мехатронного типу формується сигнал у вигляді прямокутних імпульсів з фіксованою амплітудою і шпаруватістю.

Сигнали датчика швидкості обертання коліс використовуються в роботі різних систем активної безпеки (ABS, антибуксувальної системи, системи курсової стійкості). За допомогою інформації від датчиків, відповідні блоки керування регулюють силу гальмування кожного колеса, що дозволяє запобігти їх блокуванню і в підсумку забезпечити стійкість (керуваність) автомобіля.

Датчики положення педалі гальма розрізняють за призначенням (кінцевого положення, ступеню натискання) і принципу будови (контактні, лінійного переміщення). Перший тип датчиків за конструкцією аналогічні датчикам стоп-сигналу. Датчики ступеню натискання являють потенціометри (рис. 7.6).

Підключення рухомого контакту штока потенціометра виконується за допомогою другої контактної доріжки (рис. 7.6, в).

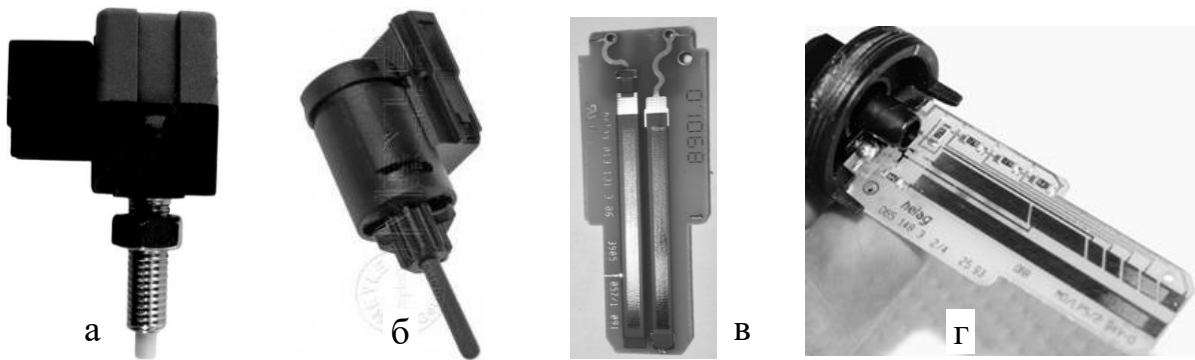


Рис. 7.6. Датчики положення педалі гальм:
 а – кінцевого положення; б, в, г – ступеню натискання

Щоб уникнути перевантажень, зносу і похибки вимірювання, струм в зоні контакту мінімізують до декількох міліампер, а пристрій в цілому захищається від пилу.

Основними характеристиками датчиків ступеню натискання є: хід штока і спосіб установки датчика (фірма виробник); діапазон регулювання опору; нелінійність резистивної характеристики. У конструкціях вимірювальної площадки сучасних датчиків застосовуються секційні провідні доріжки, сектори яких гальванічно розділені винесеними резисторами, інтегрованими поруч із доріжкою (рис. 7.6, г). Таке рішення дозволяє отримати необхідну нелінійну резистивну характеристику датчика (кусочно-лінійну апроксимацію) без використання резистивного покриття (підвищення ресурсу).

Для контролю тиску в гідравлічних та пневматичних гальмівних системах застосовуються датчики відповідного призначення [18, 20, 21] (рис. 7.7, а, б).

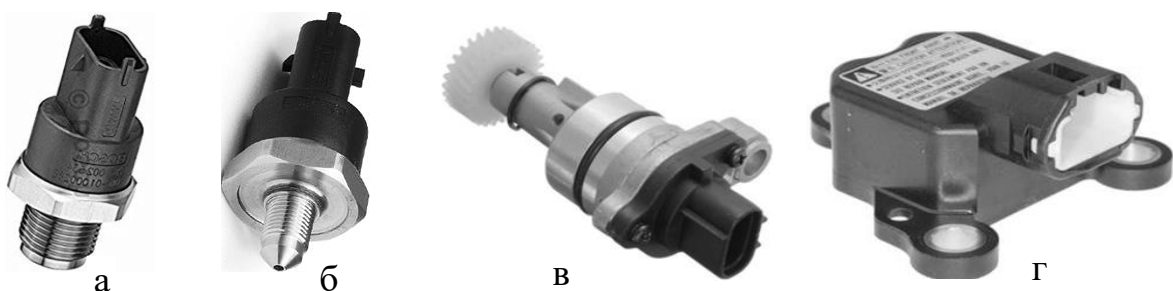


Рис. 7.7. Додаткові датчики систем керування гальмами:
 а – тиску рідини; б – тиску повітря; в – швидкості руху автомобіля;
 г – уповільнення автомобіля

У гальмівних системах комбінованої структури використовується інформація з датчиків суміжних систем (рис. 7.7, в, г).

Додамо, що поряд з розглянутими конструкціями датчиків, у структурі компонентів мехатронних систем застосовуються так звані вбудовані датчики оригінального призначення.

В активних гідравлічних системах використовуються підсилювачі гальмівного тиску. Тип (принцип дії) підсилювача гальмівного тиску визначається джерелом (видом) енергії, який допомагає водієві здійснювати керуючі впливи. За цією ознакою розрізняють пневматичні, вакуумні, гідравлічні і комбіновані неелектричні підсилювачі приводів гальмівних систем. У зазначених пристроях, підсилення зусилля водія, який тисне на педаль гальм, здійснюється за рахунок додаткової енергії тиску робочого тіла [18].

Найбільш розповсюдженим на автомобілях з бензиновими ДВЗ є *вакуумний підсилювач*, в якому використовується енергія розрядження у впускному колекторі двигуна. Розрядження підводиться до робочої камери підсилювача через зворотний клапан 1 (рис. 7.8, а).

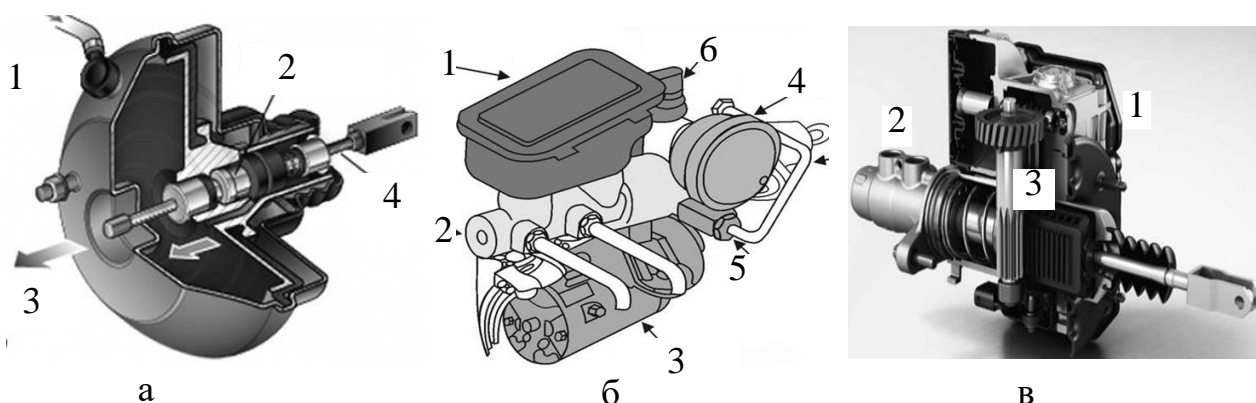


Рис. 7.8. Підсилювачі гальмівного тиску:

а – вакуумний; б – електрогідравлічний; в – електромеханічний

При цьому, як регулюючий елемент, використовується клапан 2, що відслідковує переміщення педалі гальм та перемикає сполучення між робочою та атмосферною камерами. Як результат, підвищується зусилля на вихідному штоку 3, відносно вхідного штока педалі 4. Аналогічним чином будуються *пневматичні підсилювачі* де у якості робочих камер з діафрагмою використовується пневматичний циліндр, а у якості керуючого клапану – розподільник тиску.

Гідравлічні підсилювачі будуються на базі головного гальмівного циліндра шляхом додавання гідронасоса з гідроаккумулятором.

При цьому, рідина під тиском, що утворений насосом (додаткова енергія), надходить в робочі камери головного гальмівного циліндра через розподільник тиску, який активізується педаллю гальм.

У перерахованих підсилювачах, використовується додаткова енергія, отримана від ДВЗ (вакуум у впускному колекторі, насоси з механічним приводом). Недоліком такого підходу, є залежність робочого тиску від швидкісного режиму ДВЗ і втрати двигуна (додаткова витрата палива). Ці недоліки долаються шляхом застосування електричних насосів і приводів.

Електрогідравлічні підсилювачі будуються аналогічно звичайним гідравлічним, тільки замість механічного насоса використовується електронасос (рис. 7.8, б). На рисунку позначено: 1 – розширювальний бачок; 2 – головний гальмівний циліндр; 3 – електронасос; 4 – гідроаккумулятор; 5 – зворотний клапан; 6 – датчик тиску.

Електромеханічні підсилювачі базуються на електромагнітних або електромоторних приводах. При цьому, зусилля, що утворюється електричним приводом (електродвигуном 1), може передаватися на шток головного гальмівного циліндра 2 безпосередньо (для електромагнітних) або через редуктор 3 (рис. 7.8, в). В системах з електромеханічними підсилювачами, використовуються електроні педалі (псевдопедалі) з датчиками положення педалі гальма.

У *пневматичних* активних системах, керування тиском в гальмівних циліндрах, реалізується в два етапи. На першому етапі, опорний тиск ресивера варіюється за допомогою гальмівного крана (педалі гальма). Залежно від типу системи та гнучкості алгоритму керування, в конструкції крану (педалі гальма) передбачені вмонтовані датчики різного типу (рис. 7.9).

Механічна частина гальмівного крану призначена для регулювання подачі та скидання стисненого повітря в робочій двоконтурній гальмівній системі. Конструкція крану являє два ідентичні пропорційні дискові клапани, пневматично пов'язані між собою [22, 23]. Керування клапанами здійснюється за допомогою складового порожнистого штоку-поршня c з випускним портом 3. При натисканні педалі, клапани забезпечують зачинення випускних отворів з одночасним відчиненням впускних. В результаті, стиснене повітря з вхідних портів 11, 12 від джерела тиску (ресиверу) надходить до вихідних портів 21, 22 магістралей керування гальмівними приладами обох контурів.

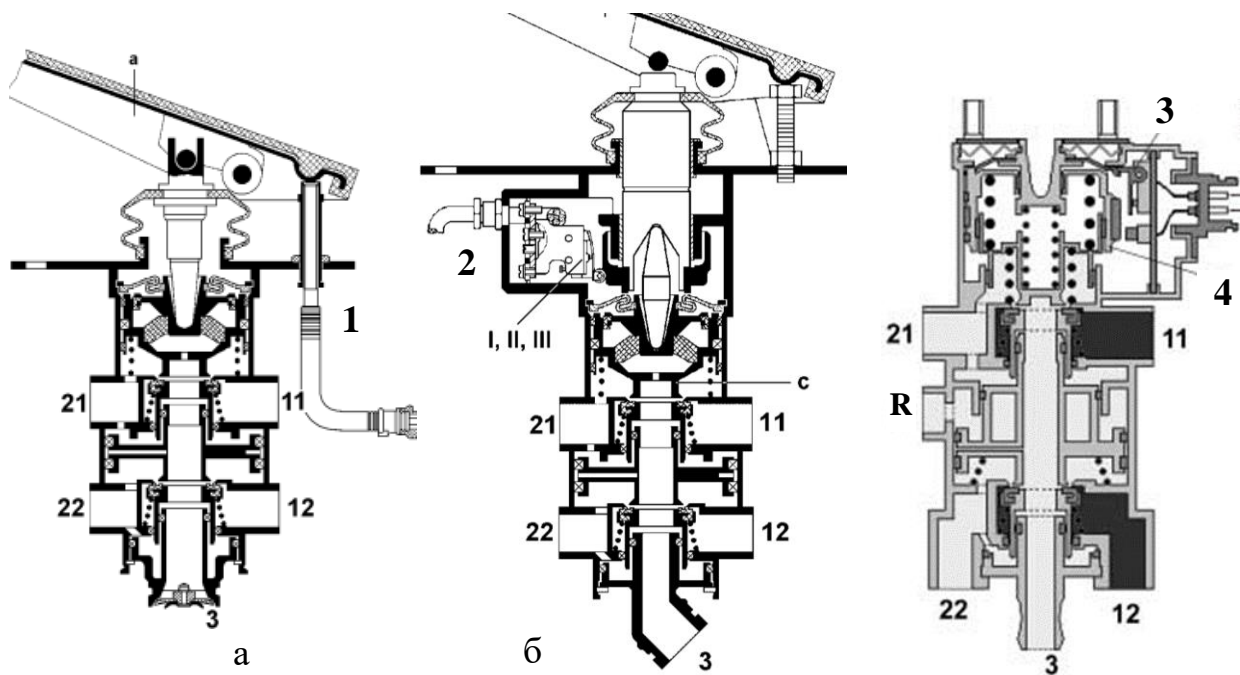


Рис. 7.9. Гальмівні крани пневматичних систем:
 а – з кінцевим вимикачем; б – з трьохпозиційним перемикачем;
 в – з датчиком положення

При відпусканні педалі, відбувається протилежний процес комутації клапанів і потік повітря скидається в атмосферу (порт 3).

Кнопковий вимикач 1 (рис. 7.9, а) виконує функції датчика сигналізатора «Стоп-сигналу», а також використовується для вмикання живлення ABS в очікуючому режимі.

Трьохпозиційний перемикач 2 (рис. 7.9, б) використовується для електричного керування сповільнювачем (див. далі п.п. 7.8). При холостому ході педалі спочатку спрацьовує вимикач I, а після подолання механічного опору – вимикач II. Таким чином, включається перша або друга ступінь гальмування сповільнювача без подачі стисненого повітря в робочу гальмівну систему. При подальшому натисканні на педаль, спрацьовує вимикач III підключаючи живлення ABS в очікуючому режимі з одночасним переміщенням поршня с вниз. При скиданні повітря з гальмівних контурів і поверненні педалі у вихідне положення, сповільнювач і ABS відключаються.

Гальмівні крани (рис. 7.9, а, б) застосовуються в базових пневматичних системах і системах з ABS. Конструкція крану (рис. 7.9, в) модифікована під систему EBS (див. далі п.п. 7.5). Такий кран в електричній частині має кнопку вимикач 3 і датчик ДППГ 4. Вимикач

3 забезпечує вмикання живлення апаратів EBS в очікуючому режимі, а датчик 4 відслідковує положення штока (ступінь натиснення) педалі. Вмонтований безконтактний датчик 4 мехатронного типу базується на елементах Холла і формує на виході ШІМ-сигнал, який інтерпретує необхідну ступінь сповільнення АТЗ. Деякі модифікації гальмівного крану EBS в механічній частині мають резервний порт *R* для підключення роз'єднувального клапану (див. далі п.п. 7.5).

Модулятори тиску (МТ) в гідравлічних системах легкових автомобілів розрізняються за принципом будови, ступенем інтегрування, кількістю електричних клапанів і технічними характеристиками. За принципом будови МТ гідравлічних систем поділяють на чотири категорії.

У *вентильних* МТ-1 застосовуються кулькові клапани з поршне-вими штовхачами, привід яких здійснюється від електродвигунів з черв'ячними передачами. Така система працює без гідронасоса з використанням тиску від головного гальмівного циліндра. У *вентильних* МТ-2, кулькові клапани знаходяться під тиском гідропідсилювача керма, а перемикання режимів гальмування здійснюється за допомогою двопозиційного електроклапана. У *клапанних* МТ-3 потік рідини, створений електронасосом низького тиску, модулюється за допомогою двопозиційних електроклапанів. Визначальними атрибутами *аккумуляторних* МТ-4 є наявність електронасоса і гідроаккумулятора високого тиску. Модуляція тиску на колісних виходах проводиться за допомогою двох або трьохпозиційних електроклапанів [18].

Ступінь інтегрування МТ визначається кількістю функціональних елементів, що входять в конструкцію пристрою з переліку (ЕБК, ЕК – електроклапани, ЕН – електронасос, ГА – гідроаккумулятор, ГЦ – гальмівний циліндр, БР – блок реле, ВК – вакуумна камера). Найкращими показниками (технічними характеристиками) характеризуються МТ-4 модульної конструкції.

До технічних характеристик МТ, також відносяться: напруга живлення; робочий тиск; число каналів керування; наявність і кількість компенсаційних бачків; сполучне різьблення; тип клапанів (двопозиційні, трипозиційні); категорія захисту. Перераховані параметри визначають застосовність модуляторів на гальмівних системах автомобілів конкретних марок.

В *пневматичних системах*, модулятор тиску може бути реалізований в одному конструктиві (інтегрований) або складатися з декіль-

кох окремих виконавчих пристроїв. Промислові зразки таких електро-механічних модулів отримали загальну назву електромагнітні клапани ABS та відрізняються між собою за призначенням, кількістю соленоїдів (котушок) та їх компоновкою у конструкції модулятора [22, 23] (рис. 7.10).

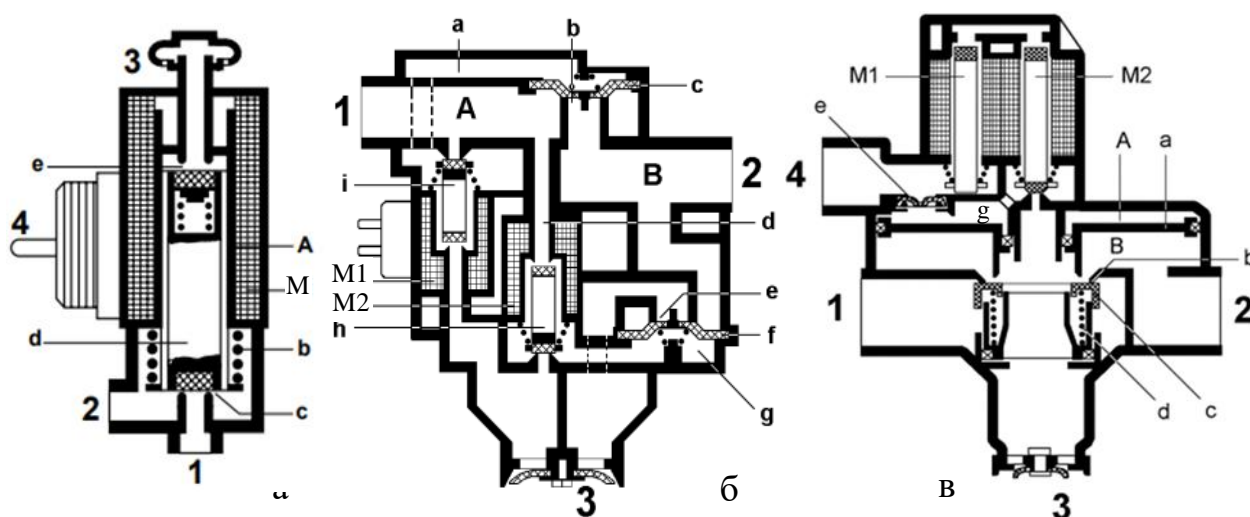


Рис. 7.10. Електромагнітні клапани ABS:

а – одним соленоїдом; б – з двома соленоїдами; в – прискорюючий

Перший варіант пристрою (рис. 7.10, а) отримав назву 3w/2p-клапан. Формула клапану характеризує його функціональність і позначається кількістю портів сполучення повітря (Way) і кількістю позицій якоря (Position). Нормально-зачинений клапан забезпечує подачу і скидання повітря під тиском при комутації струму в соленоїді. Клапан має три порти: 1 – вхідний, для подачі повітря від магістралі живлення; 2 – вихідний, для підключення гальмівного механізму; 3 – випускний, для скидання тиску наявного на вихідному порту 2 в атмосферу. В початковому стані (соленоїд *M* знеструмлено) якір електромагніту *d* під дією пружини *b* утримує зачинений запірний вузол *c*. При подачі струму, якір переміщується у верх, запірний вузол *e* зачиняється, а вузол *c*, – відчиняється. Стиснене повітря з порту 1 надходить до порту 2. Після знеструмлення *M*, пружина повертає якір в початковий стан. Повітря з порту 2 випускається через камеру *A* і порт 3. У конструкції нормально-відчиненого клапану, процеси відбуваються аналогічно.

Другий варіант (рис. 7.10, б) являє модулятор дискретної дії, який забезпечує швидке підвищення, зниження й підтримку тиску в гальмівних механізмах по командах з ЕБК. Призначення портів мо-

дулятору таке ж як і у попередньому варіанті. Конструкція модулятора складається з двох електромагнітних (I, II) і двох мембранних c , f клапанів змонтованих разом з додатковими камерами a , g . Якорі електромагнітів i , h мають конструкцію аналогічну попередньому варіанту. Якщо, обидві обмотки $M1$ і $M2$ клапанів знеструмлені, стиснене повітря, яке підведено до порту 1, надходить до порту 2 через отвір b діафрагми c . При подачі напруги спрацьовування на обидві обмотки клапанів, утворені перепади тиску діють на діафрагми. При цьому, зачиняються нижній клапан i і отвір b діафрагми c . Одночасно відчиняється нижній клапан h і повітря під тиском, з порту 2 надходить на випуск (порт 3) через відчинені отвори e діафрагми f і нижнього клапану h . При знеструмленні обмотки $M2$, якор h повертається у нижнє положення, зачиняючи випуск повітря. Стиснене повітря з камери A через отвір d надходить до камери g зачиняючи отвір e діафрагми f . В результаті, перекривається сполучення між всіма портами і на виході 2 підтримується тиск в гальмівному механізмі.

Третій варіант модулятора (рис. 7.10, в) складається з модулятора дискретної дії, побудованого на електромагнітних клапанах $M1$, $M2$ і механічного прискорюючого (пропорційного) клапану. На відзнаку від розглянутих пристроїв, модулятор має додатковий порт 4 для подачі керуючого тиску від гальмівного крану.

Модуляція опорного тиску (від ресиверу) підведеного до порту 1 проводиться за допомогою кільцевого поршневого клапану c . Поршень a керується через камеру низького тиску A за допомогою двох пілотних електрклапанів $M1$, $M2$.

При подачі тиску в порт 4, повітря надходить в камеру A через верхні клапани знеструмлених $M1$, $M2$ і отвір сполучення g . Це спричиняє рух поршня a вниз. В результаті, клапанна кромка нижньої частини поршня a перекриває сполучення камери B (порту 2) з портом 3 і при подальшому її натисканні, клапан c відходить від сідла утворюючи отвір сполучення b між портами 1 і 2. Відчинення клапану c відбувається пропорційно керуючому тиску.

При подачі напруги спрацьовування на $M1$, його клапан перекриває подачу повітря в камеру A і відбувається баланс тисків між камерами A і B . При цьому, кільцевий поршень c повертається у сідло, перекриваючи сполучення між портами 1, 2 і 3. На виході модулятора підтримується постійний тиск не зважаючи на зміну керуючого тиску в порту 4.

При подачі напруги спрацьовування на $M2$, його верхній клапан перекриває подачу повітря в камеру A , а відчинення нижнього, – забезпечує сполучення камери A з випуском 3 . В наслідок спадання тиску, поршень a підіймається, його нижня кромка відходить від поверхні клапану c і повітря з порту 2 випускається через порт 3 . Тиск в гальмівних механізмах спадає.

7.4 Устрій та функціонування гідроелектричних систем

Для прикладу, розглянемо кілька типів ABS промислових зразків, які відрізняються за класифікаційними ознаками [3, 4, 18, 19].

ABS типу Bosch 2 має гальмівну формулу 4S/4M та 4-х каналний модулятор тиску з чотирма 3w/3р-клапанами [24]. Елементи системи включаються до контуру штатного гальмівного приводу АТЗ, що має головний гальмівний циліндр з педаллю та підсилювачем гальм, гальмівні механізми з робочими циліндрами (приводами гальм), трубопроводи підводу гальмівної рідини (рис. 7.11).

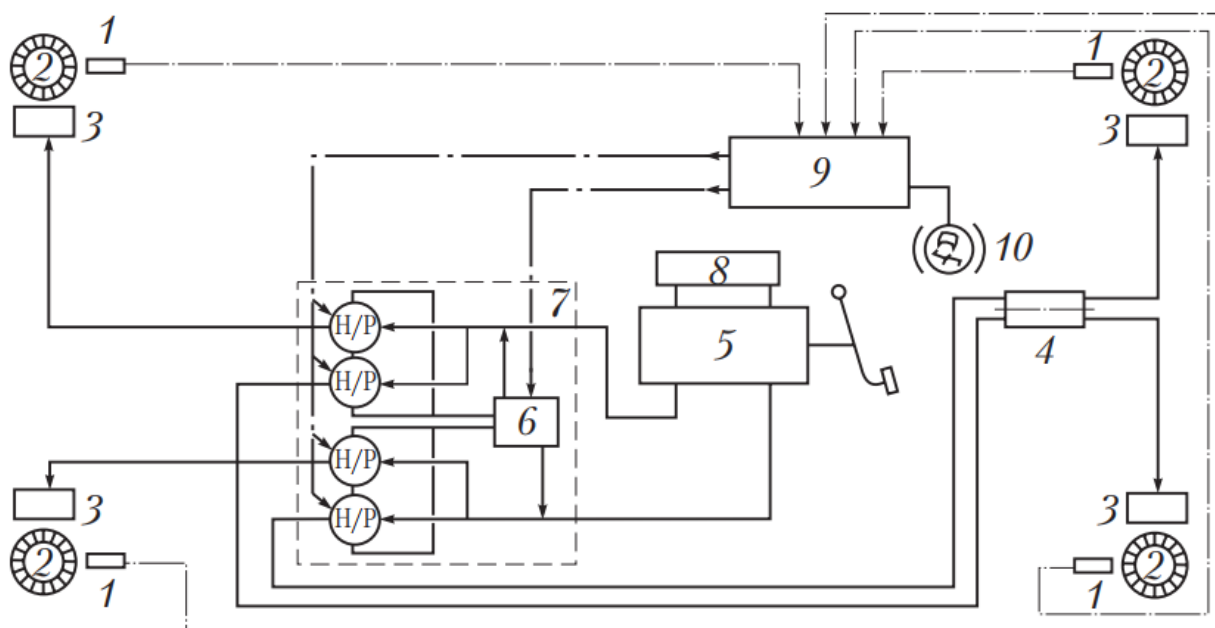


Рис. 7.11. Мехатронна функціональна схема ABS Bosch 2:

- 1 – колісний датчик; 2 – ротор колісного датчика; 3 – колісний циліндр;
- 4 – регулятор гальмівних сил; 5 – головний гальмівний циліндр;
- 6 – електронасос; 7 – модулятор; 8 – компенсаційний бачок; 9 – ЕБК;
- 10 – сигнальна лампа; Н/Р – нагнітальний та розвантажувальний електромагнітні клапани

На рисунку позначено пунктирними, штрих-пунктирними і суцільними лініями відповідно: вхідні сигнали ЕБК; вихідні сигнали ЕБК; трубопроводи гальмівної системи.

Між головним гальмівним циліндром та колісними циліндрами встановлюються нагнітальні (Н) та розвантажувальні (Р) електромагнітні клапани, які або підтримують на постійному рівні, або знижують тиск у приводах коліс або в контурах. Трьохпозиційні клапани розміщуються в конструкції модулятора разом з іншими компонентами електрогідравлічної системи (рис. 7.12).

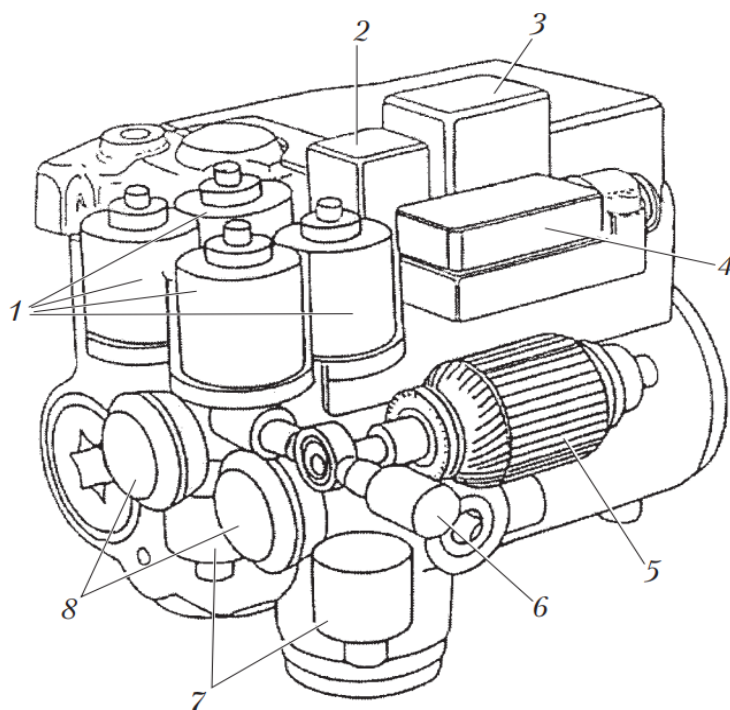


Рис. 7.12. Електрогідравлічний модулятор системи ABS Bosch 2:

- 1 – електромагнітні клапани; 2 – реле гідронасосу; 3 – реле електромагнітних клапанів; 4 – електричний роз'єм; 5 – електродвигун гідронасосу; 6 – поршень гідронасоса; 7 – акумулятори тиску; 8 – демпферні камери

У блоці модулятора кожному гальмівному циліндру колеса відповідають один впускний та один випускний клапани, які керуються одним соленоїдом. Таким чином, модулятор тиску має 8-м клапанів компонованих в 4-х електромагнітних системах (конструктивах).

Акумулятори тиску призначені для прийому гальмівної рідини під час скидання тиску в кожному гальмівному контурі. Насос зворотної подачі підключається, коли ємності акумуляторів тиску недостатньо. Він також сприяє прискоренню скидання тиску.

Камери демпферів пульсацій гасять коливання потоку рідини, що надходить від насоса. Гідронасоси зворотної подачі електрогідравлічного модулятора можуть бути як одноступінчастими, так і двоступінчастими.

Функціонування системи ABS Bosch 2 відбувається за програмою, та поділяється на три фази: 1 – нормальне або звичайне гальмування; 2 – утримання тиску на постійному рівні; 3 – скидання тиску (рис. 7.13).

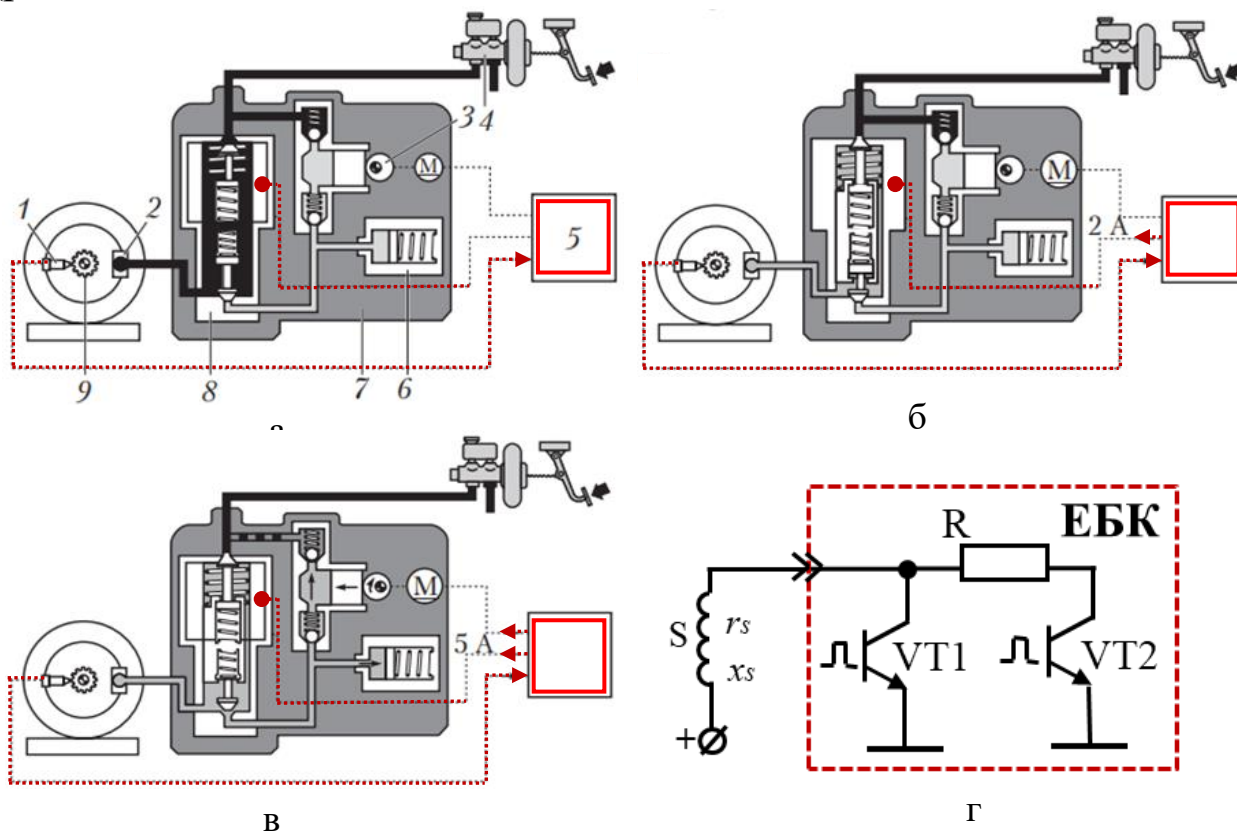


Рис. 7.13. Фази гальмування в системі ABS Bosch 2:

- а – фаза нормального гальмування; б – фаза утримання тиску;
- в – фаза скидання тиску; г – коло живлення обмотки клапана

На рисунку позначено номери позицій: 1 – колісний датчик; 2 – колісний (робочий) циліндр; 3 – нагнітальний насос; 4 – головний гальмівний циліндр; 5 – ЕБК; 6 – акумулятор тиску; 7 – електрогідравлічний модулятор; 8 – електромагнітний привод клапанів; 9 – ротор колісного датчика;

При звичайному гальмуванні напруга на електромагнітних клапанах відсутня, з головного циліндра гальмівна рідина під тиском вільно проходить через відкриті клапани і приводить в дію гальмівні механізми коліс. Гідронасос, при цьому, не працює (рис. 7.13 а).

При появі ознак блокування одного з коліс (відповідний сигнал від колісного датчика), ЕБК переходить до виконання програми циклу утримання тиску на постійному рівні шляхом роз'єднання головного і відповідного колісного циліндрів. При цьому, на обмотку електромагнітного клапана подається струм силою 2 А. Поршень клапана переміщається і перекриває надходження гальмівної рідини з головного циліндра (рис. 7.13, б). Тиск у робочому циліндрі колеса залишається незмінним, навіть якщо водій продовжує натискати на педаль гальма.

Якщо, небезпека блокування колеса зберігається, ЕБК подає на обмотку електромагнітного клапана струм більшої сили – 5 А. В результаті додаткового переміщення поршня клапана відкривається канал, через який гальмівна рідина скидається в акумулятор тиску (рис. 7.13, в). Тиск у колісному циліндрі падає. При цьому, ЕБК видає команду на включення гідронасосу, який відводить частину рідини з акумулятора тиску. Педаль гальма піднімається, що відчувається по биттям гальмівної педалі.

Таким чином, фази циклу функціонування ABS забезпечуються шляхом комутації струму за допомогою ключів VT у колі маси (керування з низу) в кожному соленоїді S електромагнітного приводу клапанів. Еквівалентна схема комутатору струму в активному опорі соленоїда r_S показана на рис. 7.13, г:

- перша фаза (штатне гальмування), – VT1 і VT2 розімкнуті, обмотка S знеструмлена ($I_S = 0$);
- друга фаза (утримання тиску), – VT1 замкнений, VT2 розімкнений, через обмотку S утворюється струм $I_S = 2$ А, обмежений опором соленоїда r_S і додаткового резистора R;
- третя фаза (скидання тиску), – VT1 розімкнений, VT2 замкнений, через обмотку S утворюється струм $I_S = 5$ А, обмежений тільки опором соленоїда r_S .

Інший спосіб змінення сили струму – широтно-імпульсна або частотно-імпульсна модуляція сили струму в індуктивному опорі соленоїда x_S . При такому рішенні, достатньо одного ключа VT, але потрібен двочастотний мультівібратор.

Функціональна схема базової системи керування ABS включає: джерело електричної енергії (бортову мережу з акумуляторною батареєю АКБ); електронний блок керування ЕБК; датчик кінцевого положення педалі гальма ДКПГ); датчики стану (швидкості обертання

коліс ДК, сповільнення автомобіля ДСА, рівня гальмівної рідини ДРГР); електроклапани гальмівних механізмів ЕК; електричний насос підкачки гальмівної рідини ЕН (рис. 7.14).

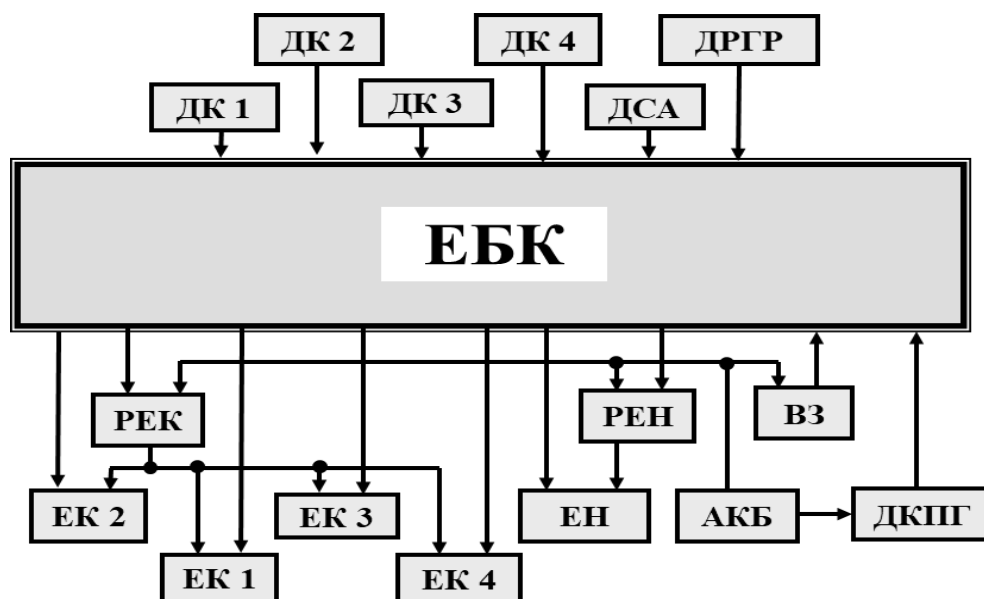


Рис. 7.14. Схема електрична функціональна ABS Bosch 2

Система підключається до електроживлення АКБ через вимикач запалювання ВЗ. Подача електроживлення на клапана ЕК і насос ЕН проводиться за допомогою відповідних дистанційних реле РЕК і РЕН, які активізуються через ЕБК по сигналу з вимикача системи (ДППГ). Блок ЕБК включає мікропроцесорні пристрої і схеми узгодження (обробки) вхідних сигналів датчиків і вихідні каскади (апаратні драйвери) для керування приводами (клапанами) модулятора і насоса. Структура ЕБК системи ABS має стандартну конфігурацію.

На рис. 7.15 приведена принципова електрична схема системи ABS (Bosch), в якій головним компонентом є ЕБК. На схемі позначено: ДСГ – датчик відмови сигналу гальмування; SA1 – контакти датчика аварійного рівня гальмівної рідини; SA2 – контакти датчика стоянкового гальма; SA3 – контакти сигналізатора гальмування (ДППГ); FU – запобіжники; KV – реле РЕН і РЕК; HL – лампи сигналізаторів. До вихідних периферійних пристроїв ЕБК відносяться: блок реле БРК; модулятор тиску БВП; сигнальна лампа HL2 (контроль справності ABS); сервісне рознімання SX1; контрольне рознімання SX2 (стендова діагностика).

Електронний блок функціонує за наступним алгоритмом.

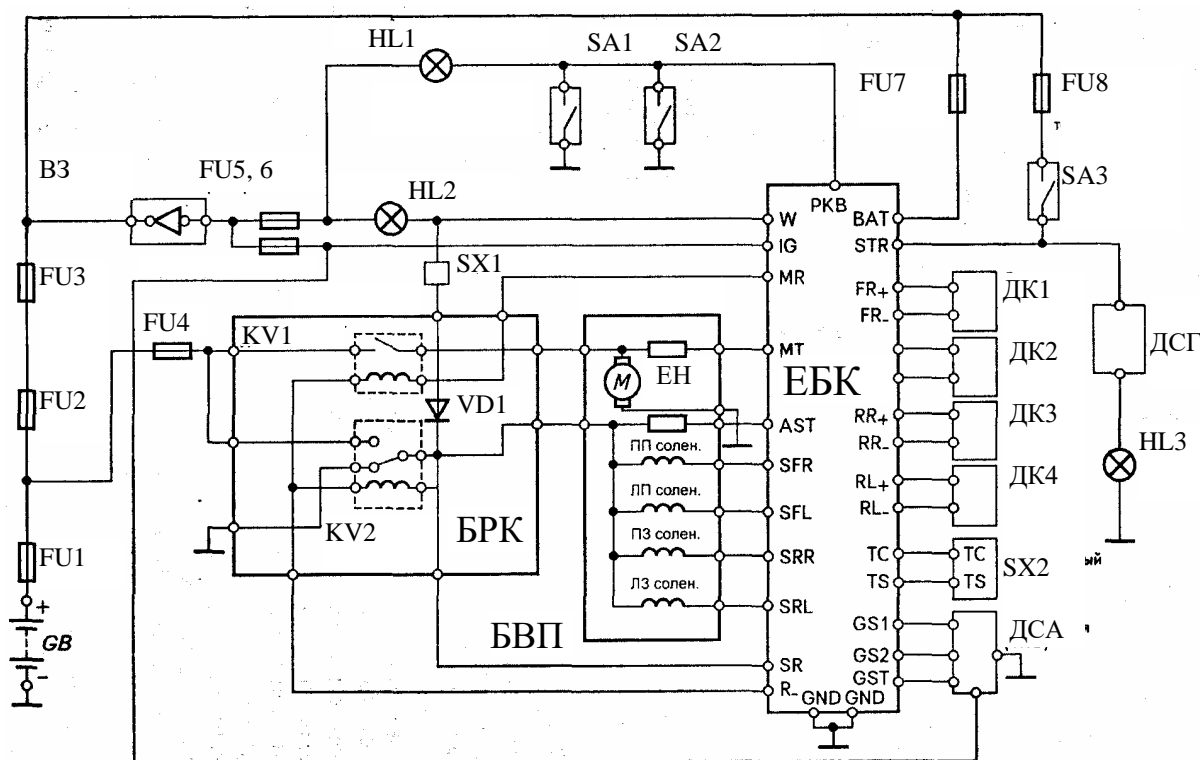


Рис. 7.15. Схема електрична підключення елементів системи ABS Bosch 2

При включенні запалювання на контактах IG і BAT електронного блоку встановлюється напруга акумуляторної батареї GB. При цьому, на 3 секунди спалахує контрольна лампа HL2. Якщо, один із запобіжників FU1, FU2, FU3 або лампа HL2 перегорають, система ABS не включається. Після пуску ДВЗ і розгону автомобіля до швидкості більш ніж 6 км/год в ЕБК відпрацьовується функція первинного контролю. При цьому, вимикач сигналу гальмування на педалі гальма SA3 розімкнутий. Якщо, в системі все справне, то загоряється лампа контролю сигналу гальмування HL3, а на лампу HL2 подається код готовності системи ABS до роботи. Якщо, автомобіль перевищує швидкість 6 км/г, обидві лампи гаснуть. У випадку, якщо в ABS є несправність, то в системі відпрацьовується функція самодіагностики і лампа HL2 починає блимати.

Реле KV1 і KV2 спрацьовують, коли під час гальмування ідентифікується блокування окремих коліс (сигнали ДК). При цьому, струм через обмотки ЕК в режимі скидання (5 А) і утримання (2 А) тиску утворюється напругою АКБ (див. рис. 7.13, г) через замкнуті контакти KV2.

Під час функціонування гальмівної системи в штатному режимі (без ABS), контакт KV2 повертається у початковий стан (замикається

на масу) і обмотки ЕК знеструмлюються. При цьому, відновлюється можливість підвищувати тиск в колісних циліндрах шляхом натиснення педалі гальма.

Якщо, в гальмівній системі автомобіля спрацьовує датчик аварійного рівня гальмівної рідини HL1 або введені в дію гальма стоянки SA2, то ЕБК відключає БРК. В ABS передбачена і функція надійності. Ця функція проявляється в разі виникнення будь-якої несправності. В такому випадку, сигнали керування від ЕБК на модулятор ABS не подаються, а гальмівна система автомобіля починає працювати без ABS. При цьому, запускається система самодіагностики, яка перевіряє (тестує):

- силу струму від джерела живлення;
- функціонування зовнішніх і внутрішніх інтерфейсів;
- передачу даних;
- зв'язок між процесорами;
- операції підключення обмоток клапанів і реле;
- операції контролю пам'яті помилок;
- функції читання і запису на внутрішню пам'ять.

Якщо, помилку виявлено, ABS відключається і спалахує індикатор попередження HL2.

Гальмівна система з агрегатом ABS Mark II фірми Teves, згідно загальним класифікаційним ознакам має гальмівну формулу 4S/3M з окремими модуляторами тиску передніх коліс і поєднаним керуванням гальмівним зусиллям коліс задньої осі [25] (рис. 7.16).

На рисунку позначено штрих-пунктирними і суцільними лініями відповідно електричні (вхідні і вихідні сигнали ЕБК) і гідравлічні зв'язки функціональними елементами гальмівної системи.

Електронасос 6 і акумулятор тиску 5 забезпечують можливість електронного керування гальмівним зусиллям незалежно від реакції водія. Гідроелектричний блок 4, містить шість ЕК, які керують тиском рідини. У кожному з трьох контурів гальмівної системи передбачено по два клапани – впускний (I), який відкриває шлях рідини з акумулятора тиску до робочого циліндра, коли треба збільшити гальмівне зусилля, і випускний (S), який дозволяє рідині повернутися в бачок, коли тиск треба послабити. Ці клапани або відкриваються по черзі, або закриті, якщо тиск в контурі повинен зберігатися незмінним. В знеструмленому стані впускні клапани відкриті, а випускні – закриті.

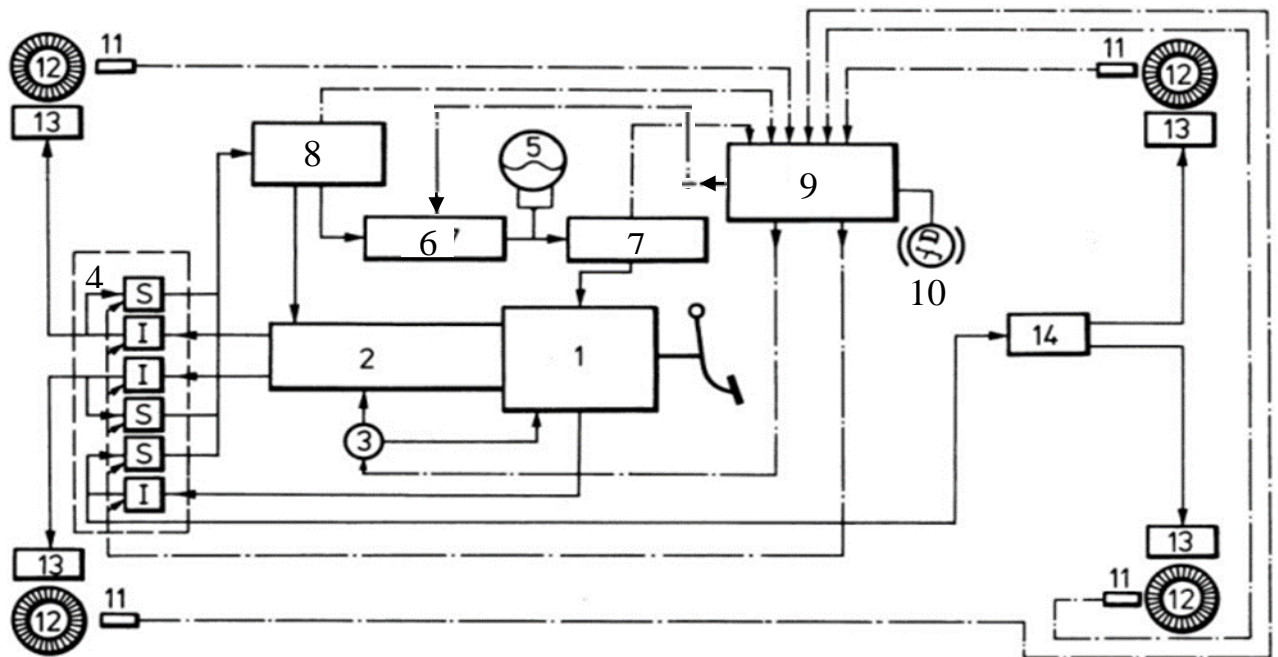


Рис. 7.16. Мехатронна схема ABS Mark II:

1 – гідравлічний підсилювач педалі гальм; 2 – головний гальмівний циліндр; 3 – головний клапан; 4 – гідроелектричний блок; 5 – акумулятор тиску; 6 – гідронасос з електроприводом; 7 – реле тиску; 8 – компенсаційний бачок; 9 – ЕБК; 10 – індикатор ABS; 11 – колісні датчики; 12 – активізуючі диски датчиків; 13 – гальмівні супорти; 14 – з’єднувач трубопроводів задніх коліс

Конструкція ABS Mark II являє інтегрований агрегат, в якому компоновані: гідравлічний підсилювач гальма 1; головний гальмівний циліндр 2 з компенсаційним бачком 8; головний клапан 3; гідроелектричний блок 4; акумулятор тиску 5; електронасос 6; реле тиску 7 (рис. 7.17, а).

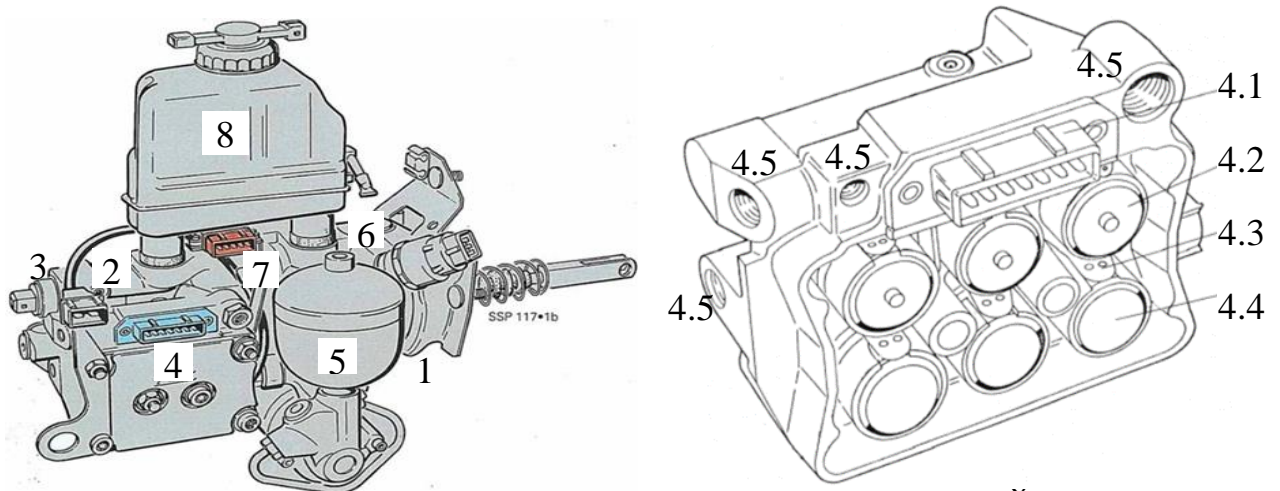


Рис. 7.17. Інтегрована конструкція ABS Mark II:

а – компоновка функціональних вузлів; б – гідроелектричний блок

Означений агрегат має чотири електричних роз'єми зовнішніх підключень:

- соленоїдів гідроелектричного блоку (7 виводів);
- контактів реле тиску (5 виводів);
- обмотки електродвигуна гідронасосу (3 виводи);
- соленоїда головного клапану (2 виводи).

Гідроелектричний блок 4 містить: роз'єм підключення клапанів 4.1; впускні електромагнітні клапани 4.2; електричні роз'єми соленоїдів 4.3; випускні електромагнітні клапани 4.4; штуцерні отвори 4.5 (рис. 7.17, б).

На відзнаку від попередньої системи, ABS Mark II має розімкнутий контур циркуляції гальмівної рідини, яка прокачується насосом низького тиску через гідропідсилювач головний циліндр, колісні циліндри і компенсаційний бачок (рис. 7.18).

Така система дозволяє реалізувати чотири фази керування гальмуванням: 1 – нормальне, або звичайне гальмування; 2 – утримання тиску на постійному рівні; 3 – скидання тиску; 4 – підвищення тиску. Крім того, використання гідравлічного підсилювача педалі гальм замість вакуумного, виключає залежність характеристик системи гальмування від режимів роботи ДВЗ (ступені розрядження у впускному колекторі).

За звичайних умов гальмування (перша фаза) поршень підсилювача 1.2 нагнітає гальмівну рідину в гальма задніх коліс, і в той же час штовхає поршень головного гальмівного циліндра 2.2 для подачі рідини до гальм передніх коліс. При роботі системи ABS головний клапан 3 відкривається, з'єднуючи камеру підсилювача 1.1 з основною камерою поршня головного циліндра через лінію 2. Під час гальмування з активованою системою ABS, тиск підсилювача передається для утримання поршнів головного циліндра та підсилювача в середньому положенні. Це забезпечує достатнє переміщення поршня для гальмування передніх коліс у разі несправності системи ABS.

Друга фаза забезпечується шляхом одночасного перекриття впускного і випускного клапанів. Третя фаза, відповідно передбачає відчинення випускного клапану при зачиненому впускному. Четверта фаза (підвищення тиску) відбувається коли колісні датчики ідентифікують вільне обертання колеса під час гальмування за рахунок зачинення випускного клапану при відчиненому впускному.

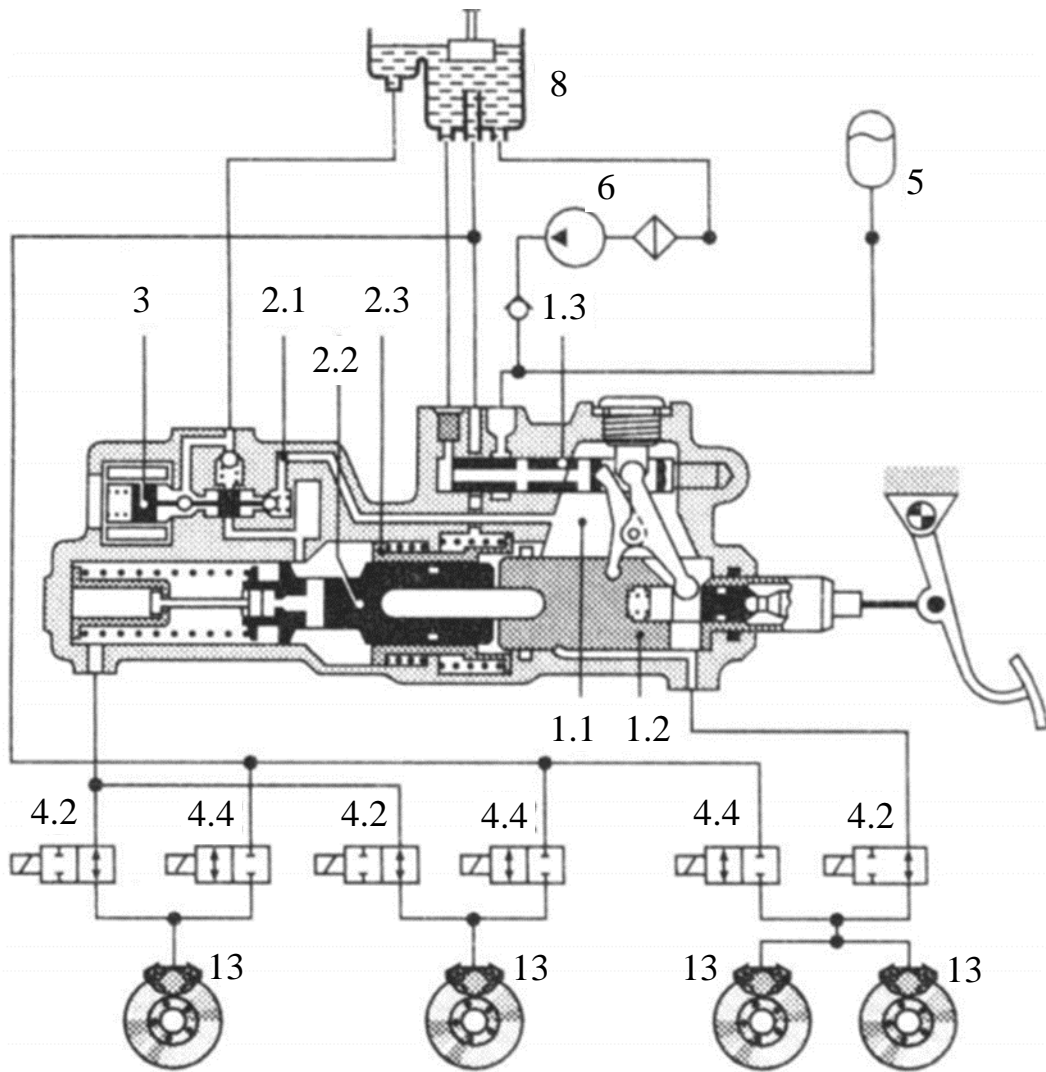


Рис. 7.18. Гідравлічна схема системи ABS Mark II:

1.1 – камера гідропідсилювача; 1.2 – поршень підсилювача; 1.3 – золотниковий клапан; 2.1 – сполучна лінія; 2.2 – поршень головного гальмівного циліндра; 2.3 – позиційна втулка; 3 – головний клапан; 4.2 – впускні клапани; 4.4 – випускні клапани; 5 – гідравлічний акумулятор, 6 – гідронасос; 8 – компенсаційний бачок; 13 – гальмівні супорти

Передні гальма контролюються незалежно (Individual Regelung). Робота задніх гальм регулюється по колесу, що має нижчий коефіцієнт зчеплення (Select Low). Схема електричних з'єднань компонентів ABS Mark II і підключення до кіл борта, показана на рис. 7.19.

На схемі позначено: ІА – блок інтегрованого агрегату; РН – реле увімкнення насоса; РЗ – реле захисту ABS; ПП – панель приладів з сигналізатором справності HL_{ABS} ; ДР – датчик рівня гальмівної рідини (штатний і ABS); СР – сигналізатор рівня та тиску гальмівної рі-

дини; СГ – сигналізатор гальмування з датчиком педалі гальма S09; ДК – колісні датчики; FU – плавкі запобіжники.

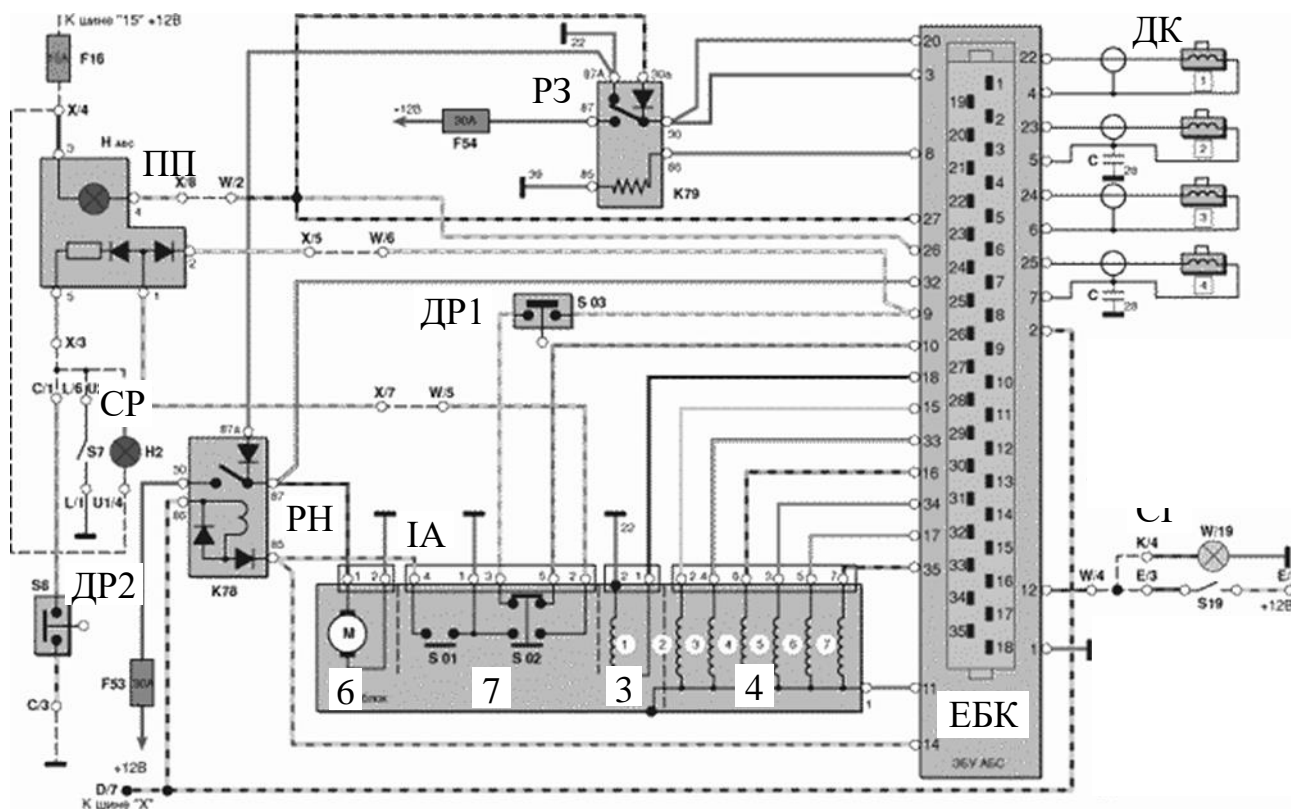


Рис. 7.19. Схема електричних підключень елементів ABS Mark II:

Блок ІА містить: електродвигун насоса 6; реле тиску 7; обмотки головного 3, впускних і випускних 4 електроклапанів з відповідними роз'ємами (див. рис. 7.17).

Оригінальне реле тиску (або датчик тиску) 7 встановлено на гідронасосі 6 або у гідроелектричному блоці 4, складається з манометричного вимикача насоса S01 і датчика аварійного тиску S02 дискретної дії, виконаних на базі трьох мікро-вимикачів (рис. 7.20).

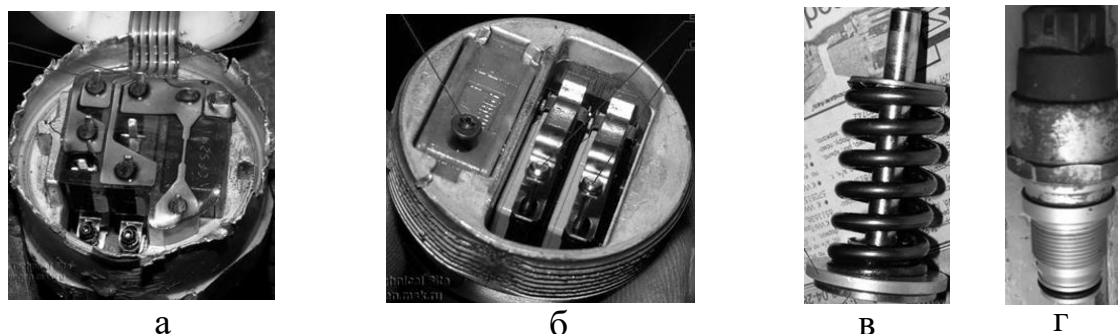


Рис. 7.20. Конструкція реле тиску ABS Mark II:

а – з боку задньої кришки; б – з боку опорної пластини; в – напірний шток з опорною шайбою; г – у зборі

На відзнаку від схеми попередньої системи (див. рис. 7.15), комутація струмів в соленоїдах клапанів 3, 4 реалізована за схемою «керування зверху» (маса підключена постійно, а «+» живлення заведено через транзисторні ключі в структурі ЕБК). Все інше, що пов'язане з структурою і функціонуванням електричної схеми, відбувається аналогічно попередньому варіанту системи Bosch 2S.

Модулі ABS останніх генерацій поєднують у своїй конструкції усі компоненти ABS за винятком колісних датчиків і елементів базової системи гальмування. Максимальна кількість елементів, інтегрованих в модулі, досягається в системах високого тиску типу МД-3/4 [18] (рис. 7.21).

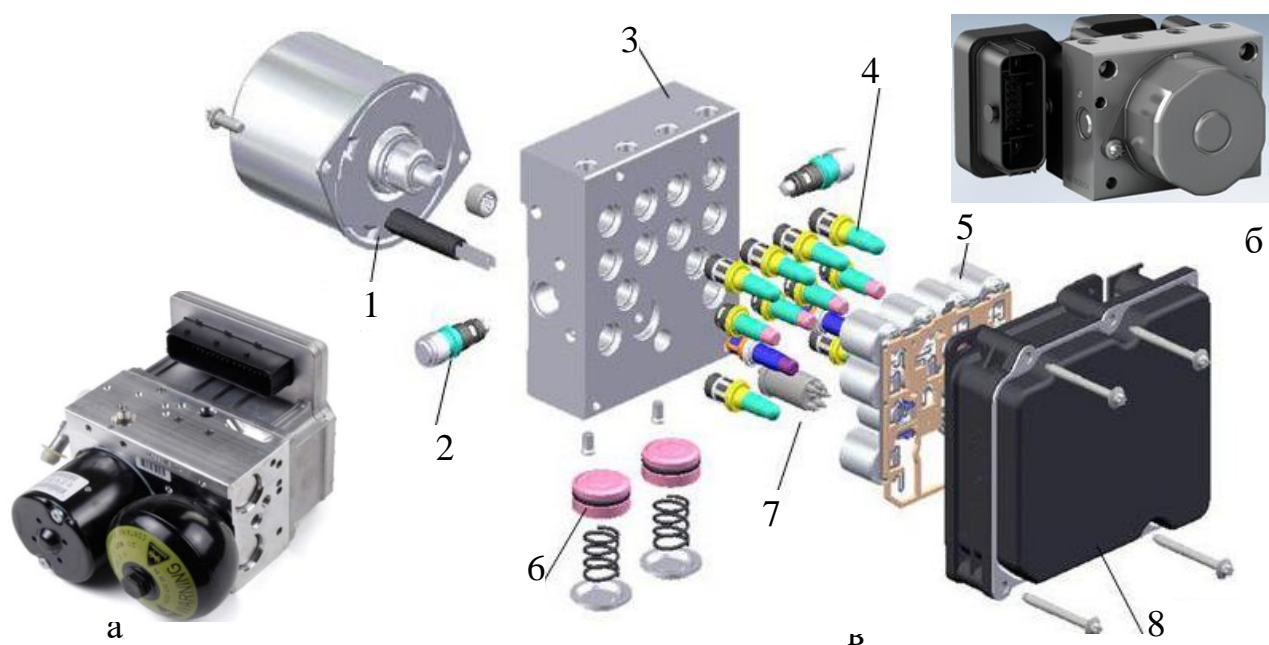


Рис. 7.21. Конструкція інтегрованого модуля ABS:

а – з виносним гідроакумулятором; б – з вбудованим гідроакумулятором;
в – устрій

На рис. 7.21 позначено: 1 – електродвигун насоса; 2 – плунжери гідронасоса; 3 – матриця гідроблока; 4 – клапани; 5 – соленоїди клапанів; 6 – гідроакумулятори; 7 – датчик тиску; 8 – ЕБК.

На рис. 7.22 показано приклад гідравлічної гальмівної системи сучасного автомобіля з двоконтурною діагональною гальмівною базою і гальмівною формулою 4S/4М в якій застосовано вісім електроклапанів типу «On/Off».

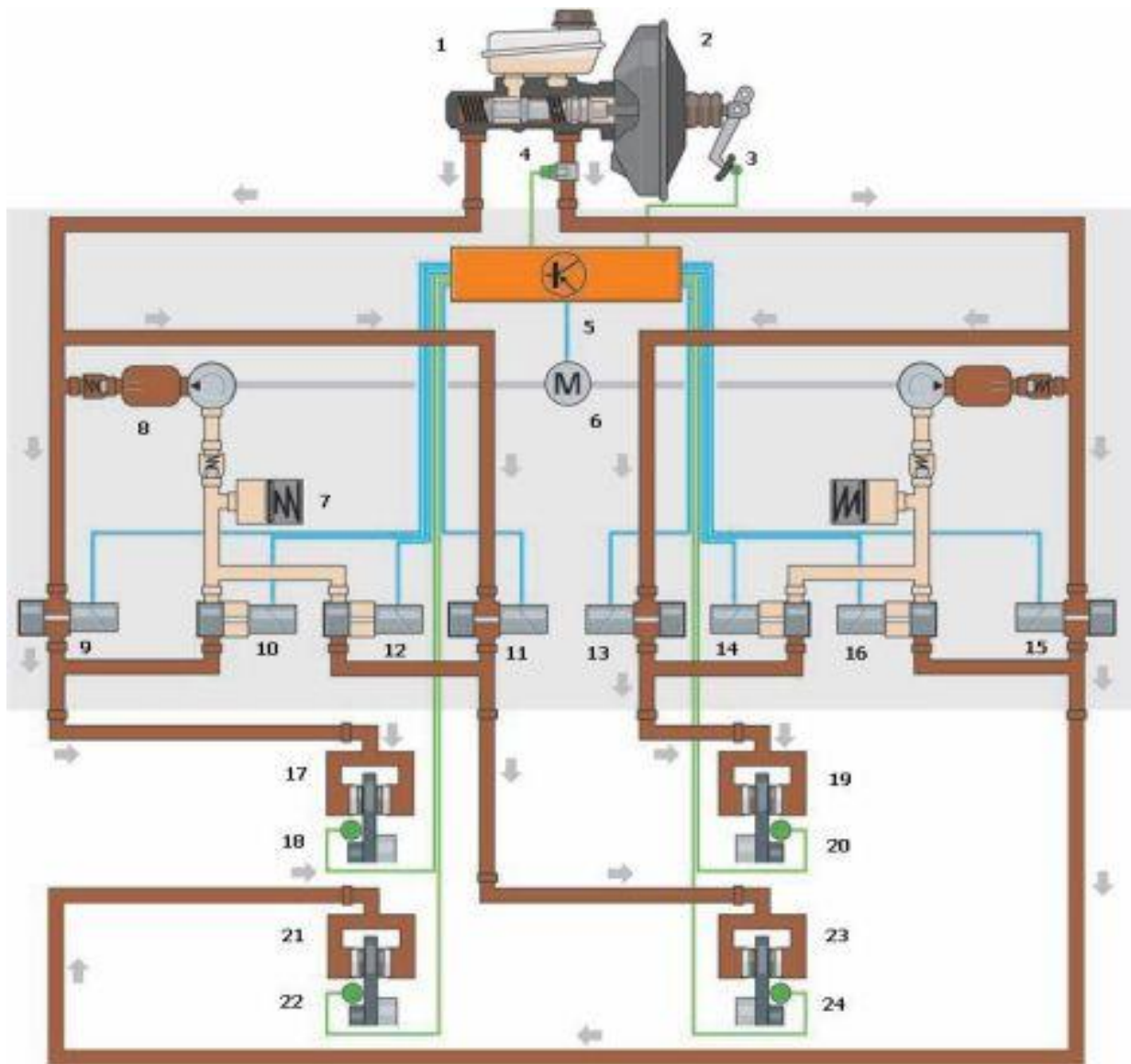


Рис. 7.22. Гідралічна схема ABS з інтегрованим модулем:

- 1 – компенсаційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик кінцевого положення педалі гальм; 4 – датчик тиску в гальмівній системі; 5 – ЕБК; 6 – насос зворотної подачі; 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9, 11, 13, 15 – впускні клапани гальмівних механізмів; 10, 12, 14, 16 – випускні клапани гальмівних механізмів; 17, 19, 21, 23 – гальмівні циліндри; 18, 20, 22, 24 – датчики частоти обертання коліс

Звісно, що такий інтегрований модуль може бути застосований і на іншій гальмівній базі. При цьому, апаратні зміни системи полягають тільки у перекиданні вихідних штуцерів модуля на магістралі робочих циліндрів відповідних коліс.

Така система забезпечує три ступені регулювання тиску в режимі ABS (див. рис. 7.4) і може бути налаштована на IR або MIR алгоритм спрацьовування по реакції датчиків.

Таким чином, гідравлічна гальмівна система сучасного автомобіля складається з: головного гальмівного циліндра, оснащеного підсилювачем, датчиком тиску гальмівної рідини, та датчиком положення педалі гальм; інтегрованого модуля ABS; колісних гальмівних циліндрів; датчиків кутової швидкості коліс.

7.5 Особливості устрою пневмоелектричних систем

На відзнаку від гідравлічних гальмівних систем, пневматичні системи мають підвищену інерційність спричинену пружними властивостями повітря, яке підлягає стисненню. Тому, для компенсації втрат в паразитних об'ємах підвідних трубопроводів, елементи модуляторів тиску розміщуються поблизу робочих камер гальмівних механізмів і, відповідно апаратна частина ABS передбачає певну деконпозицію на борту АТЗ. Оскільки, модуляція тиску може бути реалізована в одному конструктиві (інтегрований МТ) або складатися з декількох окремих виконавчих пристроїв (компонентний МТ), виникає низка композицій (технічних рішень), виправданих для АТЗ з різною гальмівною базою і гальмівною формулою. На приклад, для автомобіля з паралельною гальмівною базою і гальмівною формулою 2S/2M задньої осі, можна застосовувати інтегрований модулятор у вигляді прискорюючого клапану (див. рис. 7.10, в).

При установці ABS в пневматичній системі гальмування, витрата повітря в процесі гальмування збільшується. Тому, в гальмівному приводі встановлюються два ресивера – один ресивер 3 в керуючу магістраль, другий 5 – в магістраль робочого тиску (рис. 7.23).

При натисканні на педаль гальма, повітря з основного ресивера 3 надходить до виводу II модулятора 13, через гальмівний кран 4. При цьому, обмотки клапанів 8 і 10 знеструмлені, клапан 8 відчинений, а клапан 10 зачинений. Стиснене повітря, надходячи до порожнини А, діє на поршень 7 та переміщує його вниз. Внаслідок цього, клапан 11 зачиняється, а впускний клапан 12 відчиняється. При цьому, стиснене повітря з додаткового ресивера 5 надходить в гальмівні камери через виводи I і IV модулятора. В наслідок цього, тиск повітря в гальмівних камерах і відповідно гальмівний момент на колесах – зростають.

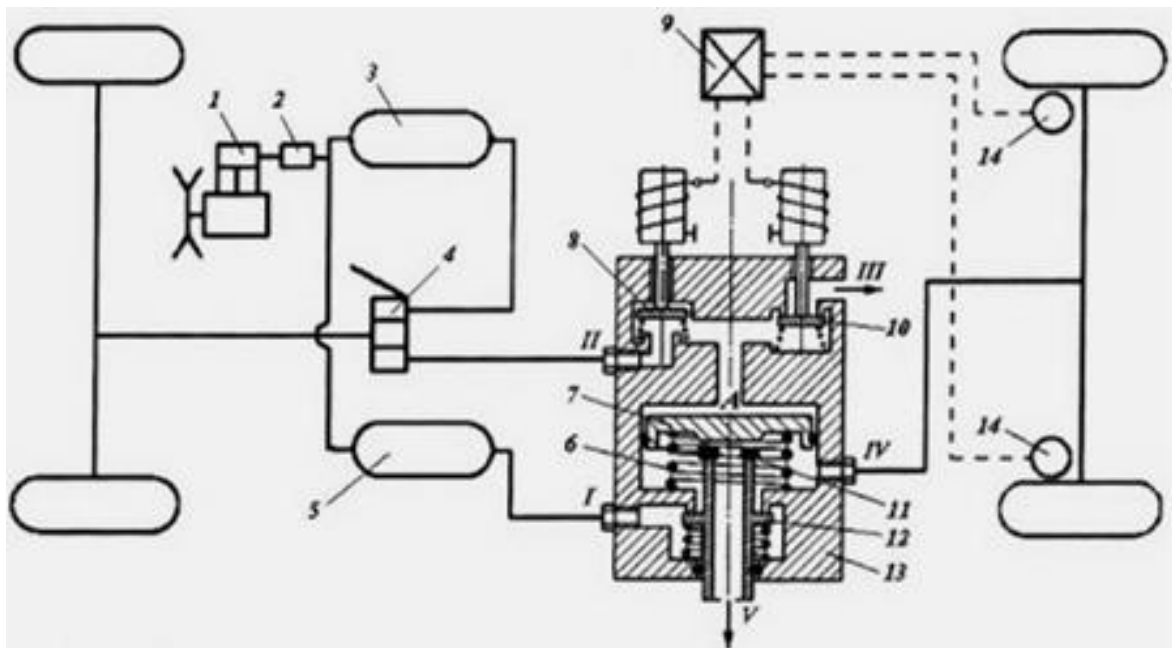


Рис. 7.23. Двоконтурний гальмівний пневматичний привід з ABS:
 1 – компресор; 2 – регулятор тиску компресора; 3, 5 – ресивери; 4 – гальмівний кран; 6 – пружина; 7 – поршень; 8, 10 – електромагнітні клапани; 9 – ЕБК; 11 – клапан; 12 – впускний клапан; 13 – модулятор тиску; 14 – колісні датчики; *A* – керуюча камера модулятора; *I* – до додаткового ресивера; *II* – до гальмівного крана; *III*, *V* – до атмосфери; *IV* – до гальмівних камер

Якщо, будь-яке колесо блокується (сигнал колісного датчика 14), ЕБК 9 підключає електроклапани до живлення. При цьому, клапан 8 зачиняється, перекриваючи сполучення ресивера 3 з МТ 13, а клапан 10 відчиняє сполучення камери *A* з атмосферою. Це призводить до підйому поршня 7, та як наслідок відчинення клапану 11 та зачиненню клапану 12. В результаті, зв'язок ресивера 5 з гальмівними камерами – припиняється, а повітря з гальмівних камер виходить через отвір *V* (гальмівний момент знижується).

При зачинених клапанах 8 і 10, тиск в камері *A* підтримується на постійному рівні. Повторний цикл автоматичного загальмовування активізується, як тільки прискорення колеса перевищить певне (порогове) значення. При цьому, ЕБК відчиняє клапан 8, з'єднуючи камеру *A* з магістраллю (виводом *II*), і цикл ABS повторюється. Слід додати, що в окремих конструкціях систем з пневматичним приводом, робочий цикл ABS ініціюється датчиком кінцевого положення педалі гальма (гальмового крана).

Дистанційне електричне керування тиском та декомпозиція каналу модуляції стає більш актуальною для вантажних автомобілів (довга колісна база) і особливо для тягачів з причепами.

Пневмоелектрична слідкуюча гальмівна система спочатку була запропонована як система дистанційного керування пневматичними агрегатами гальм без функції ABS (рис. 7.24).

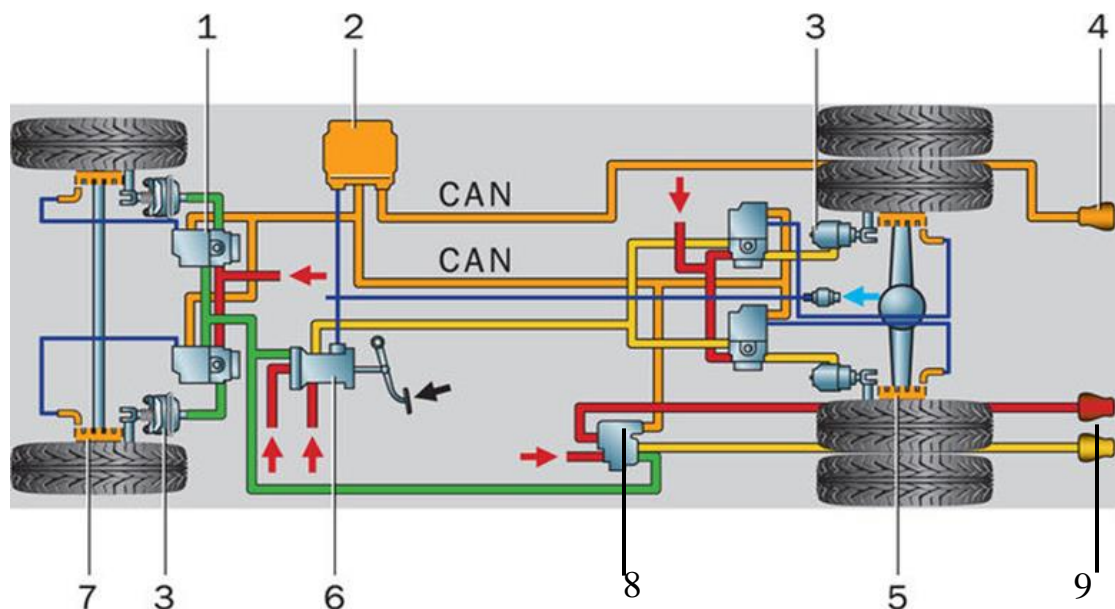


Рис. 7.24. Конфігурація пневмоелектричної слідкуючої системи гальм: 1 – модулятори тиску з датчиками тиску повітря; 2 – ЕБК; 3 – гальмівні камери; 4 – електричне рознімання; 5, 7 – датчики ABS; 6 – гальмівний кран тягача; 8 – гальмівний кран причепа; 9 – під'єднання трубопроводів до причепа

Оригінальністю наведеної схеми є застосування комбінованого гальмівного крану 6 з датчиком ступеню натискання педалі (аналоговий ДППГ), електрично керованих модуляторів з датчиками тиску на виходах 1 (зворотний зв'язок).

Система підготовки повітря має три незалежні контури з окремими ресиверами (передньої осі, задньої осі, причепа). На кран 6 підводяться тиски від осьових ресиверів (стрілки знизу). Сигнал з датчика ДППГ надсилається в ЕБК, де формуються вихідні сигнали, які керують клапанами модуляторів 1 слідкуючого приводу. На модулятори підводиться тиск від осьових ресиверів (стрілки) і гальмівного крану по відповідним осям.

Робочий тиск ресивера причепа (стрілка) і тиск керування передньої осі подаються на причеп по пневматичній магістралі 9 через кран керування гальмами причепа 8. Сигнали керування модулято-

рами причепа передаються по CAN-лінії через рознімання 4. Гальмівна система на причепі будується аналогічно з чотирма колісними або двома осьовими модуляторами тиску.

Перевагами пневмоелектричної слідкуючої системи гальм у порівнянні зі звичайною пневматичною є:

- зменшення часу спрацьовування (особливо віддалених осей причепа або напівпричепу та коротшання гальмівного шляху);
- оптимальне розподілення гальмівних сил між передніми та задніми колесами автомобіля;
- зменшення стискаючих зусиль у зчіпці автопоїзда за рахунок одночасності спрацьовування гальм на всіх ланках автопоїзда;
- покращення стійкості автопоїзду (зниження ризику складування);
- безперервний контроль за справністю елементів приводу (бортова діагностика);
- можливість подальшої автоматизації керування рухом автомобіля за рахунок використання електронного керування гальмами;
- спрощення приводу у порівнянні з пневматичним, за рахунок поєднання функцій кількох апаратів в спільному агрегаті.

Якщо, до розглянутої системи додати колісні датчики 5 і прописати відповідну програму в ЕБК, то система може реалізувати функції ABS. Таким чином, у системі керування пневмоелектричними ABS здійснюється зворотний зв'язок не тільки за швидкістю обертання коліс і, але і за тиском в магістралях модуляторів.

Для підвищення швидкодії і гнучкості керування процесом гальмування (розширення функцій), пневмоелектрична ABS може мати конфігурацію з клапанами (див. рис. 7.10, б) або прискорюючими клапанами (див. рис. 7.10, в) по кожному колесу і 3w/2p-клапанами (див. рис. 7.10, а) по колесам задньої осі (рис. 7.25).

Динамічні якості системи, при цьому, поліпшуються за рахунок додаткового підводу тиску на гальмівні механізми через комутуючі 3w/2p-клапани, безпосередньо від ресиверу гальмівного контуру задньої осі II.

Додатковий контур з ресивером III задіяний в приводі рейки паливного насосу дизельного ДВЗ протибуксувальної системи ASR (див. далі п.п. 9.3) [22].

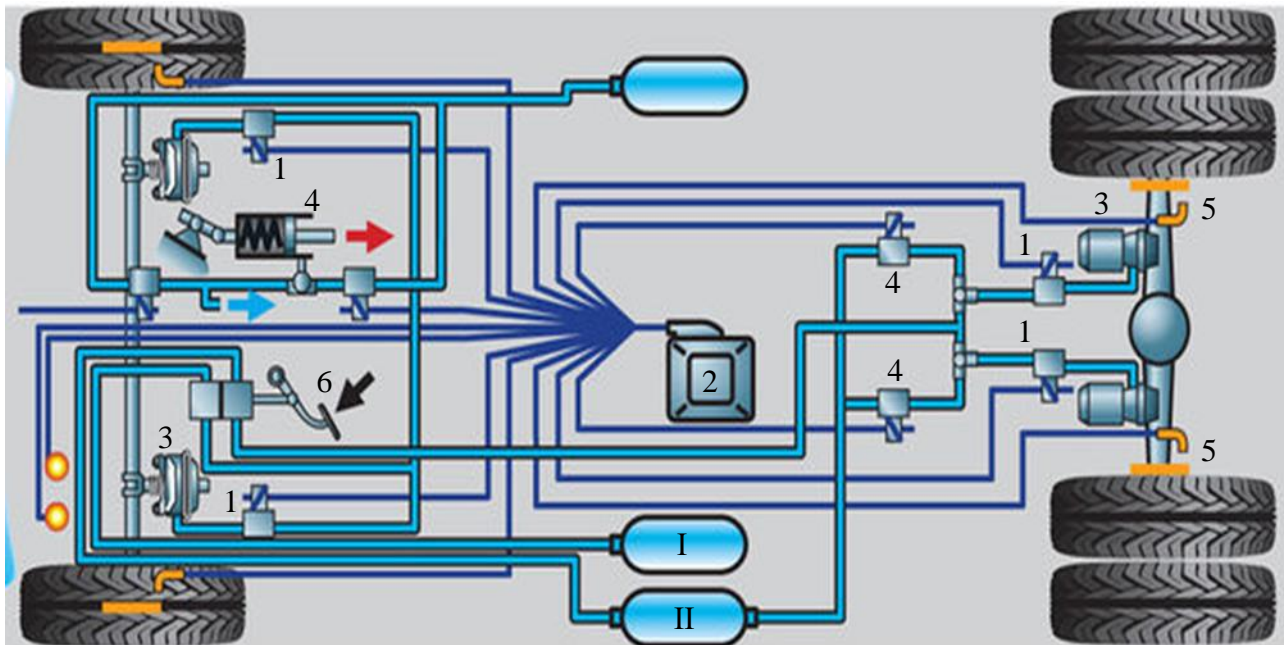


Рис. 7.25. Конфігурація гальмівної системи з ABS підвищеної динаміки:
 1 – модулятори тиску; 2 – ЕБК; 3 – гальмівні камери; 4 – робочий циліндр з клапанами керування системи ASR; 5 – датчики ABS; 6 – гальмівний кран

Переваги пневмоелектричних гальмівних систем з дистанційним керуванням (рис. 7.24) і систем з модифікованими ABS (рис. 7.25) спонукали розробників активних систем гальмування створити пневмоелектричну систему нового покоління, яка отримала назву – система гальмування з електронним керуванням EBS.

Системи EBS (Electronic Braking System) є різновидом пневмоелектричних систем гальмування з функцією ABS і аналогічною конфігурацією, які використовуються на автомобілях-тягачах [22, 23]. Апаратна відмінність EBS від ABS класичної конфігурації це наявність електричного зв'язку педалі гальм (гальмівного крану) з пристроями гальмівної системи і тягача і причепа (прискорювальними клапанами). Програмне розширення EBS, дозволяє реалізувати декілька функцій (систем) керування гальмами:

- антиблокувальної системи ABS;
- антибуксувальної системи ASR;
- протівідкатної системи ARB;
- комбінування гальмівних систем;
- регулятора гальмівних сил;
- розподілу гальмівних сил EBD;
- контролю зношення гальмівних колодок;

- екстреного гальмування;
- контролю тяги ДВЗ;
- керування причепом.

Переміщення педалі (псевдопедалі електричної частини гальмівного крану) перетворюється в пропорційний електричний сигнал для блоку керування. Після аналізу отриманої інформації від датчиків руху (навантаження, кута повороту рульового колеса, швидкості руху та поперечного прискорення автомобіля), EBS формує команду виконавчим механізмам, які регулюють тиск у гальмівному контурі. Апаратна реалізація EBS характеризується підвищеною компактністю (рис. 7.26).

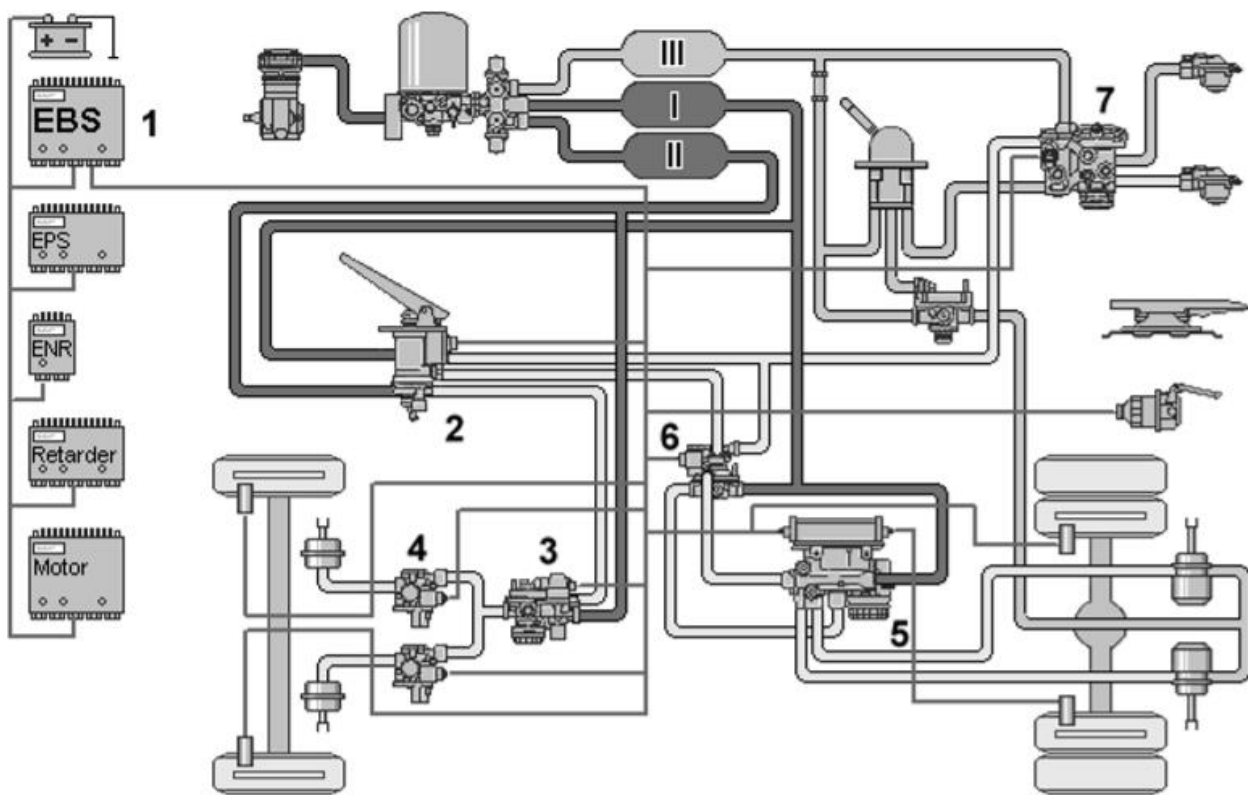


Рис. 7.26. Схема гальмівної системи з EBS для автомобіля з причепом:
 1 – центральний ЕБК; 2 – гальмівний кран; 3 – пропорційний прискорювальний клапан; 4 – магнітний клапан ABS; 5 – модулятор задньої осі;
 6 – клапан, який перекриває сполучення з резервним контуром;
 7 – кран керування гальмами причепа

Центральний електронний блок EBS 1 визначає значення необхідного уповільнення залежно від сигналу датчика положення гальмівного крану 2. Цей сигнал разом із сигналами колісних датчиків дозволяє блоку EBS розрахувати необхідний гальмівний тиск та сфо-

рмувати відповідні сигнали для ЕК керування передньою 4 (див. рис. 7.10, б) і задньою 5 осями та гальмівним краном 7 (див. рис. 7.9, в). Необхідний тиск на передній осі порівнюється з отриманим, і різниця, що виникає, компенсується пропорційним клапаном 3. Аналогічно відбувається подача керуючого тиску для причепу. Додатково, визначаються швидкості обертання коліс для того, щоб у разі їх блокування привести в дію клапани 4 і реалізувати функції ABS. Завдяки автономному гальмуванню коліс, EBS виконує функції ABS і ASR.

Центральний електронний блок у комбінованих структурах пов'язаний з іншими системами керування через шину обміну даними: двигуном «Motor»; стабілізацією руху EPS (Electronic Program Stability); сповільнювачем трансмісії «Retarder»; стабілізації рівня кузова ENR (Elektronische Niveau Regelung).

Устрій оригінальних компонентів системи EBS автомобіля-тягача показано на рис. 7.27.

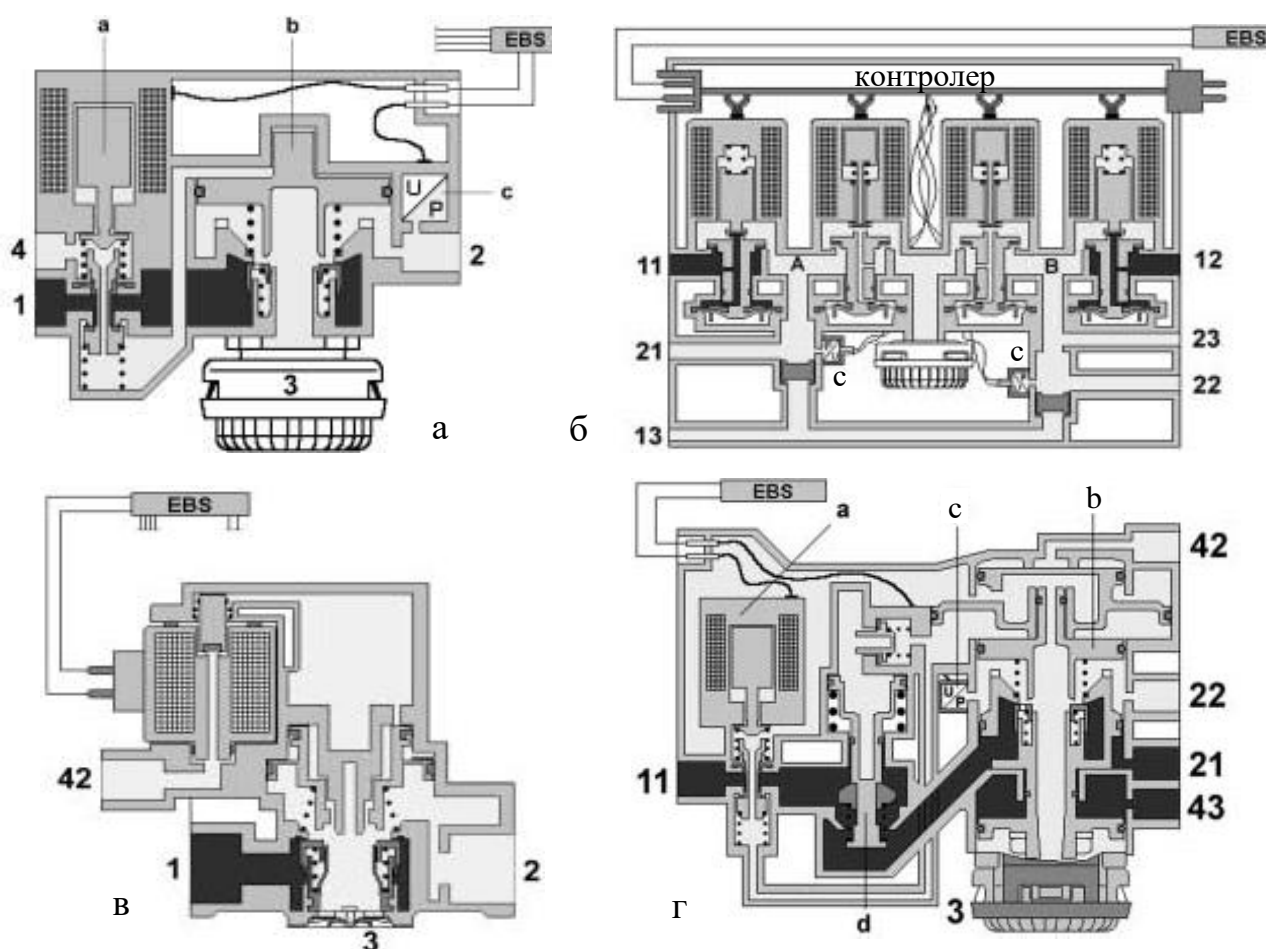


Рис. 7.27. Електропневматичні пристрої систем EBS:

- а – пропорційний прискорюючий клапан; б – осьовий модулятор;
- в – роз'єднувальний клапан; г – кран керування гальмами причепу

Пропорційний прискорюючий клапан (рис. 7.27, а) призначений для безперервного керування тиском передньої осі. Призначення портів: 1 – подача тиску від ресивера (контур II); 2 – вихід стисненого повітря на клапани ABS передньої осі; 3 – випуск повітря в атмосферу; 4 – подача керуючого тиску від гальмівного крану контуру передньої осі.

При подачі ШІМ-сигналу, який інтерпретує натиснення педалі гальма, на обмотку пропорційного клапану *a*, на його виході створюється тиск керування прискорюючим клапаном *b*. На виході клапану *b* (порт 2) формується тиск, який вимірюється вмонтованим п'єзорезистивним датчиком тиску мехатронного типу *c*. Таким чином комбінований клапан здатен коректувати керуючий тиск, в обидві сторони.

Осьовий модулятор (рис. 7.27, б) керує тиском гальмівних механізмів по бортах задньої осі. Це відбувається через два незалежні пневматичні канали керування (*A* і *B*). Кожен канал має клапан подачі *a* і скидання *b* тиску, з датчиком тиску *c*. Керування клапанами і контроль рівня тиску здійснює загальний електронний контролер модулятора *d*, який обмінюється інформацією з центральним блоком EBS. Призначення портів: 11,12 – подача тиску від ресивера (контур I); 13 – подача тиску від резервного контуру (роз'єднувального клапану); 21, 22, 23 – виходи стисненого повітря на гальмівні механізми задньої осі; 3 – випуск повітря в атмосферу.

При екстремому гальмуванні (педаць до підлоги), впускні клапани *a* відчиняються на максимальний прохід, шляхом підвищення сили струму в обмотках (ШІМ-керування). Під час дії резервного контуру, з порту 13 на виходи 22, 23 подається повітря через клапана переважаючого тиску *e*.

Роз'єднувальний клапан (рис. 7.27, в) призначений для подачі або скидання тиску в гальмівних механізмах задньої осі, у випадку виходу з ладу електрики. Призначення портів: 1 – подача тиску від ресивера (контур I); 2 – вихід стисненого повітря на модулятор задньої осі; 3 – випуск повітря в атмосферу; 42 – подача керуючого тиску від резервного виходу *R* гальмівного крану.

Залежно від параметрів сигналу, поданого на обмотку клапан виконує декілька функцій:

- 3w/2p-клапану для виключення дії резервного тиску при справній електриці;

- прискорюючого клапану для скорочення часу спрацьовування резервної системи;

- забезпечення затримки подачі повітря під час спрацьовування резервного контуру для синхронізації подачі тиску на передню і задню осі;

- зниження тиску під час дії резервного контуру з метою виключення надмірного гальмування коліс задньої осі.

Гальмівний кран причепа (рис. 7.27, г) складається з пропорційного магнітного клапану *a*, прискорюючого клапану *b* з двома поршнями, клапану безпеки при обриві магістралі *d* та датчика тиску *c*. Електричне керування та контроль здійснюється центральним блоком EBS. Призначення портів: 11 – подача тиску від ресивера причепа (контур III); 21 – вихід стисненого повітря живлення на причеп; 22 – вихід керуючого тиску на причеп 3 – випуск повітря в атмосферу; 42 – подача керуючого тиску від резервного виходу *R* гальмівного крану; 43 – подача тиску від ручного гальмівного крана.

Пропорційний клапан *a* під струмом (ШІМ-керування) формує керуючий тиск для прискорюючого клапану *b*. Вихідний тиск після клапану *c* (порт 22) також змінюється пропорційно (подвійне підсилення). При обриві магістралі керуючого тиску причепа (порт 22), механічний клапан *d* зачиняється й перекриває подачу тиску через порт 11. Різке спадання тиску реєструється датчиком *c*. При цьому, ЕБК подає команду на спрацьовування гальм причепа.

Залежно від типу і характеристик АТЗ гальмівна система комплектується електромеханічними пристроями різного улаштування. Для автомобілів малої вантажопідйомності з короткою колісною базою застосовуються комбіновані мехатронні модулі, які отримали загальну назву – центральний блок керування (рис. 7.28).

Центральний блок гальмування СВU – це скомбінований разом гальмівний кран, пропорційний прискорювальний клапан та центральний ЕБК. Розглянутий СВU (рис. 7.28) має один пневматичний та один електричний контур.

Призначення портів: 1 – подача тиску від ресивера (контур II); 2 – вихід стисненого повітря на магнітний клапан ABS (див. рис. 7.10, б); 3 – випуск повітря в атмосферу; 23 – подача керуючого тиску на кран керування причепом (див. рис. 7.27, г).

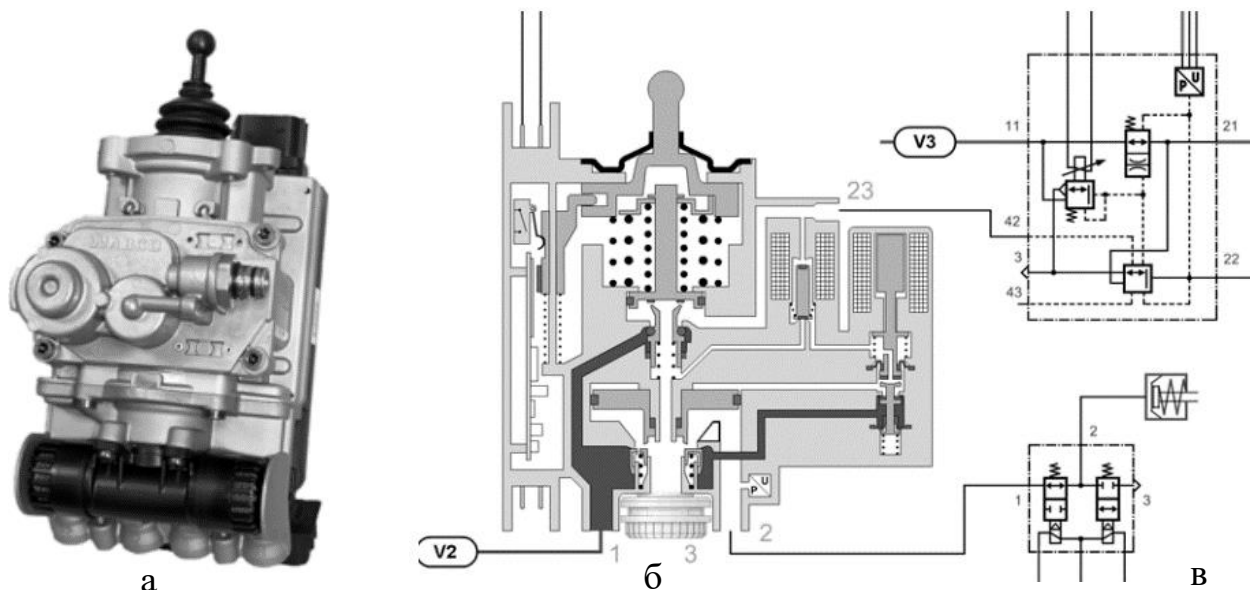


Рис. 7.28. Центральний блок керування СВУ:
 а – зовнішній вигляд; б – схема конструкції;
 в – пневмоелектрична схема підключень

Блок СВУ регулює тиск у гальмівних механізмах передньої і задньої осей та аналізує сигнали датчиків.

При виникненні несправності, контур передньої осі замикається 3w/2р-клапаном, а вбудований в СВУ електронний регулятор створює резервний гальмівний тиск у контурі задньої осі.

7.6. Побудовання електромеханічних систем

Електромеханічна гальмівна система складається з ЕБК 9, який має зв'язок з датчиками і виконавчими механізмами, гальмівної педалі 10 з імітатором чутливості гальмування 7, приводних механізмів коліс 5 і 13. У приводних механізмах задніх коліс вмонтовані механізми стоянкового гальма, який керується вимикачем 11 з салону автомобіля (рис. 7.29).

Гальмівна система приводиться в дію псевдо педаллю (інтенсивність і ступінь натискання) з відповідним датчиком положення. В ЕБК надходять сигнали, які параметрують режиму рух, координатну орієнтацію та характер процесу гальмування. На підставі цієї інформації розраховуються оптимальні значення електричних параметрів сигналів керування приводними механізмами гальмування коліс [26]. Устрій гальмівного механізму колеса показаний на рис. 7.30.

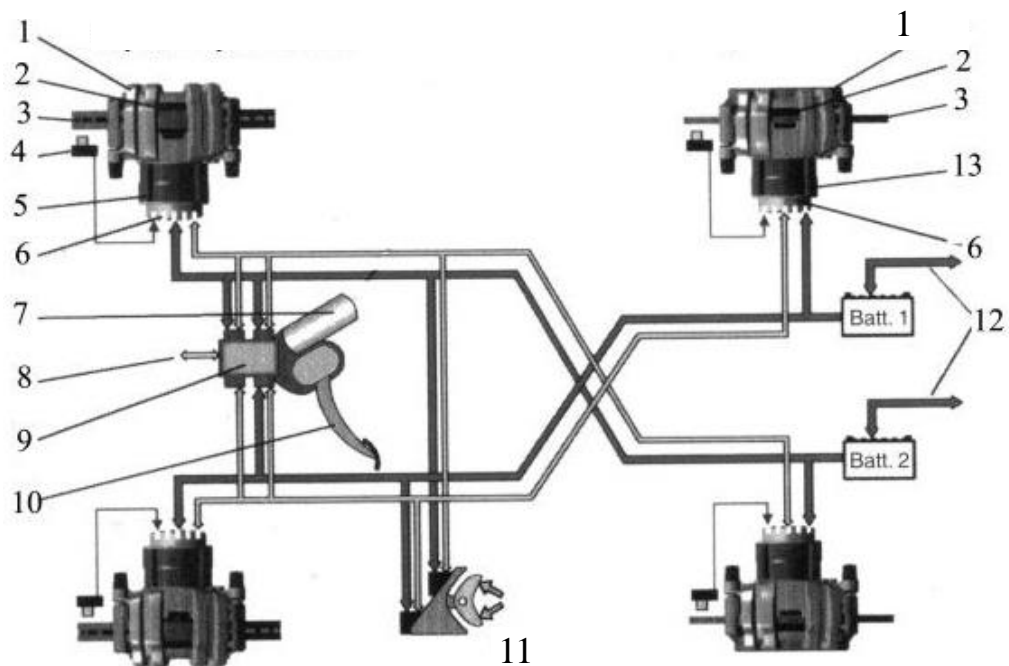


Рис. 7.29. Електромеханічна гальмівна система:

- 1 – супорт; 2 – фрикційна накладка; 3 – гальмівний диск; 4 – датчик частоти обертання колеса; 5 – приводний механізм; 6 – електрична колодка; 7 – імітатор чутливості гальмування; 8 – під'єднання бортової електричної мережі; 9 – центральний процесор і контроль АКБ; 10 – гальмівна педаль; 11 – вмикач гальмівної системи; 12 – бортова електрична мережа; 13 – приводний механізм з вбудованим механізмом гальма стоянки

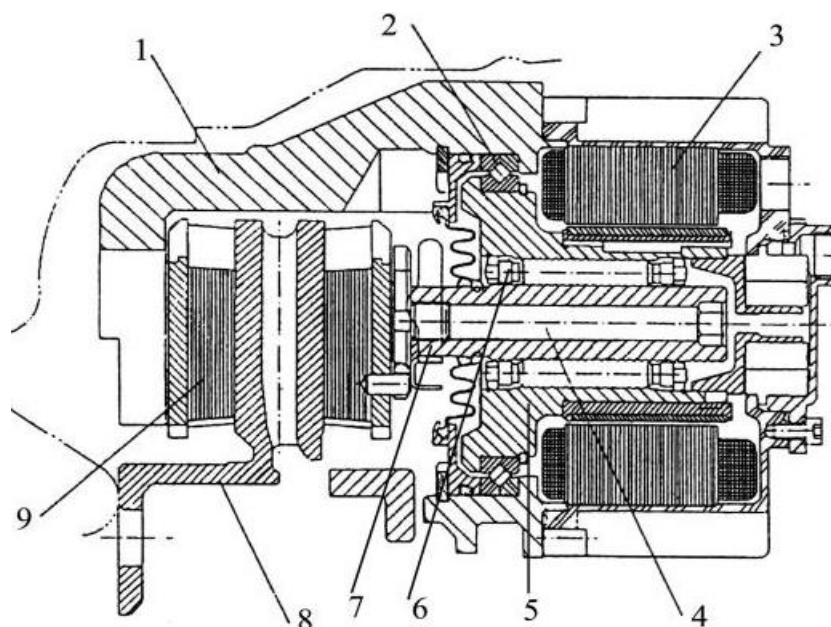


Рис. 7.30. Конструкція приводу електромеханічної гальмівної системи:

- 1 – кулак; 2 – підшипник; 3 – статор ЕД; 4 – ходовий гвинт; 5 – ротор ЕД; 6 – сателітна шестерня; 7 – сонячна шестерня; 8 – гальмівний диск; 9 – гальмівні колодки

Гальмівний механізм являє собою вмонтований в привід колеса електродвигун, що складається зі статора 3 і ротора 5, встановленого на підшипниках. Внутрішня частина ротора є коронною шестернею, яка зачеплена з сателітними шестернями 6, що приводять в обертання сонячну шестерню 7. Всередині ротора 5 встановлений ходовий гвинт 4. При подачі живлення на статорні обмотки ЕД, його ротор починає обертатися, і ходовий гвинт пересувається з різною швидкістю, на різну відстань (залежно від сили струму), а також може змінювати напрямок руху (залежно від напрямку струму). Ходовий гвинт 4, з'єднаний з колодкою 9. Залежно від дорожніх умов і характеру гальмування, гвинт впливає на гальмівну колодку, притискаючи або відводячи її від гальмівного диска 8.

Гальма стоянки є додатковим механізмом, який вбудовано в гальмівний механізм колеса, притискає гальмівні колодки до диска при подачі струму на виконавчий пристрій приводного механізму стоянкового гальма. Керування стоянковими гальмами здійснюється від кнопки, яка замикає електричне коло живлення ЕД.

Застосування електромеханічних гальмівних систем в порівнянні з гідравлічними і пневматичними, має декілька переваг:

- оптимальне співвідношення гальмівних сил і стабілізація стійкості автомобіля під час руху;
- оптимальна чутливість педалі гальма, що зменшує гальмівний і зупинний шлях;
- безшумний привід і відсутність вібрацій педалі;
- безпечне переміщення педального модуля при ДТП;
- відсутність вакуумного підсилювача для приводу гальмівної системи;

- в порівнянні з гідравлічними системами є більш екологічними.

Електромеханічні гальмівні системи можуть виконувати функції ABS, систем курсової стійкості, антибуксувальних систем і т.і.

Стоянкові електромеханічні гальма реалізуються за трьома принциповими варіантами приводу гальмівних колодок від електродвигуна у вигляді: лебідкового натягувача тросу, гвинтової передачі, передачі з хитною шестернею. У першому варіанті, трос гальмівного механізму заднього колеса накручується електродвигуном на вал редуктора, який закріплено через фланці (рис. 7.31, а).

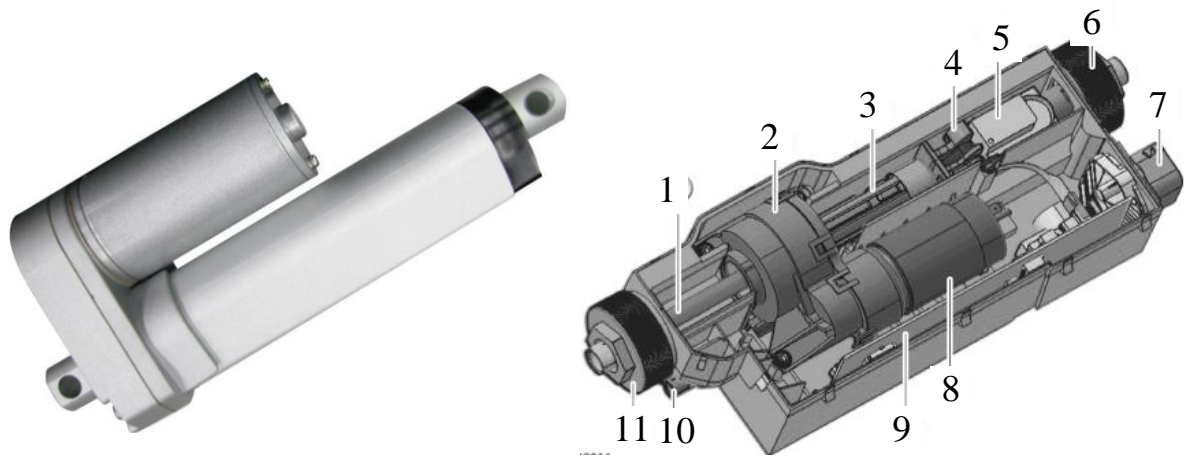


Рис. 7.31. Приводи натягу троса стоянкового (паркувального) гальма:
а – лебідкового типу; б – з гвинтовою передачею

Робочий хід тросу контролюється двома кінцевими датчиками, які розташовані в циліндричному корпусі та активізуються через черв'ячну пару.

У другому варіанті, троси від гальмівних механізмів утягуються до корпусу привода осьовою гвинтовою передачею (рис. 7.20, б). На рисунку позначено: 1 – шпindelь; 2 – коробка передач; 3 – шліцевий вал; 4 – механізм аварійного розблокування; 5 – датчик зусилля; 6 – накидна гайка правого приводного тросу; 7 – електричне рознімання; 8 – електродвигун; 9 – плата ЕБК; 10 – під'єднання тросу приво­ду механізму аварійного розблокування; 11 – накидна гайка лівого приводного тросу.

Сигнал про значення зусилля, яке утримує, надходить до ЕБК від датчика 5. Ця інформація необхідна для забезпечення достатнього зусилля гальмування. Датчик зусилля вимірює хід втулки (дискретний датчик Холла) при стисненні буферної пружини, яка розташована між ведучим валом і кріпленням тросів приво­ду механізму гальм. Обидва варіанти приво­ду розташовуються на штатному місці поблизу органів керування.

Електромоторний привід з хитною шестернею закріплюється на супорті гальма та керується дистанційно за технологією brake-by-wire (гальмування по проводах). Обертання електродвигуна 1 перетворюється в поступальний рух поршня 2 за допомогою декількох передаточних механізмів: планетарного редуктора 3 ремінної передачі 4 хитної шестерні 5 гвинтової пари 6 (рис. 7.32, а).

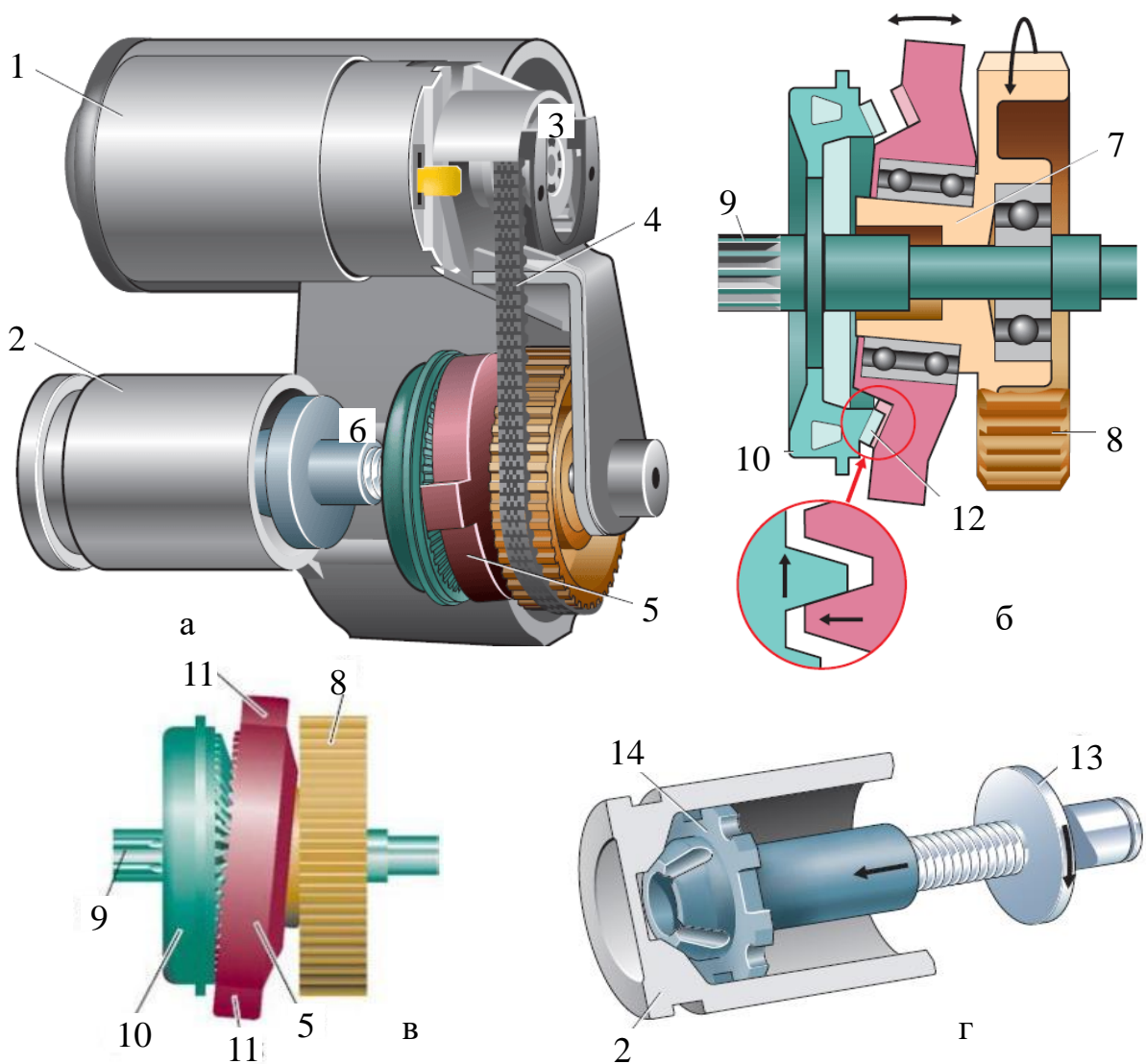


Рис. 7.32. Привід гальма стоянки з хитною шестернею:
 а – загальна компоновка; б, в – устрій вузлу хитної шестерні;
 в – поршень з гвинтовою парою

Хитна шестерня монтується на маточині 7 веденого шківу 8 під деяким кутом, з можливістю гойдатися та передавати обертаючий момент на вихідний вал 9 через ведену шестерню 10 (рис. 7.32, б, в). Зона нахилу хитної шестерні обмежується двома повідцями 11. За рахунок різниці в кількості зубів шестерень 5 і 10, зачеплення між ними не повне 12.

Поршень зі спеціальною гвинтовою парою перетворює обертання веденої шестерні в поступальний хід штока за рахунок гвинтової пари, утвореної шпинделем 13 та натискною гайкою 14 (рис. 7.32, г). Шток тисне на поршень, який переміщує колодки у бік колісного диска. Переміщення штока (поршня приводу) через ходовий гвинт роз-

раховується по числу обертів ЕД (інкрементний датчик Холла). Створене зусилля тиску визначається ЕБК електромеханічного автомобільного гальма, виходячи з показань сили споживаного системою електричного струму. Електродвигун приводу відключається, коли сила струму досягає запрограмованого значення. Якщо, машину зняти з виставленого раніше «ручника», ЕД стане обертатися у зворотному напрямку і відведе шток, прибираючи гальмівне зусилля.

Гальма стоянки з електроприводом виконують такі функції:

- утримують на місці припаркований автомобіль;
- здійснюють аварійне гальмування;
- утримують автомобіль при рушанні на ухилі;
- забезпечують індикацію зносу гальмівних колодок.

Електромеханічні гальма ставляться, як правило, на задню вісь. Базова система паркувальних гальм ЕРВ (Electromechanical Parking Brake) складається з: гальмівного механізму; приводу гальма; ЕБК на який надходять сигнали з датчиків стоянкового гальма, обертів та струму споживання ЕД приводу гальмівного механізму [27].

Система ЕРВ може забезпечуватися *функцією автоматичного утримання Auto Hold*. Це програмне розширення логіки дії електромеханічного гальма, яке дозволяє стискати гальмівні колодки навіть після відпускання педалі гальма за певних умов. У своїй роботі ця система спирається на показання датчиків:

- аналізатора ухилу, на якому розташований автомобіль;
- положення педалі зчеплення (для ручних коробок) або акселератора (для АКП);
- оцінки швидкості відпускання педалі гальма;
- оцінки швидкості руху машини, якщо вона рухається.

Все це потрібно для своєчасного включення і відключення гальма. У загальному випадку, система працює так:

- водій вичавлює педаль гальма і натискає кнопку Auto Hold. При цьому, ЕБК активує систему і переходить в стан очікування;
- коли автомобіль повністю зупиняється, система переходить в активний режим, і навіть при відпусканні гальмівної педалі, транспортний засіб не рухається. В автомашини концерну Фольксваген Auto Hold має кілька субфункцій:

- асистент старту з місця;
- асистент руху в режимі Stop-and-Go;
- автоматичної активації електромеханічного гальма.

Блок керування стоянковими гальмами кореспондує з ABS гідравлічної робочої системи гальм. При відпусканні педалі гальм, тиск в гальмівному механізмі продовжує зберігатися в автоматичному режимі. Якщо, ABS розпізнає рух по схилу (зчитуються датчики нахилу, кочення і т.і.), вона дає команду на збільшення тиску, поки не відбудеться зупинка. Потім, коли водій включає зчеплення (для «механіки») або додає газу (для «автомата»), Auto Hold прибирає зусилля гальмування.

В режимі стоянки система перемикається з гідравлічних гальм на електромеханічну частину через 3 хвилини після початку утримання машини або при від'єднанні ременя, або виключенні запалення двигуна або відкриванні дверей.

Таким чином, ЕБК стоянкового гальма з функцією Auto Hold у складі комбінованої структури системи керування шасі кореспондує з ЕБК декількох мехатронних систем різного призначення:

- дроселем ДВЗ (датчики положення педалі акселератора та частоти обертання колінчастого валу);
- ABS (датчики кутової швидкості коліс);
- рульового керування (датчик кута повороту керма);
- динамічної стійкості (датчики повздовжнього нахилу);
- приводу AWD (муфта Haldex).

Оригінальним за призначенням і конструкцією для системи ЕРВ з функцією Auto Hold є датчик положення педалі зчеплення, який реєструє її поточне положення і швидкість відпускання (рис. 7.33).

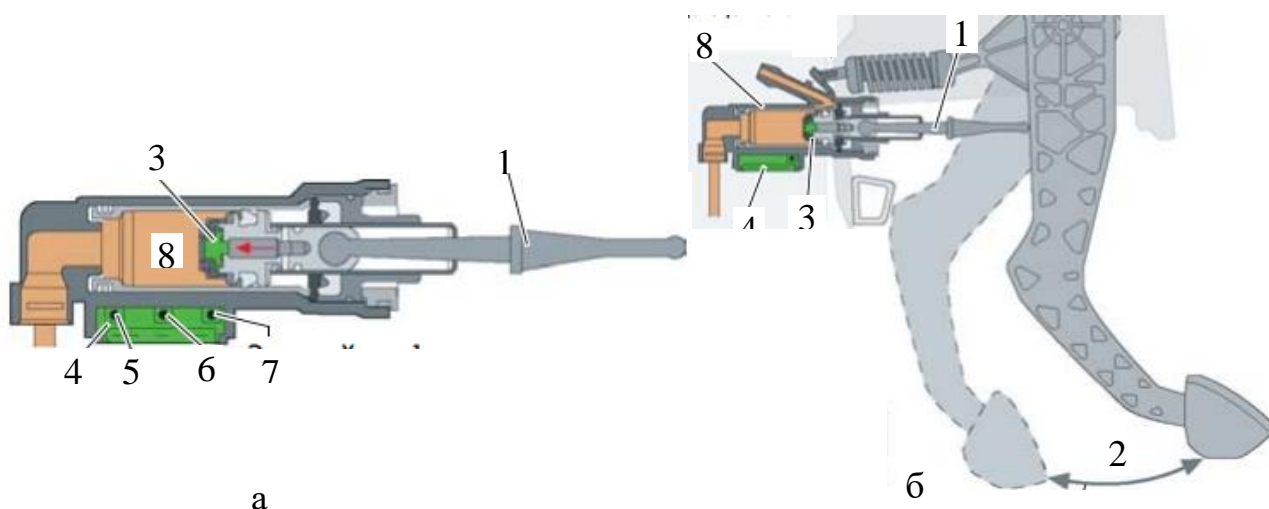


Рис. 7.33. Устрій датчика положення педалі зчеплення

Штовхач 1, переміщуваний педаллю 2, наближає поршень гід-

равлічної системи зчеплення (гідроциліндр) із закріпленим на ньому магнітом 3, до триступеневого датчика переміщення 4 (датчики Холла 5...7 на друкованій платі). При відключенні гальма, ЕБК аналізує кут нахилу автомобіля, положення педалі акселератора (або зчеплення) і швидкість відпускання зчеплення. При цьому, розраховується оптимальний час для розблокування гальмівних дисків.

Система електромеханічних гальм з додатковим розширенням Auto Hold має низку істотних *плюсів*:

- автовласник відчуває менші навантаження при експлуатації АТЗ (особливо це важливо в міському режимі їзди, з пробками і частими циклами розгону-зупинки, адже більше не потрібно постійно тримати гальма вичавленим);

- програма допомагає зупинитися і починати рух на ухилах, машина не скочується;

- підтримка блоку керування автоматично утримує машину на одному місці, при цьому немає різниці, чому автомобіль зупинився;

- запрограмований режим включення електричного гальма при відкритті дверей водія, від'єднанні ременю безпеки, заглушеному двигуні;

- включення забезпечується зручною кнопкою;

- електричні гальма не потребують регулювання в процесі експлуатації;

- система вимикається автоматично.

Але є і деякі *недоліки*:

- не можна контролювати ступінь зусилля гальма;

- якщо акумулятор повністю розрядився, зняти машину з електричного ручного гальма неможливо до поновлення заряду.

7.7. Реалізація систем екстреного гальмування

За ступенем автоматизації керування розрізняють два види систем екстреного гальмування – допомоги при екстреному гальмуванні і автоматичного екстреного гальмування.

Системи допомоги при екстреному гальмуванні дозволяють реалізувати максимальний гальмівний тиск при натисканні водієм на педаль гальма, тобто, якщо натискання різке але недостатньо сильне, система дотискує педаль гальма за рахунок додаткової енергії підсилювача. Конструкції систем допомоги при екстреному гальмуванні за

принципом створення максимального гальмівного тиску можна розділити на три типи – пневматичні, гідравлічні та електромеханічні.

Системи допомоги при екстремому гальмуванні *пневматичного типу* забезпечують ефективну роботу вакуумного підсилювача гальм. До них відносяться системи:

- BA (Brake Assist), BAS (Brake Assist System), EBA (Emergency Brake Assist) на автомобілях Mercedes-Benz, BMW, Toyota, Volvo;
- AFU на автомобілях Renault, Peugeot, Citroen.

Конструктивно такі системи поєднують датчик вмикання 1, датчик переміщення мембрани (штока вакуумного підсилювача) 2, датчик відпускання педалі 3, блок керування 4 і електромагнітний привід штока вакуумного підсилювача гальм (ВПГ) 5 (рис. 7.34, а).

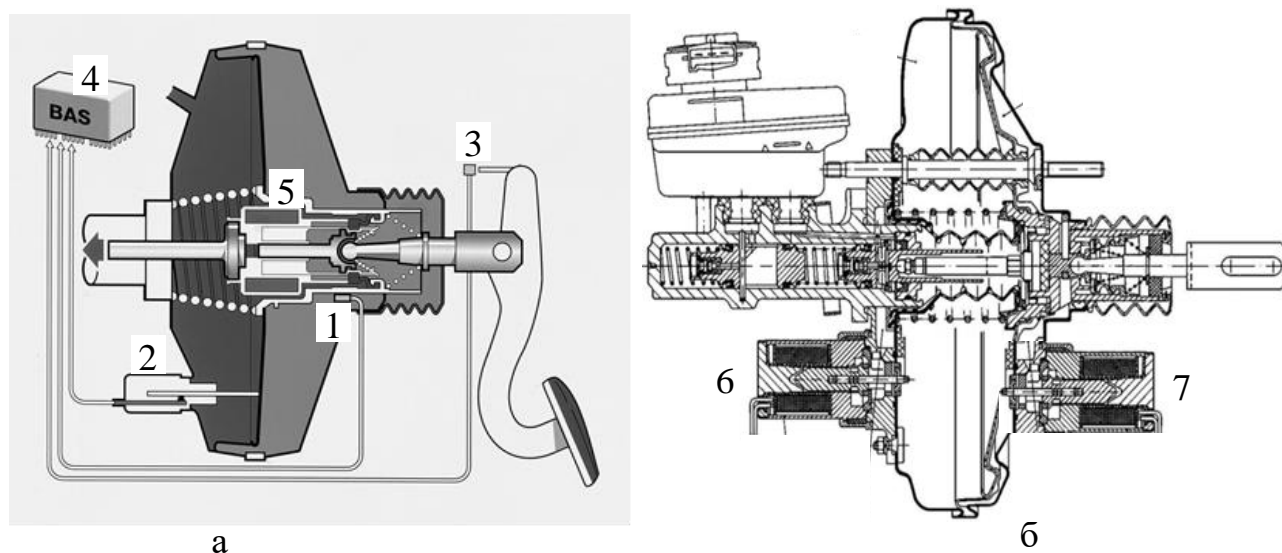


Рис. 7.34. Підсилювачі систем екстремого гальмування:

а – вакуумний з активним штоком; б – вакуумний с активним клапаном

Система допомоги при екстремому гальмуванні пневматичного типу встановлюється на автомобілі, обладнані пневматичною або гідравлічною системою ABS.

Система екстремого гальмування BA (Brake Assist) – електронна система керування тиском в гідравлічній системі гальм, яка в разі необхідності екстремого гальмування і недостатнього при цьому зусилля на педалі гальма, самостійно підвищує тиск в гальмівній магістралі. Активна система безпеки BA функціонує спільно з системами ABS/EBD – розподілу гальмівного зусилля (також відома як система EBA). Система вступає в роботу, якщо водій натискає на педаль гальма різко, але недостатньо сильно. Для цього, система оцінює, на-

скільки швидко і з яким зусиллям відбувається натискання на педаль гальма і при необхідності, миттєво підвищує тиск в гальмівній системі, при цьому гальмування відбувається максимально ефективно. Швидкість натискання на педаль гальма контролює датчик швидкості переміщення штока 2 вакуумного підсилювача і передає сигнал в ЕБК. Якщо, величина сигналу перевищує встановлене значення, ЕБК активує електромагніт приводу штока 4 і вакуумний підсилювач гальм дотискує педаль гальма (рис. 7.23, а). Екстрене гальмування відбувається до спрацьовування системи ABS.

Система екстреного гальмування BAS функціонує аналогічно системі ВА, однак відрізняється способом реалізації керуючого впливу. Підвищення тиску в гальмівній системі здійснюється шляхом відкриття електромагнітного клапана 6 в вакуумній камері ВПГ, або клапану 7 в атмосферній камері ВПГ під тиском зовнішнього компресора (рис. 7.23, б). При цьому, перепад тиску між камерами ВПГ створює максимальне підсилення і, таким чином, тиск рідини в головному циліндрі і гальмівній системі теж підвищується до максимального. Незважаючи на те, що до коліс буде докладено максимальні гальмівні сили, колеса не будуть блокуватися завдяки дії ABS, яка балансує гальмівне зусилля на оптимальному рівні. Якщо, водій звільняє педаль гальма, то датчик відпускання педалі відключить електромагнітний клапан, і дія системи BAS припиняється.

Пневматична система допомоги при екстреному гальмуванні AFU є аналогом гідравлічної системи EBD. Система функціонує в ситуації, коли автомобіль втрачає зчеплення з дорогою, шляхом розподілу гальмівного зусилля через ABS по колесах (функція стабілізації курсу). Також система, як і система EBD, дозволяє ефективно проходити небезпечні повороти, автоматично пригальмовуючи потрібні колеса автомобіля.

Таким чином, автомобіль навіть в надзвичайних ситуаціях залишається керованим. Системою AFU, комплектуються такі французькі марки, як: Renault, Peugeot, Citroen. Інші виробники в 70 % випадків ставлять систему EBD.

Системи допомоги при екстреному гальмуванні гідравлічного типу забезпечують максимальний тиск рідини в гальмівній системі за рахунок використання елементів системи курсової стійкості. До таких систем відносяться:

- НВА (Hydraulic Braking Assistance) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- НВВ (Hydraulic Brake Booster) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- SBC (Sensotronic Brake Control) на автомобілях Mercedes-Benz;
- DBC (Dynamic Brake Control) на автомобілях BMW;
- BA Plus (Brake Assist Plus) на автомобілях Mercedes-Benz.

Система НВА розпізнає екстрену ситуацію по швидкості і силі натискання педалі гальма (тиску рідини). У роботі системи використовується датчик тиску рідини в головному гальмівному циліндрі, датчики частоти обертання коліс (ABS), вимикач стоп-сигналу. На підставі сигналів означених датчиків, ЕБК при необхідності включає насос зворотної подачі системи ABS, який доводить тиск в гальмівній системі до максимального. Дія програми відбувається до спрацьовування клапанів системи ABS. Асистент НВА є програмним розширенням функції ESC (підтримання курсової стійкості).

Реалізація системи не потребує застосування додаткових механічних вузлів. Алгоритм гідравлічного регулювання здійснюється в три етапи:

- збільшення тиску в гальмівній системі до межі спрацьовування ABS;
- підтримання тиску ABS в гальмівній системі нижче порога блокування;
- зниження тиску до заданого мінімального значення (деактивація функції НВА) при зменшенні ступеню натискання на педаль гальма або зниженні швидкості руху.

Система НВВ в певних режимах експлуатації автомобіля дублює ВПГ гальм. У роботі системи використовуються: датчик тиску в рідини в головному гальмівному циліндрі, датчик розрядження у ВПГ, вимикач стоп-сигналу. При недостатньому розрядженні в камерах ВП система НВВ включає насос зворотної подачі і підвищує тиск в гальмівній системі до необхідного значення.

Система SBC в своїй роботі враховує безліч факторів, у тому числі: швидкість перенесення ноги з педалі газу на педаль гальма, силу натискання на педаль гальма, якість дорожнього покриття, напрямок руху, інші параметри. Відповідно до конкретних умов руху ЕБК формує оптимальне гальмівне зусилля на кожне колесо.

Система BA Plus контролює відстань до автомобіля, що йде попереду, за допомогою радарів системи DISTRONIC. Якщо, відстань мала і існує небезпека зіткнення, проводиться візуальне і звукове попередження водія. Якщо, водій гальмує недостатньо ефективно, система догальмовує за нього автоматично.

Системи екстреного гальмування з електромеханічними підсилювачами гальмівної сили, які побудовані на базі гідравлічних гальмівних систем і ABS за основну інформацію сприймають сигнал датчика ступені натискання на педаль гальм (псевдопедаль).

При реєстрації екстреної інтенсивності ходу педалі, на виконавчому електродвигуні приводу штока головного циліндра, ЕБК модулює підвищену силу струму живлення (для DC двигунів) або частоту змінної напруги інвертора (для вентильних AC двигунів). Це призводить до підвищення швидкості обертання сервоприводу і відповідно прискоренню переміщення штоку головного циліндра і тиску в гальмівній системі. Режим екстреного гальмування, при цьому, може активізуватися традиційно по внутрішньому гідравлічному контуру, з використанням інформації від датчика тиску рідини і керуючих впливів від насоса зворотного тиску ABS.

Системи автоматичного екстреного гальмування створюють частковий або максимальний гальмівний тиск без участі водія, тобто автоматично. Відомими системами автоматичного екстреного гальмування є:

- Pre-Safe Brake (Mercedes-Benz);
- Collision Mitigation Braking System (Honda);
- City Brake Control (Fiat);
- Active City Stop и Forward Alert (Ford);
- Forward Collision Mitigation (Mitsubishi);
- City Emergency Brake (Volkswagen);
- Collision Warning with Auto Brake и City Safety (Volvo);
- Predictive Emergency Braking System (Bosch);
- Automatic Emergency Braking (TRW).

Необхідно зазначити, що в перерахованих системах, крім автоматичного екстреного гальмування, реалізовані інші функції, серед яких попередження водія про небезпеку зіткнення і активація деяких пристроїв пасивної безпеки. Тому ці системи ще називають превентивними системами безпеки.

7.8. Реалізація систем сповільнення транспортного засобу

Системи гальм-сповільнювачів (гірських гальм) призначені для гальмування автомобіля при його русі під ухил з метою підтримки обмеженої швидкості переміщення рухомого складу без участі водія (без натискання на педаль гальма). Таким чином, сповільнювачі відносяться до класу систем допомоги водієві. Ефект гальмування, на який розраховує водій, може бути досягнутий дією сповільнювача або гальмуванням двигуном, або дією робочої гальмівної системи. Реалізація систем гальма-сповільнювача базується на використанні загороджувальних заслінок в вихлопному тракті ДВЗ або пристроїв гальмування (ретардерів) у кінематичному ланцюзі трансмісії.

На сьогодні розповсюдження набули системи сповільнення, які відрізняються за рядом класифікаційних ознак: механізмом дії системи; принципом дії ретардери; способом під'єднання гальма сповільнювача (постійно під'єднанні – он-тардери та ті, що від'єднуються на замовлення – оф-тардери) (рис. 7.35).

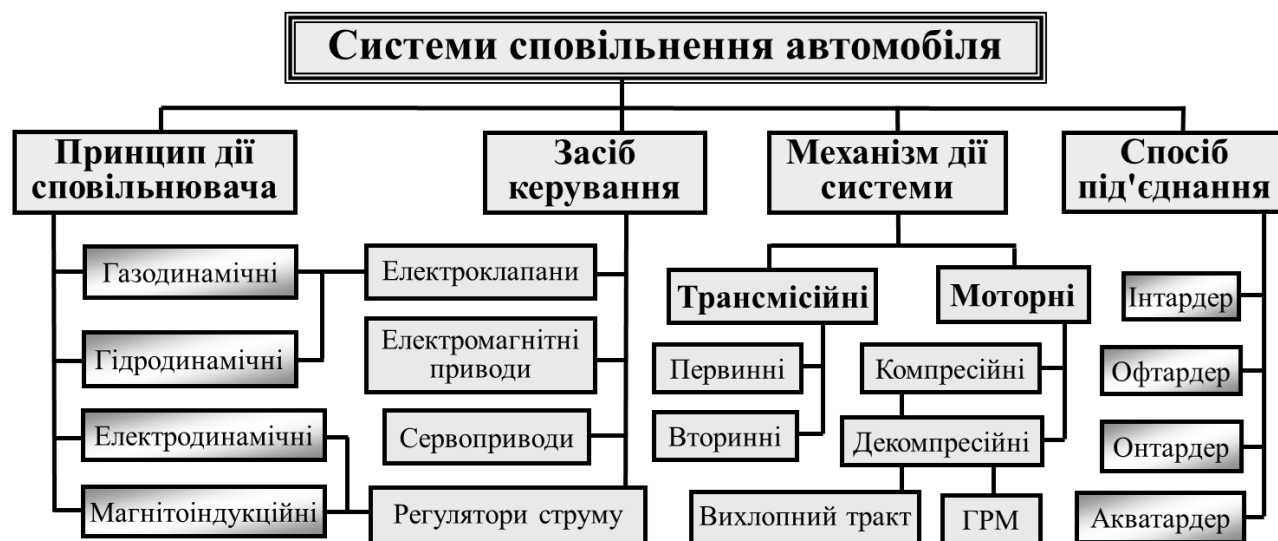


Рис. 7.35. Класифікаційна структура систем сповільнення автомобіля

За першою, ознакою розрізняють моторні та трансмісійні системи. Перші, інвертують характеристику ДВЗ шляхом перетворення двигуна на компресор, за рахунок відключення подачі палива та перекриття вихлопного тракту (компресійні системи) або зміни параметрів конструкції ГРМ (декомпресійні системи). Другі, використовують агрегат сповільнення (ретардер) в ланцюзі передачі моменту на

колеса ведучого мосту. При цьому, залежно від ділянки встановлення розрізняють системи з первинними (до коробки передач) та вторинними (після коробки передач) ретардерами.

За принципом дії, ретардери з електричним керуванням можна поділити на газодинамічні, гідродинамічні, електродинамічні (магнітоіндукційні і електромагнітні).

Компресійні сповільнювачі являють газову заслінку з пневмоелектричним або гідроелектричним приводом [1] (рис. 7.36, а, б).



Рис. 7.36. Газодинамічні моторні сповільнювачі:
а – компресійний сповільнювач; б – електроклапан;
в – система декомпресійного сповільнення

Декомпресійна система сповільнення вбудована в газорозподільний механізм і отримала назву гальма Джакобса (Jake Brake). Принцип роботи такого моторного гальма ґрунтується на скиданні тиску в циліндрі після такту стиснення за допомогою штатного випускного клапана ГРМ (при відключених паливних форсунках). Для цього, між штовхачем 1 і стрижнем клапана ГРМ 2 встановлюється проміжна ланка (штовхач 3 і гідроциліндр з плунжером 4), яка змінює довжину штовхача під керуванням гідроелектричного клапану 5 (рис. 7.36, в). В результаті, активна фаза гальмування триває і на такті розширення, коли після закриття клапана ГРМ в циліндрі створюється розрядження (декомпресія). Jake Brake застосовується на вантажівках Freightliner (двигуни Cummins і Caterpillar) та DAF.

Гідродинамічні ретардери будуються за принципом гідромуфти в якій крутний момент не передається як у гідротрансформаторі, а розсіюється у вигляді тепла. Керування силою сповільнення виконується шляхом зміни ступеню заповнення камер ретардери робочою рідиною (трансмісійною, охолоджуючою) під тиском, що створюється насосом з приводом від валу трансмісії. Контроль за подачею рідини і відповідно за швидкістю руху під час сповільнення здійсню-

ється за допомогою гідроелектричного блоку (ЕБК, електроклапанів) на підставі сигналів регулятора (задатчика) сповільнення, датчиків тиску рідини (масла) і датчика зворотного зв'язку (швидкості руху автомобіля). Гідродинамічні ретардери з електричним керуванням задіюються, як трансмісійні та залежно від особливостей установки отримали різні назви [28] (рис. 7.37).

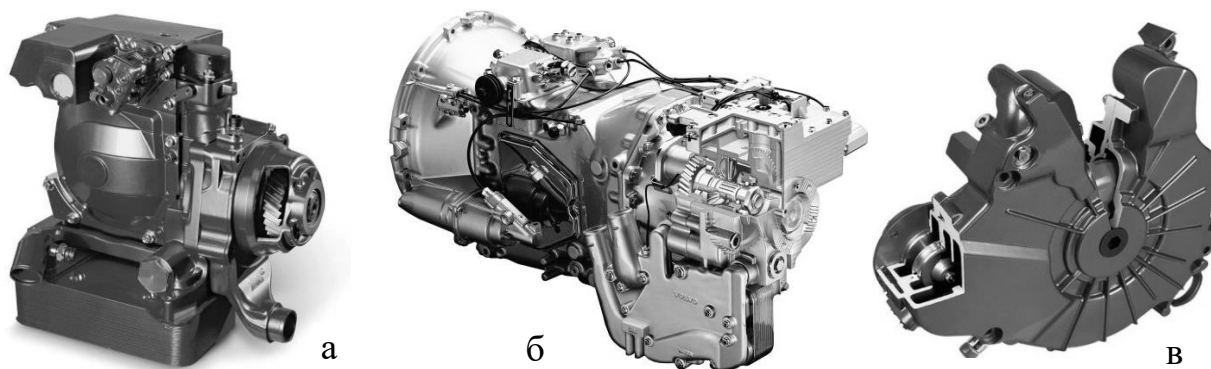


Рис. 2.37. Гідродинамічні сповільнювачі з електричним керуванням: а – оф-тардер; б – ін-тардер у структурі коробки передач; в – аква-тардер

Оф-тардер являє окремий агрегат, який встановлюється в силовій частині автомобіля на замовлення для виконання функції гірського гальма. Під'єднання/від'єднання оф-тардеру до ланцюга трансмісії здійснюється дистанційно через зубчасту передачу за допомогою електромагнітного приводу.

Ін-тардер безпосередньо вбудовується в конструкцію коробки передач з приводом від її вихідного валу (вторинне під'єднання). При цьому, як робоче тіло використовується трансмісійне масло, а охолодження агрегату може здійснюватися рідиною системи охолодження ДВЗ.

Аква-тардер встановлюється спереду ДВЗ (первинне жорстке під'єднання до колінчастого валу). У якості робочої рідини в аква-тардері використовується охолоджуюча рідина замість трансмісійного масла.

Турбо-ретардер поряд з основною функцією сповільнювача, забезпечує функцію гідравлічної муфти між ДВЗ і трансмісією під час рушання завантаженого автомобіля. Це дозволяє розвинути максимальний крутний момент на валу ДВЗ (натискання на педаль акселератору) під опором гідродинамічного пристрою (на момент рушання) без зношення механічних елементів трансмісії. Процес підключення ре-

тардеру в турборежимі і перехід до режиму сповільнювача здійснюється пневмогідравлічною системою з електричним керуванням.

Електродинамічний ретардер являє індукційні гальма, побудовані на ефекті генерації струмів Фуко. Ретардер складається з нерухомого статора з електромагнітами (індуктора 1) і пари роторів (струмопровідних дисків 2), жорстко з'єднаних з приводним валом 3, що їх обертає. [29] (рис. 7.38, а).

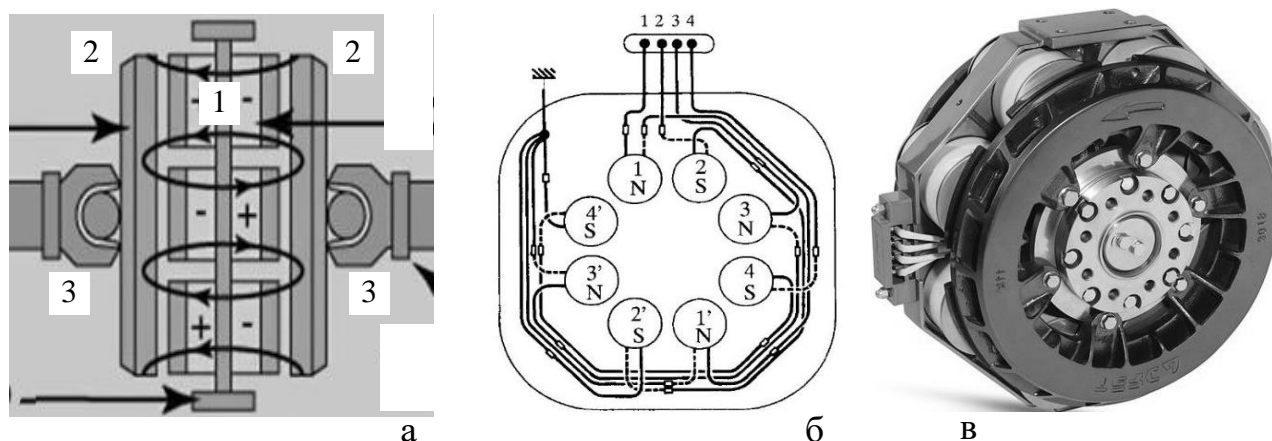


Рис. 7.38. Електродинамічний сповільнювач:

а – принцип будови; б – компоновка котушок індуктора; в – конструкція

Промислові зразки *магнітоіндукційних* (електродинамічних) ретардерів характеризуються значим гальмівним моментом, що створюється лапласовими силами, які діють на зустріч обертанню ротора за рахунок взаємодії полів вихрових струмів роторних дисків і струмів статорних котушок індуктора. Недоліком таких систем є витрата електричної енергії акумулятора для живлення котушок індуктора, яка перетворюється в позитивний гальмівний момент та негативні теплові втрати на нагрівання роторного диску.

У якості *електромагнітного ретардеру* можна розглядати електричний генератор. При цьому, гальмівний момент генератора визначеної потужності пропорційний силі струму навантаження, недостатній для ефективного гальмування в обмеженому діапазоні нагрівання джерела і споживача електричної енергії. Однак, застосування гальмівних генераторів дозволяє реалізувати систему сповільнення, як рекуперативну.

Електродинамічні ретардери встановлюється у вторинному ланцюзі трансмісії, як постійно під'єднані до неї (рис. 7.39).

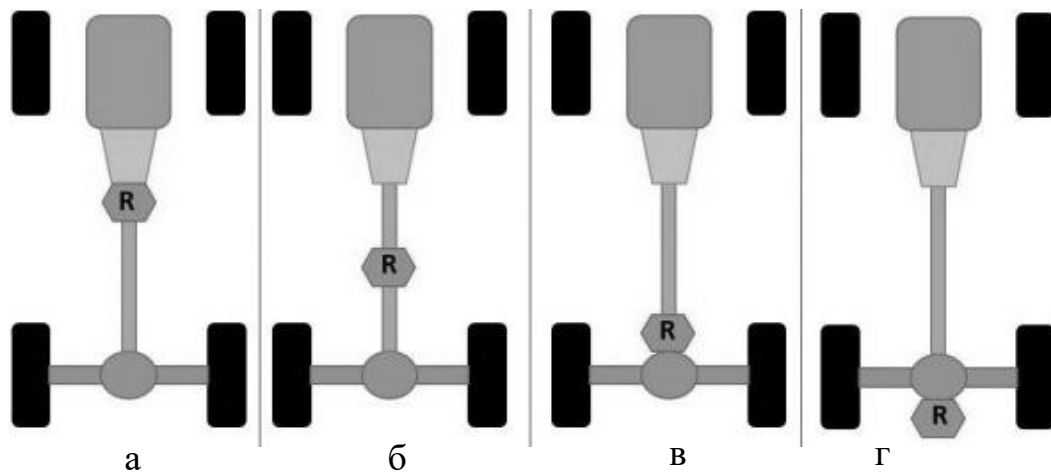


Рис. 7.39. Розміщення електродинамічних сповільнювачів на автомобілі:
 а – на виході коробки передач; б – на рамі автомобіля;
 в, г – на валу головної передачі заднього мосту

До переваг електродинамічних сповільнювачів слід віднести:

- підвищення безпеки за рахунок прийняття на себе значного зусилля гальмування;
- скорочення експлуатаційних витрат за рахунок більш тривалого терміну служби робочих гальм;
- збереження навколишнього середовища за рахунок відсутності будь якого тертя та шкідливих викидів в атмосферу;
- підвищення комфортних умов для водія завдяки гладкому гальмуванню і автоматичному керуванню;
- довгострокову надійність завдяки підвищеній міцності;
- максимальну ефективність і скорочення термінів окупності.

Основним недоліком ретардерів електродинамічної дії є значна витрата електричної енергії, що ставить конкуренцію іншим споживачам борта. Для вирішення цього питання, треба або застосовувати генератори бортового електропостачання підвищеної потужності або електродинамічні ретардери подвійної дії (магнітоіндукційний та електромагнітний).

Контрольні запитання

1. Поясніть загальний алгоритм функціонування ABS.
2. Наведіть вимоги до АБС з боку безпеки руху та алгоритму керування.
3. За якими загальними ознаками класифікують гальмівні системи з ABS?
4. Наведіть принципи будови пневмоелектричних гальмівних систем з ABS.

5. Наведіть принципи будови електромеханічних гальмівних систем з ABS.
6. Наведіть принципи будови пневмогідравлічних гальмівних систем з ABS.
7. Наведіть принципи будови гідроелектричних ABS з прямою подачею тиску.
8. Наведіть принципи будови гідроелектричних ABS зі зворотнім нагнітанням тиску.
10. Наведіть перелік датчиків ABS за призначенням та принципом будови.
11. Опишіть функціонування електричної (функціональної) схеми ABS на прикладі.
12. Опишіть структуру та функціонування ABS модульної конструкції.
13. Наведіть додаткові функції гальмівних систем побудованих на базі ABS.
18. Наведіть варіанти реалізації систем екстреного гальмування.
19. Поясніть способи реалізації електромеханічних стоянкових гальм.
20. Поясніть функціонування системи керування електромеханічними стоянковими гальмами.
21. Наведіть режими функціонування і опції допомоги водію, в яких застосовуються електромеханічні стоянкові гальма.
22. За якими ознаками розрізняють системи сповільнення автомобіля?
23. Поясніть принцип будови та спосіб керування моторним гірським сповільнювачем компресійного типу.
24. Поясніть принцип будови та спосіб керування моторним гірським сповільнювачем декомпресійного типу.
25. Поясніть принцип будови та спосіб керування гідродинамічним ретардером.
26. Поясніть відзнаки понять між ретардерами різних типів: оф-тардер, он-тардер, аква-тардер, ін-тардер.

8. СИСТЕМИ КЕРОВАНИХ ПІДВІСОК

8.1. Класифікація та склад керованих підвісок

Система підвіски автомобіля призначена для забезпечення комфорту водія (нормативів умов транспортування) і прохідності автомобіля під час транспортного процесу, шляхом демпфування коливань кузова автомобіля і підтримки необхідного кліренсу [30, 31]. Підвіска колеса автомобіля включає ряд конструктивних елементів і вузлів (рис. 8.1).

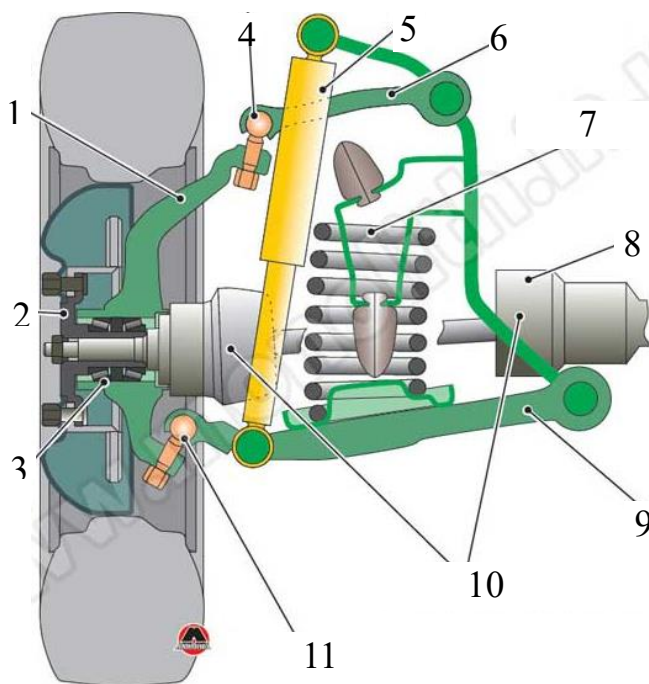


Рис. 8.1. Устрій пружинної підвіски автомобіля:

- 1 – поворотний кулак; 2 – маточина колеса; 3 – підшипник маточини;
4 – верхня шарова опора; 5 – амортизатор; 6 – верхній важіль; 7 – пружина;
8 – повідний вал; 9 – нижній важіль; 10 – шарніри рівних кутових швидкостей (ШРКШ); 11 – нижня шарова опора

Підвіски автомобіля різняться за загальними класифікаційними ознаками:

- способу з'єднання з корпусом (рамою): жорсткі, напівжорсткі (тракторні) і м'які (еластичні і пружні);
- зв'язку коліс з пружними елементами: двох-важільні, з поздовжніми важелями (маятникові) і з поперечними важелями;
- кількості поперечних важелів: одноважільна, двоважільна, багатоважільна, телескопічна з певними ступенями свободи;

- способу з'єднання коліс між собою: незалежні (індивідуальні), залежні (блоковані, балансірні) і напівнезалежні (змішані);
- типу пружного елемента: механічні (пружинні, ресорні, торсіонні), пневматичні, гідравлічні і гідропневматичні (рис. 8.2).

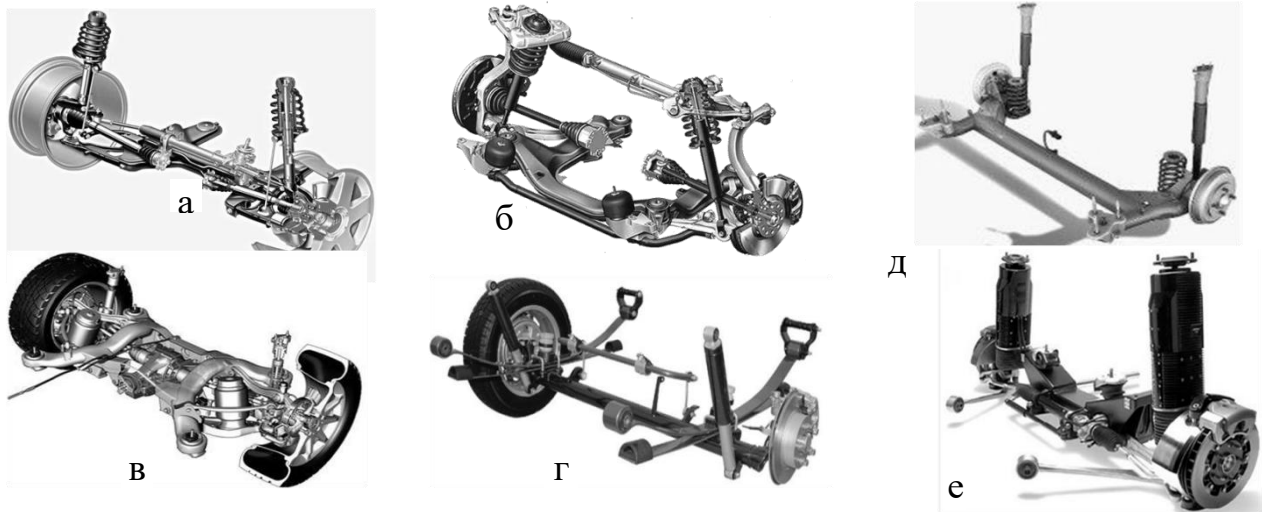


Рис. 8.2. Системи підвісок автомобіля:

а – типу «Макферсон»; б – двоважільна; в – типу «Де Діон»; г – залежна ресорна; д – напівнезалежна; е – адаптивної

Керовані підвіски дозволяють змінювати характеристики її елементів залежно від режимів (швидкість руху, маневрування, розгін, гальмування) і умов (стан дорожнього полотна) руху транспортного засобу [32].

Керовані підвіски можна класифікувати за рядом ознак: принципом будови; видом параметра керування; елементом реалізації керуючого впливу; ступенем автоматизації (рис. 8.3).

З позицій керованості розрізняють пасивні, напівактивні і активні підвіски. Пасивна (некерована) підвіска характеризується цілком фіксованими значеннями нормативних параметрів (не змінює характеристик залежно від режимів та умов руху авто).

Напівактивна підвіска забезпечує керування тільки дорожнім просвітом (кліренс) шляхом зміни параметрів пружного елемента за рахунок перепуску робочого середовища (повітря або рідини) за допомогою електроклапанів (система підвісу).

Активна підвіска разом зі зміною положення пружних елементів, забезпечує регулювання жорсткості демпфіруючих елементів (керованих амортизаторів) в активній стойці (система демпфування).



Рис. 8.3. Класифікація керованих підвісок

Адаптивна підвіска це активна підвіска, в якій передбачено зміну її регульованих параметрів в автоматичному режимі на підставі інформації, отриманої з датчиків (мехатронна система зі зворотним зв'язком). Адаптивні підвіски різняться за принципом побудови і в побуті отримали назви:

- пневматична (пневмоелектрична напівактивна);
- гідропневматична (комбінована активна);
- гідропружинна (комбінована активна).

Керовані підвіски розрізняють за ознаками системи керування: ступенем автоматизації (автоматизовані, автоматичні); гнучкості керування (жорсткі, адаптивні); якості керуючих впливів (безперервної дії, дискретної дії). Таким чином, для мехатронних систем підвіски характерні атрибути: автоматична, адаптивна, безперервної дії.

Адаптація до дорожніх умов і стилю водіння може забезпечується різними за принципом будови системами і пристроями. Однак, призначення і загальний принцип дії контуру адаптації залишаються незмінними. До складу адаптивної підвіски входять елементи мехатронної системи:

- керовані стійки амортизаторів;
- регульовані стабілізатори поперечної стійкості;
- керовані задні важелі;
- датчики прискорення, дорожнього просвіту, нерівності дороги;

- електронний блок керування (ЕБК) підвіскою.

Можна провести кластеризацію адаптивних підвісок промислових зразків (маркетингових назв) за видом керованого елемента:

- амортизатори з електроклапанами: ACC, DCC (Volkswagen), ADS (Mercedes-Benz), AVS (Toyota), CDC, CDS (Opel), EDC (BMW);
- амортизатори з магнітною рідиною: MR, Delphi, SKF;
- пневматичні балони: ADS, Hydractive, ABC, PDC;
- стабілізатори поперечної стійкості: PDCC, ASSS;
- важелі підвіски: AGCS (Hyundai).

Аналогічно можна зробити кластеризацію активних підвісок за ознакою автовиробника [33, 34]:

- Mercedes-Benz: гідравлічна система ABC (Active Body Control) активного керування положенням кузова, пневмопідвіска ADC (Airmatik Dual Control) і система ADS II (Adaptive Damping System) – адаптивного демпфування амортизаторів;

- BMW: адаптивна підвіска Adaptive Drive, з керованими амортизаторами EDC (Electronic Dampfer Control) і система зниження кренів кузова автомобіля Dynamic Drive з активними стабілізаторами поперечної стійкості;

- Porsche: система PDCC (Porsche Dynamic Chassis Control), що керує гідроприводами стабілізаторів поперечної стійкості і система активного керування підвіскою PASM (Porsche Active Suspension Management);

- Nissan: система CDC (Continuous Damping Control) – безперервного керування амортизаторами і HBMC (Hydraulic Body Motion Control) – гідравлічного керування положенням кузова;

- Toyota і Lexus: адаптивна підвіска AVS (Adaptive Variable Suspension) з керованими амортизаторами, пневмопідвіска АНС (Active Height Control), що забезпечує зміну кліренсу і система KDSS (Kinetic Dynamic Suspension System) керування гідроприводами стабілізаторів поперечної стійкості.

8.2. Конструкції і характеристики керованих амортизаторів

Амортизаторами називають пристрої, що перетворюють енергію механічних коливань в теплову. Вони прикріплюються до кузова і важелів підвіски за допомогою еластичних елементів. Автомобільні

амортизатори запобігають відриву коліс від дороги і гасять коливання кузова.

На даний час, в підвісках автомобілів застосовуються телескопічні гідравлічні амортизатори. Дія таких амортизаторів заснована на використанні гідравлічного опору, яке виникає при перетіканні рідини з однієї порожнини циліндра в іншу через отвори, що перекриті клапанами. За конструкцією, більшість амортизаторів поділяють на дві групи – однотрубні і двотрубні (рис. 8.4).

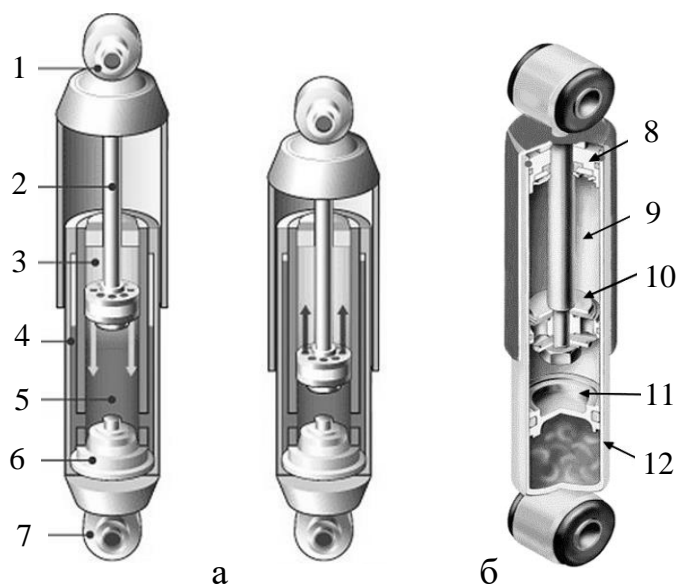


Рис. 8.4. Устрій амортизаторів:

а – двотрубного з газовим клапаном; б – однотрубного з газовим підпором

На рисунку 8.4 позначено: 1, 7 – верхнє та нижнє кріплення; 2 – шток; 3 – масло; 4 – зовнішня камера; 5 – робоча камера; 6 – донний клапан; 8 – вузол ущільнення; 9 – робоча камера з маслом; 10 – поршень; 11 – плаваючий клапан; 12 – камера зі газом під тиском.

У двотрубному амортизаторі робоча камера сполучається із зовнішньою, яка частково заповнена газом через донний клапан (рис. 8.4, а). Газова камера компенсує об'єм рідини при стисненні амортизатора. Донна камера аналогічного призначення в однотрубному амортизаторі відокремлена від рідини спеціальним плаваючим поршнем (рис. 8.4, б). Газовий підпір, як правило, слабо впливає на жорсткість амортизатора, але значно збільшує стабільність характеристик в умовах сильних навантажень за рахунок меншого спінювання масла.

Некеровані амортизатори класифікуються за рядом ознак:

- принципом дії: фрикційні або механічні (сухого тертя), гідравлічні (в'яз кісного тертя), електромагнітні (індукційні), комбіновані;
- характером дії сил тертя: односторонньої і двосторонньої дії (з опором на прямому і зворотному ходах);
- конструкцією: лопатеві, поршневі й телескопічні (двотрубні і однотрубні) з газовим підпором (низького або високого тиску) або без підпору;
- характером зміни сили опору (виду робочих характеристик): з постійною силою тертя; з силою тертя, що залежить від переміщення, швидкості або прискорення поршня «релаксаційні» (пропорційні, нелінійні).

Жорсткість амортизаторів K залежить від їх конструкції, початкової настройки перепускних клапанів, вихідної в'язкості і температури робочої рідини (масла). Основним експлуатаційним параметром амортизатора є хід штока x . Статичні характеристики амортизаторів представляються круговими $F=f(x)$ і робочими $F=f(V)$ діаграмами, знятими при максимальній швидкості переміщення поршня V_{\max} в обидві сторони (рис. 8.5, а).

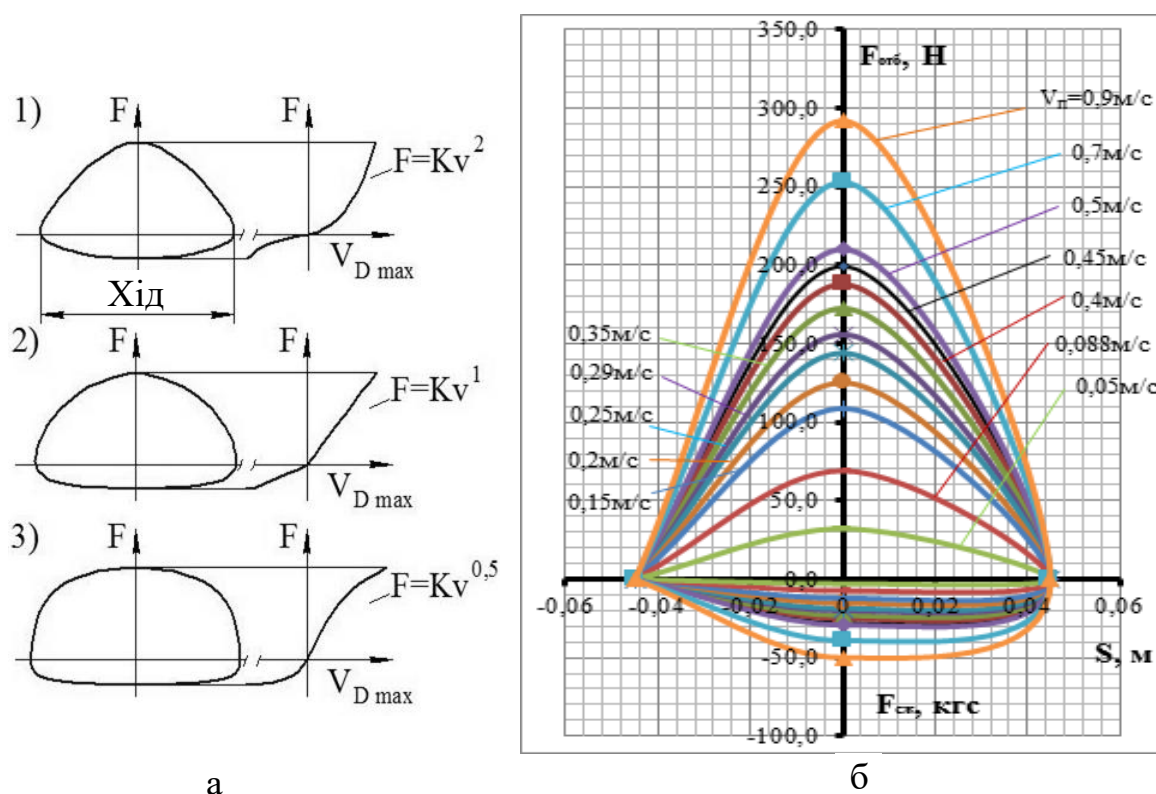


Рис. 8.5. Характеристики амортизатора:

а – статичні (1 – прогресивна, 2 – лінійна, 3 – дегресивна); б – динамічні

Площа кругової діаграми пропорційна дисипативній енергії, що розсіюється амортизатором при одному коливанні. Амортизатори виготовляються і регулюються під прогресивну, лінійну або дегресивну характеристики (рис. 8.5, а). Основними способами регулювання некерованих амортизаторів є:

- застосування масла іншої в'язкості;
- зміна тиску газового підпору;
- зміна кількості і форми клапанів (відбою, стиснення).

У гідравлічних амортизаторах сила опору залежить від швидкості переміщення штока, тому характеристики представляються сімействами (рис. 8.5, б).

Вибір характеристики амортизатора диктується переважними умовами руху і конструктивними особливостями АТЗ (рис. 8.6).

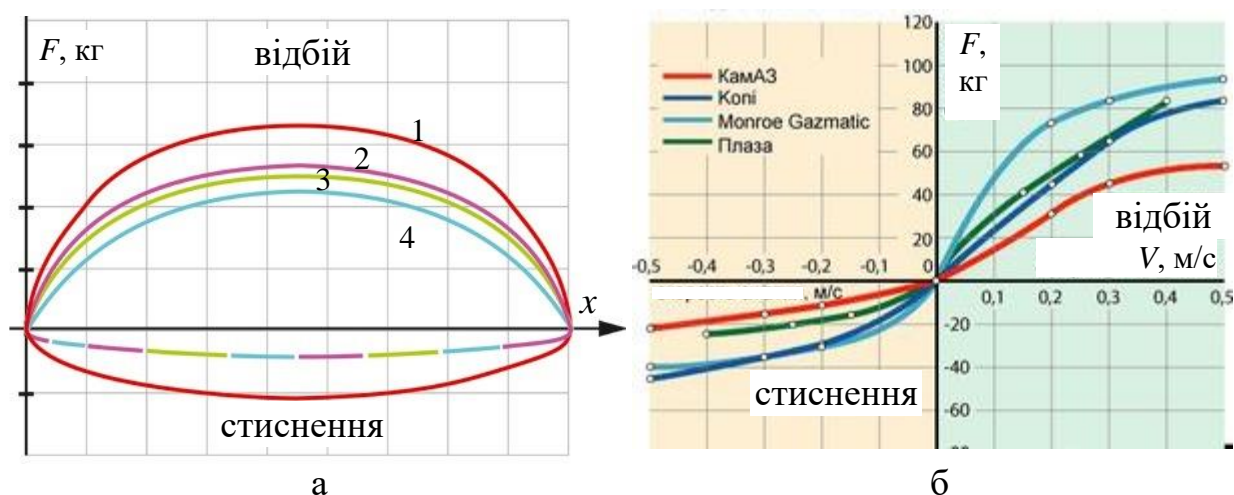


Рис. 8.6. Оптимізовані характеристики амортизаторів:
а – за умовами руху; б – за конструктивними особливостями АТЗ

На рис. 8.6, а позначено режими: 1 – «спорт»; 2 – «шосе»; 3 – «комфорт»; 4 – «стандарт».

Перевагою амортизаторів з дегресивною характеристикою є підвищений опір бічним кутовим коливанням при зміні смуги руху і при вході в поворот: кузов крениться повільніше і робить менше коливань навколо поперечної осі. Те ж стосується і поздовжніх коливань: при раптовому гальмуванні неприємний поздовжній крен проявляється в меншій мірі.

Невеликий підйом характеристики при підвищеній швидкості поршня відповідає обмеженню максимальних сил, що розвиваються амортизатором і впливають на підвіску і кузов.

Перевага прогресивної характеристики полягає в тому, що біля нульової точки, сили мають невелике значення, що забезпечує більш м'яке кочення навіть щодо жорстких шин. Різке зростання сили при підвищеній швидкості поршня призводить до збільшення коефіцієнта опору і пов'язаного з цим підвищення демпфірування як кузова, так і колеса. Останнє запобігає підстрибуванню коліс і покращує їх зчеплення з дорогою на покриттях поганої якості. Лінійна характеристика амортизатора може бути хорошим компромісним рішенням.

Для підвищення комфорту руху та безпечного керування АТЗ застосовують електронно керовані амортизатори, характеристики яких прямим або непрямим чином змінюються шляхом впливу сигналів від ЕБК (автоматичний режим) або дистанційно за командою водія (напівавтоматичний режим).

Використовуються дві технології побудування керованих амортизаторів:

- з електроклапанами CDC (Continuous Damping Control);
- з магнітною рідиною MRC (Magnetic Ride Control).

Найбільшого застосування набули *електроклапанні амортизатори* різної конструкції (рис. 8.7).

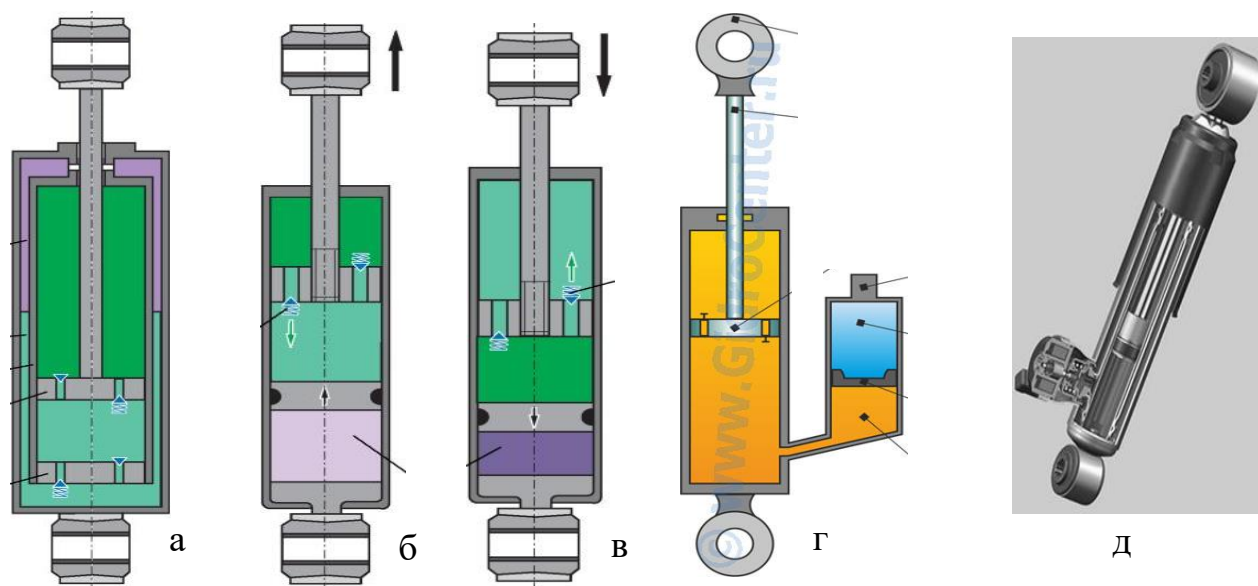


Рис. 8.7. Керовані електроклапанні амортизатори:
 а – двотрубний; б, в – однотрубний; г – з виносним підпором;
 д – з боковим клапаном

Регулювальний клапан з керуючим соленоїдом може знаходитися всередині демпфера на поршні або зовні збоку на корпусі (рис.

8.7, д). Основний недолік двотрубних амортизаторів – неможливість їх встановлення в перевернутому стані. Частково ця проблема вирішується за рахунок блокування газової порожнини зовнішнього циліндра (рис. 8.7, а). Поряд з цим, в двотрубних амортизаторах можна плавно регулювати жорсткість за рахунок використання додаткових клапанів на нижній кришці внутрішнього циліндра. В однострубних конструкціях такий ефект досягається за рахунок регулювання тиску в газовому підпорі (рис. 8.7, б – г). В останньому випадку, на автомобілі встановлюється пневмосистема. По команді ЕБК або водія характеристики амортизаторів змінюються при подачі або скиданні тиску газу в магістралі кожного циліндра підвіски.

Головною перевагою гідравлічного амортизатора з повітряним підпором є нормальна аерація (масло не змішується з газом). Крім того, газовий підпор підтримує автомобіль, виконуючи функцію додаткового демпфера. Таким чином, навіть при повністю стиснутих пружинах, газові заряди в амортизаторах утримують правильне положення машини.

Електроклапани керування інтегруються у пристрій дрослювання поршня або розміщуються за межами гідравлічного циліндра [34, 35] (рис. 8.8).

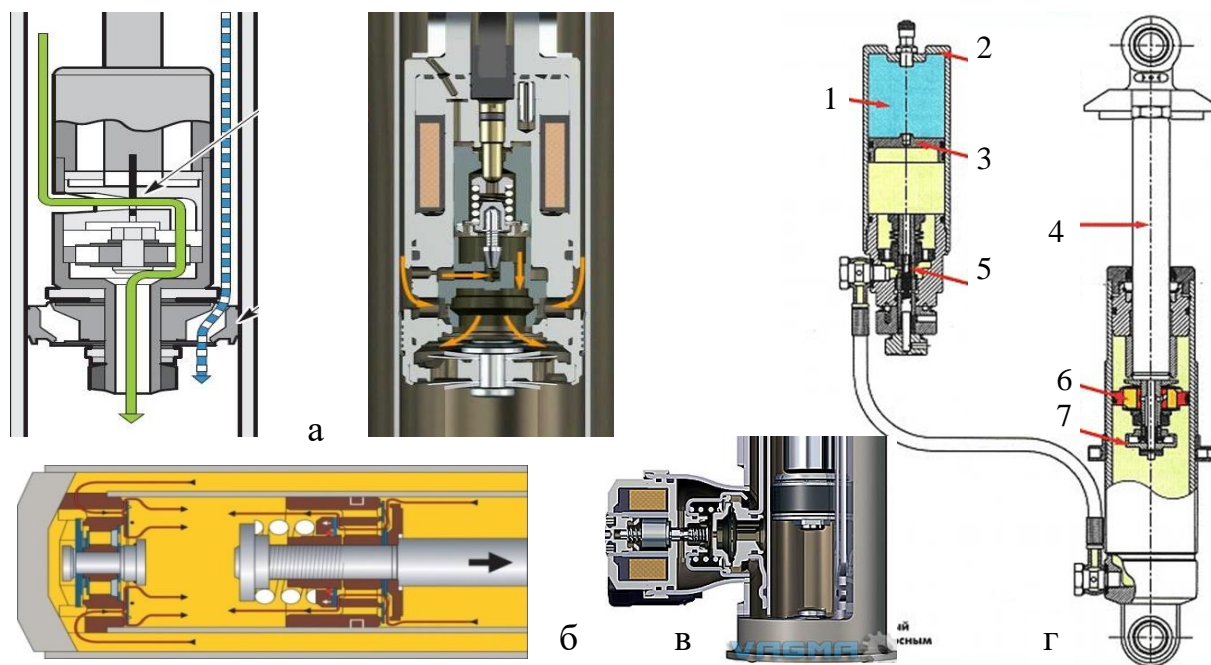


Рис. 8.8. Розміщення електроклапанів в амортизаторі:
 а – на поршні однострубного; б – на поршні двотрубного;
 в – збоку двотрубного; г – однострубного з виносним резервуаром

На рисунку 8.8 позначено: 1 – газ; 2 – виносний резервуар; 3 – розділовий поршень; 4 – шток; 5, 7 – регулюючі клапани; 6 – основний поршень.

В магнітно-реологічних амортизаторах регулювання жорсткості здійснюється за рахунок зміни консистенції феромагнітної рідини [36]. Конструкція поршня такого амортизатора являє електромагнітний індуктор (обмотка зі струмом 1 і магнітопровід 2) з робочими отворами 3 (рис. 8.9, а).

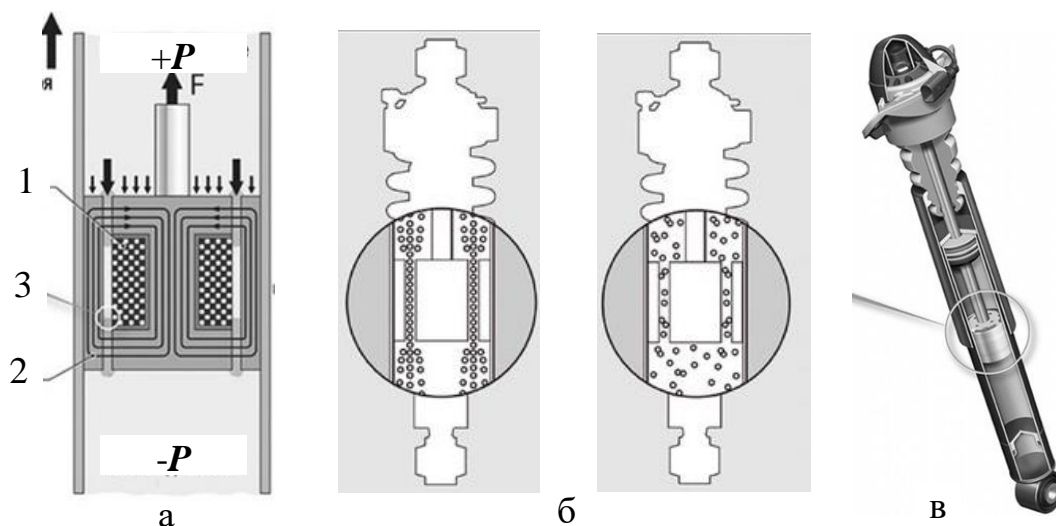


Рис. 8.9. Керований амортизатор з магнітною рідиною:
а – устрій; б – змінювання консистенції рідини; в – конструкція

У складі феромагнітної рідини є найдрібніші металеві часточки, які реагують на зміну магнітного поля навколо штока і поршня амортизатора. При збільшенні сили струму, рідина змінює свою в'язкість, створюючи додатковий опір переміщенню поршня в середині амортизатора (рис. 8.9, б).

Амортизатори з магнітною рідиною можуть містити різні робочі середовища в циліндрах і мати різні конструкції пристрою, що дроселює (рис. 8.10).

Провідними виробниками амортизаторів є фірми: Bilstein, Delphi, Kayaba, Koni, Monroe, Sachs, Boge, Gabriel, Delco, SKF.

Конструктивне поєднання гідравлічного керованого амортизатора і пневматичного керованого пружного елемента (балона, подушки) утворюють *активну стійку підвіски* (рис. 8.11).

На рисунку 8.11, а позначено: 1 – газова порожнина; 2 – отвори; 3 – поршень із клапанним вузлом; 4 – підпоршнева порожнина; 5 – донний клапанний вузол; 6 – пневматичний пропорційний кла-

пан; 7 – дросель у повітряному каналі клапана; 8 – надпоршнева порожнина; 9 – буфер відбою; 10 – пневматичний пружний елемент.

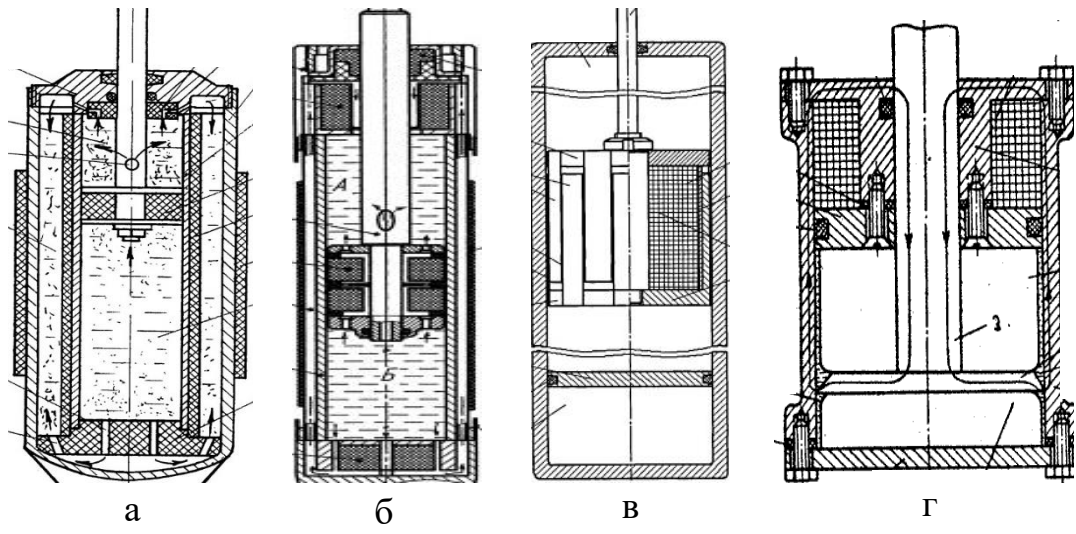


Рис. 8.10. Технічні рішення амортизаторів з магнітною рідиною:
 а – гідравлічний з котушкою на корпусі; б – гідравлічний з постійними магнітами на фланцях; в – гідропневматичний з котушкою на поршні;
 г – пневматичний з котушкою на фланці

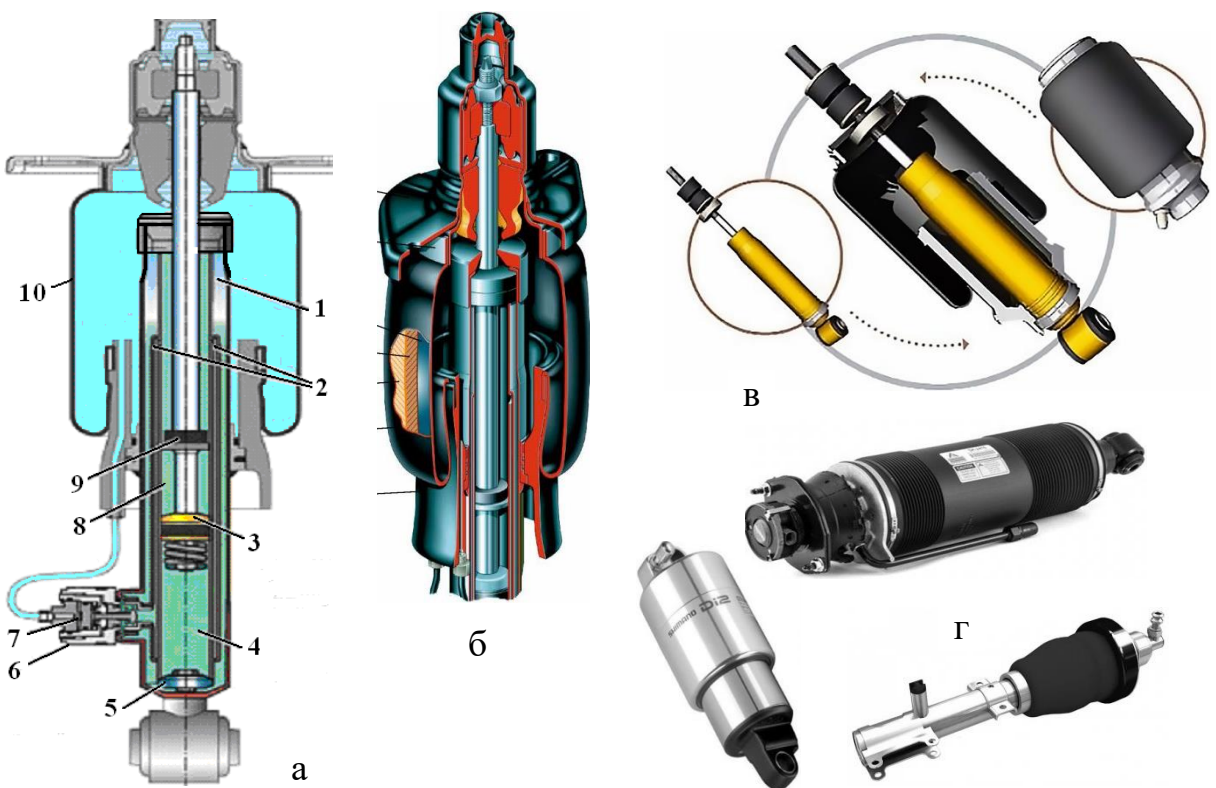


Рис. 8.11. Гідропневматична стійка:
 а, б – устрій; в – склад; г – зовнішній вигляд

Розробникам фірми Bose (виробник акустичних систем для автомобілів преміум класу) запропоновано революційну технологію електромагнітної активної стойки, яка ґрунтується на принципах лінійного електродвигуна [37]. Шток 1 постачений потужним магнітом 2, сприймаючи коливання від підвіски автомобіля, переміщається в електромагнітному полі, яке створюється системою котушок, розташованих на статорі 3 (рис. 8.12).

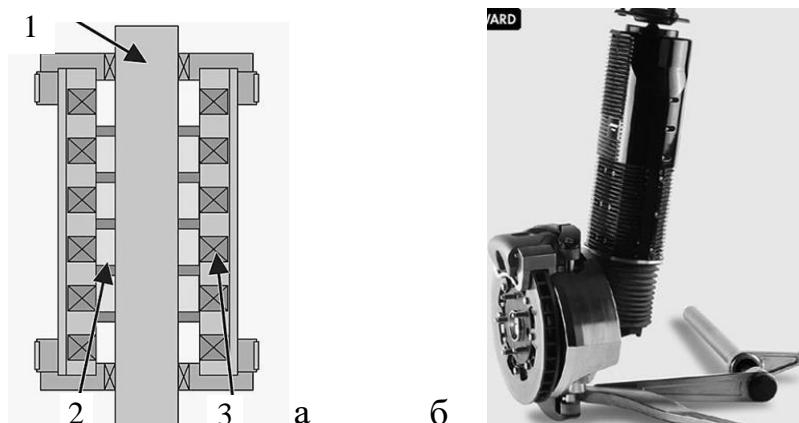


Рис. 8.12. Система підвіски Suspension Bose:
а – схема стійки; б – конструкція (Audi TT)

Побудована у такий спосіб активна стойка, здатна прискорювати і уповільнювати переміщення штока підтримувати кліренс та ще й здійснювати рекуперацію енергії коливань під командами електронної системи керування.

8.3. Параметри системи демпфування коливань

Під час руху автомобіля, нерівність дороги викликає вертикальні коливання коліс (непідресореної маси m) і кузову (підресореної маси M) транспортного засобу (рис. 8.13, а).

Підвіска характеризується *основними параметрами* системи коливань:

- коефіцієнтом опору (коефіцієнтом тертя C_S) і загасання β амортизатора (рис. 8.13, в);
- ступенем демпфування підвіски D (рис. 8.13, б).
- коефіцієнтом посилення амплітуди коливань кузова K_A .

Під час коливань підвіски, автомобіль діє динамічною вагою на дорожню поверхню з реакцією мас $Z_r = Z + Z_u$ (8.13, в).

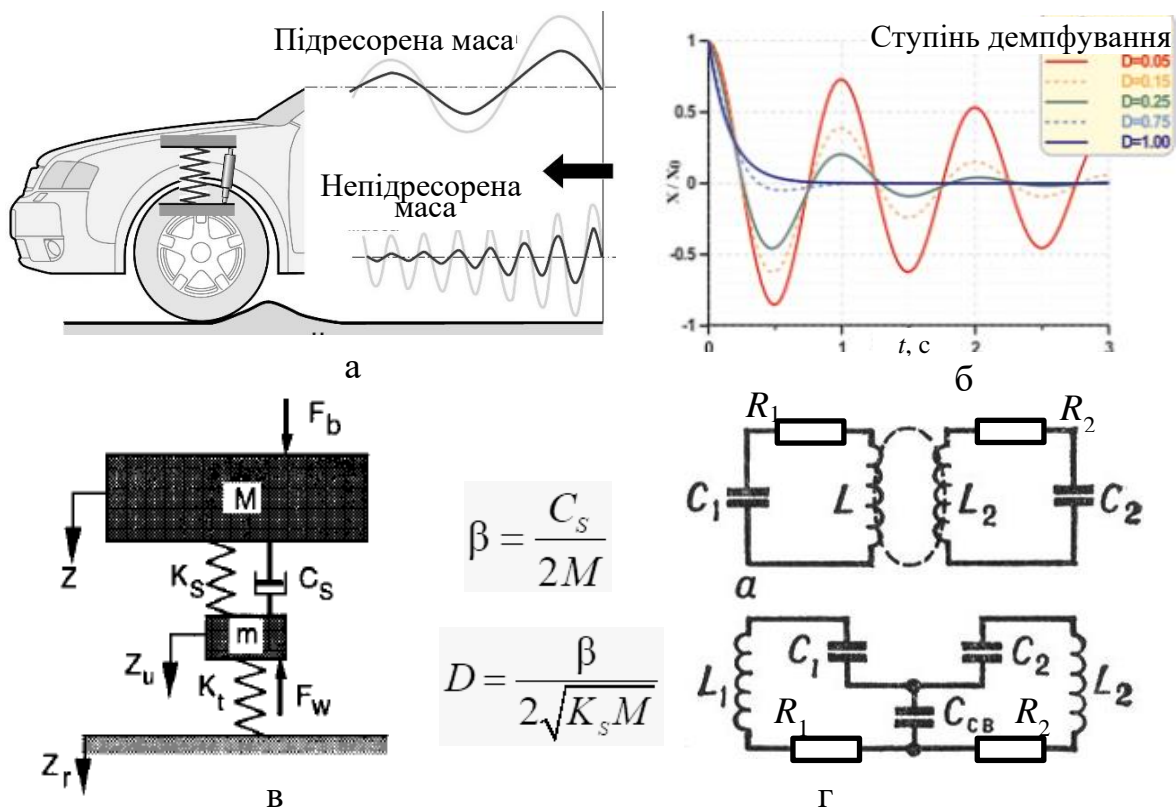


Рис. 8.13. Система коливань підвіски автомобіля:

а – реакція на вплив, що збудує; б – загасаючий процес підвіски автомобіля;
 в – схема механічна еквівалентна; г – схеми електричних аналогій

Еквівалентну схему підвіски можна надати і аналізувати у вигляді схеми пов'язаних коливальних контурів з урахуванням маси m і жорсткості K_t пружного колеса (рис. 8.13, г).

Ефект загасання коливань кузова (відношення амплітуд коливання кузова і колеса) у заданому діапазоні частот f визначається коефіцієнтом посилення відгуку K_A , який залежить від ступеню демпфування підвіски D (рис. 8.14).

Амортизатори повинні бути пристосовані не тільки для досягнення бажаних характеристик при їзді, але також відіграють ключову роль в підтримці гарного контакту шин з дорогою, необхідного для керуваності і безпеки. Загалом, це досягається за рахунок підбору клапанної системи в амортизаторі. Типові амортизатори мають не симетричну характеристику загасання при відскоку і ударі (приблизно один до трьох).

У рекуперативних системах підвіски перспективних розробок, енергія механічного збудування перетворюється в інші види енергії.

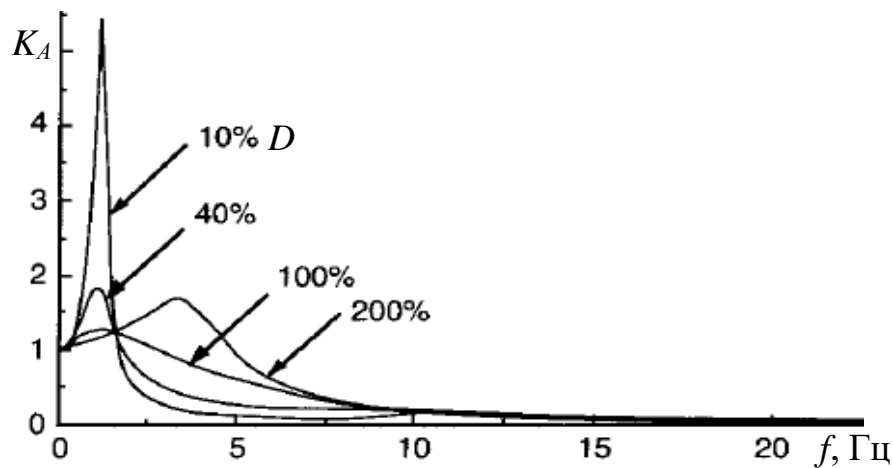


Рис. 8.14. Залежність коефіцієнта посилення амплітуди коливань кузова автомобіля від частоти коливань, що збурюють

Ця енергія зберігається в акумуляторах (електричних, пневматичних, гідравлічних) з подальшим її використанням на борту автомобіля для побічного або прямого застосування (реверсивна дія підвіски). Прикладами таких проектів є індукційна стійка Bose [37] і амортизатор з генератором ZF Levant Power [38].

На підставі наведеної інформації, відпрацьовується стратегія керування підвіскою, будується лінгвістична модель і алгоритми функціонування її електронної системи та формуються оптимальні значення сигналів керування під заданий тип амортизатора та пружного елемента.

Безперервне регулювання параметрів активних елементів підвіски здійснюється методом ШІМ-керування сигналами виконавчих пристроїв в автоматичному режимі. Ступінчасте регулювання, – метод дискретного керування в напівавтоматичному режимі. При цьому, характеристики амортизатора оперативно (в транспортному режимі) можна змінювати на запит водія по виду та інтенсивності прогресії (рис. 8.15).

8.4. Характеристика датчиків системи керування

У сучасних системах підвіски (вертикальної стійкості) сигнал керування регулюючим елементом (виконавчим пристроєм) амортизатора розраховується ЕБК на підставі інформації, отриманої з оригінальних датчиків і датчиків суміжних систем. Архітектура структурної схеми системи керування визначається переліком виконавчих пристроїв, що активізують підвіску (рис. 8.16).

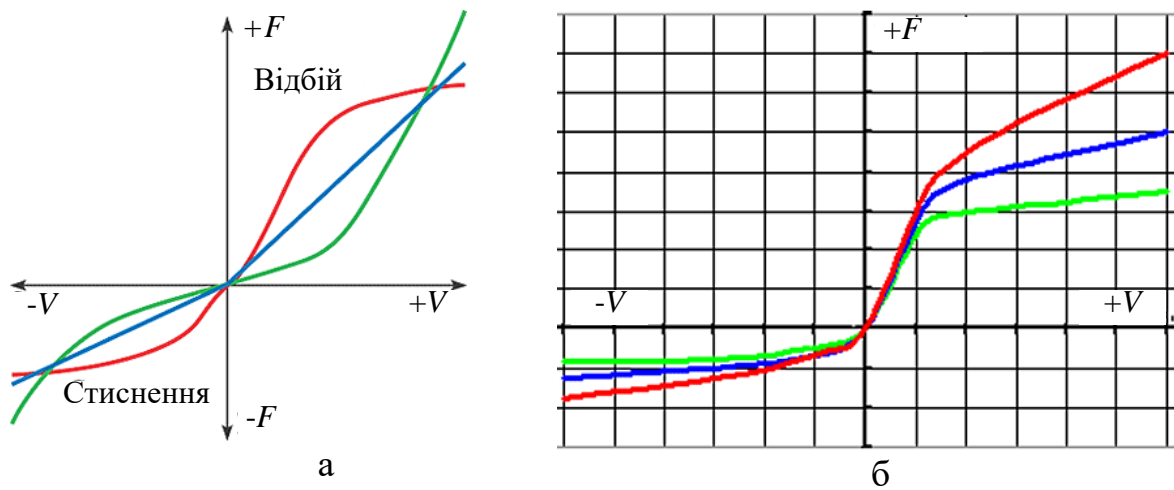


Рис. 8.15. Робочі характеристики керованого амортизатора:
 а – зміна виду прогресії; б – зміна рівня прогресії

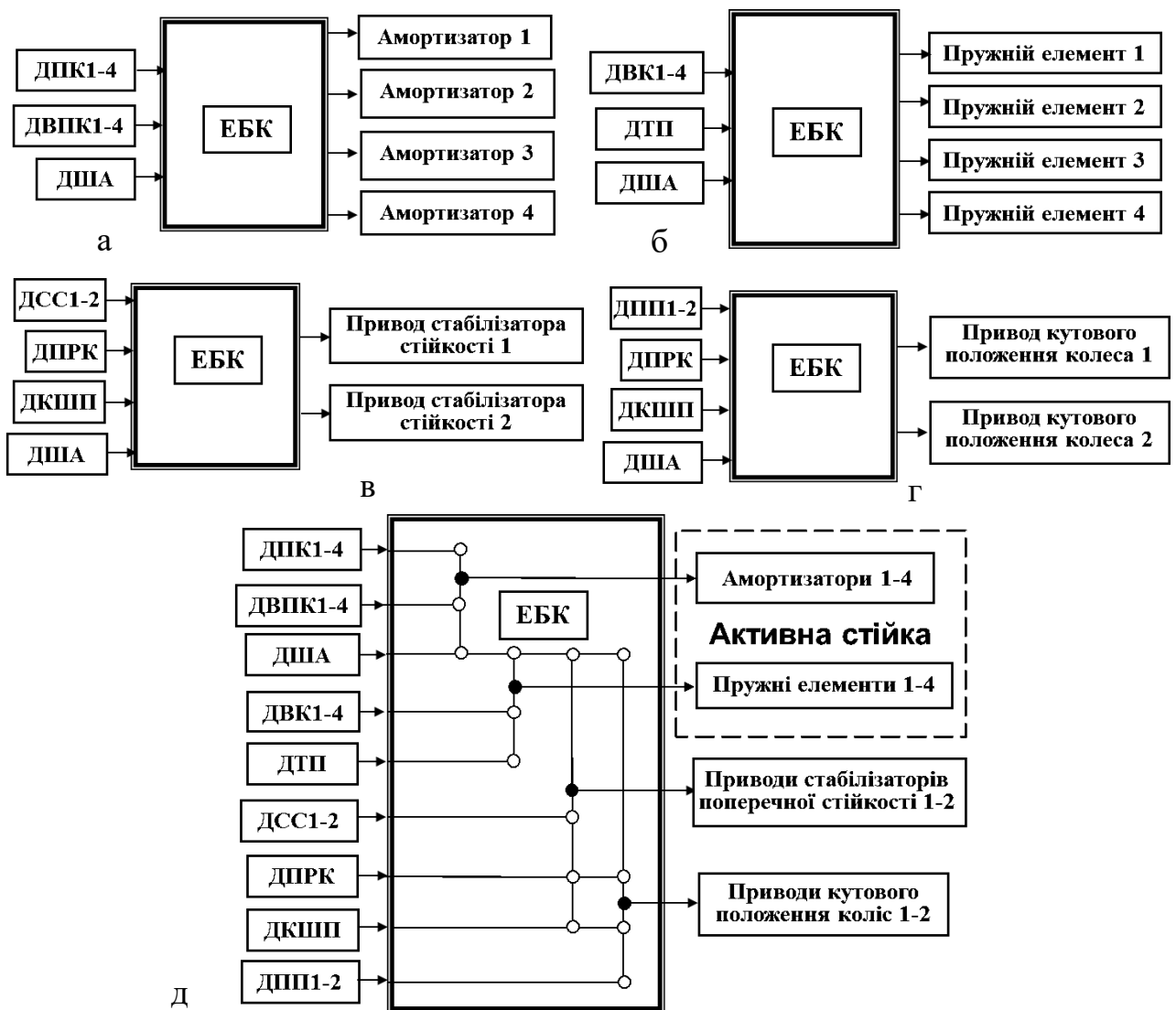


Рис. 8.16. Композиції систем керування підвіскою:
 а...г – функціональної структури; д – комплексної структури

У наведених структурах систем керування використовується інформація з мінімального переліку датчиків [21]:

- швидкості руху автомобіля ДША;
- вертикального прискорення кузова ДВПК;
- вертикального прискорення колеса ДПК;
- висоти кузова ДВК;
- тиску повітря ДТП;
- стану стабілізатора поперечної стійкості ДСС;
- кута повороту рульового колеса ДПРК;
- кутової швидкості і прискорення ДКШП;
- положення приводу важеля підвіски ДПП.

До переліку оригінальних датчиків системи керування підвіскою слід віднести датчики висоти (дорожнього просвіту) транспортного засобу та вертикального прискорення кузова і колеса (рис. 8.17).

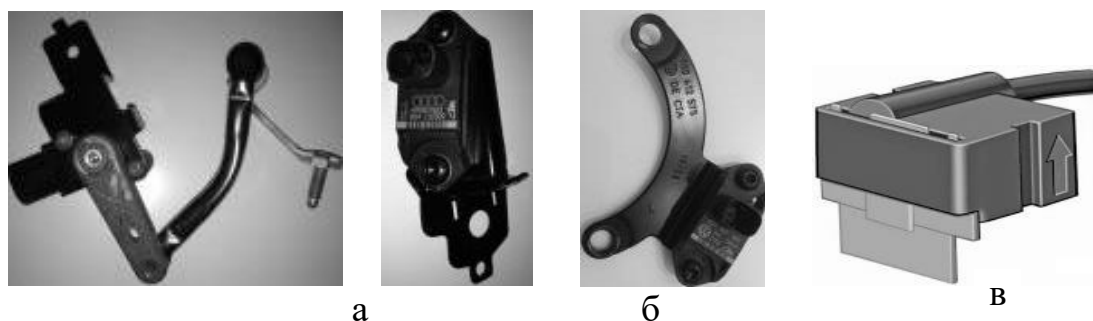


Рис. 8.17. Датчики підвіски:

а – дорожнього просвіту; б – прискорення кузова; в – прискорення колеса

Датчики висоти транспортного засобу також називають датчиками кута нахилу коліс або дорожнього просвіту або рівня чи положення кузова. Зміни висоти кузова реєструються і перетворюються в зміни кута сполученої тяги. Датчик кута нахилу коліс працює за принципом індукції. Датчик генерує ШІМ сигнал (пропорційний куту нахилу важеля) для блоку керування підвіскою.

Основними конструктивними елементами датчика є ротор і статор. Статор являє собою двошарову пластину з генераторною котушкою, трьома вимірювальними котушками і вимірювальним модулем. Вимірювальні котушки включені за схемою «зірка» (рис. 8.18).

На рисунку 8.18 позначено: 1 – важіль приводу ротора; 2 – короткозамкнутий ротор; 3 – контакти печатки; 4 – електричне рознімання; 5 – вимірювальна мікросхема; 6 – генераторна котушка стато-

ру; 7 – змінний струм; 8 – статорна частина; 9 – вимірювальні котушки; 10 – електромагнітне поле генераторної котушки; 11 – електромагнітне поле роторної котушки; 12 – кут повороту роторної частини.

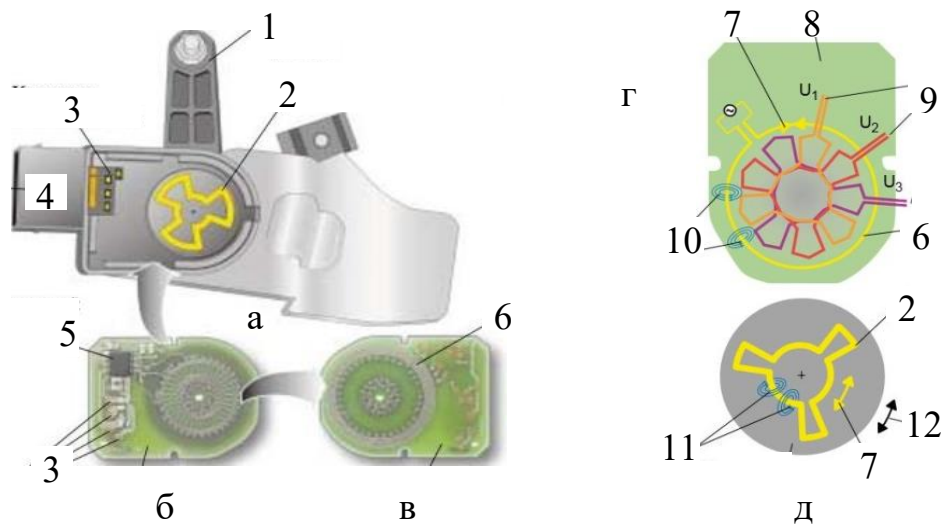


Рис. 8.18. Устрій датчиків висоти автомобіля (положення кузова):
 а – конструкція у зборі; б – печатка верхнього шару статорної частини;
 в – печатка нижнього шару статорної частини; г – розташування котушок
 на статорі; д – печатка роторної частини

Магнітні поля генераторної котушки і ротора впливають на вимірювальні котушки, в результаті чого в них генерується змінна напруга, значення якої залежить від положення ротора. По суті, індукція у вимірювальних котушках залежить від їх кутового положення по відношенню до ротора. Електронний вимірювальний блок випрямляє і підсилює змінну напругу вимірювальних котушок і визначає їх сумісний вплив. Далі результат конвертується в формат, зрозумілий для ЕБК.

Датчики прискорення кузова та колеса (акселерометри) працюють за принципом ємнісного виміру [39]. Між пластинами конденсатора закріплена на еластичних елементах маса m , що виконує функцію центрального електрода, і змінює ємність конденсаторів C_1 і C_2 в ритмі власних коливань в зворотному напрямку пропорційно зсуву. Відстань між пластинами d_1 одного конденсатора збільшується настільки, наскільки зменшується відстань d_2 іншого конденсатора. Це призводить до зміни ємності окремих конденсаторів (рис. 8.19, а).

Електронна система оцінки передає аналоговий сигнал напруги на ЕБК підвіски для формування сигналів керування виконавчими пристроями активних елементів.

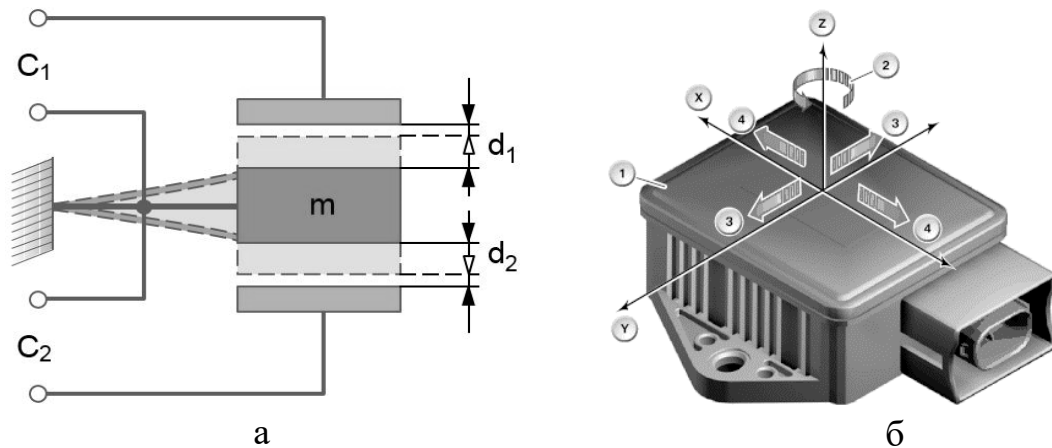


Рис. 8.19. Будова акселерометрів:
 а – принцип ємнісного датчика прискорення;
 б – трикоординатний датчик DSC

В датчиках прискорення типу DSC використовується п'єзоелектричний сенсорний елемент аналогічної конструкції. При русі з прискоренням, маси m також прискорюються. Необхідна для цього сила, створює механічне напруження в матеріалі.

При цьому, відбувається перенесення заряду решітці кристалю кварцу, яке знімається металевими електродами і перетворюється в електричний сигнал. За різницею обох сигналів прискорення, розраховується швидкість обертання автомобіля навколо вертикальної осі. Таким чином, датчик DSC кожен раз передає сигнал швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі і сигнали прискорення по осям. Датчик DSC вимірює наступні параметри:

- швидкість обертання автомобіля навколо вертикальної осі;
- поперечне прискорення автомобіля;
- поздовжнє прискорення автомобіля.

Означимо, що характеристики, які отримує підвіска того чи іншого автомобіля, завжди компромісні. Ідеальна підвіска повинна самостійно змінювати свої характеристики залежно від дорожніх умов. Саме такі системи керування прийнято називати активними або ABC (Active Body Control).

8.5. Структура і функціонування пневматичних підвісок

Активна пневматична підвіска автомобіля (як і будь-якого принципу будови) передбачає використання двох систем керування

(Dual Control) – підвісом АВР (Active Body Position) і демпфуванням кузова ABD (Active Body Damping).

Керування підвісом кузова здійснюється за рахунок зміни параметрів пружного елемента. Найбільш поширені пружні елементи (пружини, ресори, торсіони) – мають постійну жорсткість. Тому, регулювати характеристики простим шляхом можна лише в підвісах з пневматичними елементами, зміна внутрішнього тиску повітря в яких, дозволяє відповідним чином змінювати і жорсткість підвіски. На сьогоднішній день існує три типи пневмопідвісок: одноконтурна, двоконтурна, чотириконтурна.

Одноконтурні системи, як правило, встановлюють на одну з осей автомобіля. Зазвичай одноконтурні підвіски застосовують на тягачах та вантажівках, щоб водій мав змогу відрегулювати жорсткість задньої осі залежно від завантаженості машини. Двоконтурна підвіска встановлюється на одну або на дві осі. У першому випадку, стає можливим незалежне регулювання коліс. Двоконтурна система, що здійснює керування двома осями, аналогічна двом одноконтурним підвіскам. Чотириконтурна підвіска вважається найбільш функціональною, так як дозволяє проводити регулювання пневмопідпору на кожному колесі. Обов'язковим елементом такої системи є ЕБК з датчиками і блок клапанів, що автоматично розподіляє і регулює тиск у пневматичних елементах (рис. 8.20).

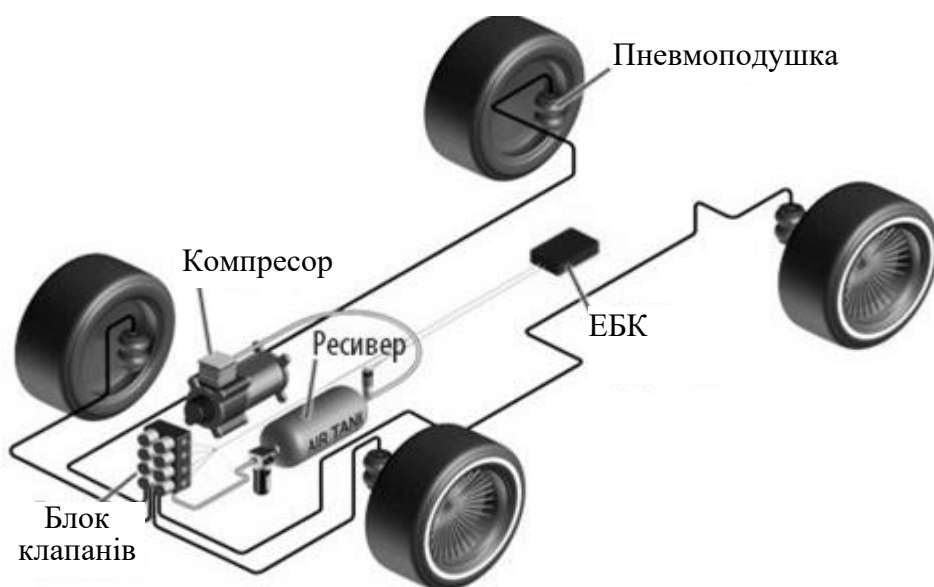


Рис. 8.20. Схема чотириконтурної пневмопідвіски АВР

Пневматична підвіска включає наступні складові:

- пружні пневматичні елементи на кожне колесо, які регулюють і підтримують кліренс, змінюючи висоту кузова за рахунок збільшення або зменшення повітряного тиску в них;
- компресор, який стискається та подає повітря, в ресивер і в виконавчі механізми;
- повітряний ресивер здійснює регулювання кліренсу в невеликих межах без компресора, а також забезпечує швидку роботу адаптивних підвісок;
- повітряні магістралі з'єднують механізми пневмопідвіски в єдину злагоджену пневматичну систему;
- датчики відслідковують положення і нахил кузова автомобіля по відношенню до дороги, вимірюють прискорення та інші важливі параметри;
- блок керування обробляє сигнали датчиків та формує сигнали керування виконавчими пристроями, забезпечуючи автоматичне або ручне регулювання підвіски.

В автоматичному режимі, як правило, функціонують адаптивні підвіски, що підтримують необхідний кліренс залежно від швидкості руху, нахилу і прискорення кузова автомобіля в вертикальному напрямку.

Пневмопідвіска, доповнена системою демпфірування з керованими амортизаторами (пневматичними або гідравлічними), утворює систему з подвійним керуванням типу Air Dual Control, з поєднаною 1 або розділеною 3 конструкцією пружних та демпфіруючих елементів (рис. 8.21).

До таких підвісок слід віднести розробки Airmatic (Mercedes-Benz), Adaptive Air Suspension (AAS) автомобілів Audi.

Пневмопідвіска має такі *переваги*:

- адаптивність жорсткості і кліренсу в широкому діапазоні навантажень на вісь, а також інших збурюючих факторів;
- керованість, що проявляється в можливості швидкого налаштування тиску в пневмобалонах для зменшення крену автомобіля при поворотах;
- зручні налаштування під дорожню ситуацію за бажанням водія;
- індивідуальність керування кожною стойкою;
- практичність використання вантажопідйомності автомобіля.

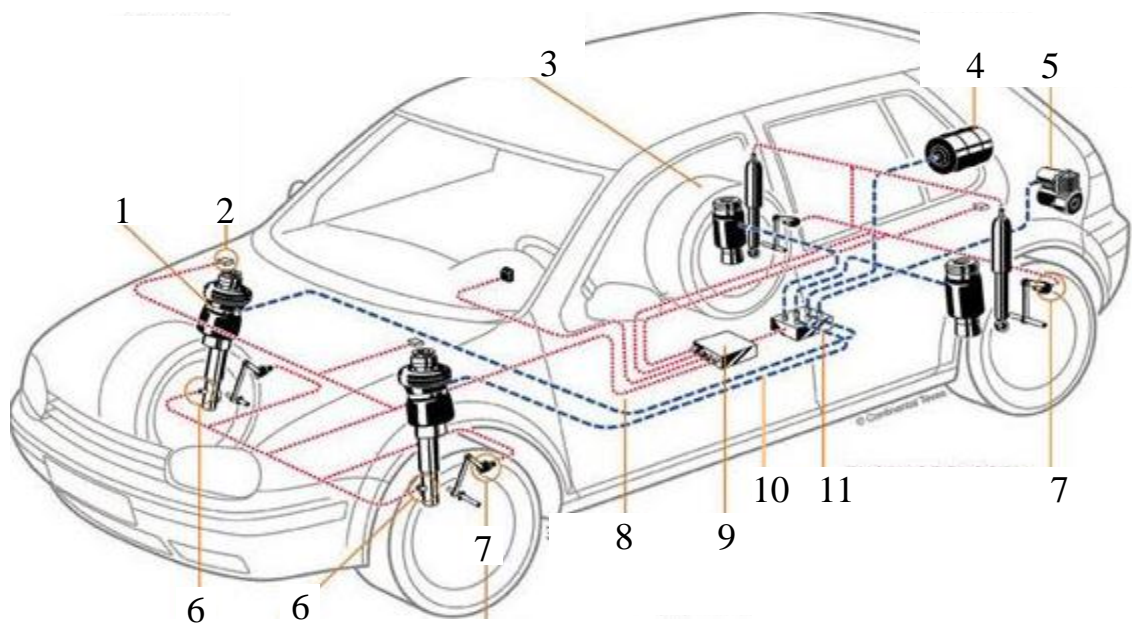


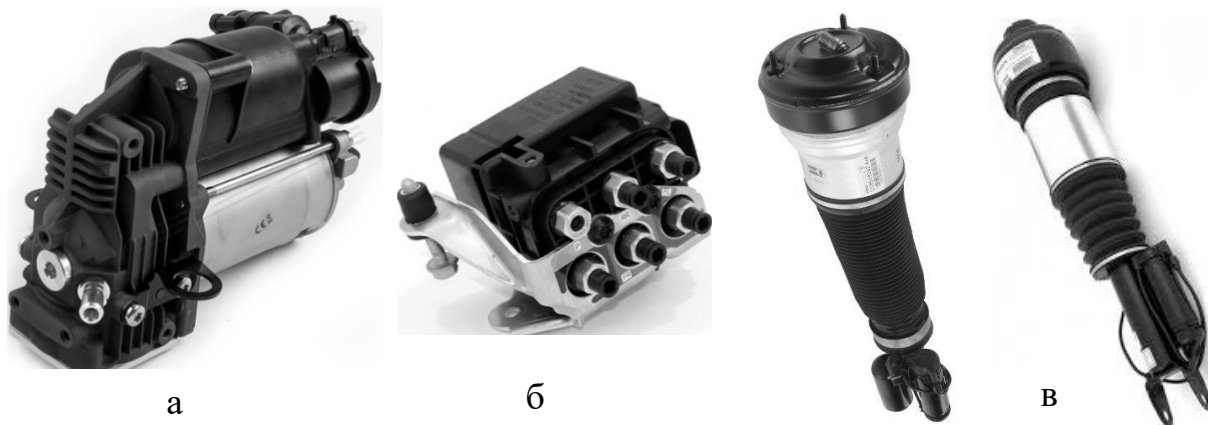
Рис. 8.21. Схема розташування елементів пневмопідвіски з керованими амортизаторами: 1 – передні стійки з пневмоелементами та керованими амортизаторами; 2 – датчик прискорення кузова; 3 – задні пневмоелементи та керовані амортизатори; 4 – ресивер; 5 – компресор; 6 – датчики прискорення передньої осі; 7 – датчик положення кузова; 8 – електричні лінії; 9 – ЕБК; 10 – пневмопроводи; 11 – пневмоелектричний блок

Основними *недоліками* пневматичної підвіски є її обмежена ремонтпридатність і нестійкість матеріалу подушок до дорожніх реагентів і знижених температур.

Система *Airmatic* складається з передніх і задніх активних стійок, компресора, ресивера, ЕБК і датчиків, що інформують про швидкість руху, навантаження автомобіля і кут повороту рульового колеса [40] (рис. 8.22).

Інтегрований модуль включає компресор з приводом від електродвигуна (ЕД), датчик тиску повітря (ДТП) і блок розподільних клапанів. Система працює в автоматичному режимі. У роботу *Airmatic* може втручатися водій, який превентивно встановлює потрібний дорожній просвіт (через пневмобалон) і вибирає режим демпфірування підвіски (комфортний або спортивний) під час руху (через амортизатор). В автоматичному режимі виконується найбільш ефективний перерозподіл керуючих впливів.

Наприклад, при гальмуванні передні колеса будуть підресорюватися більш жорстко, ніж задні, а при прискоренні – навпаки, уникаючи поздовжнього «кльовка» і «галопування» кузова.



а

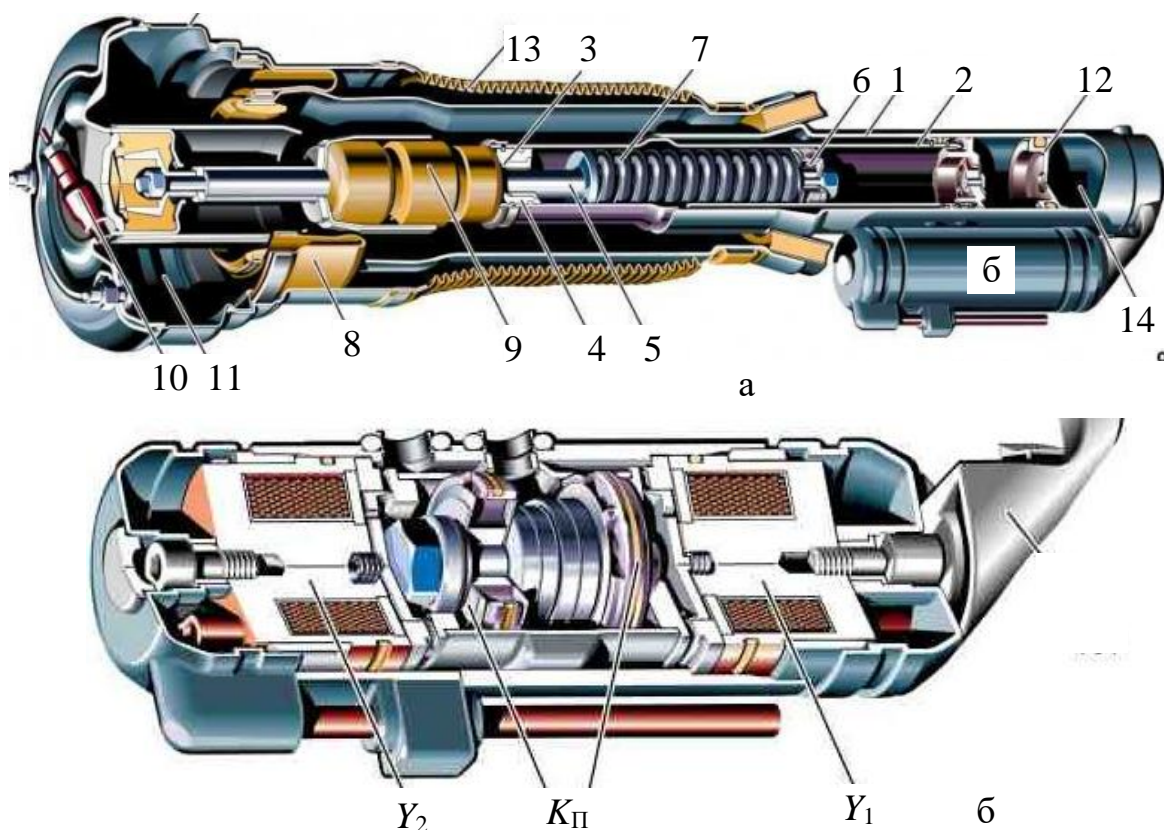
б

в

Рис. 8.22. Компоненти системи Airmatic:

а – інтегрований модуль; б – блок клапанів; в – пневматичні стійки

Активна стійка пневмопідвіски Airmatic виконує функції систем підвісу і демпфірування. Реалізація другої функції (опції) в автоматичному режимі має маркетингову назву ADS (Adaptive Damping System) – система адаптивного демпфування. Конструкція стійки включає однотрубний газонаповнений амортизатор з інтегрованою пневматичною подушкою і клапаном ADS (рис. 8.23, а).



а

б

Рис. 8.23. Устрій пневматичної стійки Airmatic:

а – загальна компоновка; б – компоновка клапану ADS

На рисунку позначено: 1 – стінка амортизаційного сердечника; 2 – циліндрична трубка; 3 – прокладка штока; 4 – напрямна штока поршня; 5 – шток поршня; 6 – робочий поршень; 7 – буферна пружина відбою; 8 – гумова мембрана; 9 – буфер відбою; 10 – клапан залишкового тиску; 11 – повітряна камера; 12 – розділовий поршень; 13 – захисний пильовик; 14 – камера високого тиску газу; Y_1 – перший соленоїд клапана; Y_2 – другий соленоїд клапана; K_{Π} – складовий поршневий клапан.

Вага автомобіля розподіляється між чотирма пневмостійками, які підтримують кліренс завдяки стисненому повітрю в повітряній камері 11, що запечатана знизу гумовою мембраною 8. Під час руху мембрани під динамічними навантаженнями, тиск повітря в сполучених повітряних камерах балона перерозподіляється, забезпечуючи необхідний хід (довжину) стійки. У верхній кришці стійки є пневматичний клапан 10, який блокує повітря в балоні по команді ЕБК, або при падінні рівня тиску нижче залишкового значення (4 – 5 бар).

Клапан амортизатора ADS складається з двох співвісних поршнів K_{Π} з запірними дисками, які активізуються двома незалежними соленоїдами Y_1 , Y_2 (рис. 8.23, б). Комбінація включення обмоток соленоїдів дозволяє виконати чотири можливі налаштування амортизатора. Оптимальне налаштування зусилля демпфування визначається ефективним прохідним перетином (запірними дисками) клапана (комбінації включення електромагнітних клапанів). Загальна схема пневматичної системи показана на рис. 8.24.

Повітря з компресора поставляється до пневмостійок через блок клапанів для коригування рівня автомобіля. Модуль керування пневмопідвіскою по шині CAN кореспондує з наступними компонентами:

- модуль керування ESP, двигуна, КПП;
- датчиків кута повороту рульового колеса, прискорення кузова; висоти осей, тиску в балонах пневмопідвіски;
- перемикача Comfort/Sport, кліренсу, приладової панелі.

У системах керування Airmatic виконується характерна опція «Wake-up», що забезпечує активізацію підвіски паркованого автомобіля ще до запуску двигуна. Модуль керування отримує сигнали від дверного контактного датчика, або датчика на кришці багажника, які вказують, що водій може найближчим часом запустити двигун і проїхати на автомобілі.

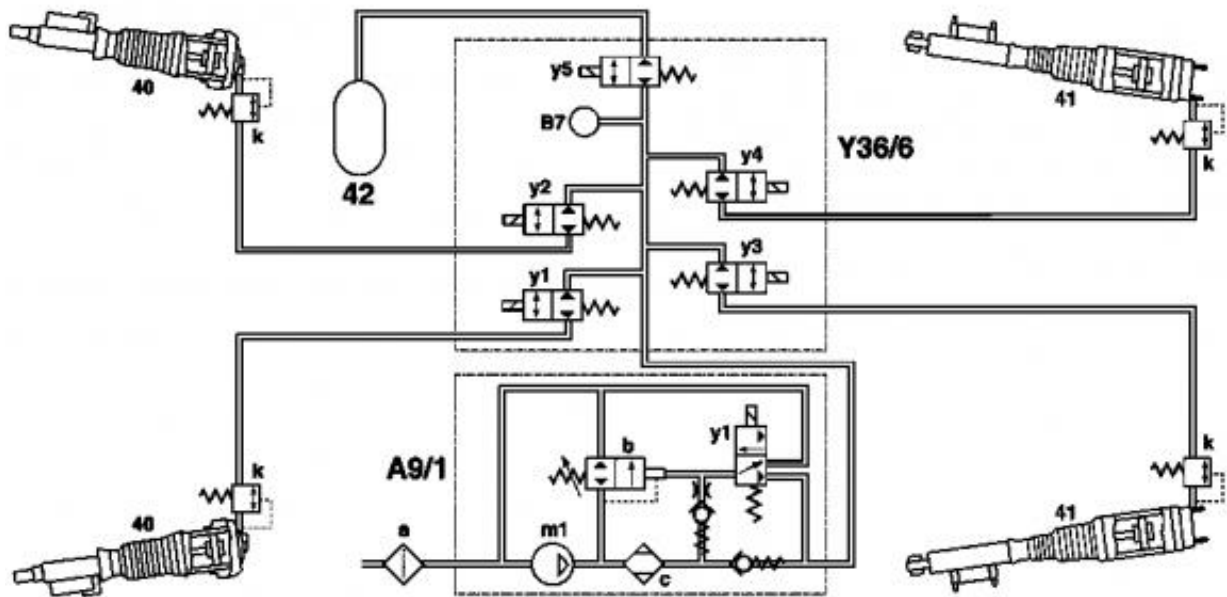


Рис. 8.24. Пневматична схема керування активними стійками Airmatic: 40, 41 – пневмостійки; *k* – зворотний клапан залишкового тиску; 42 – ресивер; A9/1 – компресор; *m1* – електродвигун компресора; *v1* – клапан скидання тиску; *B7* – датчик тиску пневмопідвіски; Y36/6 – блок клапанів; *y1* – *y4* – клапани стійок; *y5* – пневмоклапан центрального ресивера; *a* – повітряний фільтр; *b* – запобіжний клапан; *c* – осушувач повітря

В активних стійках *адаптивної підвіски AAS* (Adaptive Air Suspension), на відзнаку від підвіски Airmatic, поряд з пневматичними пружними елементами застосовані електрочлапанні гідравлічні амортизатори [41]. Режим функціонування AAS контролюється датчиками висоти транспортного засобу і прискорення підресореної маси автомобіля (рис. 8.25, а, б).

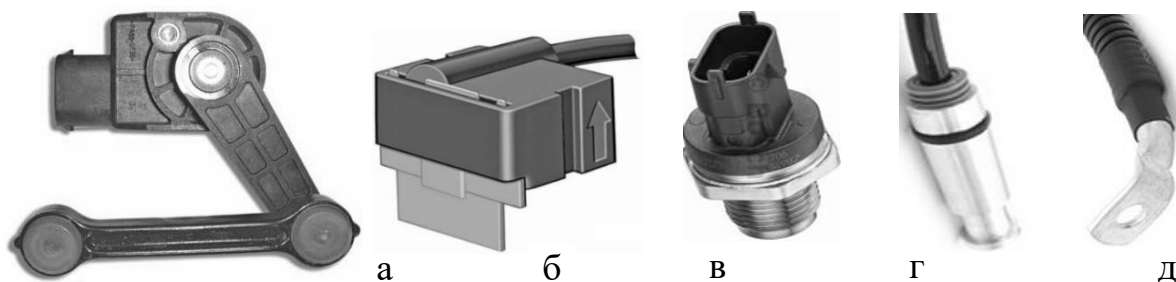


Рис. 8.25. Датчики системи керування: а – висоти кузова; б – прискорення кузова; в – тиску повітря; г – температури повітря; д – температури компресора

Два датчика рівня кузова монтуються в правих і лівих колісних арках. Третій датчик встановлений в салоні автомобіля в задній лівій частині. Блок керування аналізує сигнали від компонентів системи і генерує сигнали активації клапанів демпферів, компресора, пневматичних клапанів та інформаційних панелей. Тиск в магістралі подачі повітря контролюється п'єзоелектричним датчиком (рис. 8.25, в). Для контролю теплового навантаження електродвигуна і компресора, задіяні напівпровідникові терморезистивні датчики в магістралі повітря або на поверхні електродвигуна (рис. 8.25, г, д).

На обох осях автомобіля використовуються демпфери (стійки) пневматичної підвіски (рис. 8.26).

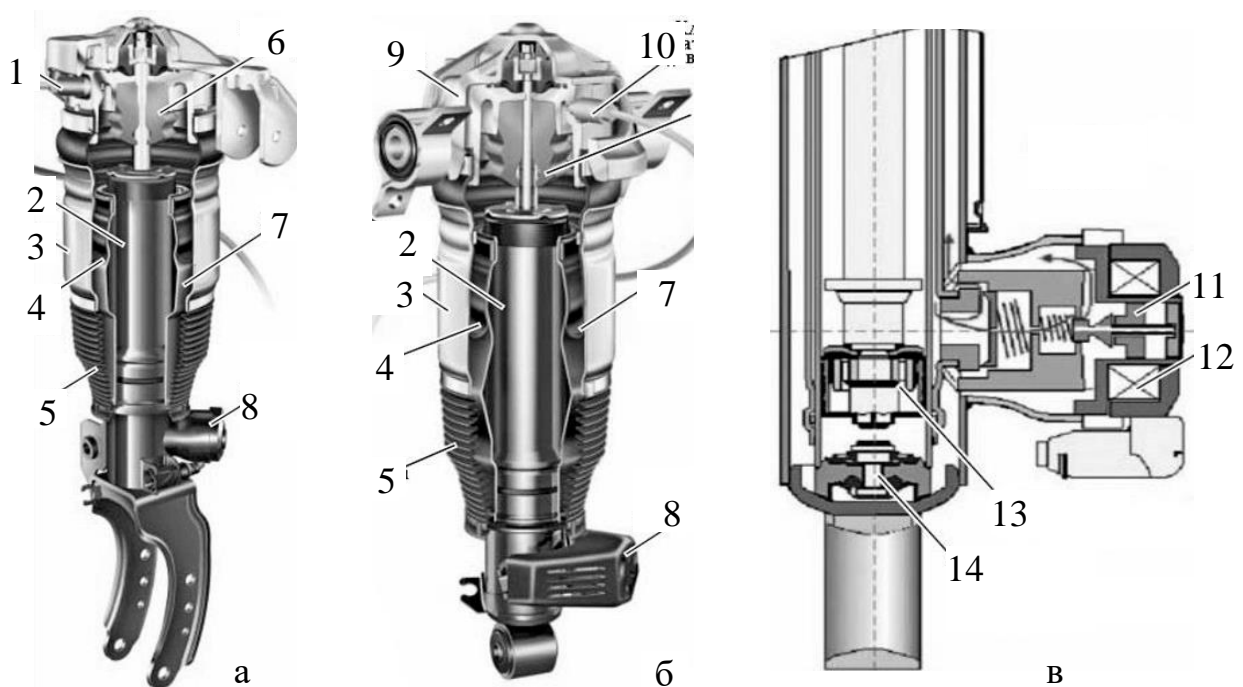


Рис. 8.26. Демпфери пневмопідвіски AAS:
а – передньої стійки; б – задньої стійки; в – амортизатора

На рисунку позначено: 1, 10 – клапани залишкового тиску; 2 – амортизатор; 3 – чохол пневмобалону; 4 – направляюча втулка пневмобалону; 5 – чохол стійки; 6 – додаткова пружина; 7 – поршень пневмобалону; 8 – керуючий клапан; 9 – опора демпфера; 11 – затвор клапана; 12 – соленоїд клапана; 13 – поршневий клапан; 14 – донний клапан. Клапани залишкового тиску 1, 10 забезпечують підтримку мінімального тиску в пневматичних балонах (не нижче 3,5 атм).

Складений електроклапан керування демпфіруванням CDC (Continuous Damping Control), розташований в нижній частині амортизатора (рис. 8.26, в), змінює його робочу характеристику.

Якщо, обмотка клапана регулювання амортизатора 12 знеструмлена, затвор клапана 11 і циліндр займають фіксоване положення під дією пружних сил. В такому разі, масло протікає через поперечний отвір з камери поршня в зрівняльну камеру, забезпечуючи середню ступінь демпфування. При подачі струму на соленоїд 12, арматура переміщується. В результаті, змінюється перетин поперечного отвору. При малих струмах (0,6 А) перетин поперечного отвору збільшується, відповідно зменшуються сили, що демпфують. Демпфування досягає високих значень при подачі струму від 1 А до 2 А (ШІМ). У разі несправності в системі, клапан знеструмлюється.

Модуль подачі повітря разом з блоком клапанів прикріплюється до загального кронштейну на днище автомобіля (рис. 8.27, а).

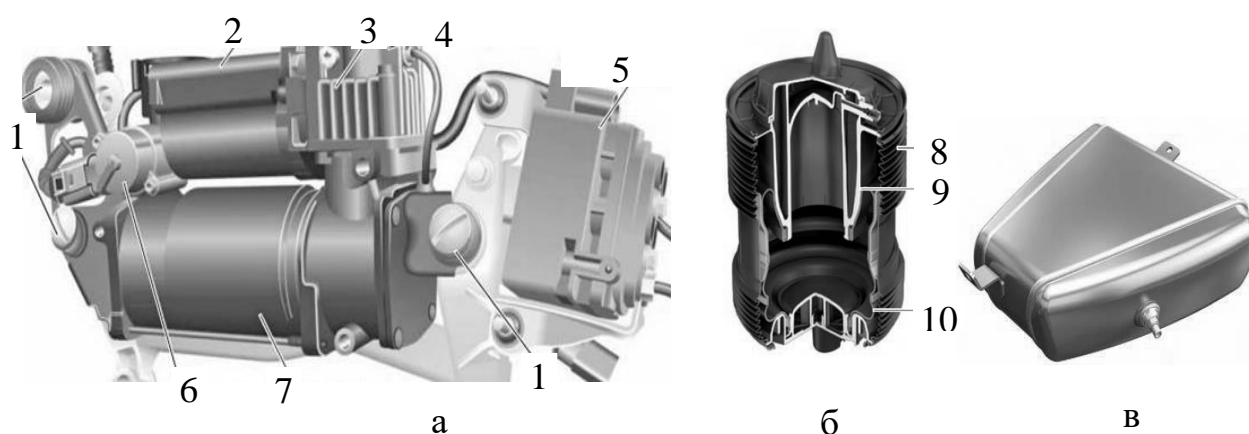


Рис. 8.27. Компоненти пневмосистеми ААС:
а – модуль подачі повітря; б – пневмобалон; в – ресивер

На рисунку позначено: 1 – віброізоляція; 2 – осушувач; 3 – компресор; 4 – датчик температури компресора; 5 – блок електромагнітних клапанів; 6 – дренажний клапан; 7 – електродвигун; 8 – чохол; 9 – направляючий поршень; 10 – манжета.

Пневмобалон стійки (рис. 8.27, б) охоплює корпус амортизатора поршнем 9, що направляє, а гофрований чохол 8 закріплений в голівці стійки, разом зі штоком амортизатора.

Ресивери (рис. 8.27, в) виконують дві функції: регулювання кліренсу без включення компресора; корекцію кліренсу після виходу пасажирів, а також після визначеного простою автомобіля. Максима-

льний тиск в системі складає 16,5 атм. Максимальний час роботи компресора визначається його температурою, яка постійно контролюється датчиками температури 4.

Якщо, тиск в ресивері падає до 12,3 атм коли пневматична система активна, двигун заведений, а транспортний засіб рухається зі швидкістю понад 35 км/год, для нагнітання додаткового тиску в ньому, запускається компресор. Функціонування пневматики, яка складається з модуля подачі повітря (верхній блок), блоку клапанів (нижній блок) пояснюється схемою (рис. 8.28).

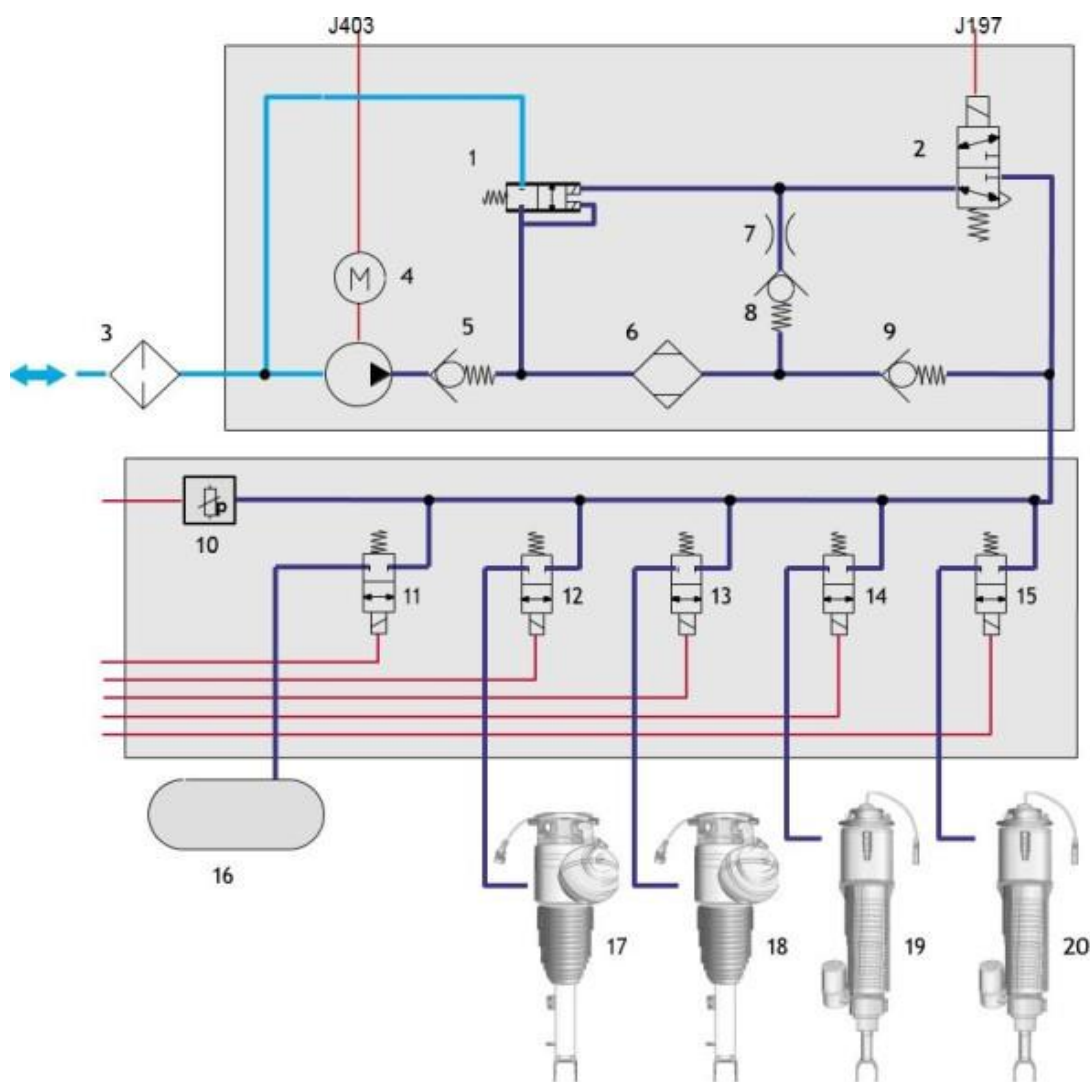


Рис. 8.28. Схема пневматичної системи AAS:

- 1 – пневматичний дренажний клапан; 2 – електричний дренажний клапан;
- 3 – глушник/фільтр; 4 – компресор; 5, 8, 9 – перепускні клапани; 6 – осушувач;
- 7 – обмежувач випуску; 10 – датчик тиску; 11 – клапан ресивера;
- 12 – 15 – клапани пневматичних стійок; 16 – ресивер; 17 – 20 – стійки

В системі пневматичної підвіски використовується шість електромагнітних клапанів. Дренажний клапан 2 являє собою 3w/2p ходовий клапан, закритий при відсутності керуючої напруги. Пневматичний клапан 1 виконує два завдання: обмежує тиск і підтримує залишковий тиск.

Клапан ресивера 11 і чотири клапани пневмобалонів 12 – 15 розміщені в блоці електромагнітних клапанів. Клапани є 2w/2p ходовими, закритими при відсутності напруги живлення. Тиск на стороні пневмобалон/ресивер діє в напрямку закритого клапана.

Починаючи зі швидкості 30 км/год ресивер 16 заповнюється. При цьому, включається електромагнітний клапан 11, відкриваючи канал від компресора до ресивера. Як правило, ресивер застосовується для збільшення тиску в пневмобалонах тільки тоді, коли тиск в ресивері перевищує тиск у відповідному пневмобалоні не менше ніж на 3 бар.

При збільшенні дорожнього просвіту на передній осі, напруга подається на клапан 2, компресор не працює. Повітря з ресиверу 16 через відкриті клапани 14 і 15 переходить в пневмобалони 19, 20. Починаючи зі швидкості 30 км/год, пневмосистема переходить до переважного створення тиску за допомогою компресора. Для цього, подається напруга на відповідні клапани, що відкривають канали від компресора до пневмобалонів.

Для зменшення дорожнього просвіту, подається напруга на клапани 12 – 15 і електромагнітний клапан 2, через який тиск повітря надходить в керуючий канал пневматичного перемикаючого клапана 1. В результаті, клапан 1 переходить у відкритий стан і повітря виходить на зовні через глушник 3 двома маршрутами – через керуючий канал та клапан 1 і через обмежувач 7. При цьому, сухе повітря відводиться через осушувач 6, забираючи з нього вологу і виводячи її за межі системи.

Електричні компоненти системи підключаються до ЕБК і кіл живлення відповідно до схеми, показаної на рис. 8.29.

Вхідна периферія ЕБК включає датчики: прискорення та рівня кузова, тиску повітря ДТП, температури компресора у складі модуля подачі повітря (МПП); кнопку керування адаптивною підвіскою на панелі приладів ПП.

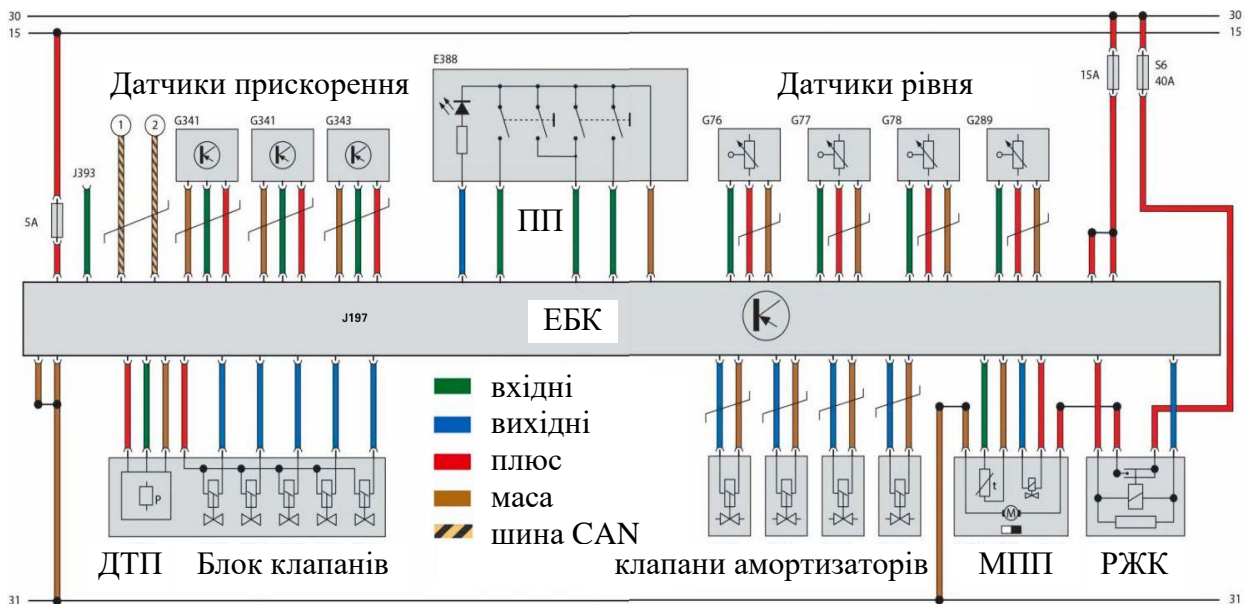


Рис. 8.29. Схема електричних підключень елементів системи ААС

Пристроями вихідної периферії є електроклапани: блоку клапанів (розподільника тиску), керування демпфуванням амортизаторів, дренажу у складі МПП; електродвигун компресора у складі МПП та реле живлення компресора РЖК. Додатково, ЕБК підвіски ААС кореспондує з іншими ЕБК автомобіля (ДВЗ, динамічної стійкості, рульового керування, корекції фар, імобілайзера, панелі приладів) через різні CAN-шини даних (1, 2).

Підвіска забезпечує наступні *експлуатаційні режими*, які реалізуються шляхом превентивного (ручного) або автоматичного керування (рис. 8.30).

Алгоритми програм та калібрувальні дані для реалізації означених режимів складаються та формуються на підставі інформації, яка надходить від оригінальних датчиків системи підвіски та інформації від систем кореспондентів у складі комбінованої структури.

Автоматичний режим. Транспортний засіб знаходиться в базовому положенні. Амортизатор налаштовано таким чином, щоб відбувся баланс між комфортним і спортивним режимами (для керування автомобілем на дорогах з твердим покриттям).

Піднятий режим. Кліренс транспортного засобу на 60 мм більше, ніж в «автоматичному» режимі, але настройки амортизаторів збігаються з настройками в «автоматичному» режимі.

Позашляховий режим. Кліренс машини на 25 мм вище, ніж в «автоматичному» режимі.

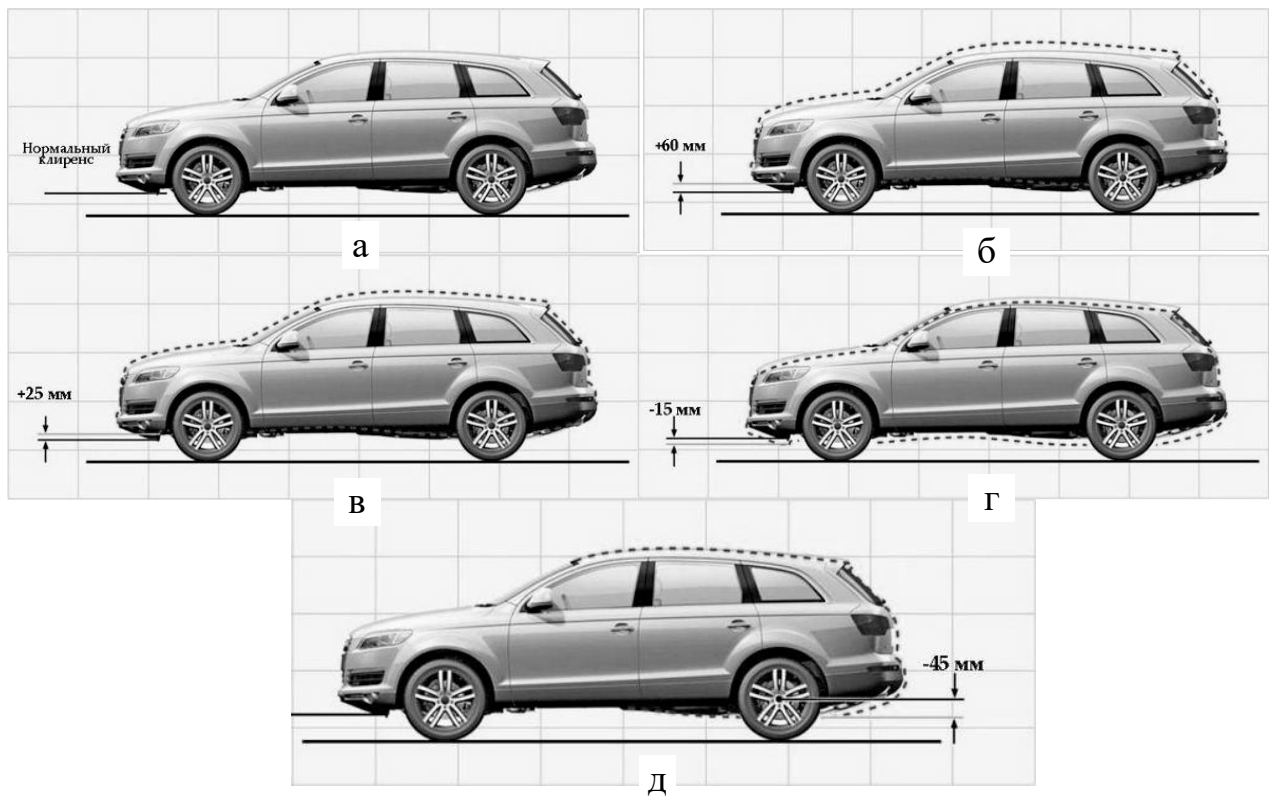


Рис. 8.30. Реакція кузова автомобіля в режимах превентивного керування:
 а – базове положення; б – піднятий; в – позашляховий; г – динамічний;
 д – навантаження

Крім того, автоматично активуються функції ESP для поліпшення зчеплення з дорожнім покриттям (для їзди по бездоріжжю).

Динамічний режим. Кліренс автомобіля на 15 мм нижче, ніж в «автоматичному» режимі. Система регулювання демпфірування переключена в спортивний режим.

Режим «навантаження». Для зручності завантаження багажника, задня вісь автомобіля знижується на 45 мм. Рух транспортного засобу в даному режимі не відбувається. Активується кнопкою на панелі приладів або в задній частині автомобіля.

В окрему групу можна виділити режими для спеціальних умов, коли в роботу разом з ЕБК підвіски включаються системи керування іншого призначення – ESP (датчик поперечного прискорення) та рульової колонки (датчик кута повороту коліс).

Рух в повороті. Керування підвіскою підключається під час поворотного маневру і відключається після його завершення. Система розпізнає поворот за сигналами від датчиків кута повороту колеса і поперечного прискорення. Для кожної дорожньої ситуації здійснюється регулювання стійок.

Гальмування. Для регулювання стійок задіяні системи ABS/ESP. Регулювання демпфуванням здійснюється відповідно до поточних значень тиску в системі гальмування. Система дозволяє мінімізувати «нирки», просідання на задню вісь і розгойдування кузова.

Початок руху. Під час початку руху сила інерційності кузова призводить до просідання автомобіля на задню вісь. Правильний механізм керування стійками дозволяє мінімізувати ці негативні рухи кузова перед початком руху і після зупинки. При відкриванні дверей, багажника або появи напруги на терміналі, система «прокидається». Будь-які відхилення, пов'язані зі зміною висоти кузова після виключення запалення, наприклад, в результаті розвантаження автомобіля, коригуються в так званому режимі «після зупинки».

Сплячий режим. Якщо, протягом 60 секунд після включення режиму «після зупинки» система не отримує ніяких команд, вона переходить в енергозберігаючий «сплячий» режим. Система на короткий час виходить зі сплячого режиму для перевірки кліренсу після 2, 5 і 10 годин простою. Будь-які відхилення від встановленого кліренсу (наприклад, в результаті охолодження повітря в пневматичних балонах) коригуються ресивером.

Режим підйомника. Система розпізнає підняття транспортного засобу на підйомнику за рахунок оцінки показників датчиків рівня кузова і часу простою автомобіля. У пам'яті ЕБК не здійснюється ніяких записів.

Сервісний режим (використання домкрата). Система не в змозі визначити, що водій використовує домкрат. Адаптивна пневматична підвіска повинна бути відключена перед використанням домкрата.

Режим буксирування. Автоматично включається при електричному підключенні причепа до автомобіля. Статус системи (включений або не включений режим буксирування) можна запросити кнопкою SETUP.

Вкрай малий кліренс. У разі зниження кліренсу більш ніж на 65 мм від нормального рівня, на приладовій панелі загоряється індикатор низького рівня і блимає індикатор.

Вкрай великий кліренс. У разі збільшення кліренсу більш ніж на 50 мм від нормального рівня, на приладовій панелі блимає індикатор. Вкрай великий кліренс може тимчасово спостерігатися при розвантаженні транспортного засобу.

Аварійний режим. У разі виходу з ладу компонентів системи або втрати сигналів (порушення кіл датчиків), повна працездатність системи не гарантується. Якщо, несправність є критичною, система переходить в аварійний режим. На приладовій панелі загоряється діагностичний індикатор. Аварійний режим запобігає можливість включення надмірно м'якої підвіски. У разі повної несправності системи керування, регулювання підвіски відключається і вона стає максимально жорсткою.

8.6. Структура і функціонування гідравлічних підвісок

До групи гідравлічних підвісок відносяться гідропневматичні підвіски типу Hydractive (Citroen) та гідропружинні підвіски типу ABC (Active Body Control) фірми Mercedes-Benz. Принцип побудови підвіски Hydractive заснований на стисненні газу (азоту), який закачаний під тиском в об'ємі верхньої порожнини 6 гідропневматичної сфери (акумулятора) 4 над мембраною (рис. 8.31, а).

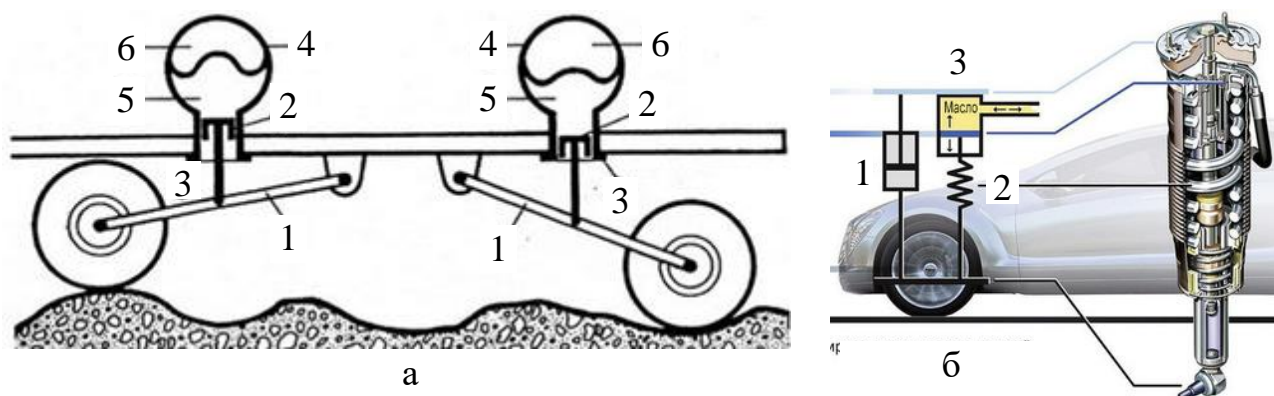


Рис. 8.31. Схеми побудови гідравлічних підвісок

Нижня частина сфери під мембраною 5 заповнена спеціальною рідиною (маслом). Гідропневматична сфера об'єднана з гідроциліндром і, таким чином, є єдиною конструкцією (стійкою), що виконує роль як пружного, так і демпфуючого елементів. Корпус стійки (гідроциліндр) 3 закріплений на підресореній частині автомобіля. Поршень гідроциліндра 2 через шток, з'єднаний з безпружинною частиною автомобіля через важіль підвіски 1. При стисканні підвіски, поршень 2 рухається вгору, впливаючи на рідину 5. Оскільки рідина стислива, зусилля передається далі на мембрану і на об'єм сфери зі стислим азотом 6, збільшуючи його тиск. Статичне положення підві-

ски визначається об'ємом рідини поданої в систему. Процес демпфування контролюється гідравлічним клапаном в каналі між верхньою порожниною циліндра та нижньою порожниною акумулятора.

В *гідропружинній підвісці* типу АВС застосована стійка, яка поєднує пневматичний амортизатор 1 та пружний елемент (пружину) 2, що діють паралельно між безпружинною і підресореною частинами автомобіля (рис. 8.32, б). При цьому, жорсткість пружини та висота кузова визначаються об'ємом рідини, що надходить в гідроциліндр 3. Процес демпфування контролюється гідравлічним клапаном в каналі подачі масла.

Підвіска Hydractive дозволяє автоматично регулювати кліренс автомобіля, залежно від стану дорожнього покриття та швидкості руху автомобіля. Крім того, в деяких комплектаціях підвіска автоматично встановлює дорожній просвіт залежно від стилю водіння та профілю дороги. Підвіска Hydractive складається з:

- чотирьох несучих елементів із кульовими опорами підвіски;
- автоматичних передніх та задніх регуляторів жорсткості;
- датчиків висоти кузова;
- гідравлічної системи (рис. 8.32).

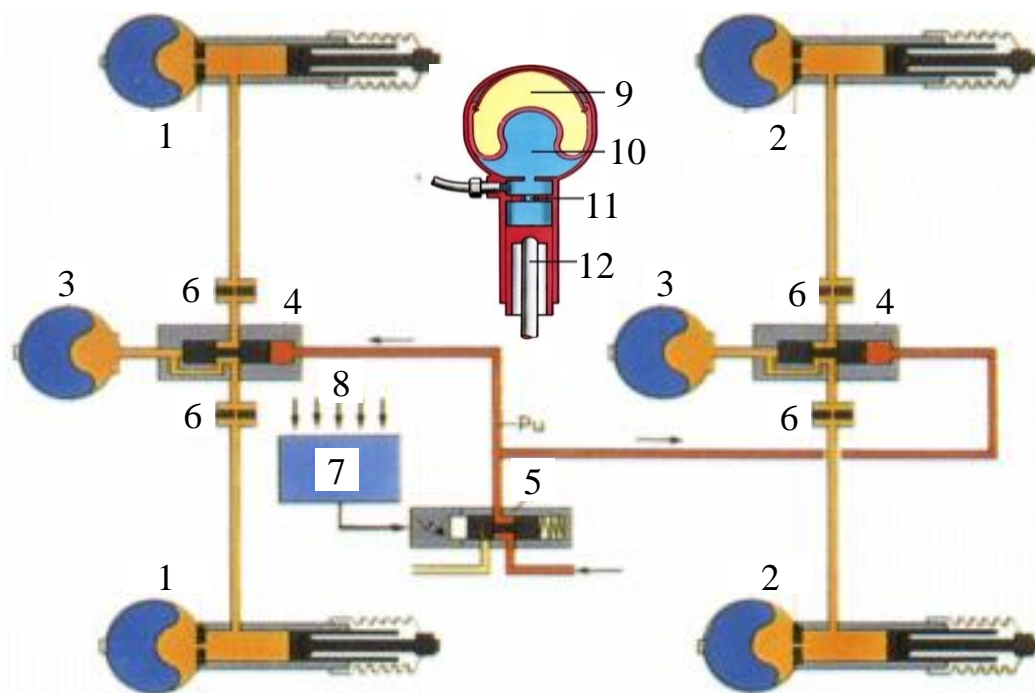


Рис. 8.32. Гідравлічна схема підвіски Hydractive Plus:

1 – передні стійки; 2 – задні стійки; 3 – додаткові сфери; 4 – регулятори жорсткості; 5 – електромагнітний клапан; 6 – додаткові демпфери; 7 – ЕБК; 8 – інформаційні входи ЕБК; 9 – газова порожнина; 10 – рідина; 11 – клапан-демпфер; 12 – шток гідроциліндра стійки

Колісні стійки передньої підвіски поєднують гідроциліндри і гідропневматичні пружні елементи (гідроаккумулятори). В гідропроводі між стійками 1 встановлений регулятор жорсткості 2 з амортизаційними клапанами 2в [3, 42] (рис. 8.33).

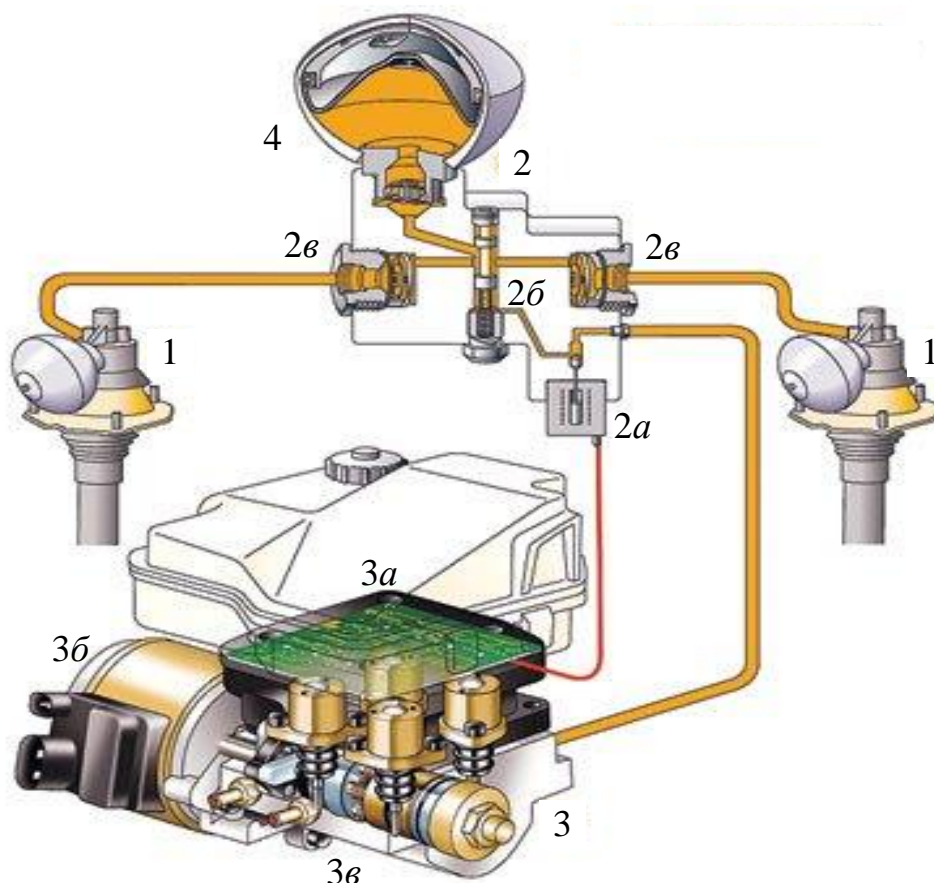


Рис. 8.33. Силові компоненти підвіски Hydractive Plus:
 1 – колісні стійки; 2 – регулятор жорсткості; 3 – гідроелектронний блок

Регулятори жорсткості 2 встановлюються на передній та задній підвісці і служать для зміни жорсткості підвіски у комфортному та динамічному режимах. Регулятор містить електромагнітний клапан регулювання жорсткості 2а, золотник 2б, два додаткові амортизаційні клапани 2в. На регуляторі жорсткості закріплена додаткова сфера 4.

У м'якому режимі підвіски (електромагнітний клапан знеструмлений), регулятор жорсткості об'єднує всі три пружні гідропневматичні елементи між собою. При цьому досягається максимальний об'єм газу в спільному гідроаккумуляторі.

При подачі напруги на електромагнітний клапан *2a*, включається жорсткий режим підвіски, при якому сфери стоек 1 і додаткова сфера 4 ізолюються один від одного.

Гідроелектронний блок (ГЕБ) забезпечує необхідну кількість тиску робочої рідини в гідравлічній системі підвіски (рис. 8.33, поз. 3). Він об'єднує: електронний блок керування *3a*, електродвигун з аксіально-поршневим насосом *3б*, гідровузол *3в* з чотирма електромагнітними клапанами. Клапани забезпечують регулювання висоти кузова і запобігають опусканню кузова в неробочому стані.

Регулятори положення (коректори) кузова (механічні або з електроклапанами) призначені для регулювання положення передньої та задньої частин кузова над дорожньою поверхнею. Коректор являє гідравлічний циліндр з золотниковим клапаном і повертаючою пружиною, встановлений між безпружинною і підресореною частинами колісних арок автомобіля. При збільшенні навантаження салону або багажника, кузов опускається, і регулятори забезпечують подачу рідини в гідроциліндри, відновлюючи положення кузова. При зниженні навантаження, для збереження положення кузова регулятори забезпечують злив рідини з гідроциліндрів. Процес регулювання висоти підвіски пояснюється гідравлічною схемою [43] (рис. 8.34).

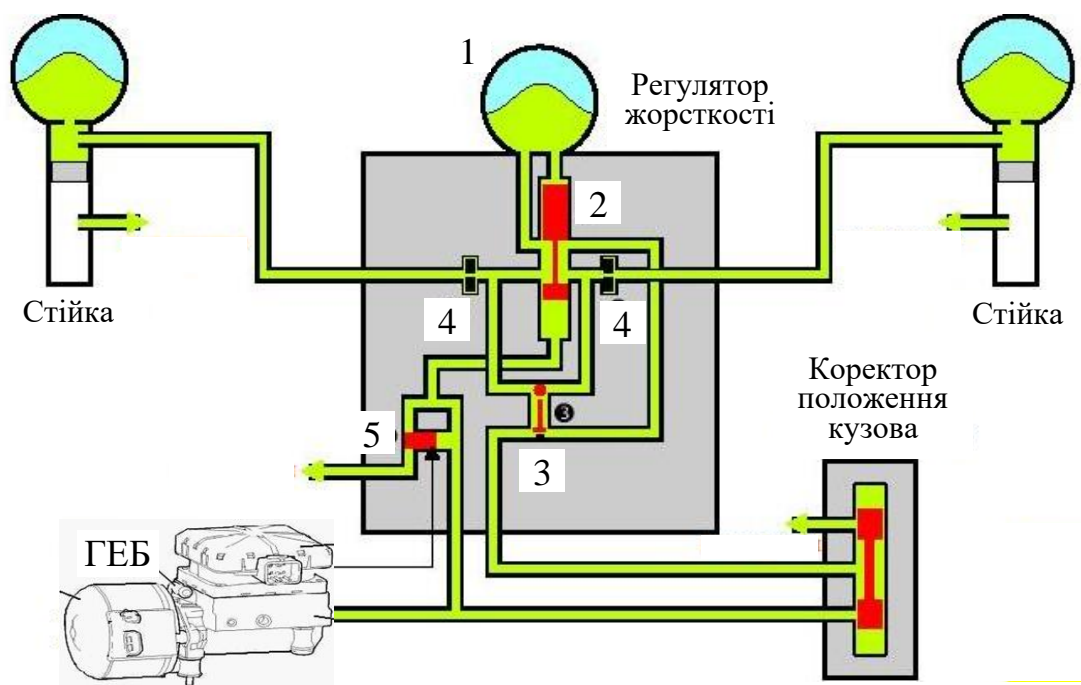


Рис. 8.34. Гідравлічна схема підключення регулятора жорсткості:

- 1 – додаткова сфера; 2 – золотник; 3 – зворотний клапан;
- 4 – додатковий амортизаційний клапан; 5 – електромагнітний клапан

В комбінованій системі керування гідропневматичною підвіскою використовуються датчики оригінального застосування і сигнали датчиків суміжних систем (рис. 8.35).



Рис. 8.35. Датчики системи керування **Hydractive Plus**:
 а, б – положення кузова; в – положення рульового колеса; г – кутової швидкості обертання коліс; д – ДША; е – ДПДЗ; ж – ДПКВ;
 з – тиску робочої рідини; и – прискорень кузова

Оригінальними для системи підвіски є тільки датчики положення кузова. Перемикач режимів роботи дозволяє обрати ручне (примусове напівавтоматичне) або автоматичне регулювання висоти кузова і жорсткості гідропневматичної підвіски.

Електронний блок керування приймає сигнали від вхідних пристроїв, обробляє їх відповідно до закладеної програми і формує сигнали керування виконавчими пристроями. В структурі комбінованої системи керування ЕБК системи підвіски кореспондує з ЕБК систем керування: двигуном, гальмами, кермом (рис. 8.36).

На рисунку показано інформаційні зв'язки (дротові – однією стрілкою, CAN лінії – потрійною). Інформація за номерами зв'язків, така:

- 27 – запит на зміну висоти;
- 30 – інформація про висоту кузова автомобіля;
- 32 – робочий стан приводу гідравлічного насоса;
- 34 – стан елементів дверей, що відкриваються;
- 37 – запит на увімкнення індикатора несправності системи корекції висоти кузова і увімкнення індикаторів висоти кузова;

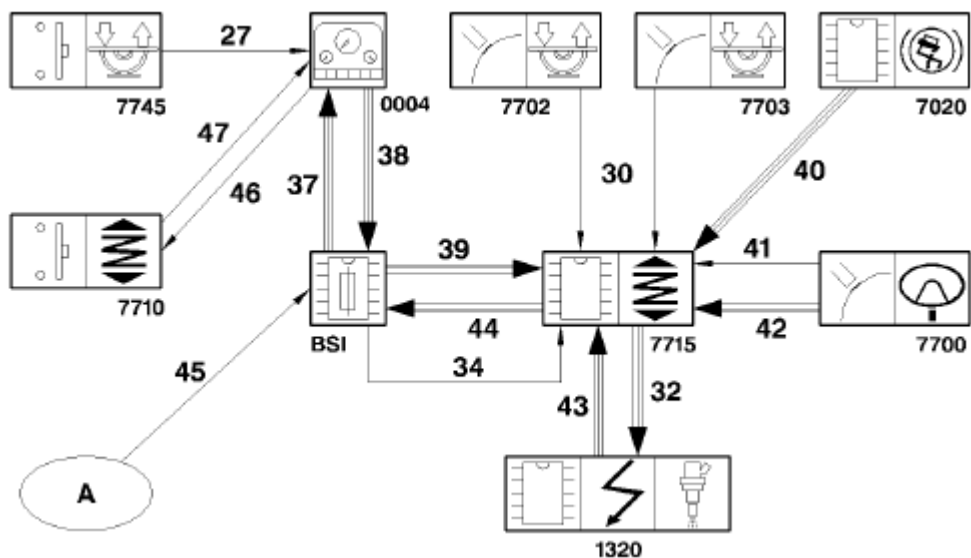


Рис. 8.36. Функціональна схема системи керування Hydractive Plus:
 7715 – ЕБК підвіскою; 7745 – кнопка регулювання висоти кузова;
 7702, 7703 – датчики висоти передньої та задньої частин кузова;
 BSI – інтелектуальний комутаційний блок; 1320 – ЕБК двигуном;
 А – контактори дверей; 7020 – блок керування ABS; 0004 – панель приладів;
 7710 – контактор спортивного режиму підвіски;
 7700 – кутовий датчик рульового колеса

- 38 – запит на зміну висоти, та перехід у спортивний режим;
- 39 – запит зміни висоти, головний контактор педалі гальма;
- 40 – швидкість автомобіля, поздовжнє прискорення, відстань;
- 41 – кут та швидкість повороту рульового колеса (автомобіль не обладнаний системою динамічної стабілізації);
- 42 – кут та швидкість повороту рульового колеса (автомобіль із системою динамічної стабілізації);
- 43 – частота обертання двигуна, поточний запуск двигуна, положення педалі акселератора;
- 44 – запит на увімкнення індикаторної лампи, що свідчить про несправність системи корекції висоти автомобіля, інформація про висоту кузова;
- 45 – інформація про стан дверей і стоянкові гальма;
- 46 – увімкнення індикатора активації підвіски;
- 47 – запит на увімкнення підвіски.

До виконавчих пристроїв системи керування підвіски Hydractive відносяться: електродвигун насоса гідравлічної системи, електромагнітні клапани регулювання висоти та жорсткості, електричний коректор фар.

Електродвигун під керуванням ЕБК змінює швидкість обертання, відповідно змінюється продуктивність насоса та тиск у системі. В ГЕБ підвіски Hydractive використовується 4 електромагнітні клапани регулювання висоти – два на передню підвіску і два на задню підвіску (впускні і випускні). Електромагнітні клапани регулювання жорсткості розташовані в регуляторах жорсткості.

Автоматичне регулювання дорожнього просвіту здійснюється залежно від швидкості руху автомобіля, якості дорожнього покриття та стилю водіння. При русі на автомагістралі зі швидкістю понад 110 км/год висота кузова автоматично знижується на 15 мм. За поганих дорожніх умов та швидкості нижче 60 км/год, кліренс автоматично збільшується на 20 мм. В автомобілі автоматично підтримується певна висота кузова незалежно від завантаження. Висота підйому кузова визначається об'ємом рідини, що циркулює в контурі системи. Об'єм рідини дозується регулятором положення кузова. Робота гідропневматичної підвіски забезпечує збереження заданого рівня підлоги кузова при переміщенні коліс по нерівному покриттю.

Якщо, ЕБК підвіскою визначає стиль водіння як спортивний, підвіска переходить у жорсткий режим, який обумовлений:

- швидкістю руху автомобіля;
- кутом та інтенсивністю повороту рульового колеса;
- поздовжнім та бічним прискоренням автомобіля;
- параметрами коливання підвіски;
- зміною тиску в гальмівній системі;
- кутом та швидкістю повороту дросельної заслінки ДВЗ.

Автоматичне регулювання жорсткості підвіски реалізовано розширеною версією підвіски Hydractive Plus. Зміна режимів жорсткості проводиться залежно від характеру руху (прискорення, гальмування, рух по прямій, в поворотах).

Переваги гідропневматичної підвіски:

- плавність ходу, керованість, у тому числі на нерівній дорозі;
- можливість зміни дорожнього просвіту;
- автоматична адаптація характеристик жорсткості підвіски під поточні умови руху;
- можливість вибору бажаного режиму роботи підвіски, виходячи зі стилю водіння;
- тривалий термін служби гідропневматичних елементів та збільшені інтервали обслуговування.

Недоліки гідропневматичної підвіски: складність конструкції; висока вартість виробництва та обслуговування і ремонту.

У конструкції *гідропружинної підвіски АВС* використовуються звичайні сталеві пружини, але незвичайні двотрубні амортизатори. У їх корпусах встановлені два гідравлічні стопори на ході стиснення та відбою. Пружини та амортизатори спочатку налаштовані на їзду по дорозі з мікронерівностями [4, 44].

При попаданні на макронерівності (ями, купини) гідравлічний буфер відбою/стиснення не допускає удару в кінці ходу штока, плавно завершуючи його рух, повністю розсіюючи енергію, не дозволяючи отримати різкий відскік назад. До складу гідропружинної підвіски входять наступні компоненти, які мають електричне керування або контроль:

Гідронасос з приводом від ДВЗ як правило, об'єднаний з насосом гідропідсилювача керма (тандемний насос). У конструкцію насоса входить електричний клапан забору рідини (рис. 8.37, а).

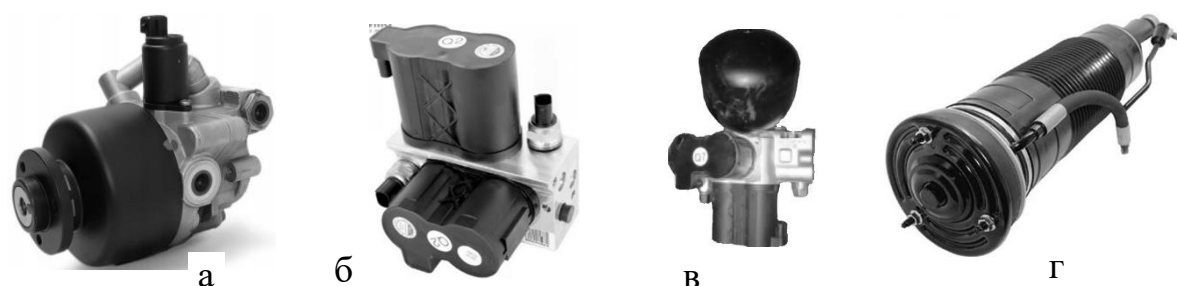


Рис. 8.37. Силкові компоненти підвіски АВС:
а – гідронасос; б – блок клапанів; в – демпфер пульсацій;
г – амортизаційна стійка

Блоки клапанів (на кожну вісь) містять по 4 електроклапани і датчик тиску рідини. Блоки контролюють кількість рідини в кожній із 4 стійок (рис. 3.37, б).

Демпфер пульсацій являє конструктив, який поєднує сферичний акумулятор, зворотний клапан, і датчик тиску (рис. 8.37, в), встановлюється одразу після насоса.

Амортизаційні стійки (передні і задні) побудовані аналогічно, але відрізняються за конструкцією (рис. 8.37, г). Оригінальним в конструкції амортизаційної стійки є магніострикційний датчик ходу стійки, сигнал якого здатен надавати інформацію про переміщення, швидкість, прискорення та навіть зусилля між кріпленнями стійки. Такий датчик включає постійний магніт та котушку з магнітопрово-

дом змінної довжини. Датчик побудований на використанні зворотного магнітострикційного ефекту Віллари. Цей ефект полягає в зміні магнітної провідності системи при зміні розмірів магнітопроводу. Ансамбль датчика будується за різними схемами (рис. 8.38).

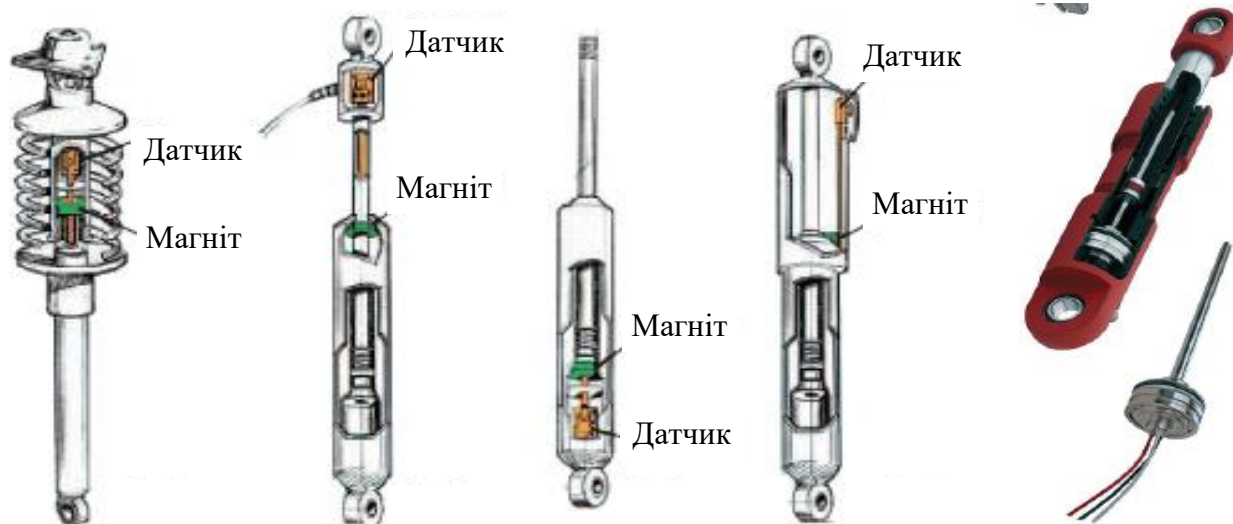


Рис. 8.38. Варіанти компоновки магнітострикційних датчиків в амортизаторах

Для кожної стійки використовуються два клапани, які містяться в блоках клапанів Y36/1,2 (рис. 8.39).

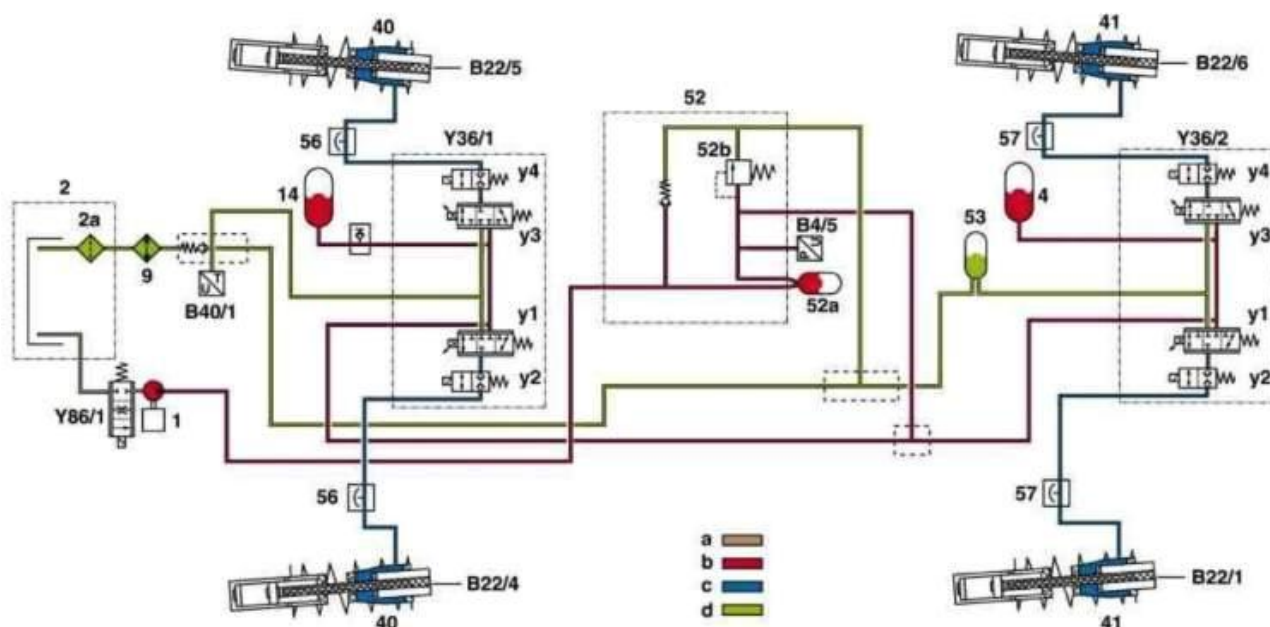


Рис. 3.39. Гідралічна схема системи ABS:

- 1 – насос; 2 – гідралічний резервуар; 4, 14 – гідроаккумулятори; 40, 41 – колісні стійки; 52 – клапан подачі тиску; 53 – гідроаккумулятор зворотного потоку; B22/1,4,5,6 – датчики ходу стійки; Y36/1,2 блоки клапанів ABS

Насос 1 з клапаном зворотного ходу рідини Y86/1 виштовхує рідину в блок 52 з демпфером пульсацій 52a, який знижує перепад тиску. Зворотний клапан 52b підтримує робочий тиск в 190 бар, який контролюється датчиком тиску B4/5. Звідти рідина тече в передній та задній блоки електроклапанів Y36/1, Y36/2, які керують кількістю рідини у стійках 40, 41. Блоки клапанів містять по два керуючі 3w/2p-клапани у1,3 і два фіксуючі 2w/2p-клапани у2,4. Акумулятори 4, 14 розташовані біля кожного блоку клапанів зберігають рідину та тиск для заповнення стійки за потреби. Команди модуля керування за допомогою електроклапанів дозволяють рідині увійти або вийти зі стійок. Коли робоча рідина залишає стійки, вона проходить через датчик температури B40/1, потім через охолоджувач масла 9 і повертається назад в резервуар 2. Акумулятор 53 допомагає вирівняти зворотний тиск, викликаний випуском рідини зі стійок.

Система керування забезпечує функціонування підвіски в автоматичному та напівавтоматичному режимах та передбачає алгоритм фіксації положення кузова у випадку порушень в гідравлічних магістралях або електричних колах.

Телематична система МВС (Magic Body Control) компанії Mercedes-Benz у силовій частині представляє звичайну гідропружинну підвіску АВС, а в частині керування, доповнена системою превентивної реакції на зміну якості дорожнього полотна [44]. Для цього в комплекс систем МВС включено стереоскопічну камеру, яка сканує поверхню дороги перед машиною (рис. 8.40).

Відповідно до отриманої з камери інформації, ЕБК змінює жорсткість підвіски та задіє алгоритм (стратегію) незалежного керування кожною стійкою.

При цьому, гідравлічні елементи утримують кузов від кренів і клювання на хорошій дорозі або навпаки, знижують жорсткість на поганий для подолання нерівностей. Для цих машин характерною реакцією підвіски є зворотний нахил кузова у поворотах (антикрен).

Система превентивного керування активізується на швидкості до 130 км/год та функціонує так. Камера проглядає дорогу на 15 метрів по перед, датчик поперечних прискорень розпізнає повороти, а гідроциліндри між стійкою підвіски і кузовом фактично замінюють активні стабілізатори поперечної стійкості.

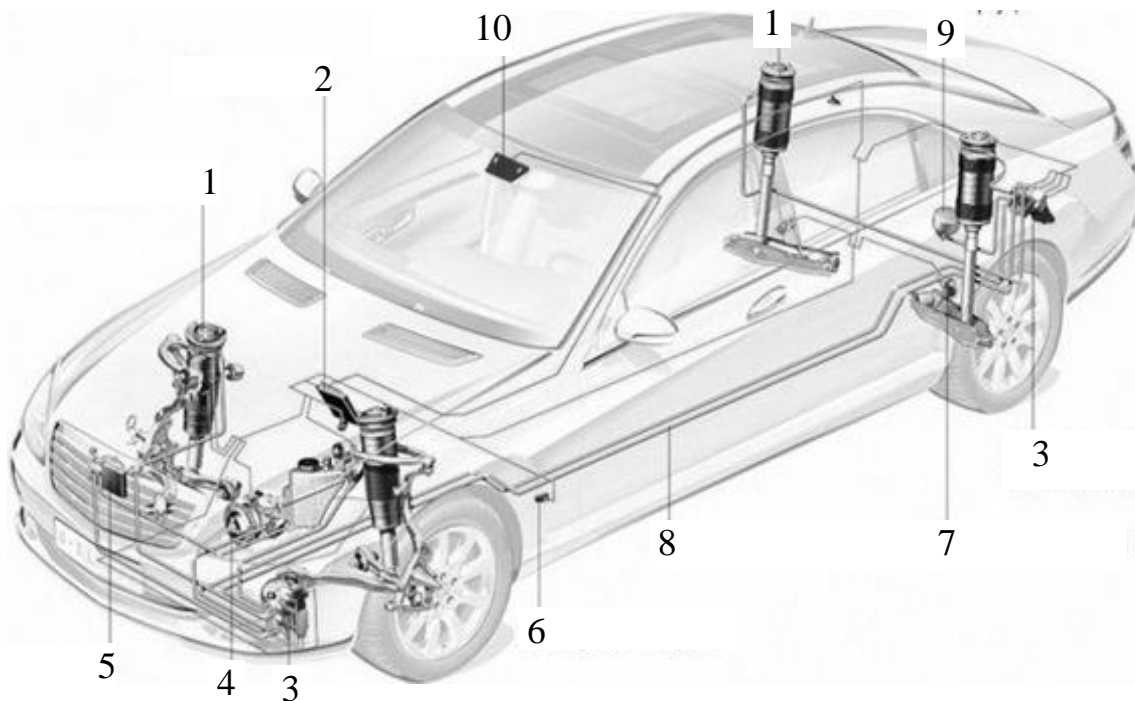


Рис. 8.40. **Склад та розташування елементів підвіски МВС:**
 1 – опора стійки; 2 – ЕБК; 3 – гідроелектричні блоки; 4 – насос; 5 – радіатор;
 6 – датчик прискорення кузова; 7 – датчик положення кузова;
 8 – гідравлічні магістралі; 9 – резервуар; 10 – відеокамера

Коли машина заходить на віраж, кузов починає автоматично кренитися на кут до 2,5 градуси відносно центру повороту.

Система E-Active Body Control – це більш просунута версія підвіски Magic Body Control. Вона складається з гідроаккумуляторів, встановлених на кожній стойці, і потужних сервоприводів, які постійно регулюють ступінь стиснення та відбою. Завдяки такій реалізації розробники Mercedes-Benz змогли повністю відмовитися від стабілізаторів поперечної стійкості [45].

8.7. Підвіски з активними стабілізаторами поперечної стійкості

Поперечна стійкість – це здатність автомобіля рухатися дорогами різної якості без перекидання у бік правих і лівих коліс або за відсутності бічного ковзання.

Стабілізатор поперечної стійкості (СПС) – це пристрій у підвісці, що служить для зменшення бічних кренів в поворотах. Являє торсіонний вал, призначений для створення опору крену автомобіля. Стойки стабілізатора служать для з'єднання кінців стабілізатора з центральними елементами підвіски правого та лівого колеса.

Основні мінуси стабілізатора – це зменшення ходу підвіски та погіршення прохідності позашляховиків. При поїздках бездоріжжям є ризик «вивішування» колеса і втрати контакту з опорною поверхнею дороги.

У переднього СПС значення жорсткості впливає на показники повертаності автомобіля на початку зміни траєкторії руху. У такому разі підвищена жорсткість сприяє:

- збільшенню крену;
- збільшенню зчеплення на передніх колесах;
- зниженню заднього зчеплення з дорогою;
- підвищенню повертаності на початку повороту;
- зниженню чутливості керування.

При зменшенні жорсткості, спостерігаються кардинально протилежні процеси, у тому числі і зниження бічного крену. Для забезпечення більшої надійності та повного усунення ймовірності перекидання машини, передній стабілізатор рекомендується робити досить м'яким. У заднього СПС підвищення жорсткості зазвичай викликає:

- зменшення величини крену;
- збільшення коефіцієнта зчеплення на передніх колесах;
- збільшення повертаності при прискоренні;
- зменшення бічного зчеплення в поворотах;
- підвищення чутливості керування.

Аналогічно попередньому варіанту, при зниженні жорсткості торсіону починають проявлятися тенденції протилежного характеру.

Стабілізатори поперечної стійкості включаються до роботи при маневруванні автомобіля. Адаптивна підвіска використовує цей компонент для зменшення крену кузова автомобіля. За всіх переваг СПС обмежує властивості незалежної підвіски. Зв'язок коліс через стабілізатор зменшує хід підвіски кожного колеса, а також передає удари з одного колеса осі на інше. Це особливо актуально під час руху нерівною дорогою. Крім того, в силу фіксованої жорсткості, використання СПС передбачає досягнення певного компромісу між динамікою, керованістю та комфортом. Досягнути компромісу можна шляхом застосування СПС з керованими характеристиками (регульованою жорсткістю).

Активний СПС може виконувати штатне призначення, повністю відключатися і змінювати свою жорсткість залежно від значення сил, що діють на кузов автомобіля. Активний стабілізатор складається з

двох частин, з'єднаних гідравлічним або електромеханічним виконавчим механізмом.

У гідравлічних системах гідронасос закачує в порожнину приводу робочу рідину, прокручуючи половинні частини стабілізатора між собою. При цьому, відбувається зміна довжини стабілізатора або повертання важелів на його кінцях (підйом однієї стойки відносно протилежної). В результаті, змінюється жорсткість взаємодії між супортами коліс осі або зміна їх положення щодо вихідного стану.

У електромеханічних системах для приводу СПС застосовується електродвигун з редуктором. Активний СПС встановлюють на одну або обидві осі. Мехатронні системи СПС можна класифікувати за рядом ознак (рис. 8.41).



Рис. 8.41. Класифікаційна структура активних систем СПС

Розрізняють кілька способів зміни жорсткості активного СПС:

- використання активного приводу в конструкції стабілізатора;
- застосування гідроциліндрів замість стоек стабілізатора;
- встановлення гідроциліндра замість втулки стабілізатора.

При повороті автомобіля, активний стабілізатор реалізує максимальну жорсткість і, тим самим, забезпечує мінімальний крен кузова. При русі ґрунтовою дорогою жорсткість стабілізатора знижується, що дає незалежній підвісці в повному обсязі згладжувати нерівності. При їзді по бездоріжжю, для збільшення прохідності, СПС повністю вимикається.

Напівавтоматичні системи (СПС, що відключаються) передбачають дискретний режим керування за командами водія. Алгоритми автоматичних систем характеризуються ступенем функціональності і

відрізняються кількістю індикаторних параметрів (кількістю вимірних датчиків) і гнучкістю реалізації (складністю функції перетворення, наявністю зворотного зв'язку).

Системи превентивного керування (телематичні) будуються із застосуванням засобів телеметрії (радарів, відеокамер) і здатні реалізувати алгоритми автоматичного керування СПС з упередженням дорожніх умов та ситуації маневру. Розглянемо декілька прикладів систем з керованими СПС, які застосовуються на автомобілях.

Електрогідравлічна система дискретного відключення СПС (VW Touareg) включає дві кулачкові гідравлічні муфти та електрогідравлічний блок [46]. Конструкція муфти СПС показана на рис. 8.42.

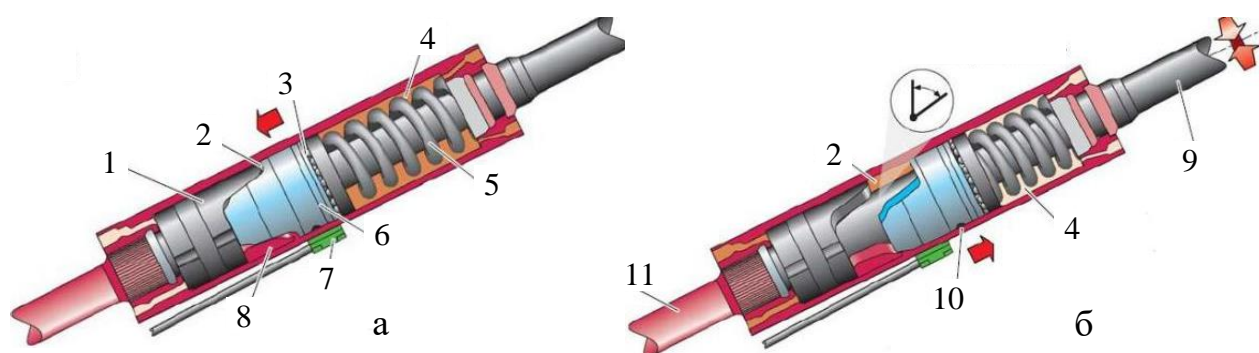


Рис. 8.42. Кулачкова муфта СПС з гідравлічним приводом:

1 – охоплююча частина муфти; 2, 4 – робочі порожнини; 3 – опірний підшипник; 5 – пружина, що страхує; 6 – сполучний елемент; 7 – датчик стану стабілізатора; 8 – муфта, що охоплюється; 9, 11 – плечі стабілізатора; 10 – магнітний штифт

Муфти активізуються подачею масла під тиском у одну з робочих порожнин. Положення муфти контролюється датчиком Холла 7 з активізуючим магнітом 10.

Електрогідравлічний блок, який комутує подачу масла в муфти, складається з: електродвигуна 1; приводу гідронасоса 2; двох золотникових 3w/2p-електроклапанів 3; датчика тиску рідини 4; компенсаційного бачка 5 з клапаном вентиляції 6 і фільтром 7; зворотного клапана 8; гідроаккумулятора 9 (рис. 8.43).

Система керування контролює тиск у гідро магістралі та факт спрацьовування муфти засобами відповідних датчиків та формує сигнали керування ЕК та ЕД гідронасоса. Відключення стабілізаторів проводиться за допомогою кнопки (напівавтомат) або автоматично під командою ЕБК.

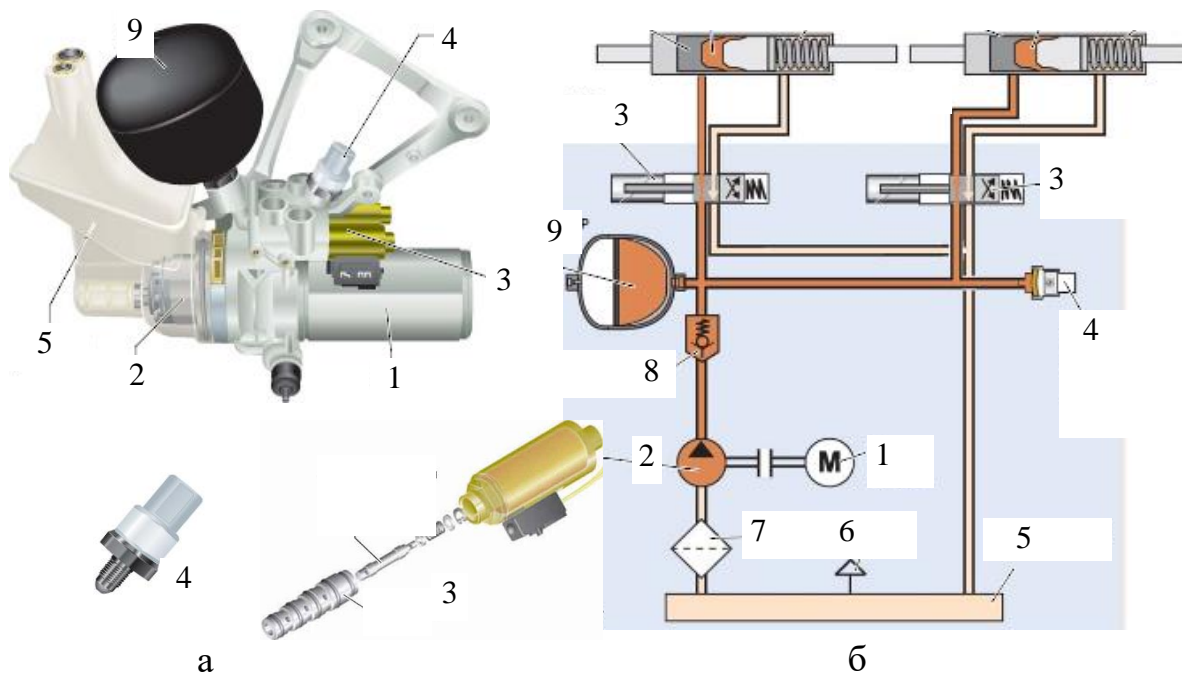


Рис. 8.43. Електрогідравлічний блок Touareg:
а – компоненти; б – схема

В другому випадку в ЕБК по шині даних надходить інформація про обраний режим трансмісії (приводу), швидкість руху автомобіля і поперечні прискорення кузова.

Активний СПС застосовується в конструкції гідроелектричних систем: Dynamic Drive (BMW); Dynamic Response (Land Rover); Active Curve System (Mercedes-Benz). Перераховані системи мають схожу конструкцію, яка включає передній і задній активні СПС з гідравлічним приводом безперервної дії.

Силова частина гідроелектричної системи протидії кренам *Dynamic Drive* складається з радіально-поршневого гідронасоса з приводом від ДВЗ, гідроелектричного блоку (ГЕБ) та двох активних СПС [34, 47]. Активний СПС складається з поворотного двигуна та встановлених на ньому половинок стабілізатора з напруженими підшипниками кочення. Вал 1 і корпус 2 поворотного двигуна з'єднані з штангами стабілізатора (рис. 8.44, а).

У дві діаметральні камери через штуцер 3 під тиском (до 180 бар) подається масло. Дві інші камери з'єднані через зворотний трубопровід із розширювальним бачком. Різниця у тиску створює різницю між силами F_L і F_H та відповідно, крутний момент M_S , що повертає вал відносно корпусу (рис. 8.44, б).

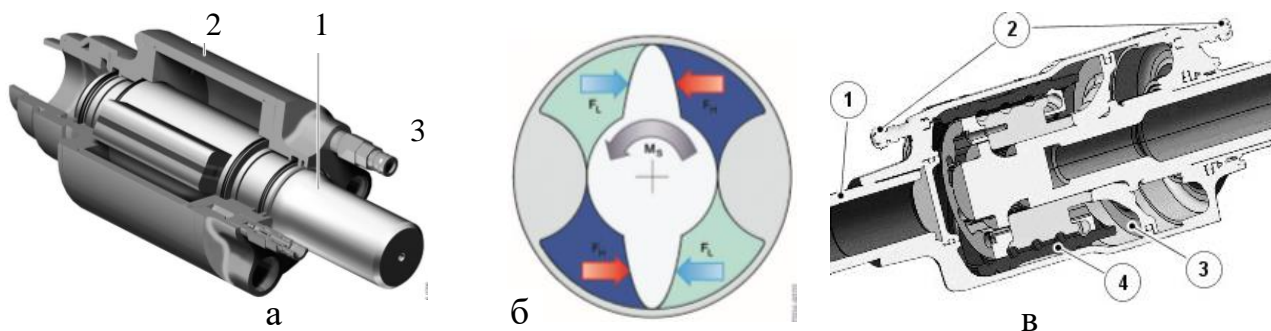


Рис. 8.44. Устрій гідроприводів активних СПС:
а – Dynamic Drive; б – схема розподілу зусиль; в – Dynamic Response

Гідроелектричний блок системи включає клапани та датчики різного призначення (рис. 8.45, а).

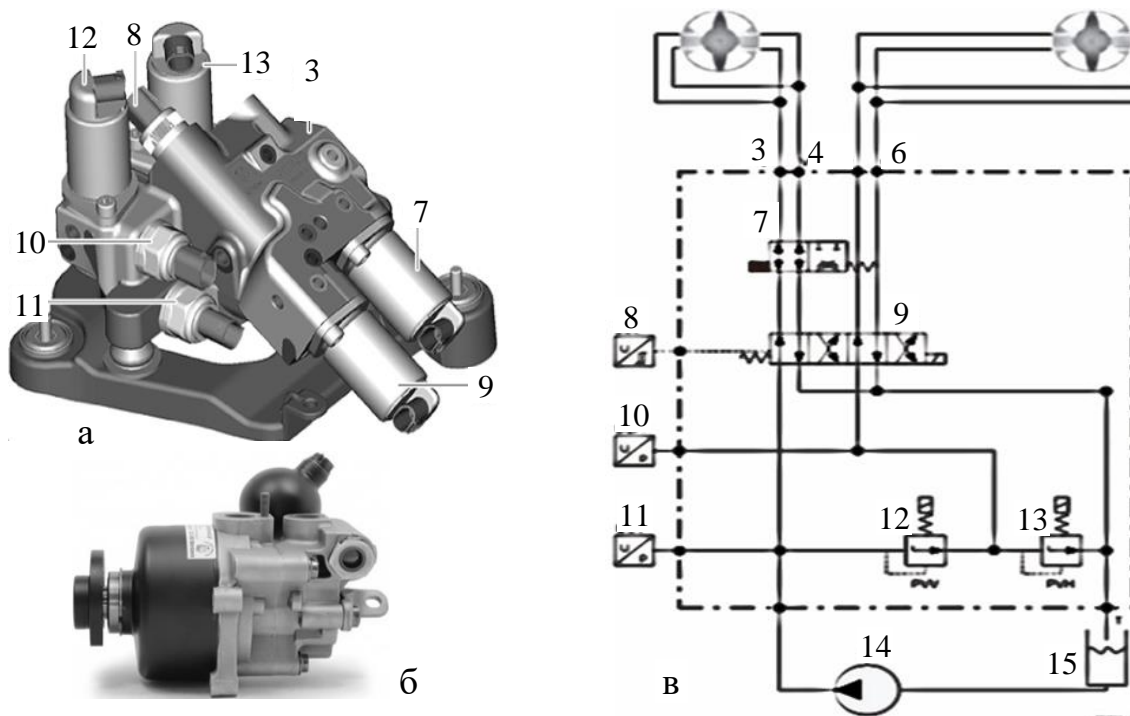


Рис. 8.45. Система активних СПС Dynamic Drive:
а – компонування гідроелектричного блоку; б – гідронасос; в – схема гідравлічна; 1, 2 – поворотні двигуни; 3, 4 – гідравлічні контури переднього моста; 5, 6 – гідравлічні контури заднього моста; 7 – запобіжний клапан; 8 – датчик положення клапана; 9 – курсовий клапан; 10, 11 – датчики тиску; 12, 13 – клапани регулювання тиску; 14 – гідронасос; 15 – компенсаційний бачок з датчиком рівня робочої рідини

Датчики тиску масла передньої 10 і задньої 11 осей контролюють відповідні тиски для зворотного зв'язку по спрацьовуванню приводів і виконання сервісних функцій. Датчик положення курсового

клапана 8 (Холла) служить для розпізнавання положення курсового клапана. Активізується порожнистим магнітним циліндром, який закріплений на штоку клапана. Розпізнає два положення клапана. Клапани 12, 13 передньої та задньої осей активізуються ШІМ-сигналом, регулюючи тиск для приводів СПС. При русі автомобіля по прямій, клапани знеструмлені, потік масла вільно проходить до бачка. При проходженні повороту на клапани подаються сигнали, тиск у поворотних двигунах підвищується і поступово доводиться до рівня заданого значення. Курсовий клапан 9 (4w/2p-ходовий перемикач) активізується дискретним сигналом, задає напрямок потоку масла для лівого та правого поворотів гідромоторів СПС (вибирає сторону нагнітання щодо стабілізатора).

Запобіжний клапан 7 (збереження працездатності) активізується дискретним сигналом (в знеструмленому стані перекриває трубопровід поворотного двигуна передньої осі), забезпечуючи постійну жорсткість СПС передньої осі.

Блок керування Dynamic Drive розраховує напрямок скручування СПС, активізуючи відповідні поворотні двигуни. Одночасно перевіряється достовірність вхідних сигналів для контролю системи:

- тиск у контурі передньої осі;
- тиск у контурі задньої осі;
- стан курсового клапана;
- поперечне прискорення;
- рівень масла у бачку.

Додатково обробляються сигнали кореспондуючих систем: положення кузова; поперечного прискорення; швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі; швидкості руху; кута повороту рульового колеса. По шині PT-CAN на блок керування DME/DDE надходить сигнал про необхідність створення додаткової потужності для насоса під час запуску та налаштування системи. На не рухомому автомобілі, система Dynamic Drive неактивна, всі клапани знеструмлені, СПС не створюють моменти. Якщо, автомобіль стоїть нерівно (нерівномірно навантажений) регулювання не здійснюється (система Dynamic Drive активізується, починаючи зі швидкості 15 км/год).

Гідроелектрична система Dynamic Response має аналогічну конфігурацію та відрізняється конструкцією приводу СПС та гідравлічного блоку. Гідравлічний привід СПС побудований за схемою механізму гвинт-кулькова гайка 4 (див. рис. 8.44, в). Масло, подане під

тиском через штуцер 2, діє на поршень 3, з'єднаний з гвинтом. Гвинт 4, переміщуючись в осьовому напрямку, призводить до обертання гайкової частини, яка пов'язана з торсіоном. Внаслідок взаємного провертання двох частин приводу СПС, збільшується жорсткість торсіону. Зазначимо, що стійки переднього СПС кріпляться до передніх амортизаторів, а заднього – до нижніх важелів задньої підвіски.

У системі керування використовується інформація з оригінальних датчиків та датчиків суміжних систем:

- тиску в блоці клапанів;
- прискорення кузова (два акселерометри);
- кута повороту рульового колеса;
- швидкості руху автомобіля або обертання коліс (ABS);
- частоти обертання двигуна.

Система динамічної стабілізації підвіски в поворотах ACS (Active Curve System) побудована аналогічно Dynamic Response і відрізняється від неї конструкцією приводу СПС (з шістьма камерами) та гідроелектричного блоку (розділеним на два модулі). Завдяки датчикам тиску в поворотних перемикачах переднього і заднього мосту і датчику поперечного прискорення система ACS виявляє розгойдуючі сили, що впливають на автомобіль. ЕБК відправляє керуючий сигнал в клапанні блоки на передньому і задньому мостах і регулює циркуляцію масла шляхом керування гідравлічним насосом. В результаті, тиск у камерах і налаштування активних СПС по обом мостам ходової частини, регулюються відповідно до дорожньої ситуації.

У *гідроелектричній системі динамічного контролю шасі PDCC-1 (Porsche Dynamic Chassis Control)* використовуються гідроприводи СПС різної конструкції. Передній привод СПС розділений на три пари камер, а задній – на дві. Після гідронасосу, масло під тиском розподіляється по двом гідроелектричним блокам з відповідними СПС, в пропорції 3/2 (передня/задня осі).

У другому варіанті *системи PDCC-2* для обмеження кренів кузова замість жорстких стоек зв'язку СПС з амортизаторами використовуються гідроциліндри [48] (рис. 8.46).

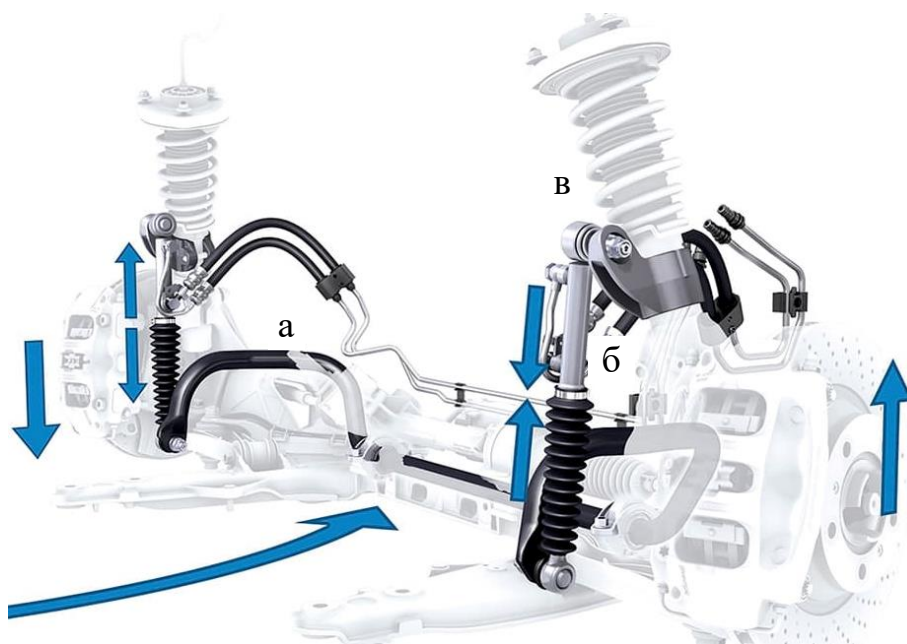


Рис. 8.46. Дія сил у підвісці PDCC-2:
 а – стабілізатор; б – гідроциліндри; в – амортизаційні стійки

Система реєструє бічні крени автомобіля при русі в повороті ще на самому початку за допомогою датчиків кута повороту керма і поперечного прискорення автомобіля.

Система кінетичної стабілізації підвіски KDSS (Kinetic Dynamic Suspension System), розроблена компанією Toyota для позашляховиків, є замкнутим гідравлічним контуром, що об'єднує два гідроциліндри, гідроаккумулятор, клапани, блок керування і датчики [49].

На відміну від системи PDCC, гідроциліндри в системі KDSS з'єднують СПС з кузовом (рис. 8.47).

При русі по шосе клапани закриті, рідина в системі не рухається, поршні в гідроциліндрах заблоковані, передній і задній стабілізатори жорстко пов'язані з кузовом і виконують свої функції в повному обсязі. Рух нерівною дорогою призводить до часткового відкриття клапанів, розблокування гідроциліндрів, що призводить до зниження коливань кузова. На бездоріжжі рідина вільно переміщається у системі, стабілізатор поперечної стійкості повністю вимкнено.

Електромеханічна система ASSS (Active Stabilizer Suspension System) від Toyota включає два активні СПС з електроприводами [50]. Комбінована система керування активною стабілізацією підвіски ASSS складається з:

- ЕБК переднього та заднього СПС;

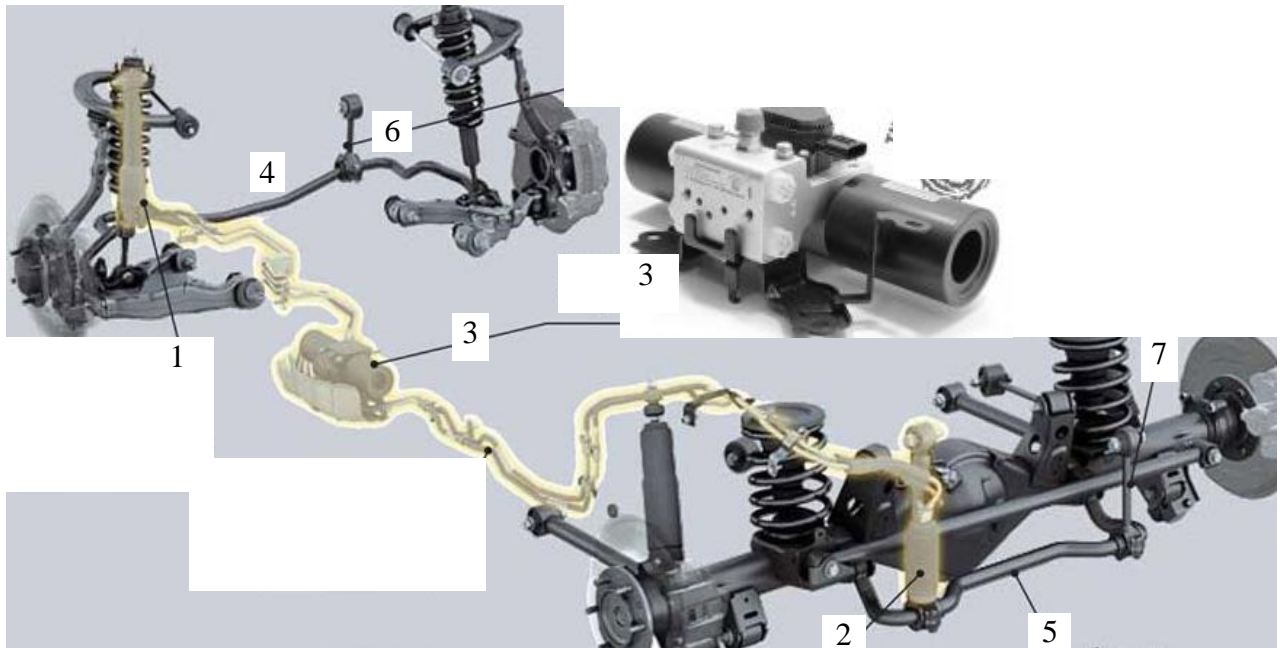


Рис. 8.47. Устрій системи KDSS:

1, 2 – гідроциліндри переднього та заднього стабілізаторів;
 3 – гідроелектричний блок з гідроаккумуляторами; 4, 5 – передній і задній стабілізатори; 6, 7 – жорсткі стойки стабілізаторів

- ЕБК системи курсової стійкості з датчиками частоти обертання коліс, кутової швидкості та прискорення автомобіля;
- ЕБК адаптивної підвіски з датчиками вертикального прискорення коліс та висоти дорожнього просвіту;
- ЕБК системи динамічного рульового керування з датчиком кута повороту рульового колеса;
- АКБ підвищеної напруги з DC/DC перетворювачем;
- кнопки керування амортизаторами;
- виконавчих електродвигунів переднього та заднього СПС.

Електромеханічний привід СПС поєднує електричний двигун постійного струму (з напругою живлення 48 В) 5 і планетарний редуктор 6 (рис. 8.48).

Електронний блок 4, інтегрований у конструкцію приводу СПС, підключений до системи комбінованої структури через Flex Ray шину. Живлення на електродвигун подається за допомогою роз'єму 1 з болтовим підключенням дроту маси 2. Напрямок обертання електродвигуна 5 в реверсивних режимах визначається напрямком струму в обмотках електродвигуна). Передатне відношення планетарного механізму 6 дорівнює 1:120.

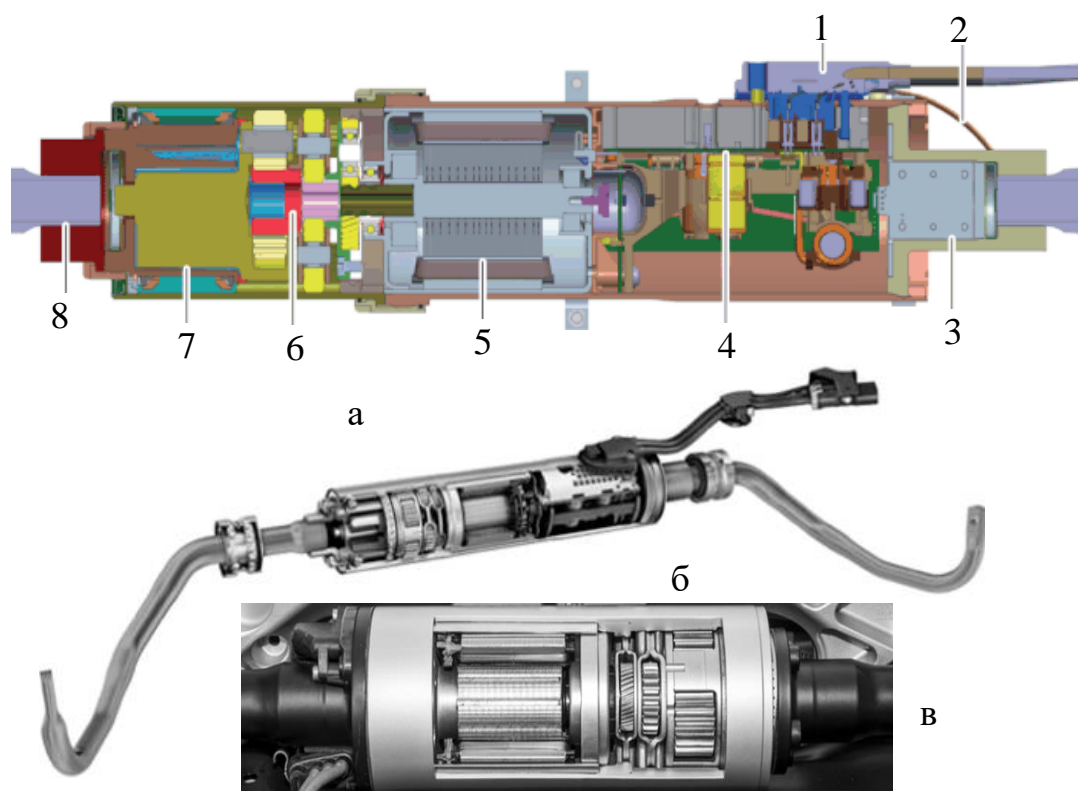


Рис. 8.48. Устрій електромеханічного приводу СПС:
а – структурна приводу; б, в – конструкція приводу

Втулка 7 забезпечує максимальний кут повороту між планетарним механізмом б і стойками штанги торсіону 8. Це забезпечує плавне підвищення крутного моменту при регулюванні. Датчик крутного моменту 3 (датчик струму на ефекті Холла) реалізує зворотний зв'язок з керування електроприводом СПС. Електромеханічний СПС має переваги в порівнянні з гідравлічним – малий час відгуку (до 20 мс) і низька витрата енергії (включення приводу на вимогу).

Компанія Audi запропонувала систему рекуперації енергії підвіски за допомогою електромеханічного стабілізатора eAWS (Electromechanical Active roll Stabilization) [51].

8.8. Системи підвісок з активними важелями

Інженери з Hyundai розробили електромеханічну систему адаптивних важелів задньої підвіски (активного контролю геометрії підвіски) AGCS (Active Geometry Control Suspension) [52]. У такій конструкції для кожного заднього колеса передбачені додаткові важелі 1 з електроприводом 2, які примусово варіюють сходження коліс 3 залежно від умов руху (рис. 8.49).

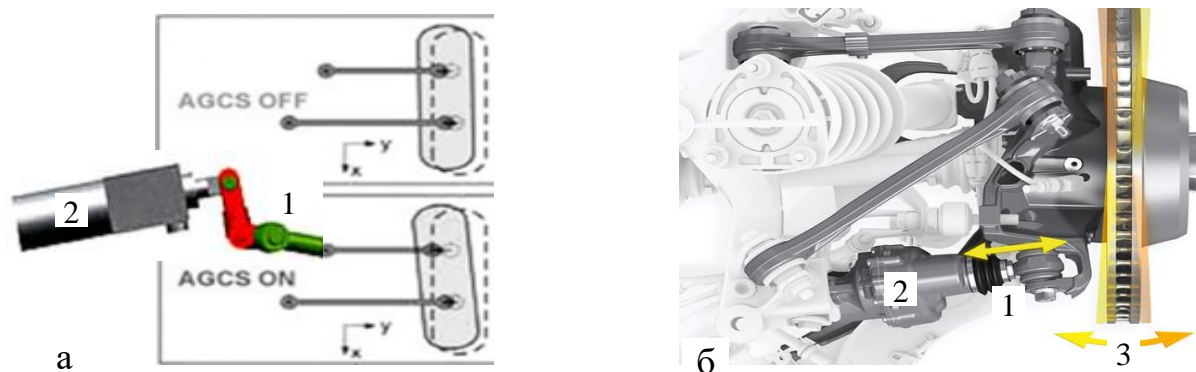


Рис. 8.49. Система адаптивних важелів задньої підвіски AGCS:
а – схема дії; б – компоновка конструкції

Привід важелів підвіски включає електродвигун 1, сповільнювач швидкості (гвинтовий редуктор) 2, датчики обмеження переміщення робочого органу 3 ДОП, датчик позиціонера кутового положення валу електродвигуна ДПВД (кодуючий диск) 4 (рис. 8.50).

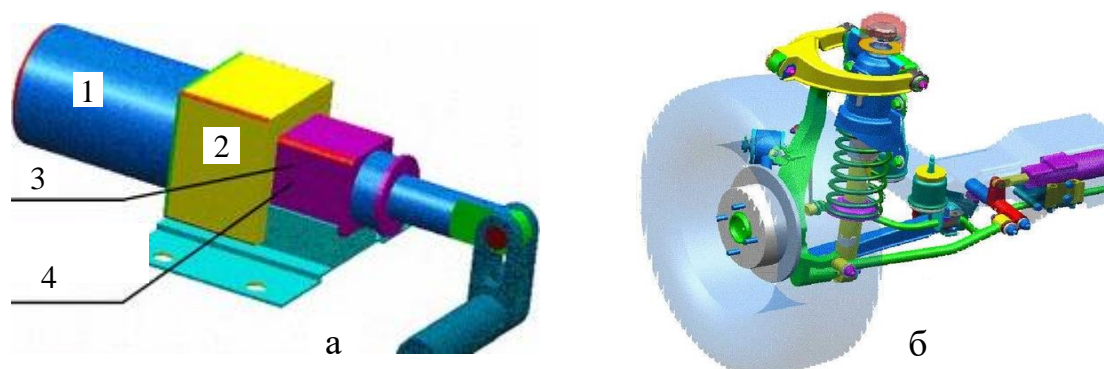


Рис. 8.50. Пристрій керування важелями підвіски AGCS:
а – модуль приводу; б – монтаж приводу

Електронний блок системи керування отримує інформацію від датчиків зовнішніх збурень (швидкості автомобіля ДША, положення та динаміки обертання рульового колеса ДПРК) і датчиків оригінального застосування – зворотного зв'язку ДПВД (Encoder) і ДОП (Limit S/W). На виході ЕБК формуються сигнали керування, що визначають напрямок та швидкість обертання електродвигунів приводу і зону переміщення робочих органів актуаторів (рис. 8.51).

У структурі ЕБК використовуються перетворювачі пониженої постійної напруги DC/DC, аналоговий ADC та частотний FI інтерфейси для вхідних сигналів (датчиків). Напруга (ШИМ сигнал керування) на виконавчі електродвигуни DC Motor подається через інвертуючі драйвери DR за мостовою схемою.

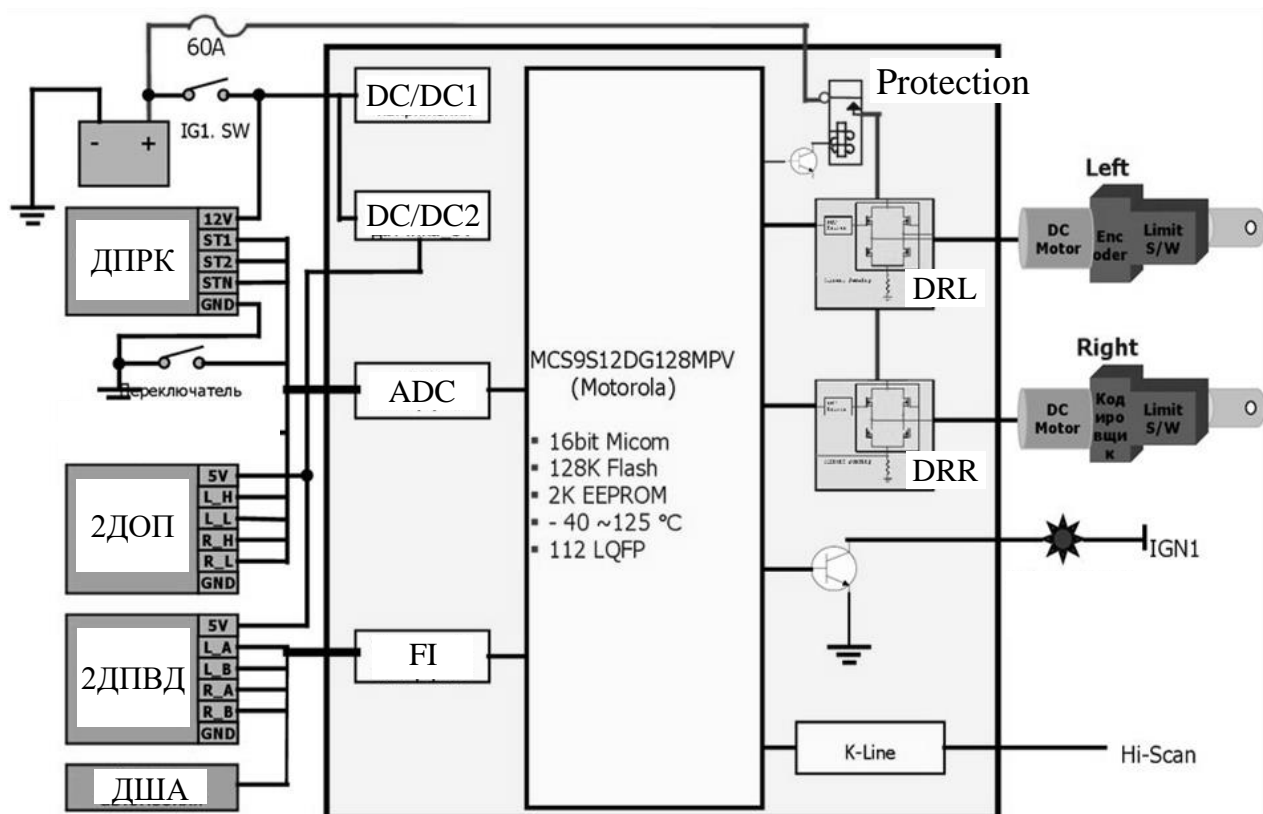


Рис. 8.51. Функціональна схема системи керування AGCS

У системі традиційно передбачені засоби комутації (Switch), захисту (Protection), індикації та комп'ютерної діагностики (K-Line).

При русі по прямій траєкторії, важелі не активні і забезпечують установочне (механічно налаштоване) сходження коліс. У віражу, актуатори змінюють положення осі колеса, яке на даний момент знаходиться під навантаженням. За рахунок цього, схильність автомобіля до заносу зменшується. Одночасно, активно бореться з недостатнім поворотом парне колесо осі, виконуючи функцію так званого керованого шасі. Система підлаштовується під різні умови руху, сприяючи покращенню керованості та стійкості автомобіля.

Контрольні запитання за темою 8

1. Наведіть класифікацію підвісок автомобіля за загальними ознаками.
2. Наведіть класифікацію підвісок, як об'єкту керування мехатронної системи.
3. Наведіть класифікацію амортизаторів підвіски автомобіля за загальними ознаками.

4. Наведіть класифікацію амортизаторів, як об'єкту керування мехатронної системи.
5. Назвіть види робочих характеристик амортизаторів та шляхи їх оптимізації.
6. Перелічіть експлуатаційні фактори та параметри підвіски, на підставі яких формується сигнал керування амортизатором.
7. Наведіть загальний перелік датчиків систем керування підвіскою за призначенням та принципом побудови.
8. Поясніть структуру та функціонування активної пневматичної підвіски типу Airmatic.
9. Поясніть реалізацію керуючих впливів на колісну стійку підвіски типу Airmatic.
10. Поясніть структуру та функціонування адаптивної пневматичної підвіски типу AAS.
11. Поясніть реалізацію керуючих впливів на колісну стійку підвіски типу AAS.
12. Поясніть структуру системи керування пневматичної підвіски типу AAS.
13. Перелічіть експлуатаційні режими та поясніть відповідні алгоритми функціонування пневматичної системи типу AAS.
14. Поясніть структуру та функціонування гідропневматичної підвіски типу Hydractive 3.
15. Поясніть структуру системи керування гідропневматичної підвіски типу Hydractive 3.
16. Поясніть структуру та функціонування гідропружинної підвіски типу ABC.
17. Поясніть реалізацію керуючих впливів на колісну стійку гідропружинної підвіски ABC.
18. Наведіть класифікацію систем активних СПС за загальними ознаками.
19. Поясніть структуру та функціонування гідроелектричних приводів СПС.
20. Поясніть структуру та функціонування електромеханічних приводів СПС.
21. Поясніть функціонування системи динамічного керування шасі типу PDCC-2.
22. Поясніть структуру та функціонування системи кінетичної стабілізації типу KDSS.
23. Поясніть структуру та функціонування системи з активними важелями типу AGCS.

9. СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОЇ СТРУКТУРИ

9.1. Призначення та особливості побудування

Системи керування комбінованої структури за визначенням включають кілька функціональних або комплексних систем керування (суміжних систем) за призначенням (об'єктами керування). Об'єктами керування на автомобілі є його агрегати та вузли.

Поведінка автомобіля регламентується діями водія через органи керування; коректується на підставі інформації, що надходить від телеметричних систем (радарів, відеокамер, трансляторів автопілотів); оптимізується реакцією систем автоматичного (активного, адаптивного, превентивного) керування агрегатами силового приводу і ходової частини (рис. 9.1).

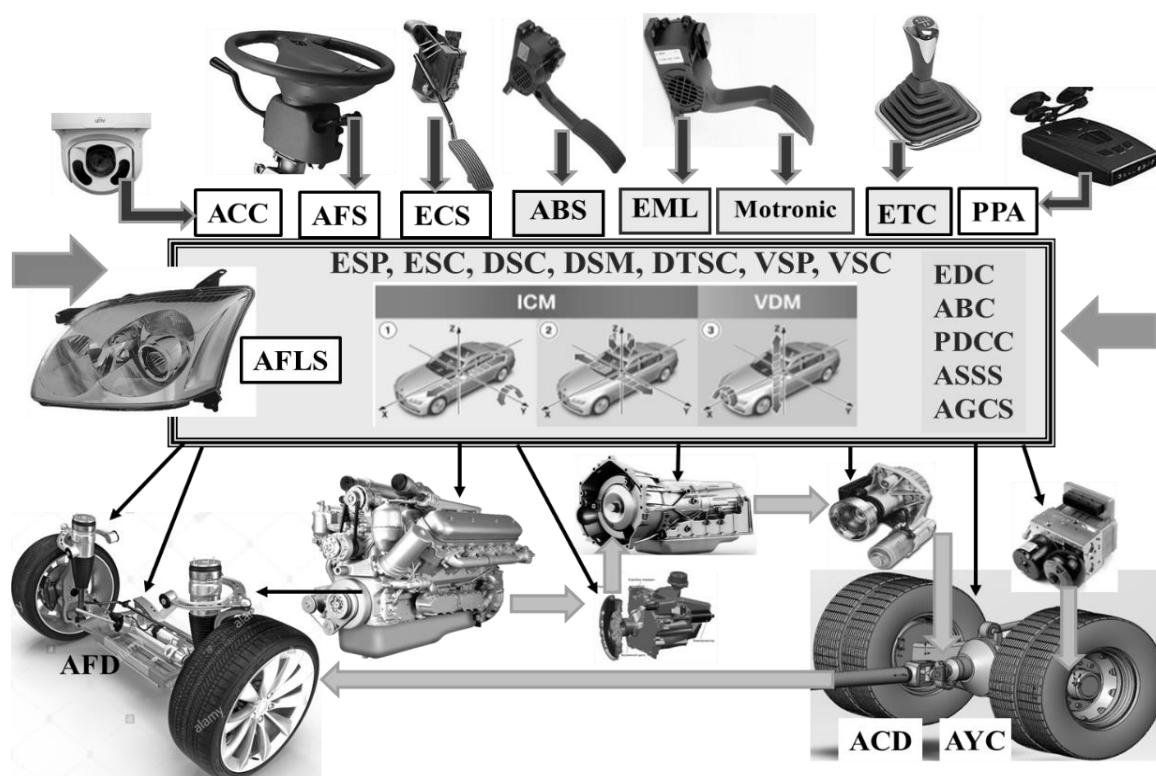


Рис. 9.1. Взаємодія автомобільних систем керування

З енергетичних позицій, системи комбінованої структури дозволяють підтримувати в динаміці певний баланс між енергією, що передається на колеса автомобіля (імпульсивними системами) і енергією, яка розсіюється транспортним засобом (дисипульсивними системами і факторами) [19, 32]. При цьому, задачею комбінованих систем керування є відпрацювання програм і алгоритмів (виконання цільових функцій), які комплексно забезпечують:

- спрямований рух або маневрування автомобіля за бажанням водія;
- підтримку оптимальних їздових характеристик;
- зниження експлуатаційних витрат;
- комфорт екіпажу і безпеку руху транспортного засобу.

З позицій апаратної реалізації, принципово розглядаються два варіанти структури комбінованих систем керування (рис. 9.2).

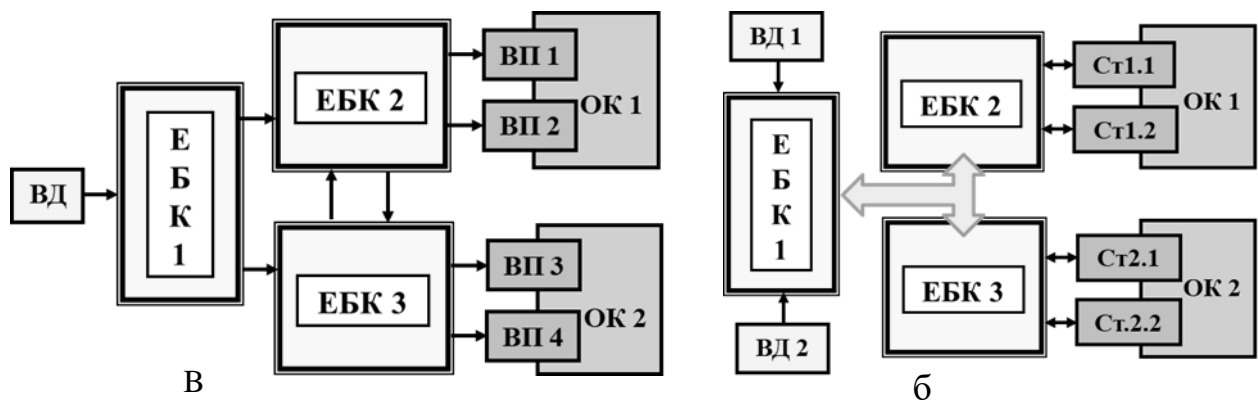


Рис. 9.2. Узагальнена структура комбінованих системи керування:
а – провідна; б – шинна

В першому випадку, (рис. 9.2, а) зв'язок між окремими ЕБК комбінованих систем здійснюється по інформаційних колах вимірвальних датчиків (ВД) і виконавчих пристроїв (ВП) на об'єктах керування (ОК) суміжних систем (систем кореспондентів). В другому випадку, використовуються шинні інформаційні зв'язки (бортові інформаційні інфраструктури). В шинних структурах можуть частково застосовуватися і провідні зв'язки, і однопровідні шини зв'язку з мехатронними модулями-сателітами (Ст), які у складі мають не тільки ВП, але й інші атрибути мехатронної підсистеми (рис. 9.2, б).

Шинна структура сучасного автомобіля представляє сукупність послідовних інформаційних інтерфейсів і ліній (шин) зв'язку різного системного призначення [3, 19, 21, 53] (рис. 9.3).

На рисунку позначено: МД – мехатронні датчики; ЕБК – електронні блоки керування; МЖ – модулі живлення фар; ЕД – електродвигуни; ЗУ – звукові сигналізатори; ВОС – вимикач охоронної сигналізації; А – антенні модулі; ДР – діагностичне рознімання; ПТМ (CD, TT, TV, PC, GPS) – пристрої мультимедіа та телеметрії; ДІ – діагностичний інтерфейс; ZGM – модуль міжмережевого обміну (узгодження шин).

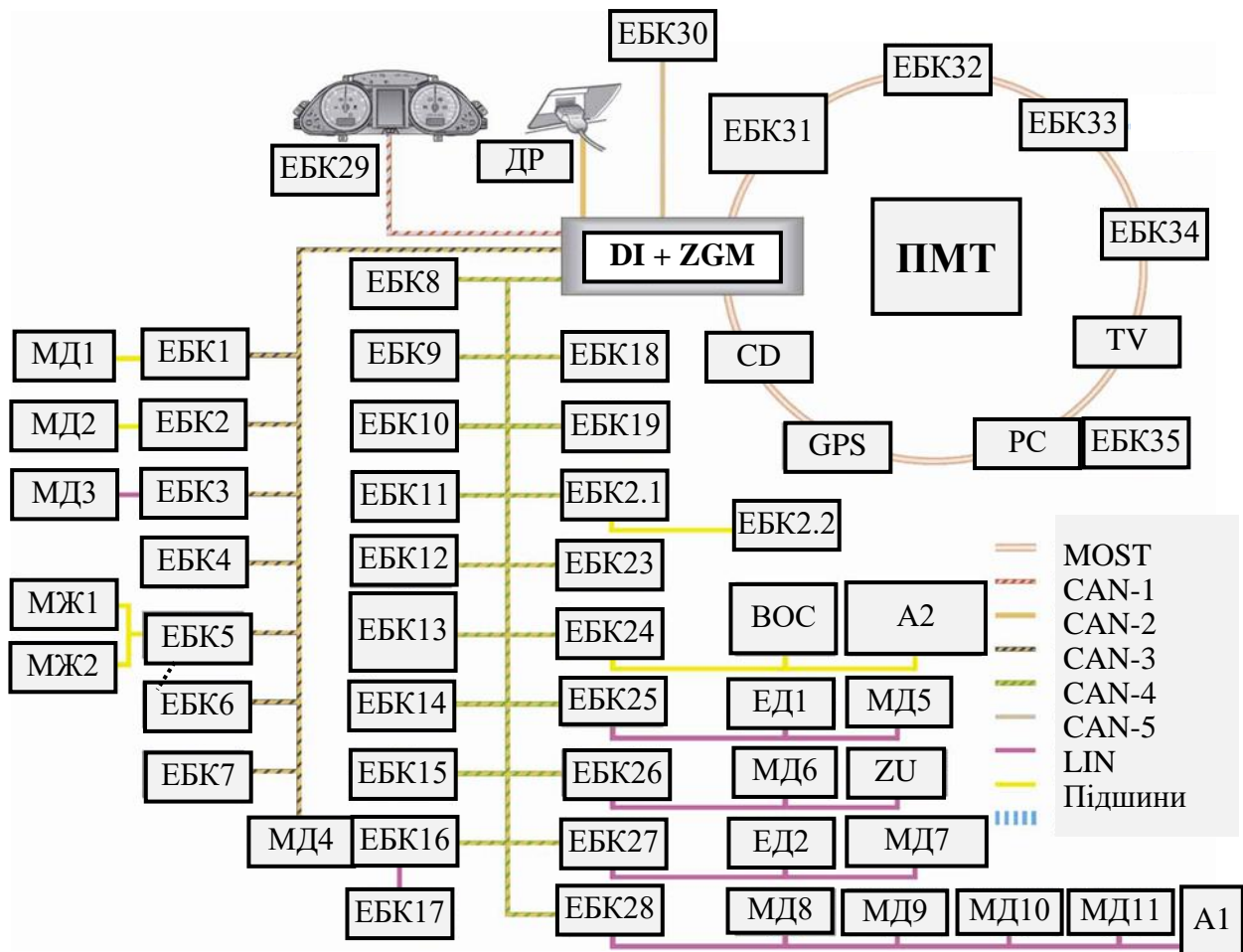


Рис. 9.3. Шинна структура системи керування автомобіля А6 Avant

Для інформаційного розвантаження та відокремлення шин за потрібною швидкістю передачі даних, застосовуються декілька одностипних ліній. Так, на борту автомобіля А6 Avant використовується п'ять CAN шин різного призначення: 1 – комбінації приладів; 2 – системи діагностики; 3 – силових агрегатів; 4 – системи комфорту; 5 – адаптивного круїз-контролю. При цьому, різними типами шин охоплено декілька десятків ЕБК різного призначення. Прокоментуємо призначення кореспондентів тільки шини силових агрегатів CAN-3:

ЕБК1 – двигуном з датчиком вмісту NO_x у відпрацьованих газах – МД1;

ЕБК2 – системами ABS/EDS з датчиком DSC – МД2;

ЕБК3 – подушками безпеки з датчиком навантаження сидіння – МД3;

ЕБК4 – автоматичної коробки передач;

ЕБК5 – нахилом фар з модулями живлення МЖ1, 2;

ЕБК6 – електроприводу стоянкових гальм;

ЕБК7 – керуванням кузова;

МД4 – датчик кутового положення рульового колеса.

Інформаційні інтерфейси ЕБК можуть виступати як джерела передачі даних або приймачів повідомлень, або здійснювати двосторонній зв'язок між собою (трансивери) [54].

Назви деяких систем містять слова, схожі за змістом (стійкість, стабілізація). При цьому, системи з конкуруючими назвами виконують схожі функції, але реалізують керуючі впливи по-різному. Щоб систематизувати інформацію про системи цього класу, наведемо класифікацію, орієнтуючись на ознаки складу структури (ступінь інтеграції) і виду впливів, що збурюють автомобіль.

У міру розвитку, СК комбінованої структури можна представити поколіннями (класифікація за ступенем інтеграції).

1. Системи керування силовими агрегатами типу DME, DDE, які поєднують функції систем керування ДВЗ, АКП і трансмісії.

2. Системи стабілізації курсу типу ASC, MSR, які поєднують функції систем поздовжньої динаміки (додатково – гальма) при русі по прямій.

3. Системи динамічної стійкості типу ESP, які поєднують функції систем поздовжньої і поперечної динаміки при русі по прямій і при маневруванні (додатково – рульове керування).

4. Інтегровані СК динамікою ходової частини (шасі) типу ICM, які поєднують функції систем поздовжньої, поперечної і вертикальної динаміки (додатково – підвіска).

5. Телематичні системи круїз-контролю, парковки, безпеки та допомоги водієві типу KAFAS і ADAS, які поєднують функції асистентів і безпеки руху.

9.2. Використання інформаційних шин зв'язку

Інформаційні шини різних типів відрізняються по устрою комунікаційної лінії, способу підключення кореспондентів, формату кадру повідомлення та швидкості передачі даних.

Мережевий інтерфейс CAN (Controller Area Network) забезпечує підключення будь-яких пристроїв, які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію. Лінія зв'язку є крученою парною, що дозволяє знизити вплив зовнішніх електромагнітних полів (пара-фазне придушення перешкод).

Інформація по шині CAN передається у цифровій формі за спеціальним протоколом. Всі кореспонденти (ЕБК) з'єднані по CAN лінії паралельно.

Швидкість передачі даних по CAN-шині може досягати до 1 Мбіт/с. При цьому, швидкість передачі інформації між ЕБК (двигуна, трансмісії, ABS, систем безпеки) становить до 500 кбіт/с (швидкий канал), а для систем комфорту та інформаційно-командної системи обмежується до 100 кбіт/с (повільний канал). На рис. 9.4 показано структуру CAN-шини легкового автомобіля.

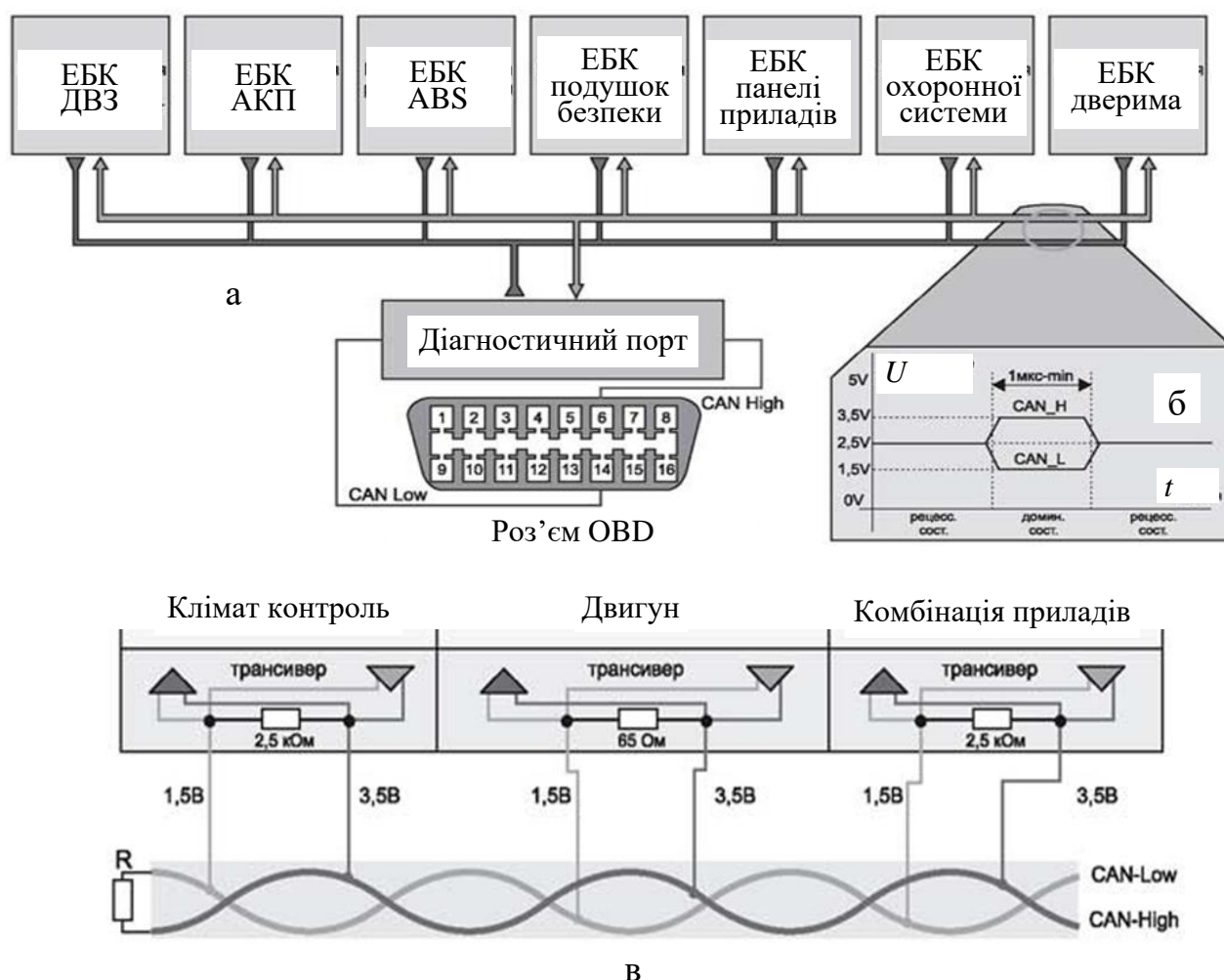


Рис. 9.4. Структура CAN-шини:

а – топологія; б – форма сигналів; в – розподіл навантаження у лініях

При передачі інформації з ЕБК, сигнали в ньому посилюються трансівером до необхідного рівня. Кожен підключений до CAN-шини блок має певний вхідний опір. У результаті утворюється загальне навантаження шини CAN, опір якої залежить від кількості підключених ЕБК-кореспондентів.

Системи та блоки керування автомобіля мають не тільки різні навантажувальні опори, але й швидкості передачі даних, все це може перешкоджати обробці різнотипних сигналів. Для поєднання різних навантажувальних опорів і швидкостей передачі даних окремих ко-респондентів, використовується *міжмережевий інтерфейс*.

Для передачі повідомлення у CAN шину генерується кадр даних певного формату. Формат кадру даних включає сім послідовних зон (рис. 9.5).



Рис. 9.5. Формат кадру по шині CAN

Для підвищення оперативності передачі даних CAN система дозволяє упаковувати в один кадр кілька повідомлень малої ємності.

На даний момент до CAN-шин автомобіля додалися: однопро-відна шина LIN (Local Interconnect); швидкісна шина Flex Ray; опто-волоконна шина MOST (Media Oriented System Transport); бездротова шина Bluetooth.

Ці шини на автомобілі мають різне призначення за об'єктами:

- PT-CAN (C) – двигуна, трансмісії та ходової частини;
- K-CAN (B) – кузовна (загальне електрообладнання);
- D-CAN(D) – діагностика автомобіля (системні функції);
- Flex Ray – системи керування динамікою руху;
- MOST – інформаційно-комунікаційні системи;
- Ethernet – швидкий доступ до програмування та кодування.

До шинної структури можуть входити підшини: BSD, K-Bus, LIN, Local-CAN. Підшини забезпечують обмін даними в межах однієї функціональної групи для передачі відносно невеликих обсягів даних в рамках окремих систем без сполучення в модулі обміну.

Датчики підключаються до того блоку керування, який насамперед потребує інформації в рамках логічної схеми або за принципом актуальності. Однак дана інформація також може бути надана іншим ЕБК в межах однієї лінії або через міжмережевий інтерфейс.

Центральний модуль міжмережевого обміну (центральний інтерфейс ZGW) забезпечує зв'язок між усіма основними шинами (швидкість передачі даних, структура шини):

- D-CAN – 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- Ethernet – 100 Мбіт/с, лінійна, двопровідна;
- Flex Ray – 10 Мбіт/с, змішана топологія, двопровідна;
- K-CAN – 100 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- K-CAN 2 – 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- MOST – 22,5 Мбіт/с, кільцева, оптоволоконна;
- PT-CAN – 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- BSD – інтерфейс передачі даних послідовним двійковим кодом, 9,6 кбіт/с, лінійна, однопровідна;
- LIN – локальна мережа, 9,6/19,2/20,0 кбіт/с, лінійна, однопровідна;

Local-CAN – локальна 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна.

Передача даних в CAN системі здійснюється тоді, коли має місце подія (подієво-керована передача даних). При великому накопиченні подій, це може спричинити затримки передачі даних, що неприпустимо для окремих систем швидкого реагування (ABS, ESP). Ця проблема долається в системі Flex Ray за рахунок застосування детермінованої передачі даних.

Шина Flex Ray – нова комунікаційна система для мережевої взаємодії не тільки вже існуючих, але і майбутніх інноваційних функцій автомобіля. У системі використовується протокол, що забезпечує високу швидкість передачі (до 10 Мбіт/с) для окремих систем автомобіля. У форматі цієї системи передбачено фрагментацію поточної інформації заданого формату в реальному часі та її запис у фрагментах даних, орієнтованих на події (рис. 9.6).

Завдяки цьому, в шинній системі Flex Ray передача важливої періодичної інформації здійснюється у суворій відповідності з незмінним тимчасовим растром фрагментів, що виключає інформаційне перевантаження Flex Ray. Інші, менш термінові повідомлення надсилаються в подієво-керованому діапазоні.

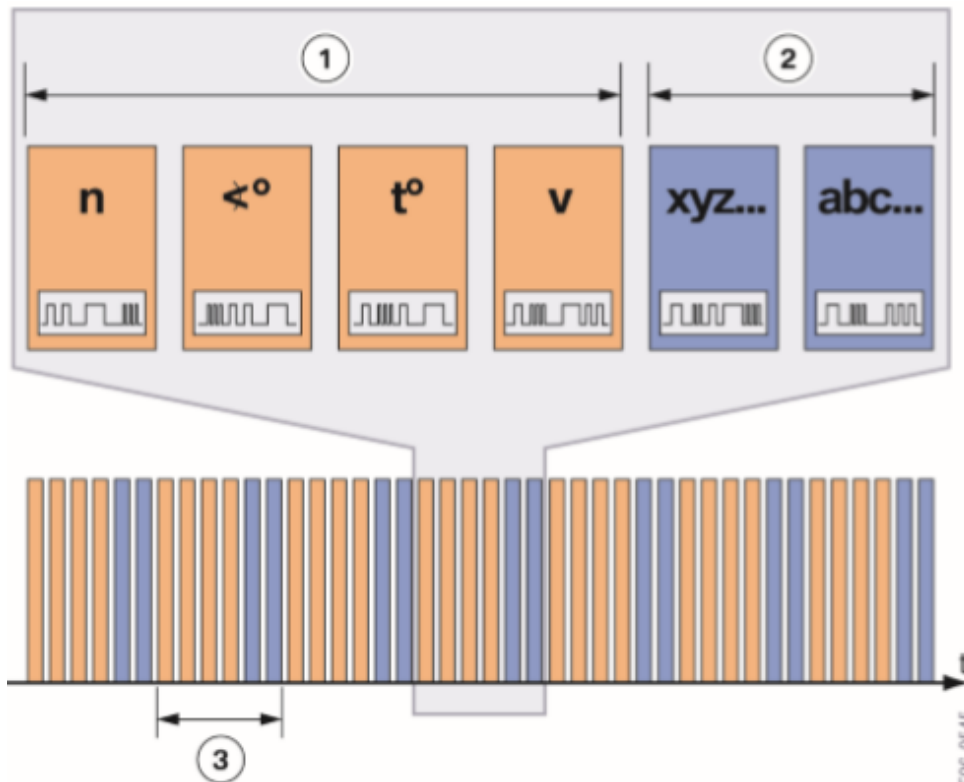


Рис. 9.6. Формат передачі даних по шині Flex Ray:

1 – керований за часом діапазон циклічної передачі; 2 – подієво-керований діапазон циклічної передачі; 3 – цикл передачі

Однопровідна шина LIN (Local Interconnect) застосовується в мережі керування блоками, які знаходяться в межах одного умовно обмеженого (локального) простору. Алгоритм роботи шини LIN дозволяє здійснювати обмін даними між одним блоком керування LIN, його називають Master, і підлеглими блоками Slave (сателітами). Блоки керування Master пов'язані з шиною даних CAN та виконують майстер-функції керування сателітами Slave. Основні функції блоку Master:

- контролює передачу даних у шині LIN та швидкість обміну;
- відправляє посилки-телеграми в шину LIN (закладено цикл – до якого сателіту, коли, як часто і які телеграми відправляти);
- сполучає сателіти шини LIN з шиною даних CAN;
- забезпечує процес діагностики блоків Slave.

Структура мехатронного модуля сателіту у загальному випадку включає: датчик, інтерфейс, мікроконтролер, драйвер, виконавчий пристрій. Сателіти виконують функції контролю та керування роботою окремих виконавчих пристроїв (до 16 позицій).

Блок керування LIN Master опитує сателіти (надсилає телеграму) і отримує інформацію про фактичний стан виконавчих пристроїв. Кожен блок LIN Slave має свою адресу. Адреса передається в заголовку послідовності-телеграми і його пізнає сателіт, за яким закріплено цю адресу, тобто відбувається ідентифікація звернення. З'єднання LIN Slave з LIN Master здійснюється по однопровідній лінії за допомогою одно-контактного роз'єму, одного на всі сателіти.

Швидкість шини LIN приблизно в 5 разів менша за швидкість шини CAN і становить до 20 кбіт/сек. Розмах цифрових сигналів визначається рівнем напруги живлення (0 – 12 В). Якщо, по шині LIN не відбувається передача телеграм або передається рецесивний біт (логічний «0»), рівень сигналу буде високий (12 В), якщо буде переданий домінуючий біт (інформаційний імпульс – логічна «1»), то передавач замикає шину на масу (виключає перешкоди на інформаційному рівні) і рівень буде близький до нуля (рис. 9.7 а).

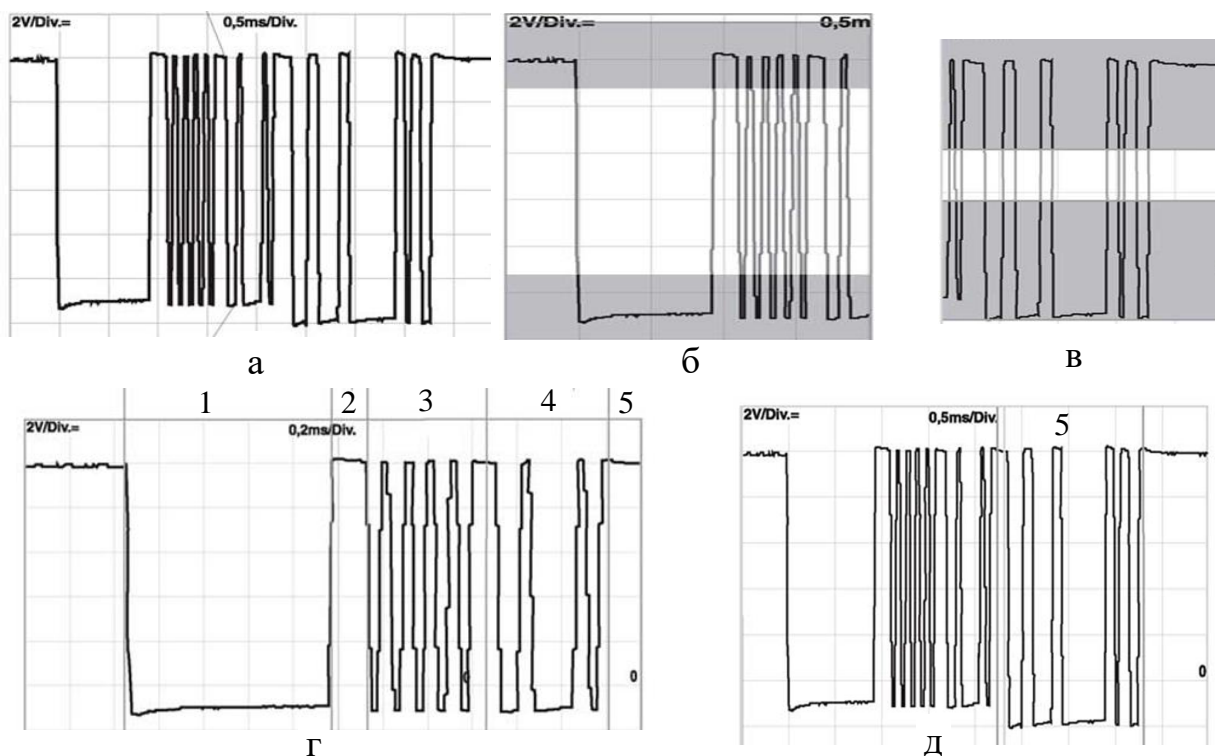


Рис. 9.7. Формати інформаційних сигналів шини LIN:

а – рівні; б – діапазон напруги під час передачі; в – діапазон напруги прийому; г – осцилограма заголовка телеграми; д – розгорнуте поле даних

Послідовність домінуючих і рецесивних бітів становить телеграму, за допомогою якої блок керування Master обмінюється інформацією з блоками Slave. Для підвищення завадостійкості, розрізнення

рівнів переданих сигналів встановлюється в гарантованому інтервалі (рис. 9.7, б), а прийом сигналів забезпечується при відхиленнях розмаху до 40 % (рис. 9.7, в).

Алгоритм LIN-зв'язку побудований в такий спосіб. Блок керування Master посилає телеграму блоку Slave в заголовку якої передається код операції (що саме потрібно зробити). Наприклад, необхідно переслати показання датчиків, що вимірюють швидкість обертання вентилятора (телеграма – опитування). У відповідь блок Slave персилає телеграму з вимірними величинами (телеграма – відповідь). Блок Master аналізує показання датчиків, переслані від блоку Slave і посилає телеграму-керування із вказівками змінити швидкість обертання.

Заголовок (Header) складається з чотирьох частин: 1 – пауза в синхронізації; 2 – закінчення синхронізації; 3 – поле синхронізації; 4 – поле ідентифікатора (рис. 9.7, г). Далі йде поле даних (Data fields) 5, яке містить 10 біт інформації. Перший біт – домінуючий стартовий, далі байт (8 біт) даних, останній – стоповий рецесивний біт (рис. 9.7, д).

Під-шина LIN на автомобілі забезпечує різні з'єднання між: модулем у просторі для ніг та блоком перемикачів у двері водія; модулем у просторі для ніг та зовнішніми дзеркалами; функціональним центром у даху та датчиками дощу, світла, сонячного освітлення та запотівання; блоком керування дверима або сидінням водія і 16-ма серводвигунами. Основною областю застосування на автомобілях є мехатронні вузли (сателіти).

Шина MOST – це технологія шини передачі даних для зв'язку мультимедійних додатків, розроблена, в першу чергу, для використання на автомобілях. Скорочення MOST означає «Multimedia Oriented System Transport» (система передачі між медійними засобами). Передача даних шиною MOST здійснюється за допомогою світлових імпульсів. Шина має кільцеву структуру. Передача даних по кільцю відбувається лише в одному напрямку (рис. 9.8).

Важливою відмінною рисою мультимедійної мережі MOST є те, що по ній передаються не тільки сигнали від блоків керування та датчиків (як по шинах CAN і LIN). Мультимедійна мережа може також передавати аудіо та відеосигнали, графічні зображення, а також повідомлення телекомунікаційних служб. Відмінні особливості MOST:

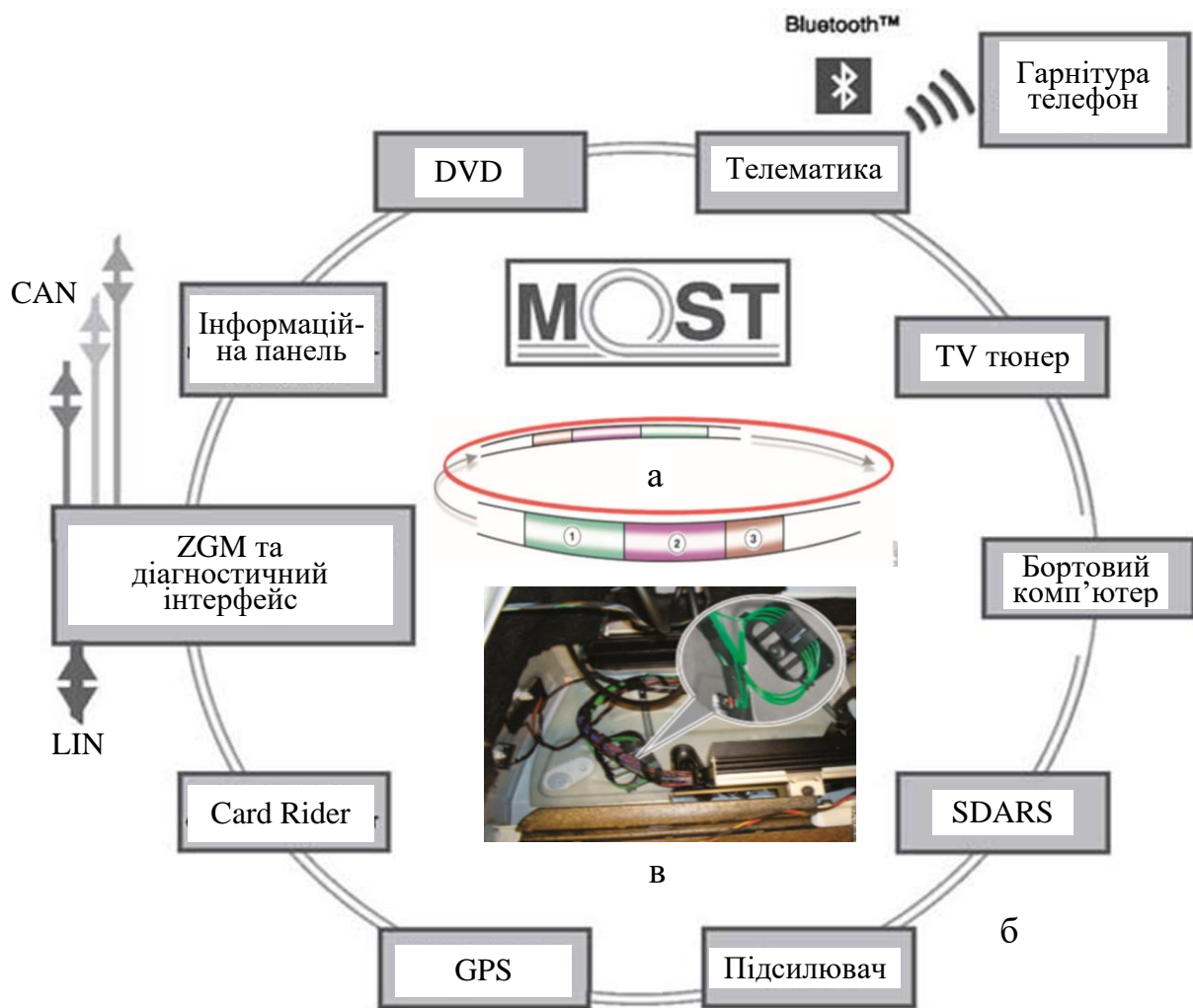


Рис. 9.8. Застосування оптоволоконної шини MOST

- висока швидкість передачі даних до 22,5 Мбіт/с;
- синхронна та асинхронна передача даних;
- MOST упорядковує вузли блоків керування в шині;
- для передачі даних використовується оптоволокно;
- кільцева структура.

Синхронний канал 1 використовується переважно для надсилання аудіо сигналів. По асинхронному каналу 2 передаються дані системи навігації, що відображаються, а по каналу керування 3 пересялаються керуючі сигнали (гучності звуку, вибору каналу) і дані для діагностики (рис. 9.6, а).

У кільцеву топологію шини MOST, крім центрального модуля міжмережевого обміну ZGM, можуть підключатися: підсилювач Тор-НіFi; бортовий комп'ютер CIC; DVD чейнджер; комбінація приладів КОМБІ; розважальна система RSE; супутниковий радіоприймач

SDARS; блок керування телематичними системами TCU; інтерфейсний модуль ULF-SBX; відео модуль VM (рис. 9.8, б).

Для програмування блоків керування в мережі MOST використовуються канал керування і асинхронний канал, адаптовані до прямого доступу по шині MOST. Залежно від комплектації встановлюються один або два з'єднувальні блоки (рис. 9.8, в). До першого з'єднувального блоку підключаються встановлювані на заводі блоки керування. До другого, зазвичай, підключаються комплекти під додаткове обладнання.

Шина Ethernet – універсальна провідна мережева технологія локального зв'язку. Назва «Ethernet» («ефірна мережа» або «середовище мережі») відображає початковий принцип роботи цієї технології: все, що передається одним вузлом, одночасно приймається рештою. Підключення кореспондентів відбувається через комутатори (Switch), так що кадри, які відправляються одним вузлом, доходять лише до адресата – це підвищує швидкість роботи і безпеку мережі. Відмінні риси Ethernet:

- висока швидкість передачі даних – 100 Мбіт/с;
- запуск системи після встановлення зв'язку і присвоєння адрес протягом менше 3 с., перехід у стан спокою менш ніж за секунду;
- доступ до системи тільки через цілком означені системи програмування.

Функції Ethernet: прискорене програмування автомобіля службою сервісу; обмін даними, що зберігаються на носії, між бортовим комп'ютером CIC (Car Information Computer) та розважальною системою для задніх пасажирів RSE (рис. 9.9 а).

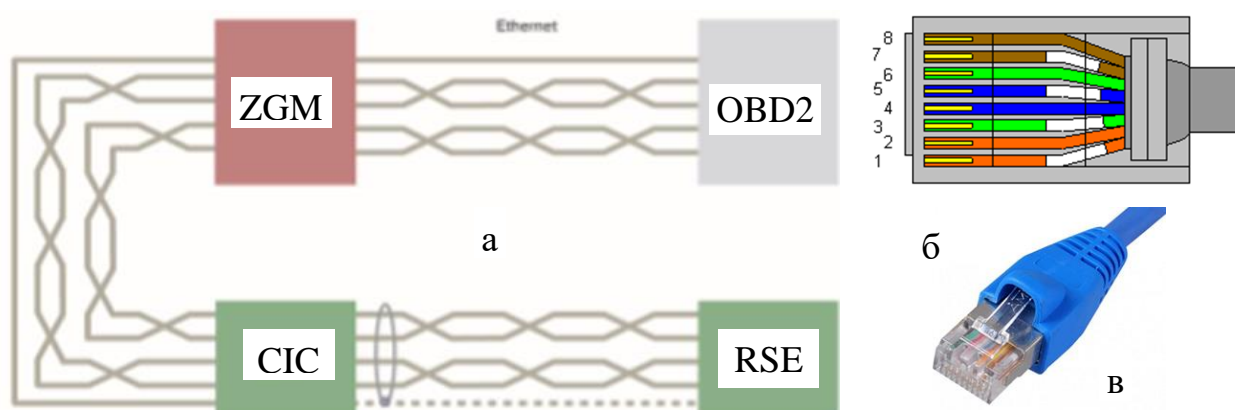


Рис. 9.9. Структура шини Ethernet:

а – мережеве підключення на BMW F10; б, в – конструкція кабелю RJ45

Зв'язок шини Ethernet з діагностичним роз'ємом зовнішнього підключення OBD2 здійснюється через центральний модуль міжмережевого обміну ZGM. У шині Ethernet, у загальному випадку, можуть використовуватися до чотирьох кручених пар (рис. 9.9, б, в). Формат кадру аналогічний шині CAN.

Під-шина BSD передачі даних послідовним двійковим кодом забезпечує з'єднання між системою керування двигуном і підсистемами: регулятора напруги, датчика стану масла, електричного насоса охолоджуючої рідини. Під *лінією зв'язку K-Bus* розуміють ряд підшин, об'єднаних за протоколом обміну даними. Ці підшини використовуються для різних цілей. *Під-шина Local-CAN* служить для передачі великих обсягів даних від зовнішніх датчиків в ЕБК (наприклад, від радарів в телематичних системах).

Бездротова шина Bluetooth узгоджує протоколи обміну різних систем цифрового зв'язку.

9.3. Структура систем стабілізації курсу та динамічної стійкості автомобіля

Стабілізація руху та динамічна стійкість автомобіля досягається декількома способами:

- підгальмовуванням певних коліс (ABS);
- зміною крутного моменту двигуна (EML, Motronic);
- розподілом крутного моменту по колесах (ATTS);
- зміною кута повороту передніх коліс (AL);
- зміною ступеню демпфування амортизаторів (CDC);
- зміною положення кузова (Airmatic, ARS).

У системах стабілізації курсу основними факторами, що збувають автомобіль, є сила тяги і реакція гальмування. Класифікацію комбінованих систем стабілізації курсу можна представити як інтегруючу структуру (рис. 9.10).

Принципова відмінність систем стабілізації курсу від систем ABS полягає в тому, що перші узгоджують прискорення або сповільнення автомобіля за бажанням водія (натисканні педалі акселератору), в той час як другі включаються тільки при гальмуванні (натисканні педалі гальма). Іншими словами, стратегія систем стабілізації курсу полягає в узгодженні потужності, яку створює силовий привід з потужністю на колесах, яка потрібна для прямолінійного руху.

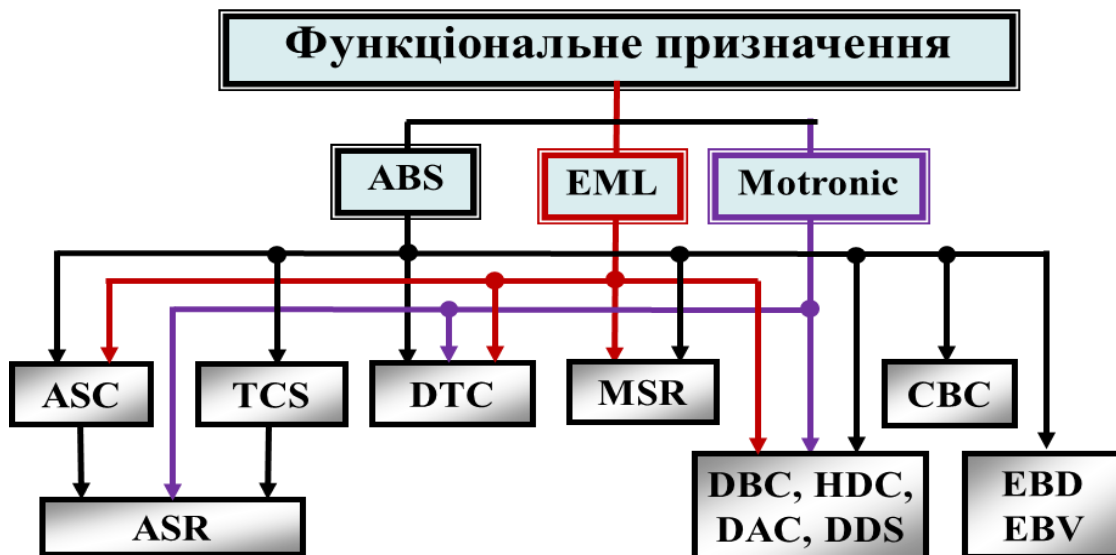


Рис. 9.10. Функціональна структура систем стабілізації курсу

До переліку систем стабілізації курсу АТЗ можна віднести цифрові системи, побудовані на базі комплексних систем керування двигуном (DME – Digital Motor Electronic), в яких реалізуються додаткові функції керування автомобілем: ASC (курсовою стабільністю), MSR (тяговим моментом ДВЗ), EML (потужністю ДВЗ). Така комбінована система узгоджує задану водієм (бажану) потужність ДВЗ з допустимим режимом руху автомобіля (див. частина I, п.п. 2.1).

Протибуксувальні системи типу ASC призначені для запобігання втраті зчеплення коліс з дорогою за допомогою контролю за буксуванням ведучих коліс. Колісні датчики ABS відстежують швидкість обертання коліс при розгоні автомобіля. При різкому зростанні швидкості обертання одного з ведучих коліс (початок буксування), ЕБК знижує тягу ДВЗ і гальмує це колесо. Для зниження тяги ДВЗ, залежно від варіанту реалізації системи, можуть використовуватися такі методи:

- припинення іскроутворення в одному або кількох циліндрах двигуна;
- зменшення подачі палива в один або кілька циліндрів;
- прикриття дросельної заслінки (якщо до неї підключено електронне керування);
- зміна кута випередження запалювання.

Одночасно, для відновлення зчеплення з дорогою, а також збільшення крутного моменту на протилежному відносно диференціала

колесі, проводиться короткочасне підгальмовування колеса, яке втратило зчеплення. Система використовує ті ж датчики і деякі механізми ABS і системи допомоги при екстреному гальмуванні BAS (Brake Assist System). Тому автомобілі, обладнані протибуксувальною системою, також обладнані і цими системами.

Протибуксувальні системи типу ASR (Antriebs Schlupf Regelung) аналогічного призначення за алгоритмом керування поєднують функції систем протибуксування ASC та контролю тяги TCS [18]. Залежно від фірми розробника ASR мають різні назви (аббревіатури). Схема реалізації ASR визначається типом ДВЗ і принципом будови ABS, застосованих на АТЗ.

Для автомобілів з бензиновим ДВЗ і гідравлічною ABS, поруч із впливом на положення дросельної заслінки, крутний момент ДВЗ обмежується шляхом скорочення тривалості відкритого стану форсунок. В вантажних автомобілях з дизельним ДВЗ на базі рядного ПНВТ і пневматичною системою ABS, система ASR реалізується аналогічним способом. У якості виконавчого пристрою використовується пневматичний привод з керуванням від двох 3w/2p-клапанів (див. рис. 7.25) або одного пропорційного клапану (пневмоциліндр з повертаючою пружиною) [22]. Робочий циліндр встановлюється в системі важелів між педаллю акселератора і важелем приводу рейки паливного насоса. Аналогічним способом реалізуються системи обмеження та підтримки (темпомату) швидкості руху автомобіля.

Система допомоги при спуску DBC (Downhill Brake Control), HDC, DAC, DDS полегшують рівномірний спуск транспортного засобу з крутих ухилів, автоматично утримуючи швидкість на фіксованій позначці без натискання педалі гальм (автоматично). Система є програмним розширенням системи ABS і використовує конструктивні елементи гідравлічної системи.

Принцип роботи системи заснований на підтримці постійної швидкості при спуску за рахунок підгальмовування коліс, а також керування настройками двигуна. На підставі сигналів датчиків, ЕБК аналізує поточну дорожню ситуацію і в разі необхідності включає насос зворотної подачі тиску системи ABS. Впускні клапани та клапани високого тиску ABS відкриваються, а випускні та перемикаючі клапани при цьому закриті. Далі в гальмівній системі нагнітається необхідний тиск, який забезпечує зниження швидкості до певного значення. Воно залежить від початкової швидкості машини та вклю-

ченої передачі (звичайно в межах 5 – 15 км/год). Причому, гальмування відбувається дуже акуратно, щоб уникнути зносу і можливого перевероту автомобіля. У разі потреби, цикл роботи системи повторюється наново. При цьому, алгоритм керування системи спрацьовує за певних умов: автомобіль заведений, педалі газу і гальма відпущені, швидкість руху менше 20 км/год, долається ухил більше 20 %.

Автомобілі з АКП можуть мати функцію гальмування двигуном. Електронний блок АКП самостійно розпізнає режим гальмування двигуном (зазвичай на крутих затяжних спусках) і примусово включає знижену передачу (третю при чотириступінчастій АКП) при досягненні заданої швидкості, не перевантажуючи трансмісію та двигун. Для зняття режиму гальмування достатньо поставити ногу на педаль газу, при цьому АКП відразу перейде на підвищену передачу (впадуть оберти двигуна).

Електронна система розподілу гальмівних зусиль EBD (Electronic Brake Distribution) працює у комплексі з чотирьоканальною ABS та є її програмним доповненням. Вона дозволяє більш ефективно розподіляти гальмівне зусилля на колеса залежно від завантаження автомобіля та забезпечує більш високу керованість та стійкість при гальмуванні.

При екстремому гальмуванні центр ваги автомобіля зміщується у передню частину, зменшуючи навантаження на задню вісь. Якщо, гальмівні зусилля на всі колеса будуть однаковими, задні колеса можуть бути повністю заблоковані. Це призводить до втрати курсової стійкості під впливом бічних сил, а також до занесення і втрати керованості. Також, регулювання гальмівних сил необхідно при завантаженні автомобіля пасажирами або багажем.

У випадку, коли гальмування виконується в повороті (при цьому центр тяжкості переноситься на колеса, які йдуть по зовнішньому радіусу) або вільні колеса потрапляють на поверхні з різним зчепленням (наприклад, на лід), дії однієї системи ABS може бути недостатньо. Система EBD взаємодіє з кожним колесом окремо, вирішуючи такі задачі:

- визначення ступеню прослизання коліс на дорожньому покритті;
- зміна тиску робочої рідини в гальмівних механізмах і розподіл гальмівних зусиль залежно від зчеплення коліс з дорогою;
- збереження курсової стійкості при впливі бічних сил;

- зниження ймовірності занесення автомобіля в процесі гальмування та повороту.

Система стабілізації гальмування в повороті СВС (Corner Brake Control) керує гальмівними тисками таким чином, щоб створити на колесах гальмівний момент, який компенсує момент розвороту автомобіля.

При екстреному гальмуванні в повороті автомобіля без системи СВС автомобіль зміщується із занесенням передньої осі до зовнішнього краю повороту. У автомобілях з СВС при появі недостатньої попертаності, система зменшує гальмівний тиск для передніх коліс, забезпечуючи їх здатність сприймати керуючі зусилля і зберігати заданий напрямок руху автомобіля.

Система СВС цілком базується на компонентах ABS та є її програмним розширенням. Особливість СВС полягає в тому, що вона здатна розпізнавати небезпечні ситуації при гальмуванні в повороті без датчиків повороту або бічного прискорення, тільки на підставі даних про кутову швидкість обертання коліс. При виявленні прослизання коліс, якого ще недостатньо для включення ABS, спрацьовує СВС. При подальшому аналізі цих даних, блок керування ABS може розпізнати появу недостатньої або надмірної попертаності і відповідним чином відкоригувати гальмівні тиски.

Система розподілу крутного моменту EDS (Elektronische Differenzialsperre) призначена для запобігання пробуксовуванню ведучих коліс при русанні автомобіля з місця, розгоні на слизькій дорозі, руху по прямій і в поворотах за рахунок підгальмовування ведучих коліс. Система здійснює електронне блокування міжколісного диференціала при прослизанні одного з ведучих коліс і підгальмовує колесо, яке прокручується. За рахунок цього, на ньому збільшується крутний момент. Так як ведучі колеса з'єднані симетричним диференціалом, на іншому колесі (з кращим зчепленням) крутний момент також збільшується.

На відміну від системи ABS, в конструкції EDS передбачена можливість самостійного створення тиску в гальмівній системі. Для реалізації цієї функції використовується насос зворотної подачі і два електромагнітні клапани (на кожне з повідних коліс), включені в гідравлічний блок ABS. Це перемикаючий клапан та клапан високого тиску. Керування системою здійснюється за допомогою відповідного програмного забезпечення у блоці керування ABS.

Система активного розподілу крутного моменту ATTS (Active Torque Transfer System) використовує активні диференціали з електронним керуванням вектору тяги. Електронне блокування диференціала, як правило, є складовою частиною антибуксувальної системи і працює в діапазоні швидкостей від 0 до 80 км/год.

Принципова відмінність систем динамічної стійкості від систем стабілізації курсу полягає в тому, що перші безперервно слідують за відповідністю безпечних прискорень автомобіля при повороті рульового колеса за бажанням водія, в той час як другі включаються тільки при розгоні (підвищенні потужності ДВЗ) та сповільненні (скиданні потужності ДВЗ).

В системах динамічної стійкості автомобіля, крім колісних датчиків ABS, використовуються датчики: повороту рульового колеса; поперечного прискорення та обертання автомобіля (рискання) навколо вертикальної осі [3, 18, 55]. Конструкція гідроелектричного блоку аналогічна модулю ABS і відрізняється програмним наповненням ЕБК. Класифікацію комбінованих систем керування можна скласти за ознакою інтегрування окремих систем стабілізації курсу з надбудовою функціональних мехатронних підсистем пов'язаних з органами керування (рис. 9.11).

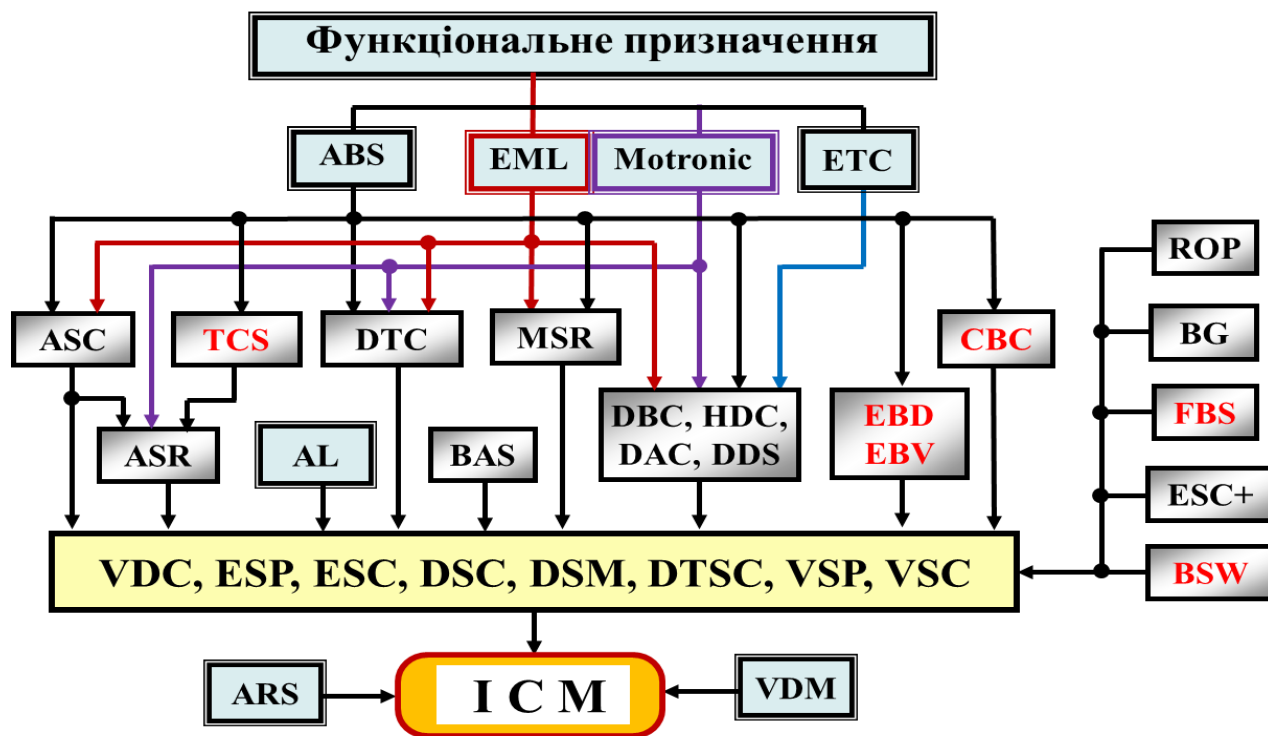


Рис. 9.11. Функціональна структура систем динамічної стійкості

Система динамічної стабілізації VDC (Vehicle Dynamic Control) призначена для мінімізації кутового відхилення від напрямку руху. Для інформування ЕБК в системі використовуються датчики: швидкості обертання коліс, тиску гальмівної рідини, положення керма, кутового і поперечного прискорення автомобіля щодо напрямку руху. Система формує сигнали керування електронасосом та модуляторами тиску гальмівної рідини систем ABS та ASR, а також підсилювачем екстреного гальмування BAS (Brake Assist System).

Для виключення юза передніх коліс при маневруванні, система VDC автоматично знімає газ і пригальмовує внутрішнє заднє колесо, утримуючи тим самим автомобіль від занесення у зовнішній кювет.

Якщо, при різкому повороті керма виникає прослизання задніх коліс, система пригальмовує відповідне переднє колесо і стабілізує рух автомобіля в потрібному напрямку. Система VDC використовується на автомобілях Infiniti, Nissan, Subaru. Системи аналогічної побудови, залежно від виробника, отримали різні назви [4, 56]:

- ESP (Electronic Stability Programmer) у Європі та Америці;
- ESC (Electronic Stability Control) Honda, Kia, Hyundai;
- DSC (Dynamic Stability Control) BMW, Jaguar, Rover;
- DSM (Dynamic Stability Management) на автомобілях різних марок;
- DTSC (Dynamic Stability Traction Control) Volvo;
- VSA (Vehicle Stability Assist) Honda, Acura;
- VSC (Vehicle Stability Control) Toyota;

Алгоритм роботи системи залежить від режиму руху АТЗ. Система визначає бажаний напрямок руху по куту повороту рульового колеса, а датчики на колесах вимірюють швидкість їх обертання [18]. На основі цих даних ЕБК обчислює фактичну траєкторію руху, яка кожні 0,05 секунди порівнюється з бажаним напрямком. Керування автомобілем із системою ESP враховує три ступені свободи автомобіля на площині дороги (поздовжній, поперечний напрямки та поворот навколо вертикалі). Якщо, блок керування ESP обчислює, що прискорення при розгоні автомобіля досягло критичних значень і виникли умови для втрати стійкості АТЗ (занесення) і бічного ковзання коліс передньої та/або задньої осей, система включає підгальмування коліс, які пробуксовують. Склад системи ESP та призначення її компонентів показано на (рис. 9.12).

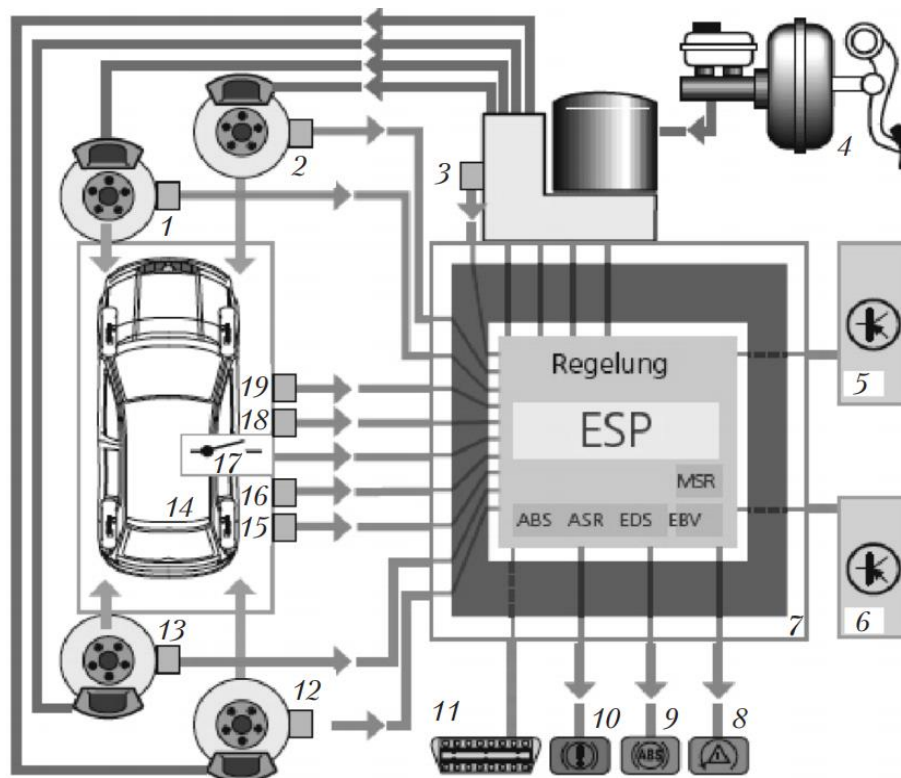


Рис. 9.12. Структура електронної системи курсової стійкості:

- 1, 2, 12, 13 – колісні датчики; 3 – датчик тиску в гальмівній системі;
 4 – активний підсилювач гальмівної системи; 5 – ЕБК ДВЗ; 6 – ЕБК АКП;
 7 – гідравлічний блок з блоком керування; 8, 9, 10 – контрольні лампи
 TCS/ESP, ABS, двоконтурної гальмівної системи та гальма стоянки;
 11 – діагностичний роз'єм; 14 – салон; 15 – вимикач стоп-сигналу; 16 – датчик
 кута повороту рульового колеса; 17 – вимикач систем TCS/ESP;
 18 – датчик рискання; 19 – датчик бічного прискорення

Апаратна структура гідроелектричного модуля системи ESP (обмежено пунктирною лінією) повторює структуру модуля чотириканальної ABS [57] (рис. 9.13).

У системах курсової стійкості можуть бути реалізовані додаткові функції (підсистеми ROP, BG, ESC+, FBS, BSW). Ці системи, в основному, не мають своїх конструктивних елементів, а є програмним розширенням системи ESP.

Система запобігання перекиданню ROP (Roll Over Prevention) стабілізує рух автомобіля при загрозі перекидання. Запобігання перекиданню досягається за рахунок зменшення поперечного прискорення шляхом підгальмовування передніх коліс і зниження крутного моменту двигуна. Додатковий тиск у гальмівній системі створюється за допомогою активного підсилювача гальм.

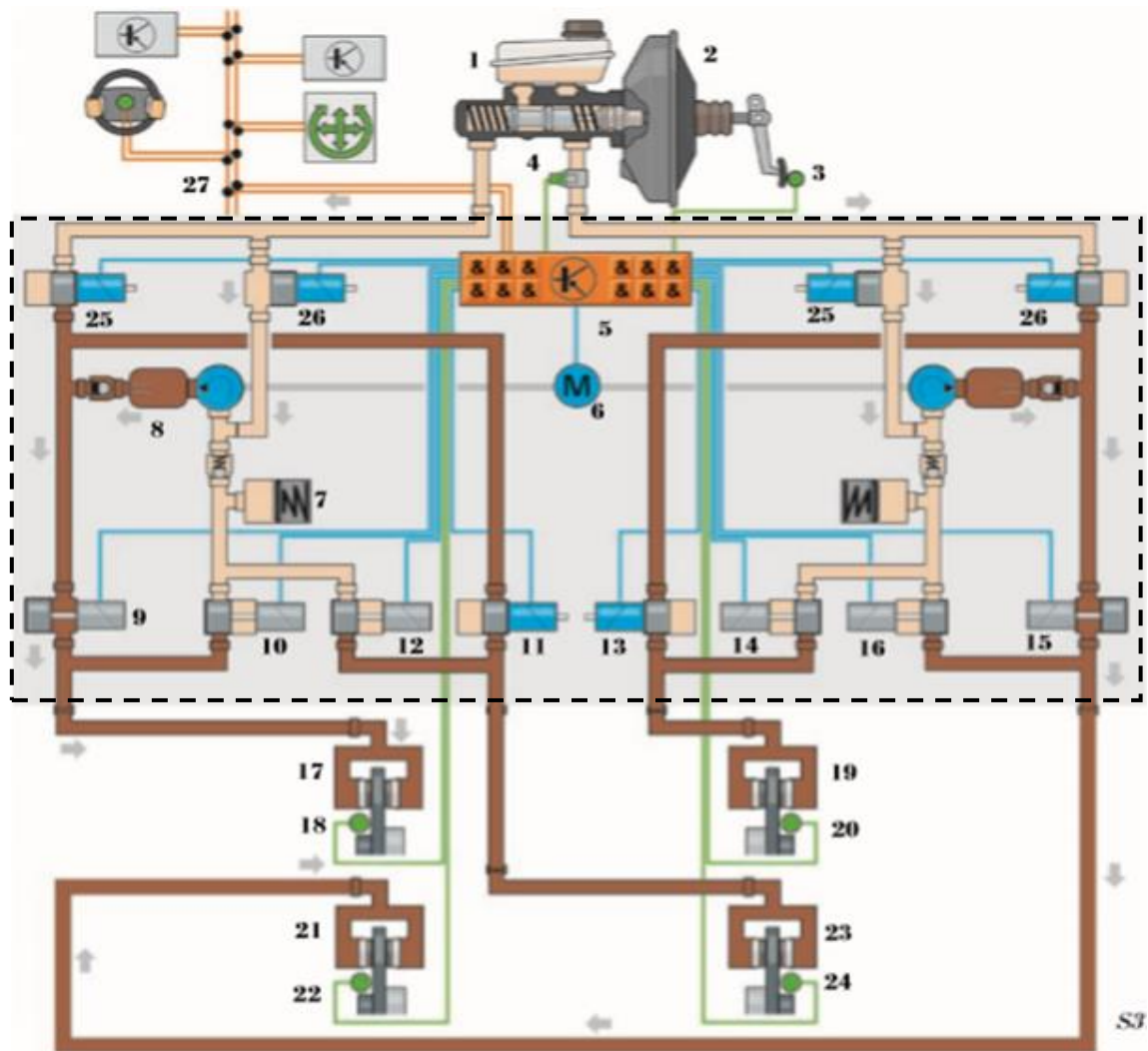


Рис. 9.13. Устрій системи курсової стійкості автомобіля:

- 1 – компенсційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик педалі гальма; 4 – датчик тиску; 5 – ЕБК ESP; 6 – насос зворотної подачі;
 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9, 11, 13, 15 – впускні ЕК;
 10, 12, 14, 16 – випускні ЕК; 17, 19, 21, 23 – гальмівні циліндри;
 18, 20, 22, 24 – колісні датчики; 25 – перемикаючий ЕК;
 26 – ЕК високого тиску; 27 – шина обміну даними.

Система стабілізації автопоїзда ESC+ (TSA – Trailer Stabilization Assistant) може бути реалізована в автомобілі, обладнаному тягово-зчіпним пристроєм. Система запобігає ризиканню причепа при русі автомобіля, яке досягається за рахунок підгальмовування коліс або зниження крутного моменту ДВЗ. Гальмування здійснюється всіма колесами, у тому числі і гальмом накату та коліс причепа.

9.4. Інтегрування систем керування ходовою частиною

Інтегрована система керування ходовою частиною автомобіля поєднує функції керування динамікою автомобіля у поздовжньому [58] (системи стабілізації курсу), поперечному [13] (системи динамічної стійкості) та вертикальному [34] (системи підвісок) напрямках.

Стратегія керування інтегрованої системи полягає в тому, щоб зібрати сигнали з органів керування та датчиків динамічного стану автомобіля, провести проміжні розрахунки для оцінки дорожньої ситуації, розподілити керуючі впливи по системах координатної корекції з певним ступенем їх участі в реалізації завдання по збереженню стійкості та безпеки руху автомобіля [59].

Вихідними даними для обчислювання параметрів динамічного стану автомобіля є: поздовжнє прискорення та ухил автомобіля відносно напрямку руху (кут місця) 1; поперечні прискорення та кут обертання навколо вертикальної осі (кут ризику) 2; вертикальні прискорення та кут обертання навколо поздовжньої осі (кут крену) 3 (рис. 9.14, а).

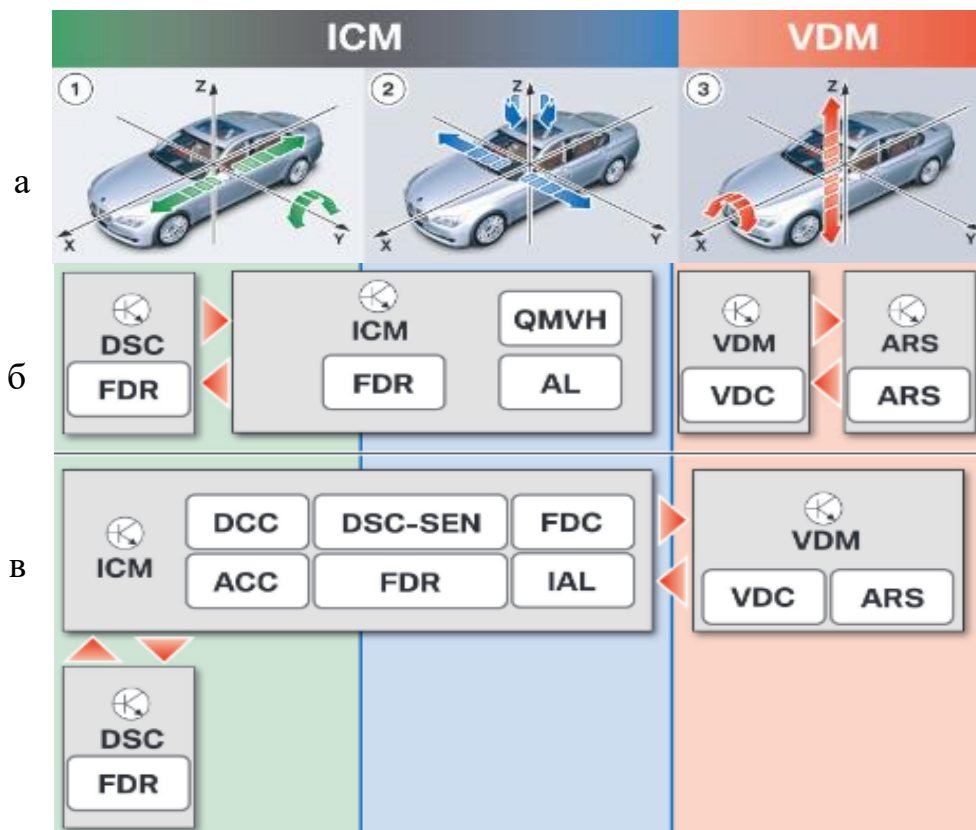


Рис. 9.14. Архітектура комбінованої системи керування ходовою частиною: а – координатні фактори збурення автомобіля; б – система з незалежним впливом вертикальних збурень; в – система пов’язаних збурень

Розглянемо варіанти інтеграції систем керування на прикладі автомобілів BMW. В першому варіанті, система (електронний блок) ICM (Integrated Chassis Management) поєднує функції регулювання поперечної динаміки FDR, реакція якої втілюється в розподіл крутного моменту по колесах задньої осі системи керування заднім диференціалом QMVH та активне керування кермом AL. При цьому, функція регулювання повздожньої динаміки FDR, реалізується окремим алгоритмом в електронному блоці DSC. Вертикальна динаміка, в цьому випадку, незалежно підтримується двома блоками VDM і ARS, які реалізують відповідні алгоритми керування підвіскою VDC та стабілізацією при крені ARS Dynamic Drive (рис. 9.14, б).

В наступному варіанті блок ICM поєднує алгоритми керування повздожньою та поперечною динамікою:

- динамічним круїз-контролем DCC;
- активним круїз контролем ACC;
- регулюванням динаміки FDR;
- керуванням динамікою FDC;
- керуванням інтегральним активним кермом.

При цьому, в блок ICM безпосередньо надходить інформація з датчиків акселерометрів DSC-SEN. Для прийняття рішення (формування сигналу, що реалізує керуючий вплив) ICM кореспондує одночасно з блоками керування повздожньою DSC та вертикальною VDM динамікою (рис. 9.14, в).

Засоби активізації ICM, показані на (рис. 9.15, а).

Перемикач режимів динаміки (два двопозиційні перемикачі) дозволяє водієві вибирати бажаний з чотирьох основних режимів: Comfort, Normal, Sport, Sport+. При цьому, змінюється передатна характеристика педалі акселератора 4. Клавiша DTC дає ще два режими: Traction, DSC off. Дії водія відображаються на індикаторах панелі приладів (рис. 9.15, б).

За допомогою перемикачів 2 водій може вибрати таку динамічну характеристику, яка найбільш оптимально підходить до тієї чи іншої траси або мети поїздки.

Джойстик контролера 1 (натискання, обертання, вибір напрямків перегляду) включає живлення системи контролю (дисплей), дозволяє вибирати пункти меню, налаштувати опції (рис. 9.15, в).

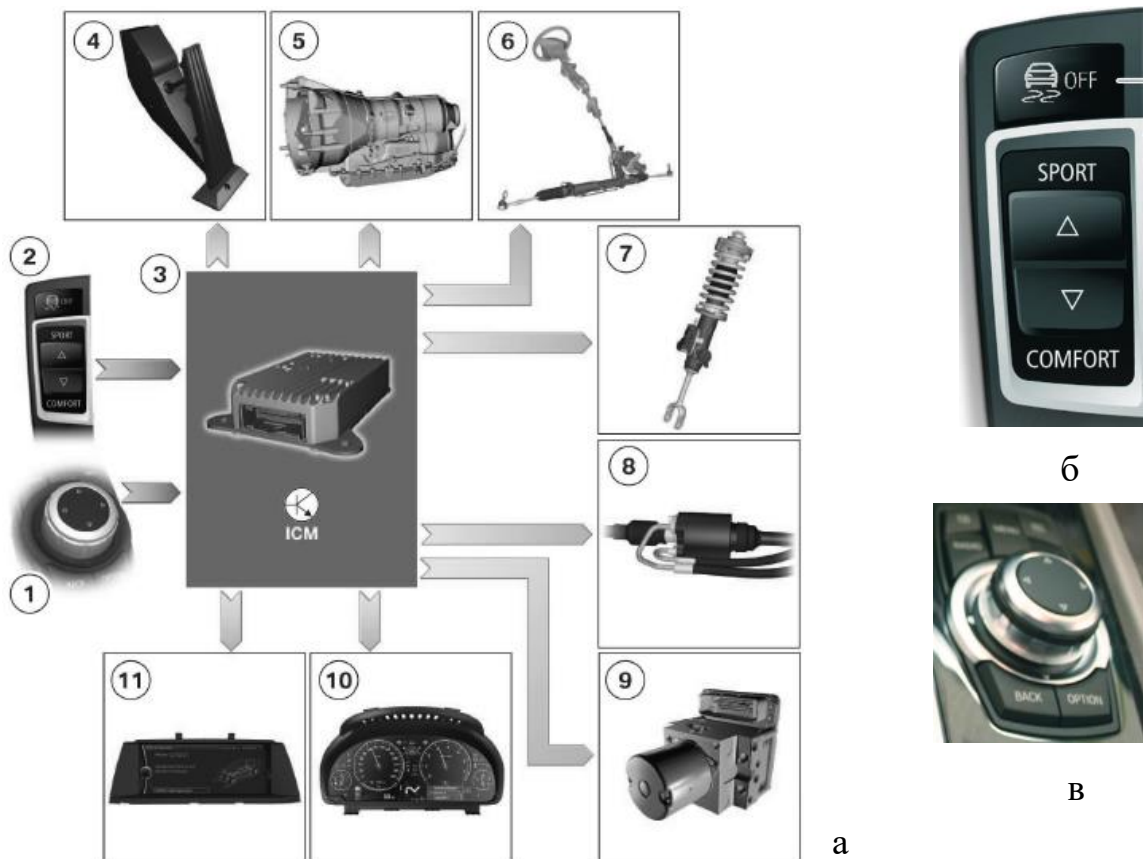


Рис. 9.15. Активізація функцій керування динамікою:

- 1 – джойстик контролера; 2 – перемикач режимів динаміки та клавіша DTC;
 3 – блок ICM; 4 – педаль акселератора; 5 – автоматична коробка передач;
 6 – кермо 7 – керування вертикальною динамікою з електронним регулюван-
 ням жорсткості амортизаторів; 8 – активна система стабілізації при крені;
 9 – система динамічної стійкості; 10 – комбінація приладів;
 11 – центральний інформаційний дисплей

Блок ICM приймає сигнали зовнішніх (виносних) датчиків різних базових систем (ABS, кермо, підвіска) та комбінованих датчиків DSC, які інтегровані в конструкцію блоку. Після обробки вхідних сигналів блок ICM формує командні сигнали для блоків (компільованих функцій) окремих мехатронних систем (DSC – динамічного контролю стабільності, AL – активного рульового керування, HSR – регулювання кутів повороту коліс заднього мосту, VDM – керування вертикальною динамікою. Іншими словами, програма ICM виступає менеджером або посередником між інформаційними сигналами та керуючими алгоритмами.

Центральна функція регулювання динаміки FDR у блоці ICM спочатку оцінює поточний режим руху та бажання водія. Далі враховується, які системи керування динамікою є в автомобілі, і прийма-

ється рішення про те, наскільки відчутним має бути їх вплив на динаміку автомобіля. Досконалі системи керування динамікою м'яко і майже непомітно починають втручатися вже тоді, коли лише намітилася тенденція, наприклад, до недостатньої поворотності. Координуючий пристрій стежить за тим, щоб при цьому, був задіяний найбільш придатний виконавчий пристрій. При одночасному залученні кількох виконавчих пристроїв, особлива увага приділяється тому, щоб їхнє втручання було гармонійним. Інтегрована система керування ходовою частиною виконує функції:

- допомоги водієві;
- регулювання динаміки та рульового керування (центральна);
- обробки та видачі сигналів зовнішніх датчиків;
- керування динамікою.

Основний датчик DSC у блоці керування ICM вимірює поздовжнє та поперечне прискорення, а також кутову швидкість рискання. Резервний датчик DSC – все теж, крім поздовжнього прискорення. Блок керування ICM розраховує поточний режим руху за означеними сигналами. Для оптимізації динаміки відповідним системам керування необхідно знати бажання водія. Воно параметрується сигналами:

- ступеня натискання педалі акселератора;
- ідентифікації передавального числа АКП;
- ступеня натискання педалі гальма;
- кута та інтенсивності повороту рульового колеса.

Всередині ICM одержувачем сигналів є центральна функція регулювання динаміки FDR. Зовнішніми отримувачами є блоки керування динамікою базових систем (по шині Flex Ray). Втручання систем регулювання FDR та керування FDC динамікою, націлене на покращення розгінної динаміки автомобіля та зчеплення його коліс з дорогою при збереженні стійкості автомобіля. Центральна функція регулювання динаміки FDR в ICM порівнює бажання водія з фактичним режимом руху автомобіля та визначає, чи потрібне втручання систем керування динамікою і якщо потрібно, то яке. Вихідним параметром, з яким працює центральна функція регулювання динаміки FDR, є кутова швидкість рискання (рис. 9.16).

Система ICM задіє системи керування динамікою ще до того, як згадані відхилення будуть виявлені, тобто раніше, ніж у динаміці автомобіля з'явиться хоч якась нестабільність. Це стало можливим завдяки новим алгоритмам, побудованих з використанням ШНМ.

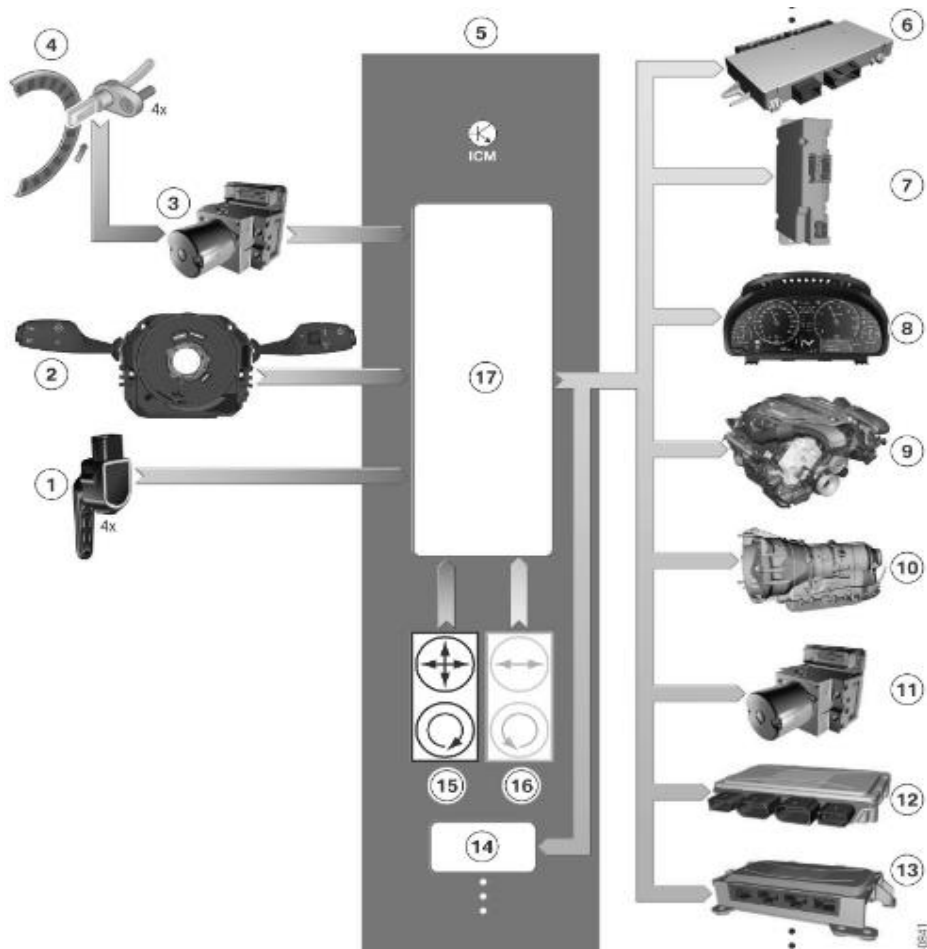


Рис. 9.16. Формування сигналів блоком ICM:

1 – датчики дорожнього просвіту; 2 – комутаційний центр у рульовій колонці з датчиком кута повороту рульового колеса; 3, 11 – система динамічного контролю за стабільністю; 4 – датчики кутової швидкості коліс; 5 – блок ICM; 6 – модуль у просторі для ніг; 7 – блок керування KAFAS; 8 – комбінація приладів; 9 – система керування двигуном; 10 – електронна система керування коробкою передач; 12 – блок керування AL; 13 – блок керування HSR; 14 – функції керування динамікою у блоці керування ICM; 15 – датчик DSC у блоці керування ICM; 16 – резервний датчик DSC у блоці керування ICM; 17 – функція обробки сигналів

Інтерфейс між ICM і системою динамічного контролю стабільності кореспондує сигнали зворотних зв'язків від виконавчих пристроїв (рис. 9.17).

В ICM можуть бути інтегровані дві функції допомоги водієві, що впливають на подовжню динаміку автомобіля:

- круїз-контроль з функцією гальмування (DCC);
- активний круїз-контроль ACC з функцією Stop & Go.

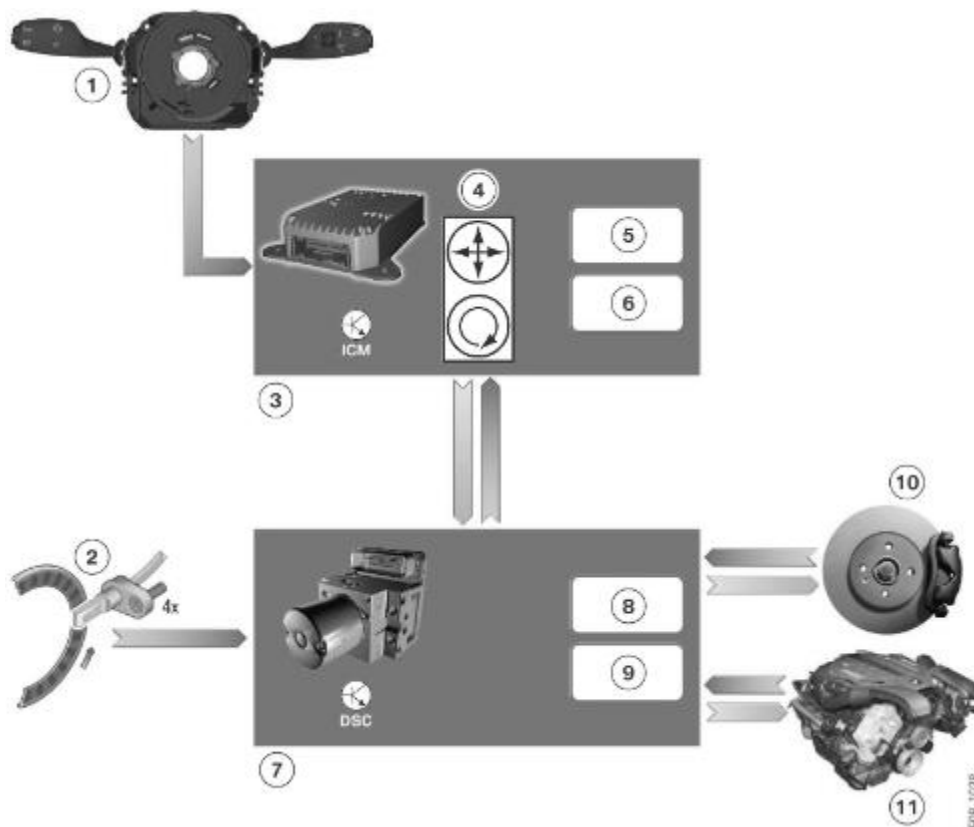


Рис. 9.17. Взаємодія ICM та DSC:

1 – комутаційний центр у рульовій колонці з датчиком кута повороту рульового колеса; 2 – датчики кутової швидкості коліс; 3 – вбудоване керування ходовою частиною; 4 – датчик DSC у блоці керування ICM; 5 – функція регулювання динаміки в ICM; 6 – функція координації виконавчих пристроїв; 7 – система динамічного контролю за стабільністю; 8 – функція регулювання динаміки в блоці керування DSC; 9 – функція активації виконавчих пристроїв; 10 – гальмівний механізм колеса; 11 – двигун та трансмісія

До складу ACC Stop & Go входить функція адаптивного гальмівного асистента, яка раніше реалізовувалася в блоці LDM, тепер втілена в блоці керування ICM [60] (рис. 9.18). Так саме, параметри для виконання функції DSC раніше розраховувалися системою динамічного контролю стабільності, тепер у блоці керування ICM.

Структура блоку керування ICM незалежно від комплектації автомобіля містить:

- два мікропроцесори;
- один контролер Flex Ray;
- вихідні каскади для активації клапанів рульового керування;
- вбудовані датчики параметрів динаміки DSC.

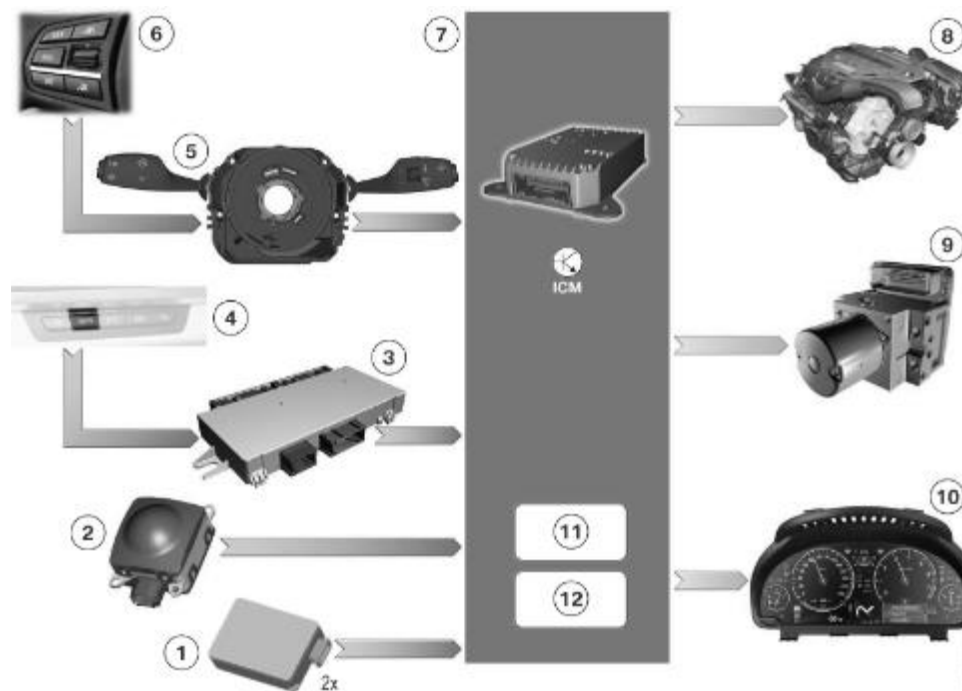


Рис. 9.18. Системи допомоги водієві, пов'язані з поздовжньою динамікою:
 1 – радар ближньої дії SRR; 2 – радар далекої дії LRR; 3 – модуль в просторі для ніг; 4 – панель керування функціями допомоги водієві; 5 – комутаційний центр у рульовій колонці; 6 – панель керування DCC або клавіші ACC Stop & Go на кермі; 7 – блок ICM; 8 – двигун та трансмісія; 9 – система динамічного контролю за стабільністю; 10 – комбінація приладів; 11 – функція DCC; 12 – функції ACC Stop & Go та адаптивний гальмівний асистент

Один мікропроцесор відповідає, насамперед, за розрахунок параметрів регулювання, організацію функціональних зв'язків та за активацію вихідних каскадів. Основне завдання другого процесора полягає у контролі важливих для безпеки функцій та їх відключення у разі несправності.

Для апаратної частини автомобільних систем комбінованої структури характерне застосування:

- комплекту ЕБК функціональних та комплексних систем різного призначення;
- комунікаційних засобів обміну даними між ними (інтерфейси зв'язку у структурі ЕБК, кабельні лінії шин даних, центральний міжмережевий перетворювач, адаптери підключення інформаційних ліній);
- мехатронних модулів (сателітів систем керування приводами склопідйомників, люка, дверних замків та ін.);
- комбінованих датчиків.

Використання нано-технологій в мехатронних пристроях дозволяє реалізувати комбіновані датчики мініатюрного та мікросхемного виконання [6, 18, 39, 61] (рис. 9.19).

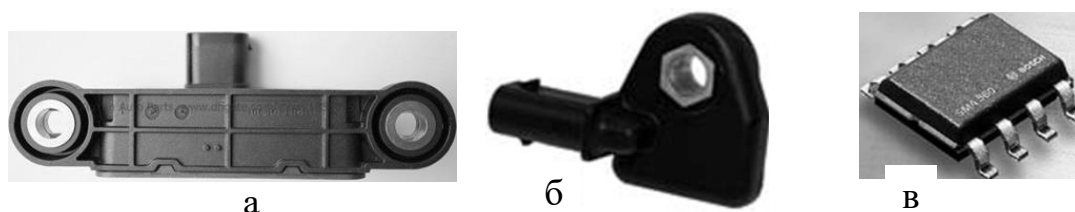


Рис. 9.19. Інтегральні комбіновані датчики автомобільних систем:
 а – датчик кутового прискорення; б – модуль SMI540; в – мікросхема SD787

Фірмою Bosch представлений комбінований сенсор модульного типу SMI, що об'єднує датчик бічного прискорення та датчик кутової швидкості рискання (рис. 9.19, б). Комбіновані датчики в мікросхемному виконанні типу SD, розроблені для автомобільних застосувань, об'єднують в одному корпусі одноосьовий гіроскоп і трьохосьовий акселерометр (рис. 9.19, в).

Мікросхемні датчики, на відміну від датчиків DSC корпусної конструкції, інтегруються безпосередньо в корпусі ЕБК (рис. 9.20).

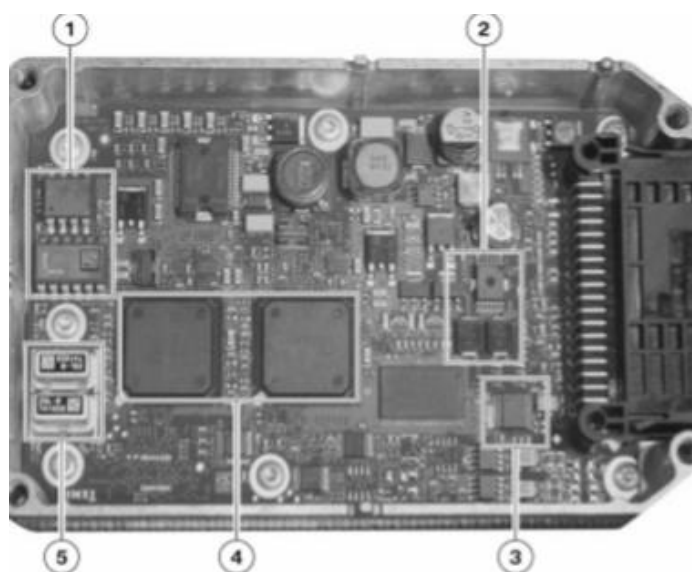


Рис. 9.20. Компонування елементів електронного блоку ІСМ:
 1 – датчики поздовжнього та поперечного прискорення; 2 – вихідні каскади клапанів сервотроніка; 3 – інтерфейс Flex Ray; 4 – два мікропроцесори;
 5 – датчики обертання автомобіля навколо вертикальної осі

Поєднання (інтегрування) системи керування динамікою (блоку ICM) з іншими системами (ЕБК) демонструє шинна структура автомобіля BMW F10 (рис. 9.21).

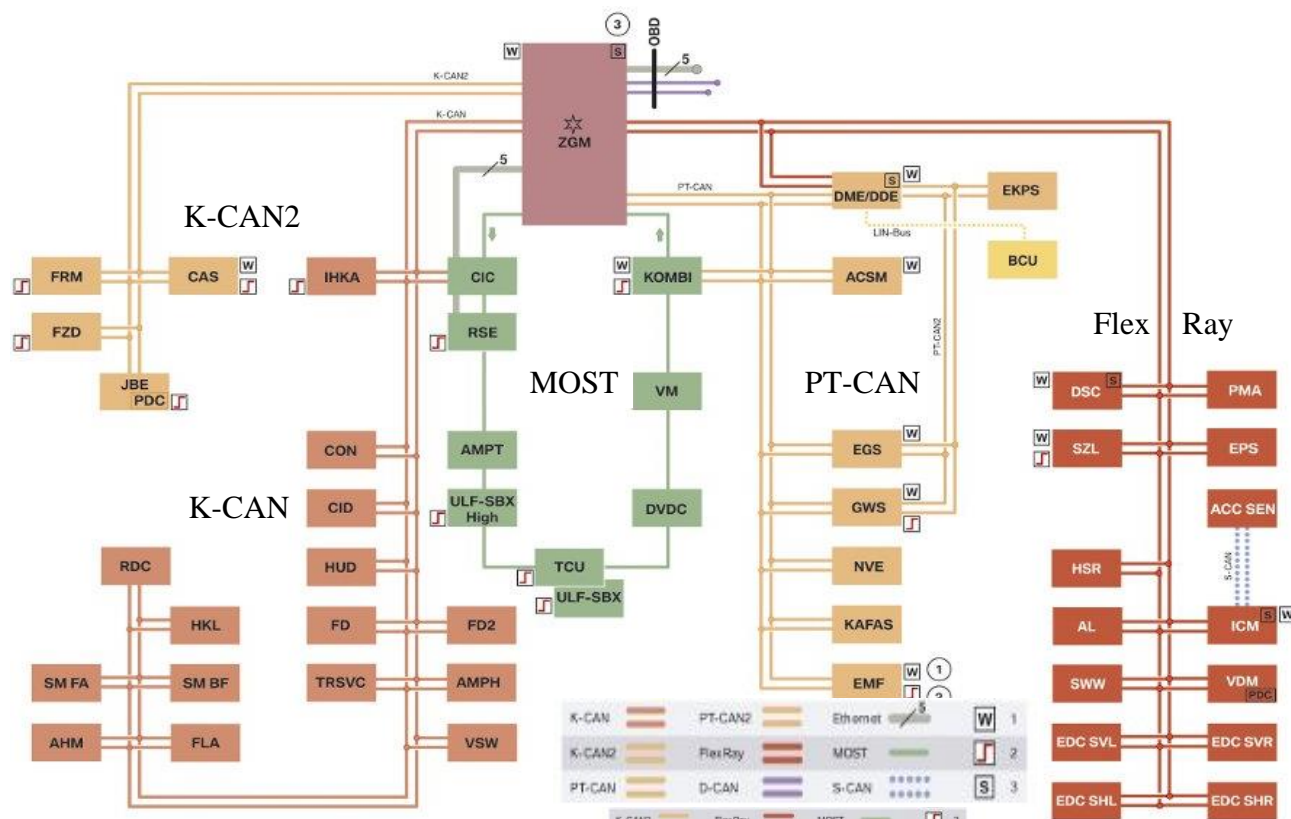


Рис. 9.21. Шинна структура комбінованої системи керування з ICM

На схемі позначено символами та номерами: 1 – блоки керування, що активуються; 2 – блоки керування, що активують систему шин; 3 – вузлові блоки керування запуском та синхронізацією шини Flex Ray. Перелік елементів шинної структури можна надати трьома групами – основні модулі, комунікаційні засоби обміну даними.

Основні модулі: ACSM – модуль безпеки під час зіткнення; AHM – модуль причепа; AL – активне кермо; BCU – зарядний блок для додаткової АКБ; CID – центральний інформаційний екран; CON – контролер; DDE/DME – цифрова система керування ДВЗ; DSC – система динамічного контролю стійкості; EDC SHL/SHR/SVL/SVR – сателіти електронної системи регулювання жорсткості амортизаторів; EGS – електронна система керування АКП; EKPS – ЕБК паливним насосом; EMF – електромеханічні стоянкові гальма; FLA – система керування далеким світлом фар; HSR – регулювання кута бокового відведення коліс задньої осі; ICM – інтегральна система ке-

рування ходовою частиною; КОМБІ – комбінація приладів; PDC – сигналізація аварійного зближення під час паркування; RDC – система контролю тиску у шинах; SWW – попередження про небезпеку при перебудові; SZL – комутаційний центр у рульовій колонці; TRSVC – ЕБК відеокамерами заднього виду та бокового вигляду; VDM – система керування вертикальною динамікою.

Комунікаційні засоби обміну даними: BSD – інтерфейс передачі послідовним двійковим кодом; D-CAN – діагностична шина CAN; Ethernet – кабельна система локальної інформаційної мережі; Flex Ray – шина систем керування ходовою частиною; K-Bus, K-CAN, K-CAN2 – кузовні шини CAN 2; LIN-Bus – шина; Local-CAN – локальна шина CAN; MOST – система передачі даних між медійними засобами; MOST port – пряме виведення шини; PT-CAN – шина CAN двигуна та трансмісії; PT-CAN2 – шина CAN 2 двигуна та трансмісії; OBD – роз'єм; ZGM – центральний міжмережевий перетворювач.

Інші засоби додаткових систем: KAFAS – система допомоги водієві на базі відеокамер; AMPH/T – підсилювачі Hi-Fi; CAS – система доступу до автомобіля; CIC – бортовий комп'ютер; DVD – DVD-чейнджер; FD, FD2 – задні дисплеї; FRM – модуль у просторі для ніг; FZD – функціональний центр у даху; GWS – перемикач передач; HKL – автоматичний привід кришки багажника; HUD – віртуальний екран; IHKA – вбудована автоматична система опалення та кондиціювання; JBE – електронний блок JBE; NVE – електронний блок нічного бачення; RSE – розважальна система у задній частині салону; SDARS – супутниковий радіо; SMBF – модуль сидіння переднього пасажира; SMFA – модуль сидіння водія; TCU – блок керування телематичними системами; ULF-SBX – універсальний зарядно-переговорний пристрій, інтерфейсний блок (Bluetooth-телефонія); VM – відео-модуль; VSW – відео-комутатор.

Контрольні запитання

1. Перелічить види шин даних, які використовуються на борту транспортного засобу.
2. Дайте загальну характеристику CAN-шин даних, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
3. Дайте загальну характеристику MOST-шин даних, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.

4. Дайте загальну характеристику локальних шин даних LIN, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
5. Дайте загальну характеристику шин даних Flex Ray, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
6. Дайте загальну характеристику шин даних Ethernet, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
7. Поясніть формат надання інформації по CAN-шинам даних.
8. Поясніть формат надання інформації по LIN-шинам даних.
9. Поясніть формат надання інформації по шинам даних Flex Ray.
10. Наведіть структуру мехатронного модуля локальної шини LIN.
11. Наведіть особливості апаратної структури комбінованих систем керування.
12. Визначить поняття мехатронної системи автомобіля комбінованої структури.
13. Перелічить функціональні системи, які утворюють комбіновані системи керування силовими агрегатами та пояснить їх взаємодію.
14. Перелічить функціональні системи, які утворюють комбіновані системи стабілізації курсу автомобіля та пояснить їх взаємодію.
15. Перелічить функціональні системи, які утворюють комбіновані системи динамічної стійкості автомобіля та пояснить їх взаємодію.
16. Які системи та підсистеми розглядаються у структурі інтегрованої системи керування ходовою частиною ІСМ?
17. Поясніть стратегію реалізації керуючих впливів в інтегрованій системі керування ходовою частиною ІСМ.
18. Назвіть способи реалізації керуючих впливів в системах стабілізації курсу.
19. Які датчики оригінального призначення та конструкції використовуються в системах динамічної стабілізації ходової частини автомобіля.
20. Назвіть способи реалізації керуючих впливів в системах динамічної стійкості.

10. СИСТЕМИ ДОПОМОГИ ВОДІЮ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ

10.1. Призначення та класифікація

У загальному сенсі системи допомоги водієві (СДВ) це системи, які допомагають водієві керувати автомобілем, знижуючи його стомлюваність, і сприяють безпеці руху в транспортних режимах (старт, розгін/уповільнення, маневрування, гальмування, паркування). Системи цієї групи впливають на засоби керування автомобілем і органи сприйняття водія.

З огляду на велику різноманітність додаткових систем забезпечення безпеки і підтримки роботи водія складно запропонувати одну послідовну і логічну систему їх класифікації. Одні системи жорстко пов'язані між собою в ієрархії керування, інші являють різні ступені розвитку однієї системи, а треті базуються на вузлах і компонентах інших систем, або є програмним розширенням наявних в них функцій [62 – 65]. Системи допомоги можна класифікувати за низкою загальних ознак (рис. 10.1).

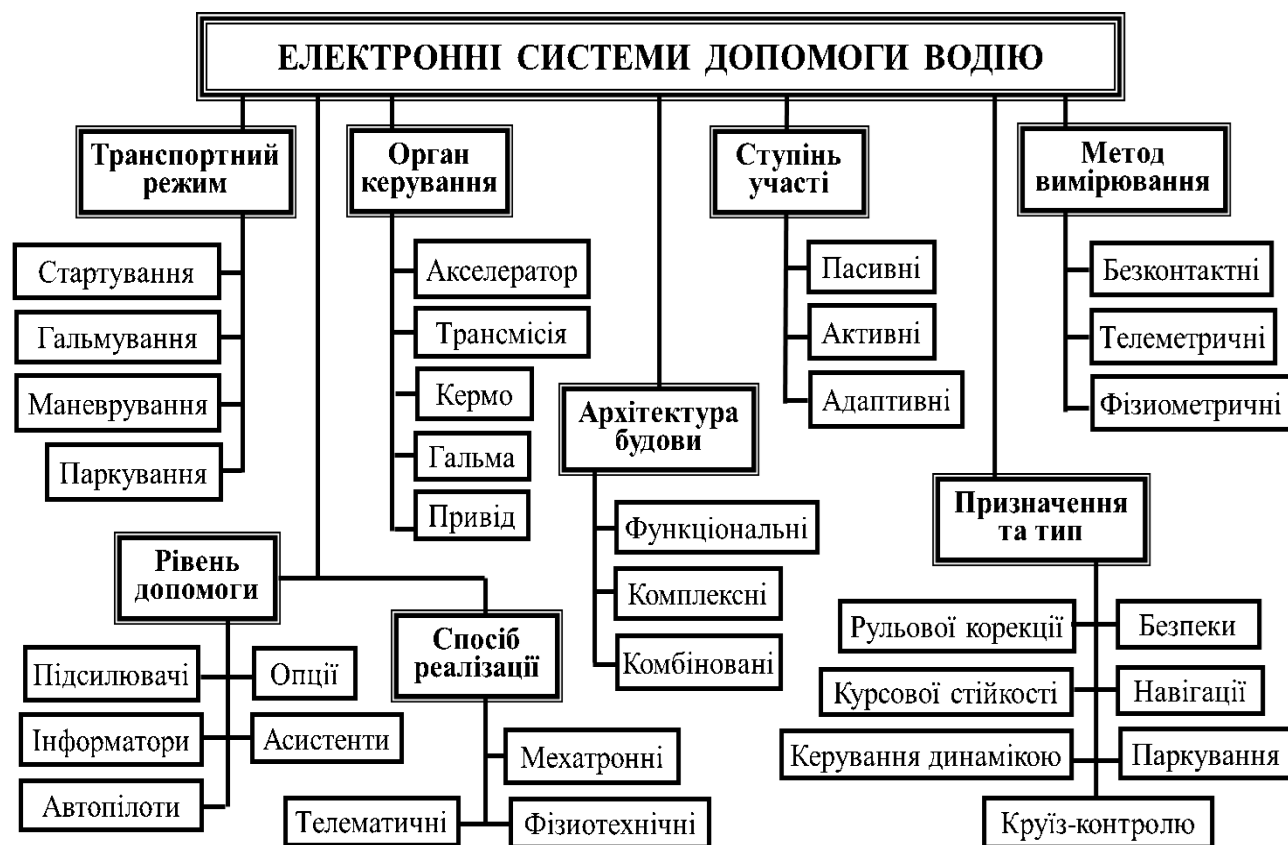


Рис. 10.1. Класифікаційна структура систем допомоги водію

Відповідно до такої класифікації можна віднести всі електронні системи автомобіля, що функціонують в напівавтоматичному режимі, де в контур керування включені керуючі дії водія. Крім того, деякі активні СДВ (автопілоти) припускають і автоматичний режим функціонування.

Класифікацію допоміжних систем керування динамікою руху автомобіля зручніше регламентувати за режимом руху, в якому вони активні: початок руху, рух, гальмування. На початку руху задіюються системи:

- блокування диференціала EDS (Elektronische Differenzial Sperre);
- антибуксувальна ASR (Antriebs Schlupf Regelung);
- гальмування двигуном M-ABS (Motoreingriff Antiblockier System);
- асистент рушання на підйомі ННС (Hill Hold Control);
- автоматичного включення гальма стоянки АНА (Auto-Hold);
- асистент рушання з місця DAA (Dynamische Anfahrasistent);
- асистент рушання на підйомі HSA (Hill Start Assistent);

Під час руху підключаються системи:

- адаптивний круїз-контроль ACC (Adaptive Cruise Control);
 - антибуксувальна ASR (Antriebs Schlupf Regelung);
 - курсової стійкості ESP (Elektronisches Stabilisierungs Programm);
 - підсушування гальм RBS (Rain Brake Support);
 - запобігання перекиданню ROP (Roll Over Programm);
 - стабілізації автопоїзда TSA (Trailer Stabilisation Assistent);
 - асистент руху на спуску HDC (Hill Descent Control);
 - асистент гальмування двигуном MSR (Motor Schleppmoment Regelung);
 - асистент рульової корекції DSR (Driver Steering Recommendation);
 - гальмування двигуном M-ABS;
- При гальмуванні вступають в дію системи:
- антиблокувальна ABS;
 - розподілу гальмівних зусиль EBV (Elektronische Bremskraft Verteilung);
 - стабілізації гальмування при повороті CBC (Corner Brake Control);
 - розширена антиблокувальна ABS-plus;

- система впливу на розвернення GMB (Giermo Ment Beeinflussung);
- система сповільнення задніх коліс HVV (Hinterachse Voll Verzögerung);
- підсилювач гальм HBV (Hydraulische Bremskraft Verstärkung);
- гідравлічний гальмівний асистент HBA (Hydraulischer Brems Assistent);
- підтримання курсової стійкості ESP;
- сканування простору перед автомобілем FSA (Front Scan Assist).
- підвищення ефективності гальм при нагріві FBS (Fading Brake Support).

З позицій організації зв'язків на борту автомобіля, ці ж системи можна класифікувати за ознакою архітектури побудови. В одну групу увійдуть додаткові системи, що керують тільки роботою гальм (функціональна структура), а в іншу – комбіновані системи, які використовують і керування двигуном і коробкою передач (рис. 10.2).

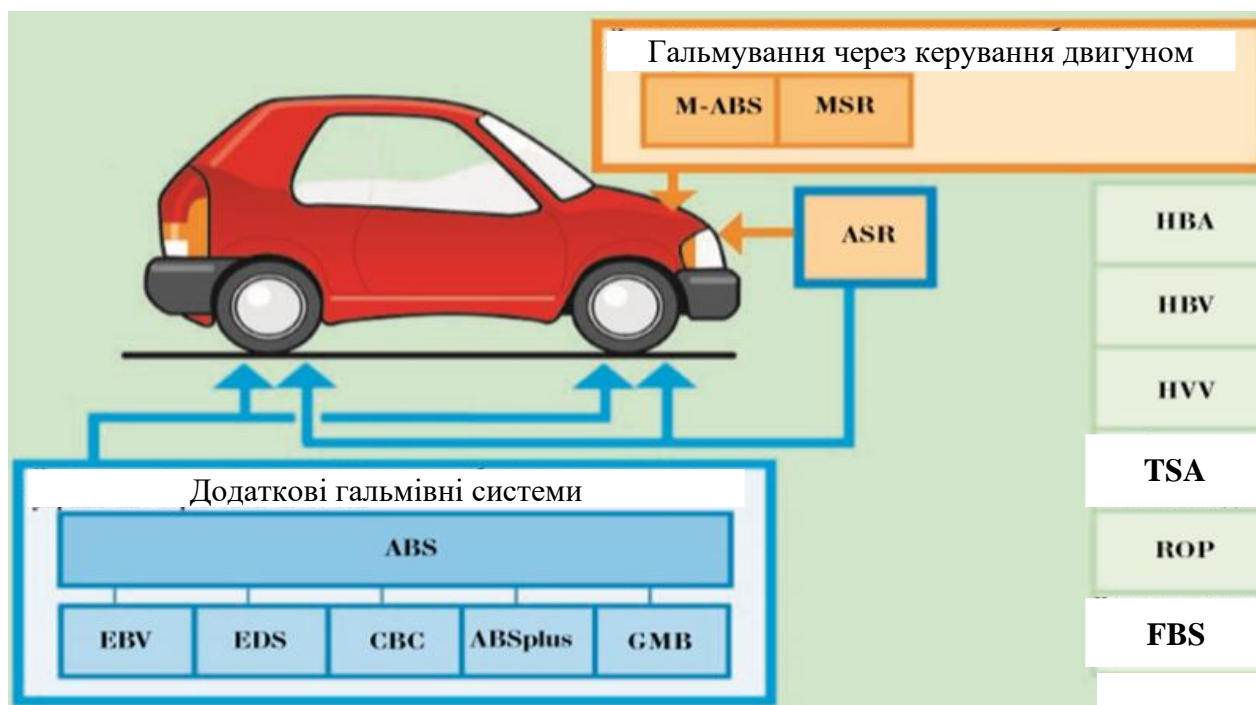


Рис. 10.2. Структура комбінованих систем допомоги водію

Всі системи контролю зчеплення з дорогою побудовані на базі антиблокувальної системи ABS. Системи EBV, EDS, CBC, ABS-plus і GMB є розширеннями системи ABS, або на рівні ПЗ, або з додаванням компонентів. Система ASR являє собою подальший розвиток системи

ABS. Крім активного керування гальмами вона дозволяє також керувати роботою двигуна. До систем гальмування, які працюють тільки за рахунок керування двигуном, відносяться системи М-ABS і MSR.

Якщо, в автомобілі встановлена система підтримки курсової стійкості ESP, то робота всіх систем контролю зчеплення з дорогою підпорядковується їй. При відключенні функції ESP, системи контролю зчеплення з дорогою продовжують свою роботу самостійно. Система ESP самостійно вносить корективи в динаміку автомобіля, коли електроніка фіксує відхилення фактичного руху автомобіля від бажаного. Таким чином, вона виконує функцію координуючого центру.

До переліку згаданих, слід додати системи і функції аналогічного призначення за ознакою типу і виробника:

- запобігання перекиданню ARP (Active Rollover Protection);
- адаптивного круїз-контролю ADR (Automatische Distanz Regelung);
- скорочення гальмівного шляху AWW (Anhalte Weg Verkürzung);
- електромеханічного гальма стоянки EPB (Elektrische Park Bremse) і EFB (Elektromechanische Feststelle Bremse);
- розширена антиблокувальна EABS (Erweitertes Anti-Blockier System);
- стабілізації гальмування при повороті ESBS (Erweitertes Stabilität Brems System);
- компенсації падіння ефективності гальм при нагріванні OB (Over Boost);
- впливу на розвертання GMA (Giermo Ment Aufbauverzögerung);
- асистент руху на спуску BFA (Bergab Fahr Assistent);
- асистент рушання на підйомі BFA (Bergan Fahr Assistent);
- підсушування гальм BSW (Brems Scheiben Trocknung);
- попередньої підготовки до гальмування RAB (Ready Alert Brake) і Prefill;
- функція стабілізації автопоїзда GSR (Gespann Stabilisiere Rung).

У більшості СДВ використовуються *безконтактні методи вимірювання* на базі датчиків неелектричних величин. У дистанційних системах, застосовуються *методи телеметрії*. У системах безпеки можна виділити пристрої та *системи пильності*, які, з одного боку, здатні оцінити фізіологічний стан водія (фізіометрія), з іншого – впливати на стан водія (фізіотехнічні системи).

Телематичні системи поєднують засоби телеметрії і автоматики. Ознакою таких систем на автомобілях є наявність радарів, відеокамер, тепловізорів, моніторів і телекомунікацій, що забезпечують периферійний огляд навколо автомобіля [66 – 69] (рис. 10.3).

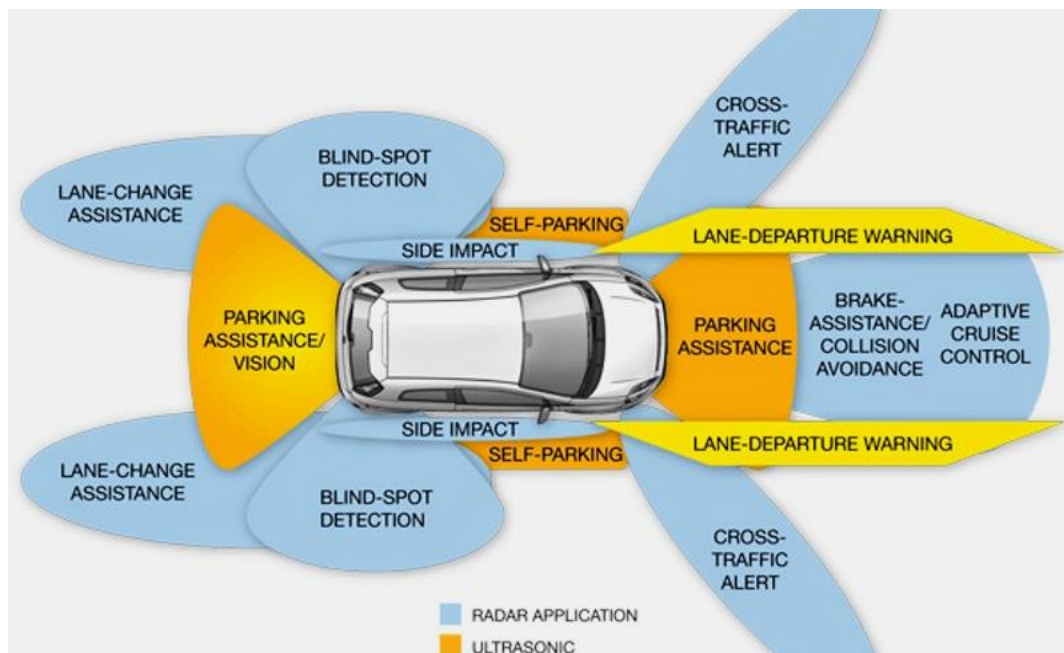


Рис. 10.3. Зони огляду телематичних систем автомобіля

На рисунку 10.3 позначені зони контролю систем, що використовують лазерну (Radar Application) і ультразвукову (Ultrasonic) телеметрію з метою безпеки і комфорту водіння:

- допомоги при зміні смуги LCA (Lane Change Assistance);
- асистент паркування PA (Parking Assistance);
- асистент гальмування BA (Brake Assistance);
- виявлення небезпеки в сліпих зонах BSD (Blind Spot Detection);
- адаптивного круїз-контролю ACC (Adaptive Cruise Control);
- уникнення зіткнення CA (Collision Avoidance).
- оповіщення про перехресний рух CTA (Cross Traffic Alert);
- виявлення бічної перешкоди SI (Side Impact);
- самостійної парковки SP (Self-Parking);
- паркувального огляду PV (Parking Vision);
- попередження про зміну смуги руху LDW (Lane Departure Warning);

До переліку перерахованих телематичних систем, слід додати системи аналогічного призначення:

- виявлення пішоходів PVD (Pedestrian Vehicle Detection);
- допомоги руху по смузі LKA (Lane Keeping Assistance);
- попередження про лобове зіткнення FCW (Forward Collision Warning);
- розпізнавання дорожніх знаків TSLR (Traffic Sign & Light Recognition);
- запобігання засинанню водія DDW (Drowsy Driving Warning);
- проекції на лобове скло HUD (Head-Up Display);
- навколишнього огляду SVM (Surround View Monitor).
- відео система допомоги водієві KAFAS (Kamerobazierende Fahrerrecas Assistance Systems).

Сучасні системи допомоги водієві, покликані підвищити безпеку керування автомобілем, об'єднані поняттям комплексу ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

Спосіб реалізації керуючих впливів СДВ відрізняється за об'єктом керування. У мехатронних і телематичних системах об'єктом керування виступає механічний агрегат, а в фізіотехнічних – людський організм. У якості керуючих впливів в фізіотехнічних системах розглядаються збудники органів чуття і сприйняття водія.

Рівень допомоги СДВ визначається ступенем їх автоматизації і способом реалізації. Перетворювачі зусилля (підсилювачі керма, педалі, куліси) функціонують в напівавтоматичному режимі. Опціональні системи являють програмні розширення основних функціональних систем або не штатні апаратні комплектації. Інформатори – пасивні СДВ, які можуть бути побудовані на базі традиційних засобів виміральної техніки (датчики, показчики, сигналізатори) або як телеметричні системи (радары, відеокамери, монітори).

Автопілот це активні телематичні СДВ, в яких реалізується автоматичний режим функціонування автотранспортним засобом на різному рівні керування [70, 71] (рис. 10.4).

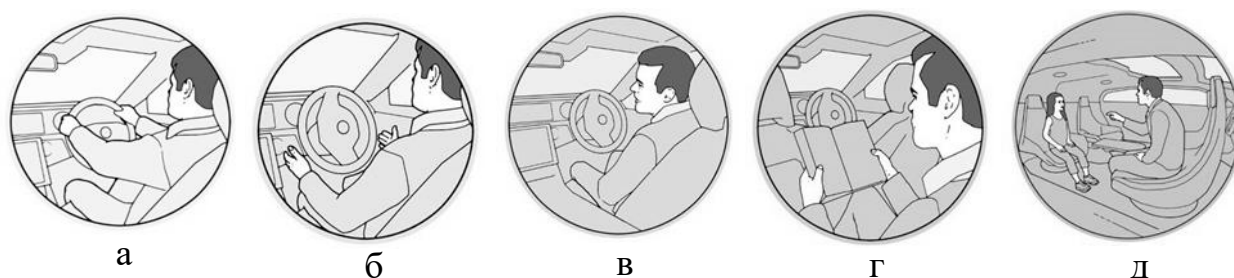


Рис. 10.4. Рівні системи автопілоту із заміщенням функцій водія:
 а – «без ніг»; б – «без рук»; в – «без очей»; г – «без уваги»; д – «без водія»

Автопілот першого рівня «без ніг» встановлено на автомобілях, що мають систему адаптивного круїз-контролю з функціями попередження виїзду зі смуги або допомоги при паркуванні. Автоматика не тільки повідомляє водія, а і втручається в керування, надаючи допомогу. Дані системи надають допомогу, але не позбавляють водія від необхідності керування. Автопілот другого рівня «без рук» контролюють поведінку машини, здійснюючи прискорення, гальмування і рульове керування. Автопілот третього рівня «без очей» в певних ситуаціях бере на себе повну відповідальність за керування машиною. По суті, це вже застосування не тільки радарів, камер і датчиків, а й штучного інтелекту. Однак, періодичний контроль людини все одно обов'язковий. Автопілот четвертого рівня «без уваги» передбачає самостійне пілотування машини на протяжних однорідних ділянках дороги (по трасі). У більш складних ситуаціях (місто, пробка) керування має переходити до людини. Автопілот п'ятого рівня «без водія» (проекти) теоретично припускають відсутність органів керування та участі людини в керуванні машиною (маршрутні таксі, кемпери, авто-човники). Підґрунтям для побудови повністю пілотованих автомобілів є телематичні системи навігації та моніторингу дорожньої ситуації.

Для прикладу, наведемо класифікаційний аналіз деяких систем пильності (клас безпеки).

Система BA Plus (тип системи) або *Distronic* (клас круїз-контролю) контролює відстань до автомобіля, що рухається попереду, за допомогою радарів (клас телеметрична). Якщо, відстань мала і існує небезпека зіткнення, проводиться візуальне і звукове попередження водія (клас пасивна фізіотехнічна). Якщо, водій гальмує недостатньо (клас гальмування) ефективно система догальмовує за нього (клас напівавтоматична). Якщо, водій не реагує на ситуацію, система гальмує в автоматичному режимі.

Система запобігання зіткненню BG (Braking Guard) може бути реалізована в автомобілі, оснащеному адаптивним (клас активна) круїз-контролем. Система запобігає зіткненню за допомогою візуальних і звукових сигналів (клас пасивна фізіотехнічна), а в критичній ситуації, – шляхом нагнітання тиску (напівавтоматична мехатронна) в гідропідсилювачі (клас перетворювач зусилля) гальмівної системи (клас гальмування).

Система запобігання сну за кермом (клас пильності) будує свою

роботу на розрізненні стилів водіння. У водія, який засинає спостерігається відсутність активності кілька секунд, потім раптовий різкий поворот вправо або вліво. Бортовий комп'ютер постійно контролює дії водія і якщо стиль водіння порушується, видається попереджувальний сигнал і проводиться вібрація сидіння (клас пасивна фізіотехнічна).

10.2. Програмні опції асистентів руху

Функції або системи підтримки водія (асистенти) призначені для допомоги водієві при виконанні певних маневрів або у певних ситуаціях. Таким чином, вони підвищують зручність керування автомобілем та безпеку його руху. Такі системи, на відзнаку від систем екстреної дії, втручаються в керування не тільки під час критичних ситуацій, а включені постійно і можуть за бажання бути відключені.

Асистент руху на спуску HDC (Hill Descent Control) допомагає водієві при русі по гірських дорогах [18, 72]. Сила скочування діє на автомобіль постійно, незалежно від швидкості автомобіля. Внаслідок цього, автомобіль, який скочується по похилій площині, буде весь час прискорюватися. Асистент HDC задіється при виконанні певних умов, що характеризують скочування: швидкість руху менше 20 км/год; ухил перевищує 20 градусів; двигун працює; педалі газу та гальма не натиснуті. Якщо, ці умови виконані і дані свідчать про збільшення швидкості скочування автомобіля (ДППА, ДЧО, ДК), система починає підгальмовувати, підтримуючи обмежене значення швидкості руху. При цьому, задіється гідравлічний блок системи ESP у циклічному режимі. Розглянемо алгоритм функціонування системи асистента HDC по каналу керування переднім лівим колесом (рис. 9.12).

Швидкість автомобіля, яка підтримується залежить від швидкості, з якої було розпочато рух на спуску, і включеної передачі. Асистент включає насос зворотної подачі тиску 6. При цьому, клапан високого тиску 26 і впускний клапан 9 відкриваються, а випускний 10 і перемикаючий 25 клапани закриваються. У гальмівному циліндрі коліс 17 створюється гальмівний тиск, і автомобіль сповільнюється (рис. 9.12, а). Коли швидкість автомобіля знизиться до зазначеного рівня, асистент припиняє гальмування коліс і знову знижує тиск в гальмівній системі (рис. 9.12, б). Якщо, після цього швидкість відновлюється, асистент ідентифікує ситуацію прискорення руху автомобіля по спуску і знову активізує підгальмовування.

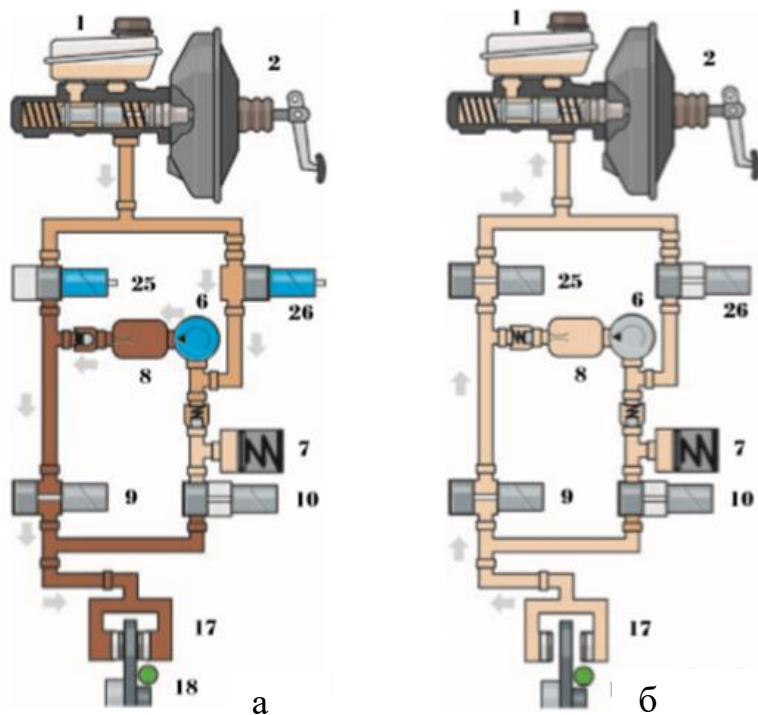


Рис. 9.12. Функціонування системи НДС:
а – гальмування; б – відпускання

Асистент рушання на підйомі ННС (Hill Hold Control) також базується на системі ESP. Блок датчиків ESP доповнюється датчиком позовжнього прискорення, що розпізнає стан автомобіля. Асистент ННС включається коли: автомобіль нерухомий; величина підйому перевищує певний ухил; двері водія зачинені; двигун працює; увімкнено ножні гальма стоянки. При цьому, асистент ННС працює завжди в напрямку рушання вгору, у тому числі заднім ходом. Асистент при рушанні сповільнює зменшення гальмівного тиску у гідравлічній системі, запобігає скочуванню автомобіля назад, поки сила тяги ще недостатня для компенсації сили скочування. Роботу асистента рушання на підйомі можна поділити на 4 фази [73].

На першій фазі створюється гальмівний тиск. Водій зупиняє або утримує автомобіль натисканням педалі гальма (рис. 9.13, а). Перемикаючий клапан 25 відкритий, клапан високого тиску 26 закритий. Впускний клапан 9 відкритий, випускний клапан 10 закритий, в гальмовому циліндрі створюється необхідний тиск.

На другій фазі гальмівний тиск підтримується, автомобіль нерухомий. Водій переносить ногу з педалі гальма на педаль акселератора.

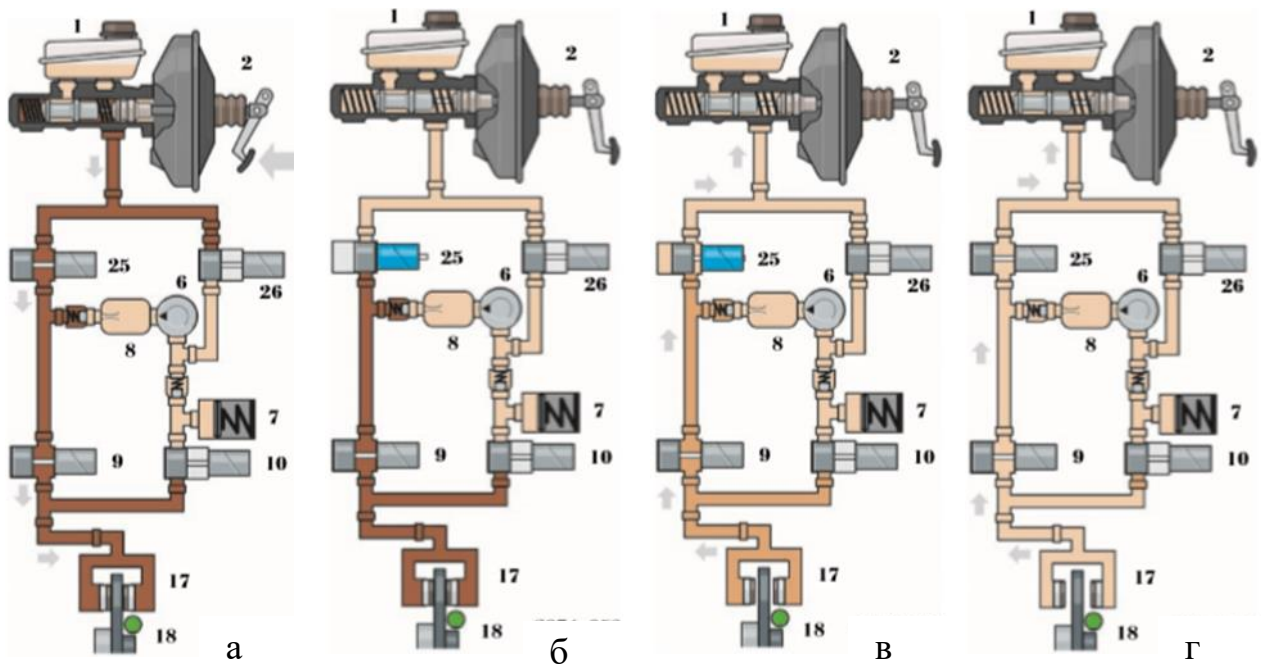


Рис. 9.13. Фази функціонування системи ННС:
а – перша; б – друга; в – третя; г – четверта

Асистент, протягом двох секунд зберігає гальмівний тиск на тому ж рівні, щоб запобігти скочуванню автомобіля, педаль гальма більше не натиснута. Клапан перемикання 25 закривається, у гідравлічних контурах коліс утримується гальмівний тиск (рис. 9.13, б).

На третій фазі відбувається дозоване зменшення гальмівного тиску, автомобіль все ще нерухомий. Водій натискає педаль акселератора. У міру того, як водій збільшує передаваний до коліс крутний момент, асистент зменшує гальмівний момент таким чином, щоб автомобіль не скочувався назад, і при тому не заважав подальшому прискоренню в напрямку руху на підйом. Впускний клапан 9 відкритий, перемикаючий клапан 25 дозовано відкривається і забезпечує поступове зниження тиску (рис. 9.13, в).

На четвертій фазі гальмівний тиск скидається, момент тяги достатній для рушання і подальшого прискорення автомобіля. Асистент зменшує гальмівний тиск до нуля і автомобіль рушає. Клапан перемикання 25, при цьому, повністю відкритий, тиск у гальмівних контурах відсутній (рис. 9.13, г).

Динамічний асистент рушання DAA (Dynamischer Anfahr Assistent), призначений для автомобілів з електромеханічними стоянковими гальмами, спрощує рушання при включеному гальмі стоянки і

рушання на підйомі. Функція асистента є програмним розширенням (опцією системи ЕРВ).

При зупинках на світлофорі включення гальма стоянки скасовує необхідність постійно тримати педаль гальма натиснутою. При рушанні на підйомі у водія відпадає необхідність відпускати гальма стоянки. Гальма стоянки автоматично вимикається тільки тоді, коли тяговий момент автомобіля перевищує розраховану ЕБК силу скочування. Система функціонує так. Автомобіль нерухомир, ЕРВ включено. Водій вирішує рушати, включає 1-шу передачу, і натискає педаль акселератора. При цьому, перевіряються дані:

- кут нахилу автомобіля (ДПП);
- крутний момент ДВЗ (ДПДЗ, ДЧО);
- положення педалі акселератора (ДППА);
- положення педалі зчеплення (або важеля включеної передачі);
- бажаний напрямок руху (положення важеля включеної передачі або вимикача ліхтарів заднього ходу).

На підставі цих даних блок керування ЕРВ обчислює діючу на автомобіль силу скочування і оптимальний момент відключення ЕРВ, так щоб автомобіль міг рушити без скочування назад. Динамічний асистент рушання виконує свої функції, не задіяючи, при цьому, гідравлічні гальмівні механізми, він усього лише використовує інформацію, що надається датчиками системи ESP.

Асистент рульової корекції DSR (Driver-Steering Rekommandation), є додатковою функцією ESP, що забезпечує стабілізацію автомобіля в критичній ситуації (при гальмуванні на дорожньому покритті з нерівномірним зчепленням або при різкому поперечному маневрі). На автомобілі з DSR підсилювач рульового керування створює на рульовому колесі зусилля, які «підказують» водієві, коли, куди і на скільки потрібно його повернути. При цьому, фіксується різниця гальмівних тисків окремих коліс. Далі, за допомогою систем контролю зчеплення з дорогою, збираються дані, на підставі яких, асистент розраховує додатковий момент, який повинен спричинити підсилювач керма.

10.3. Характеристика компонентів телематичних систем

Телематичні системи поєднують засоби телеметрії і автоматики. В телеметричних системах можуть використовуватися різні діапазони

коливань робочого середовища: звукові коливання; радіохвильові спектри; світлове випромінювання. У телеметричних системах допомоги водієві застосовуються приймально-передавальні пристрої (компоненти), що одержали назви: ультразвукові датчики-радары; інфрачервоні лідари і тепловізори; автомобільні відеокамери [74, 75].

Ультразвуковим датчиком-радаром називається сенсорний пристрій, що перетворює електричну енергію в ультразвукові хвилі (механічні вібрації з частотою понад 20 кГц) і навпаки. Принцип роботи ультразвукового датчика схожий на радар і визначає, чи існують цілі (об'єкти) на основі інтерпретації відбитого від них сигналу. Вважаючи швидкість звуку постійною, визначається відстань до об'єкту, яка відповідає інтервалу часу між відправкою сигналу й надходженням його відлуння.

Ультразвуковий датчик має ряд обмежень, що визначають область застосування даного пристрою. Серед них виражена спрямованість сигналів, невелика дальність дії, невисока швидкість поширення хвиль. Основна перевага ультразвукових датчиків це порівняно низька ціна. В автомобілях ультразвукові датчики використовуються в різних паркувальних системах. Ультразвукові датчики зі збільшеною дальністю дії застосовуються в системах допомоги при перестроюванні для контролю «сліпих» зон [76].

Основа ультразвукового датчика складає перетворювач, який поєднує активний елемент і діафрагму. Перетворювач працює як передавач і як приймач. Активний елемент генерує короткий імпульс і приймає його відлуння від перешкоди. Він виготовляється з п'єзоелектричного матеріалу. Алюмінієва діафрагма є контактною поверхнею датчика і визначає його акустичні характеристики. Перетворювач має пружну підставу, що поглинає вібрації. Всі елементи ультразвукового датчика поміщені в пластмасовий корпус з роз'ємом для підключення (рис. 10.5).

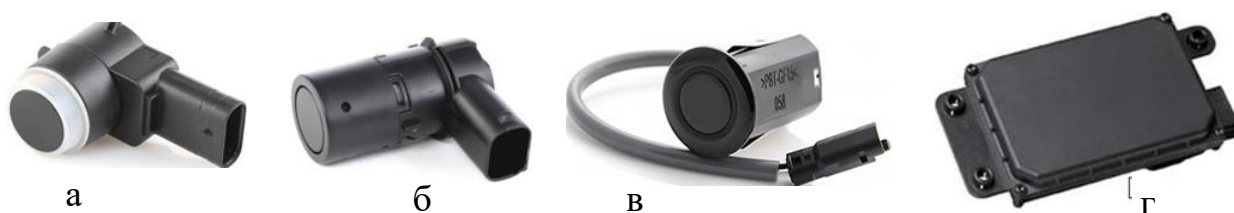


Рис. 10.5. Конструкції ультразвукових датчиків:
а, б, в – спрямованої дії; г – електронно-скануючий радар ESR Delphi

Основними технічними характеристиками ультразвукового датчика є дальність виявлення перешкоди, частота сигналу, швидкодія (швидкість визначення перешкоди). Сучасні паркувальні датчики мають дальність виявлення до 4,5 м, частоту сигналу 40 кГц і швидкодію близько 0,1 с.

Незважаючи на незаперечні переваги, ультразвуковий датчик парковки має серйозні функціональні обмеження. Працездатність датчика і відповідно точність показань знижуються в поганих погодних умовах і при забрудненні. Сенсор може пропустити дрібні предмети і поверхні, що мають низьку відбивну здатність. Датчик може невірно працювати при русі автомобіля по крутому схилу, коли поверхня землі сприймається як перешкода. Помилки в показаннях спостерігаються при зустрічі з гладкою похилою поверхнею.

Розширення області зору ультразвукового радара можна отримати двома способами – механічним або електронним скануванням. Перший спосіб має обмеження по точності вимірювань і надійності, пов'язані з експлуатаційними чинниками. Перспективним є спосіб – застосування технології електронно-скануючого радара (рис. 10.5, г).

Крім загальних переваг електронного сканування в порівнянні з механічним, Delphi ESR характеризується широкою областю огляду на середній і далекій відстані, а також забезпечує два вимірювальних режими одночасно. На середній відстані, ESR ідентифікує автомобілі і пішоходів, а на далекій – забезпечує точне детектування діапазону і даних швидкості з дискримінацією до 64 цілей на шляху автомобіля.

Для підвищення чутливості і точності вимірювань на далеких дистанціях розроблені радари з інфрачервоним (лазерним) діапазоном випромінювання (довжина хвилі 800 нм). Такі радари отримали назву лідари *LIDAR* (Light Detection And Ranging) [77, 78]. У лідара на лазерний діод подаються короткі імпульси струму, що збуджують випромінювання через спеціальну програму. Відбитий сигнал приймається оптикою з урахуванням напрямку і подається на фотодіод для подальшої обробки в ЕБК. Прийнятий сигнал дискредитується в АЦП на частоті 50 МГц. Для визначення положення об'єктів, щодо автомобіля, і формування сектора огляду використовується скануючий механізм в випромінюючій і приймаючій оптиці. Зазвичай, це рухливі дзеркала або обертові ширми.

У США, Японії і Європейському співтоваристві у якості датчиків відстані й відносної швидкості використовуються *радары міліметрового діапазону*, що працюють на частоті 77 ГГц. До того моменту, коли відбитий від перешкоди сигнал повернеться до приймача, частота випромінювача зміниться. Відстань до перешкоди визначається за частотою биття для сигналів випромінювання і відображення. За ефектом Доплера визначається швидкість руху автомобіля.

Лідари отримують слабший відбитий сигнал в порівнянні з міліметровими радарями. Вимірювання ефекту Доплера для лідарів на практиці не реалізується. Лідар вимірює тільки відстань до об'єкта, диференціюючи яке, контролер обчислює відносну швидкість. Радари в міліметровому діапазоні дозволяють вимірювати і відстань, і відносну швидкість, але їх роздільна здатність залежить від діаметра випромінювача.

Наступним кроком розвитку радарних систем стало застосування комбінації радарних пристроїв з інтегрованим пристроєм обробки сигналів (*чипсетів*). Такий чипсет від Freescale являє радар з частотним діапазоном 77 ГГц. З його допомогою забезпечується функціональність моніторингу оточення навколо автомобіля в дальньому і середньому діапазонах огляду [78].

Відеокамери широко використовуються в різних системах сучасного автомобіля. Основна область застосування автомобільних відеокамер це системи активної безпеки: автоматичного екстреного гальмування, допомоги руху по смузі, нічного бачення, розпізнавання дорожніх знаків, аварійного рульового керування, виявлення пішоходів, кругового огляду, оптичного паркування (рис. 10.6).



Рис. 10.6. Автомобільні відеокамери:
а – відеореєстратора; б – системи допомоги; в – загального застосування;
г – кругового огляду

Залежно від призначення системи, сигнал відеокамери служить для створення зображення або його подальшої обробки. У сучасних системах ЕБК обробляє зображення та формує попереджувальні сигнали водієві та керуючі сигнали на виконавчі пристрої систем.

Кількість і місця установки відеокамер визначаються конкретною системою. Найпоширеніше місце відеокамери – спереду, за салонним дзеркалом заднього виду (рис. 10.7).



Рис. 10.7. Компонування елементів відіосистем:
а, б – з камерою у внутрішньому дзеркалі заднього виду;
в – з автономною камерою

Кольорові відеокамери застосовуються там, де кольорове зображення має принципове значення, а саме в системі розпізнавання дорожніх знаків, оптичної паркувальної системі.

Основу цифрової відеокамери становить датчик зображення, який являє собою інтегральну мікросхему (матрицю). Матриця складається з масиву світлочутливих елементів (пікселів). Кількість пікселів в матриці визначає якість зображення. Розрізняють два типи матриць і відповідно два типи відеокамер – CCD (Charged Coupled Device) і CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor). Матриці перших складаються з набору фотодіодів (пікселів), які опитуються послідовно. CCD-матриця забезпечує високу якість зображення, але вимагає значних витрат потужності. У CMOS-матрицях забезпечується одночасне (паралельне) зчитування даних всіх пікселів, що значно підвищує її швидкодію, знижує енергоспоживання, зменшує розміри.

Компонування радарів і відеокамер в одному модулі дозволяє отримати універсальний блок для будови систем повного огляду навколо автомобіля. Одним із прикладів є нова радарна концепція від

TRW, що являє собою сімейство вузько-смугових масштабованих радарів, які допускають детектування в секторі 360 град. і реалізацію багатьох функцій безпеки.

Радарні датчики можуть бути також інтегровані з системами екстреного гальмування і системами електричного рульового керування (для допомоги в пробках). Останні розробки Delphi дозволяють поєднати безліч систем безпеки за допомогою одного інтегрованого модуля (радару і камери) зі злиттям даних, що дозволяє знизити системну ціну [78] (рис. 10.8, а).



Рис. 10.8. Радарні концепції:

а – інтегрований модуль Delphi RACam; б – стерео-камера від Continental

З метою підвищення роздільної здатності відеокамер розроблені стереосистеми огляду скомпоновані в один конструктив (рис. 10.8, б). *Стерео-камера* здатна розрізняти зображення в межах одного кадру, а також стаціонарні і рухомі перешкоди. Камера дозволяє використовувати вхідні дані для визначення розміру перешкоди і відстані до неї, що не може бути отримано за допомогою монокамерних вимірювачів.

Для допомоги водієві в темний час доби застосовуються *технології теплового зору*. На сьогоднішній день, в автомобільних тепловізорах використовується спеціальна матриця, яка реагує на тепло, що виділяється будь-яким об'єктом. На відміну від перших моделей тепловізорів, такі камери не бояться засвічення і їм не потрібне світло в принципі. Зображення на екрані повністю сформовано на основі тепла, що виділяється об'єктом. Найбільш важливими параметрами у тепловізорів є: частота оновлення кадрів і розмір об'єктива.

Знаходять застосування пасивні і активні *системи нічного бачення*. Системи ANVA (Audi Night Vision Assistant) відрізняються освітленням виявлених пішоходів і організацією засобів відображення інформації (рис. 10.9).



Рис. 10.9. Засоби відображення асистентів нічного бачення:
 а – теплова камера з захисним кожухом; б – монітор; в – комунікаційні кабелі;
 г – компоновка монітора; д – застосування проєкційного дисплею

Система сканує область перед автомобілем за допомогою теплової камери і висвічує пішоходів на відстані до 90 м. Якщо, система визначає, що є ризик зіткнення автомобіля і виявленого пішохода, то колір освітлення стає червоним і видається сигнал застереження. Аналогічна функція підсвічування пішоходів з інфрачервоною камерою дальнього огляду (до 300 м) реалізована в системах нічного бачення BMW Night Vision та інших виробників [79]. Сучасні автомобільні тепловізори бачать на відстані до 400 м. В останніх моделях встановлені так звані DSP модулі, які можуть виділяти людей, тварин і автомобілі. Інформація про режим руху і дорожню ситуацію може відображатися на лобовому склі за допомогою *проєкційних дисплеїв* [80].

10.4. Особливості структури паркувальних систем і систем круїз-контролю

Паркувальна система є допоміжною системою безпеки автомобіля, що полегшує процес його паркування. Особливістю структури паркувальних систем є застосування засобів телеметрії для контролю дистанції до припони позаду автомобіля. Найбільша ефективність від застосування паркувальної системи реалізується під час руху автомобіля заднім ходом, у темний час доби, при сильному тонуванні скла, а також в умовах обмеженого простору паркування.

Паркувальні системи можна умовно розділити на дві групи – пасивні та активні. *Пасивні паркувальні системи* надають лише необхідну для паркування інформацію, при цьому, керування автомобілем здійснюється водієм. *Активні системи паркування* забезпечують паркування автомобіля в автоматичному або напівавтоматичному режимі [18, 75]. Пасивні паркувальні системи різних виробників отримали відповідні назви:

- Parktronic System, PTS на автомобілях Audi;
- Parking Distance Control, PDC на автомобілях BMW;
- Acoustic Parking System, APS на автомобілях Audi;
- Park Assistant на автомобілях Opel;
- Optical Parking System, OPS на автомобілях Audi.

Пасивні паркувальні системи встановлюються на автомобіль при покупці як опція або окремо. На один автомобіль може бути встановлено кілька пасивних систем паркування. В основу роботи пасивних паркувальних систем покладено контроль відстані до перешкоди та інформування водія про це.

Парктронік (Parktronic) стало загальною назвою більшості пасивних паркувальних систем, які встановлюються на автомобілі. Конструктивно Parktronic включає датчики паркування, ЕБК та пристрій індикації.

Як датчики паркування використовуються ультразвукові датчики-радары. Зазвичай встановлюється від 4 до 8 датчиків паркування, у тому числі 4 задніх датчика і, за необхідності, 2 – 4 передніх датчика. Датчики встановлюються, як правило, у передньому та задньому бамперах автомобіля.

Датчик посилає сигнал ультразвукової частоти (порядку 40 кГц) та приймає його відображення від перешкоди. Чим менший час повернення сигналу, тим ближче перешкода. Ефективна робота датчика паркування складає відстані 0,25 – 1,8 м від перешкоди. Електричні сигнали від датчиків надходять до ЕБК. Залежно від значення сигналів, ЕБК формує інформацію для пристрою індикації. Пристрій індикації використовується для відображення інформації про наближення до перешкоди та попередження водія про небезпеку. У пристроях застосовують звукову, світлову, цифрову, або оптичну індикацію.

Робота звукового індикаторного пристрою характеризується подачею звукових сигналів з певною частотою залежно від відстані до перешкоди (переривчастого до безперервного сигналу). У пристроях,

обладнаних світловою індикацією, використовується світлова шкала, реалізована за допомогою світлодіодів різного кольору. Залежно від відстані до перешкоди змінюється колір від зеленого до червоного.

Пристрій цифрової індикації показує фактичну відстань до перешкоди. Зазвичай цифрова індикація поєднана зі світловою індикацією. Оптична індикація передбачає наявність рідкокристалічного дисплея, на який виводиться цифрова та колірною інформація, а також схематичне зображення автомобіля. З метою покращення заднього огляду та полегшення руху і пакування заднім ходом, в автомобілях може встановлюватися камера заднього виду. Відеокамера знімає те, що відбувається за автомобілем, і передає на інформаційний дисплей. Крім цього, на інформаційний дисплей може виводитися рекомендований напрямок руху (рис. 10.10).



Рис. 10.10. Комплектація системи Parktronic:

а – з дискретними компонентами; б – інтегрована в дзеркало заднього виду

Камера заднього виду є одним із елементів системи кругового огляду. Увімкнення камери здійснюється при увімкненні передачі заднього ходу. По суті, камера заднього виду є різновидом пасивної паркувальної системи. Наступним поколінням розвитку паркувальних систем є активні паркувальні системи.

Різні системи автоматичного паркування допомагають при виконанні паралельного або перпендикулярного паркування. Найбільш поширені системи з паралельним паркуванням. Автоматичне паркування здійснюється за рахунок узгодженого керування кутом повороту рульового колеса та швидкості руху автомобіля. Відомими інтелектуальними системами допомоги під час паркування є:

- Park Assist на автомобілях Volkswagen;

- Park Assist Vision на автомобілях Volkswagen;
- Intelligent Parking Assist System на автомобілях Toyota, Lexus;
- Remote Park Assist System на автомобілях BMW;
- Active Park Assist на автомобілях Mercedes-Benz, Ford;
- Advanced Park Assist на автомобілях Opel.

В інтелектуальній системі допомоги при паркуванні використовуються ультразвукові датчики, аналогічні пасивній системі паркування, але які мають більшу дальність дії (до 4,5 м). Кількість датчиків залежно від різновиду системи відрізняється. Наприклад у системі Park Assist останнього покоління встановлюється 12 ультразвукових датчиків: 4 – попереду, 4 з заду та 4 з боків автомобіля. Включення системи здійснюється примусово.

Електронний блок керування приймає інформацію від ультразвукових датчиків і перетворює їх у керуючі сигнали для виконавчих пристроїв систем керування автомобілем: курсовою стійкістю, ДВЗ, електропідсилювачем рульового керування, АКП. Взаємодія із зазначеними системами здійснюється через інформаційні шини. Роботу системи автоматичного паркування умовно можна розділити на два етапи – пошук потрібного місця на парковці і виконання паркування.

Пошук місця на парковці проводиться за допомогою ультразвукових датчиків. Наприклад, у конструкції системи Park Assist для цієї мети передбачено чотири бічні ультразвукові датчики – по два з кожного боку автомобіля. При русі автомобіля вздовж ряду паркованих машин з певною швидкістю (до 40 км/год при паралельному паркуванні та до 20 км/год при поперечному паркуванні) датчики фіксують відстань між паркованими автомобілями, що перевищує довжину або ширину автомобіля на гарантовану відстань. Якщо, відстань для паркування є достатньою, система подає сигнал водієві – виводить на інформаційний дисплей автомобіля відповідну інформацію. Паркування транспортного засобу може здійснюватися двома способами – безпосередньо водієм за допомогою запропонованих системою інструкцій або автоматично без участі водія.

Візуальні та тестові інструкції водієві виводяться на інформаційний дисплей. Вони стосуються рекомендацій, щодо повороту рульового колеса на певний кут і напрямку руху. Автоматичне паркування здійснюється шляхом упорядкованого впливу на виконавчі механізми систем автомобіля:

- електродвигун електричного підсилювача рульового керування;
- насос зворотної подачі та клапани гальмівних механізмів системи курсової стійкості;
- електродвигун дросельної заслінки системи керування ДВЗ;
- електромагнітні клапани автоматичної коробки передач.

З метою безпеки руху, роботу системи можна перевести з автоматичного режиму в ручний. В останніх модифікаціях системи, автоматичне паркування може проводитись при знаходженні водія як в автомобілі, так і за його межами – з ключа.

Круїз-системи дозволяють оптимізувати в автоматичному режимі швидкість руху автомобіля за різними критеріями (мінімізація експлуатаційних витрат, мінімізація часу руху до пункту призначення, комбіновані критерії типу вартість – ефективність). Особливістю структури круїз-систем (системи що стежить) є наявність зворотного зв'язку між вихідним параметром системи (фактичною швидкістю автомобіля) і об'єктом керування (швидкістю обертання ДВЗ) при заданій швидкісній передачі трансмісії. Безпосередньо об'єктом керування в цих системах є педаль акселератора або дросельна заслінка або паливні форсунки. У якості виконавчого пристрою, що керує положенням дросельної заслінки може розглядатися електродвигун або вакуумний регулятор. Для здійснення певного алгоритму керування швидкістю руху автомобіля система сприймає інформаційні сигнали від датчиків: частоти обертання колінчастого валу; фази та тривалості впрорскування палива; положення селектора коробки передач; положення дросельної заслінки; швидкості руху автомобіля.

За функціональною ознакою розрізняють системи пасивного (неадаптивного), активного (адаптивного) та напівактивного (динамічного) круїз-контролю [60].

Система пасивного круїз-контролю PCC (Passive Cruise Control) автоматично підтримує задану водієм швидкість руху в діапазоні від 15 до 180 км/год. Вибрана швидкість зберігається навіть в момент спуску з гори. Система починає працювати, коли швидкість автомобіля перевищує встановлену швидкість руху і натиснута кнопка «ON» на панелі керування. Коли автомобіль досягає бажаної швидкості, водій натискає кнопку «SET», значення швидкості записується у пам'ять ЕБК. Далі керування швидкістю автомобіля відбувається без участі

педалі акселератора, засобами актуатора регулювання положення дросельної заслінки. Водій може змінити швидкість руху, натиснувши кнопку «SET» та утримуючи її, до отримання бажаного результату. Комп'ютер запам'ятає швидкість на момент відпускання кнопки. При обгоні водій може натискати педаль акселератора звичайним чином після відпускання педалі відновиться швидкість, підтримувана системою. При натисканні на гальмівну педаль контролер відключає стабілізацію швидкості автомобіля. Для відновлення колишнього режиму роботи круїз-контролю слід натиснути кнопку «RES».

Для регулювання швидкості в цій системі, що стежить, зазвичай застосовується пропорційно-інтегральний алгоритм (ПІ-регулятор), що дозволяє підтримувати задану швидкість руху автомобіля за допомогою виконавчих механізмів без ривків і коливань.

Система динамічного круїз-контролю DCC (Dynamite Cruise Control) на відзнаку від системи PCC, дозволяє оптимізувати роботу (оберти) ДВЗ, а відповідно і швидкість автомобіля, в окремих транспортних режимах і ситуаціях: рух під гору; маневрування в повороті; некоректна робота (неполадки) ДВЗ. В таких системах використовуються додаткові датчики ідентифікації умов і режимів руху – повороту рульового колеса або прискорення по куту рискання.

Системи адаптивного круїз-контролю ACC (Adaptive Cruise Control) здійснюють контроль дистанції і відносну швидкість зближення автомобілів, що рухаються попереду, телеметричним способом за допомогою радарів. При цьому, система коригує швидкість веденого автомобіля без втручання водія за допомогою засобів автоматики (керованої дросельної заслінки) [18].

Система ACC, як правило, розширює перелік функцій, інших систем електронного керування динамікою автомобіля. Оригінальним є лише датчик для визначення дистанції і відносної швидкості сусідніх автомобілів в потоці, що рухається. Зазвичай використовуються лазерна оптика або міліметрові радіохвилі. Команди від ACC надходять на ЕБК двигуна та систем ABS чи VDC (Vehicle Dynamic Control).

Алгоритм керування ACC полягає в наступному. Якщо, автомобіль, що йде попереду, йде зі швидкістю, меншою, ніж та, що задана системою круїз-контролю, ACC автоматично зменшує швидкість свого автомобіля, підтримуючи безпечну для даної швидкості дистанцію. Переключення між функціями стабілізації та стеження за «метою» проводиться автоматично. На крутому повороті автомобіль, що

переслідується, може не виявлятися радаром АСС, отже, сигнал на відновлення попередньої швидкості повинен під час повороту затримуватися. Система АСС обмежує на поворотах поточну швидкість для комфорту та безпеки до рівнів поперечного прискорення $2 - 3 \text{ м/сек}^2$. Факт повороту визначається відповідним датчиком за різними швидкостями коліс, положенням керма, швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі. Система АСС оптично або акустично інформує водія про необхідність обгону. Може також видаватися сигнал про небезпеку зіткнення.

Сучасні системи АСС не розпізнають стаціонарні об'єкти і об'єкти зі швидкістю руху менше за 20 км/год. Функція «зупинитися перед нерухомим об'єктом» АСС не підтримується через недосконалість датчиків та системи керування. Функціональні можливості АСС обмежуються також вертикальними і горизонтальними вигинами дороги та важкими погодними умовами. Погіршення працездатності датчиків АСС, при цьому, супроводжується інформуванням водія. Органи керування системи АСС забезпечують:

- вмикання та вимикання системи АСС;
- індикацію статусу АСС;
- встановлення та індикацію обраної швидкості руху;
- статус функції виявлення мети (мети немає, ціль виявлена);
- відключення АСС при гальмуванні водієм та при натисканні на педаль акселератора.

Відстань вимірюється системою в діапазоні 2 – 150 метрів з похибкою 1 метр або 5 %. Відносна швидкість повинна визначатися з погрішністю не більше за 0,5 м/сек (5 %). Датчик повинен розрізняти кілька цілей як на своїй смузі, так і на сусідніх. Датчик визначає відстань до об'єктів за часом повернення сигналу у вигляді відображення. Для 150 метрів час вимірювання становить близько 1 мкс.

Система запобігання зіткненню BG (Braking Guard) реалізується в автомобілях з системою адаптивного круїз-контролю (АСС з функцією Stop & Go) і ABS [74, 75]. Система запобігає зіткненню з автомобілем, що рухається попереду, за допомогою візуальних і звукових сигналів. В критичній ситуації система розмикає трансмісію й гальмує шляхом нагнітання тиску в гальмівній системі (автоматичного включення насоса зворотної подачі). Після нормалізації дистанції, система відновлює функції АСС без участі водія. Аналогічні функції реалізує телематична система контролю дистанції попереду Front Assist.

10.5. Структура та функції комплексних систем асистентів руху

Помічник руху в пробці підтримує користувача при прямолінійному русі і при поперечному русі автомобіля в низькому діапазоні швидкостей (до 60 км/год) на дозволених класах доріг. Поряд із регулюванням відстані та швидкості, автомобіль утримується по центру смуги руху за допомогою комфортних, впливів, що коректують рульове керування. При цьому, поздовжнє регулювання базується на адаптованій системі підтримки заданої швидкості з функцією Stop & Go. Для активного поперечного регулювання використовуються функції *відеосистеми допомоги водієві KAFAS* (Kamerobazierende Fahrecas Assistance Systems). Для реалізації системи потрібна складна комплексна система з розподілом функцій з інших блоків керування. Функціональне з'єднання системи асистента руху в пробці на прикладі BMW F01 [81] показано на рис. 10.11.

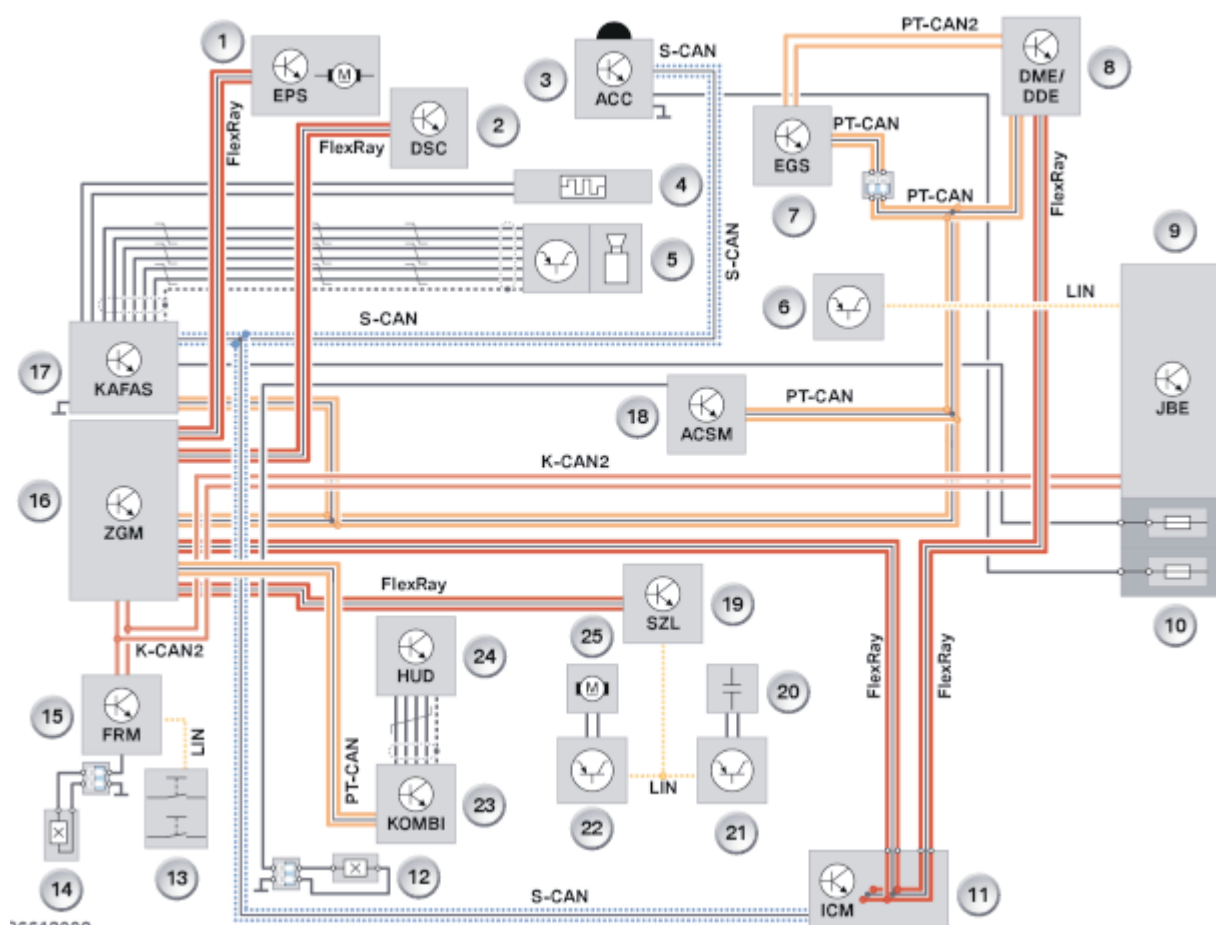


Рис. 10.11. Схема інформаційних зв'язків системи KAFAS:

На рис. 10.11 позначено: 1 – електромеханічний підсилювач рульового приводу; 2 – система динамічного контролю стійкості; 3 – ЕБК адаптивного круїз-контролю; 4 – обігрів камери; 5 – системи на базі відеокамер; 6 – датчик дощу; 7 – ЕБК коробкою передач; 8 – ЕБК двигуном; 9 – блок Junction Box; 10 – розподільник струму в ЖВЕ; 11 – вбудована система керування ходовою частиною; 12 – контакт замку ременя безпеки; 13 – панель керування систем допомоги; 14 – замок дверей водія; 15 – модуль FRM; 16 – модуль міжмережевого перетворювача; 17 – ЕБК системи KAFAS; 18 – модуль безпеки під час зіткнення; 19 – комутаційний центр у рульовій колонці; 20 – датчик розпізнавання дотику; 21 – електроніка розпізнавання дотику; 22 – електронний блок у рульовому колесі; 23 – комбінація приладів; 24 – дисплей; 25 – віброгенератор

Система KAFAS адаптується в конфігурації систем керування динамікою ходової частини автомобіля з блоком керування ICM, який виконує такі завдання:

- об'єднує дані про об'єкти, отримані від радіолокаційного датчика;
- оцінює об'єкти та обирає серед них істотні для регулювання дистанції;
- обробляє сигнали керування та генерує сигнали індикації;
- регулює швидкість та підтримує дистанцію;
- формує та видає сигнали на виконавчі пристрої систем керування приводом та гальмами по шинам даних;
- перевіряє сигнали з органів керування, реакцію ЕБК та поведінку автомобіля (сигнали датчиків) на помилки чи недостовірні стани.

Блок керування ICM кореспондує з іншими блоками керування комплексної системи по шинах Flex Ray та S-CAN та реалізує такі системні функції:

- запобігання зіткненню та превентивний захист пішоходів;
- попередження про наїзд;
- обмеження швидкості;
- круїз-контроль із впливом на гальмівний механізм;
- відео система підтримки швидкості із функцією «Stop & Go»;
- система допомоги при паркуванні РМА з поздовжнім та поперечним веденням;
- круїз-контроль;
- помічник прогнозу;

- система курсової стійкості під час спуску;
- електронна система регулювання жорсткості амортизаторів (залежно від моделі чи додаткового обладнання).

Записані відеокамерою (названою також камерою KAFAS) світлові точки, кольори освітлення та інтенсивність світла аналізуються блоком керування KAFAS. За допомогою обробки зображення блок керування KAFAS розшукує на зображеннях, записаних відеокамерою, можливу розмітку смуг руху та дорожнього полотна.

Вбудована у ніжку внутрішнього дзеркала відеокамера сигналізації уходу зі смуги руху, контролює зону перед автомобілем. Відеокамера реєструє дорожнє полотно до 40 метрів перед і до 5 метрів праворуч та ліворуч від автомобіля.

Датчик та ЕБК АСС є єдиним вузлом. Датчик АСС є датчиком радіолокації, який реєструє дальню область (до 200 метрів) і ближню область (до 60 метрів) перед автомобілем, визначає відстань, кут і швидкість рухомих об'єктів.

Система розпізнавання дотику є складовою асистента руху в пробці. За допомогою ємнісного чутливого елемента система визначає, чи знаходяться руки водія на ободі рульового колеса. Система складається з датчика та електронного модуля (рис. 10.12).

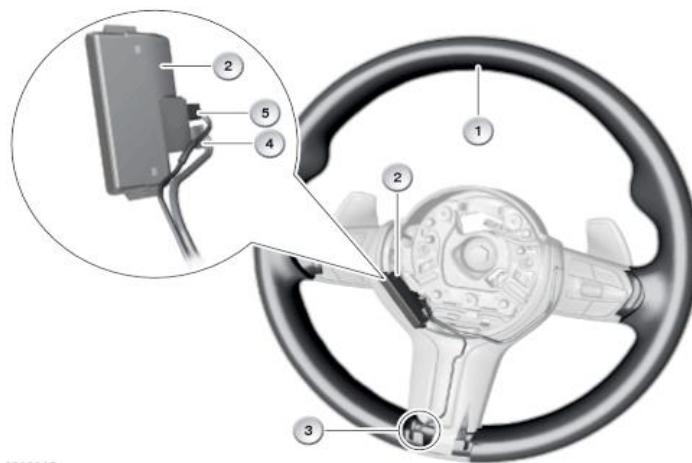


Рис. 10.12. Компонування системи розпізнавання дотику:

- 1 – датчик розпізнавання дотику; 2 – електроніка розпізнавання дотику;
3 – місце приєднання; 4, 5 – штекерні роз'єми

Датчик розпізнавання дотику складається з мату із чутливим ємнісним елементом. Якщо руки водія не виявлені на ободі рульового колеса, світиться відповідний світловий індикатор і далі додатково

включається звуковий сигнал тривоги і деактивується помічник руху в пробці.

Водій може вибрати швидкість та інтервали просування. При цьому, разом зі швидкістю змінюється і відстань до автомобіля, що рухається попереду. Вибрана відстань утримується до переходу в нерухомий стан. Поряд із регулюванням відстані та швидкості, автомобіль утримується по центру смуги руху через впливи на кермо. При цьому, використовуються функції відеосистеми KAFAS (розпізнаються лінії смуги руху і автомобіль, що рухається попереду).

Концепція вдосконаленої системи допомоги водієві ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), в якій об'єднані функції відомих систем допомоги та безпеки руху, пов'язана з використанням телематичних технологій. У таких системах використовуються пристрої телеметрії:

- радари ближньої та далекої дії;
- зовнішні та внутрішні відеокамери;
- паркувальні радари (передні та задні ультразвукові датчики);
- лазерні далекоміри (лідари).

Ці пристрої поєднуються за допомогою блоку керування і дозволяють перекрити огляд у всій околиці автомобіля і перспективи руху [66, 67] (рис. 10.13).

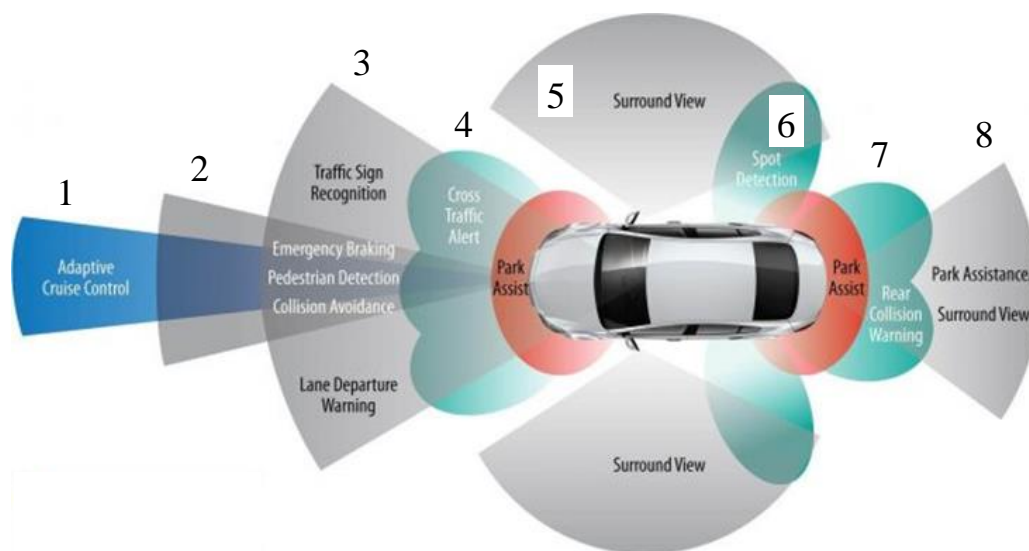


Рис. 10.13. Сектор огляду телеметричних систем автомобіля:

- 1 – адаптивного круїз-контролю;
- 2 – запобігання зіткненням;
- 3 – читання розміток та дорожніх знаків;
- 4 – допомоги при перестроюваннях;
- 5, 9 – кругового огляду;
- 6 – контролю сліпих зон;
- 7 – допомоги при паркуванні;
- 8 – попередження про зіткнення

Автомобілі, оснащені ADAS є проміжною ланкою між звичайними автомобілями керованими водієм та безпілотними машинами. У системах нового покоління поєднані відеокамери кругового огляду (Surround View) та ультразвукові датчики безпечного паркування, застосовані тепловізори. Наведемо перелік систем (функцій), що реалізуються в системі ADAS [68, 69].

Система попередження про сходження зі смуги руху LDW (Lane Departure Warning) повідомляє водія в тих випадках, коли автомобіль може залишити поточну смугу руху без подачі відповідного сигналу. Це виконується шляхом розпізнавання дорожньої розмітки на основі даних зображень, які отримують з передньої або задньої камери.

Система розпізнавання дорожніх знаків TSR (Traffic Sign Recognition) визначає дорожні знаки за допомогою даних зображень, які отримують з передньої монокулярної камери, і відображає розпізнану інформацію на дисплеї. Цю систему можна використовувати для порівняння розпізнаних даних про обмеження швидкості з даними про власну швидкість автомобіля, що отримуються по шині CAN, та подальше повідомлення водія.

Система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами FCW (Forward Collision Warning), виявляє транспортні засоби попереду автомобіля, використовуючи дані зображень, отриманих зі стерео камери або монокулярної камери. Додатково використовуються дані, отримані з радара міліметрових хвиль, розташованих у передній частині автомобіля. Сигналізатори системи попереджають водія про потенційний ризик зіткнення на підставі оцінки відстані між транспортними засобами та даних про власну швидкість автомобіля.

Система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами, що знаходяться позаду, BCW (Backward Collision Warning) використовує дані зображень, отримані з задньої монокулярної камери.

Система допомоги при зміні смуги руху LCA (Lane Change Assistance) виявляє перешкоди, наприклад транспортні засоби, що знаходяться поблизу, під час зміни смуги руху і попереджає водія про небезпеку зіткнення з ними. Ця система використовує задню монокулярну камеру або дві монокулярні камери, розташовані ліворуч і праворуч у задній частині автомобіля.

Система виявлення перешкод визначає перешкоди (транспортні засоби поруч з автомобілем) і передає дані про них в систему допомоги при зміні смуги руху і систему попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами, що знаходяться попереду. Система використовує три монокулярні камери (одна з них розташована попереду, а решта – праворуч і ліворуч у задній частині автомобіля), (рис. 10.14, а).



а

б

Рис. 10.14. Сектори огляду ADAS:

а – при зміні смуги руху; б – під час руху заднім ходом

Система попередження при повороті ліворуч або праворуч виявляє пішоходів, велосипедистів і мотоциклістів за допомогою камер, змонтованих в лівій і правій частинах автомобіля, і попереджає водія про небезпеку наїзду на них.

Система попередження про можливість зіткнення з перешкодами FPCW (Forward Pedestrian Collision Warning) виявляє пішоходів за допомогою розташованої попереду камери і попереджає про них водія. У нічний час використовується інфрачервона камера (такі системи називають системами нічного бачення).

Аналогічно, можна реалізувати *систему попередження про можливість зіткнення з пішоходами BPCW* (Backward Pedestrian Collision Warning), що знаходяться позаду. Для цього необхідно встановити камеру в задній частині автомобіля (рис. 10.14, б).

Система стеження за станом водія DSM (Driver State Monitoring) стежить за тим, в якому напрямку повернена особа водія, та сигналізує, якщо водій не дивиться на дорогу.

Система допомоги при паркуванні з видом зверху знімає все, що знаходиться навколо автомобіля, за допомогою камер з ширококутними об'єктивами і перетворює чотири різні зображення на зобра-

ження з видом зверху. Потім вона об'єднує отримане зображення і накладає на нього зображення самого автомобіля з видом зверху для надання допомоги під час паркування.

Система перемикання дальнього світла виявляє світло фар зустрічних автомобілів і задніх габаритних ліхтарів попутних автомобілів, щоб автоматично вибрати відповідну дальність дії світла фар головного освітлення.

Функція розпізнавання сигналів світлофора виявляє червоний сигнал світлофора і попереджає водія, якщо є ознаки руху автомобіля на червоне світло.

Функція попередження про зіткнення із загальними стаціонарними об'єктами виявляє загальні перешкоди на дорозі, включаючи об'єкти, що обвалилися, обвали, зсуви і конуси дорожнього огородження, і попереджає водія у разі небезпеки зіткнення. Для реалізації перерахованих систем використовуються засоби телеметрії з різними характеристиками.

Концепти з комплексними системами допомоги поступово трансформуються в *автопілотні транспортні засоби* різного рівня і призначення. Безпілотний електрокар Rinspeed зі змінними кузовами Pod отримав назву Snap [82]. Головне в цьому проекті саме платформа. «Скейтборд» з електромотором на задній осі напханий датчиками, радарами, лідарами і сам переміщається від кузова до кузова. У п'ятиметрової платформи усі колеса поворотні, за рахунок цього вона дуже маневрена, а запас ходу складає 100 км. Модулі передбачені різні: пасажирський, фургон і кіоск. Кожен модуль залишається функціональним в статиці вже без платформи, як капсула-альтанка, сховище або точка продажів. Одна з очевидних ролей безпілотника – кемпер (встановивши в мальовничому місці особистий модуль, мандрівник відпускає платформу до переїзду в інше місто). В середині чотиримісного пасажирського модуля є оточення різних дисплеїв (рис. 10.15).

Другий приклад автопілота – електробус e.GO Mover [83]. Втручання водія в процес керування передбачається тільки через електронне рульове колесо і джойстик газу (рис. 10.16, а). Машина задумана як заміна звичайним маршруткам на 15 пасажирів. До складу концепту входять: електромотор, центральний комп'ютер ProAI, асортимент сенсорних систем, гальмівна система і підвіска.



а



б

Рис. 10.15. Безпілотний автобус-човник Rinspeed Snap:
а – зовнішній вигляд; б – облаштування пасажирського салону

Ще один концепт – електрикований Mercedes-Benz Vito без педалей і рульового колеса. На торпедо у нього змонтовано три великих інформаційних дисплея і ще один, трохи менший на центральній консолі. Єдиний механізм керування – багатофункціональний джойстик [84] (рис. 10.16, б).



а



б

Рис. 10.16. Вигляд місця водія:
а – електробуса e.GO Mover; б – автомобіля Mercedes-Benz Vito

Контрольні запитання

1. За якими загальними ознаками класифікують системи допомоги водію?
2. Які функції допомоги водію забезпечуються системами стабілізації курсу?
3. Назвіть рівні асистентів руху за шкалою автопілоту.
4. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без ніг»?

5. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без рук»?
6. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без ніг і рук»?
7. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без уваги водія»?
8. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без водія»?
+ опції
9. Які компоненти оригінального призначення та конструкції використовуються в телематичних системах безпеки та допомоги водію.
10. Поясніть улаштування і функціонування пасивних паркувальних систем.
11. Поясніть улаштування і функціонування активних паркувальних систем.
12. Поясніть улаштування і функціонування систем круїз-контролю.
13. Поясніть улаштування і функціонування систем адаптивного круїз-контролю.
14. Поясніть структуру і перелічіть функції системи асистентів руху FACAS.
15. Назвіть зони телеметричного контролю системи безпеки ADAS.
16. Назвіть функції телематичної системи безпеки ADAS.
17. Поясніть способи реалізації функцій допомоги та безпеки руху на рівні мехатронних, телематичних та фізіотехнічних систем.
18. Дайте загальну характеристику автомобільних радарів різного призначення.
19. Дайте загальну характеристику автомобільних камер спостереження різного застосування.
20. Дайте загальну характеристику автомобільних тепловізорів.

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АМ – амплітудна модуляція;
АКП – автоматична коробка передач;
АТЗ – автотранспортні засоби;
АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
БВП – блок виконавчих пристроїв;
БР – блок реле;
БРК – блок реле керування;
ВК – вакуумна камера;
ВПГ – вакуумний підсилювач гальм;
ГА – гідроаккумулятор;
ГЕБ – гідроелектронний блок;
ГРМ – газорозподільний механізм;
ГПК – гідравлічний підсилювач керма;
ГЦ – гальмівний циліндр;
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
ДВК – датчик висоти кузова;
ДВПК – датчик вертикального прискорення кузова;
ДК – датчик кутової швидкості колеса;
ДКМР- датчик крутного моменту на рульовому колесі;
ДКМК - датчик крутного моменту на кермі;
ДКПГ – датчик кінцевого положення педалі гальм;
ДКПР – датчик кута повороту рульового колеса;
ДКШП – датчик кутової швидкості і прискорення;
ДОП – датчик обмеження переміщення робочого органу;
ДПВД – датчик позиціонера кутового положення валу електродвигуна;
ДПДЗ – датчик положення дросельної заслінки;
ДПК – датчик вертикального прискорення колеса;
ДПКВ – датчик положення колінчатого валу;
ДПП* – датчик положення приводу важеля підвіски;
ДПП* – датчик повздовжнього прискорення автомобіля;
ДППА – датчик положення педалі акселератора;
ДППГ – датчик положення педалі гальма;
ДРГР – датчик рівня гальмівної рідини;
ДСА – датчик сповільнення автомобіля;
ДСКР – датчик сумарного кута повороту рульового механізму;
ДСГ – датчик відмови сигналу гальмування;
ДСС – датчик стану стабілізатора поперечної стійкості;
ДТП* – датчик тиску повітря;
ДТП* – дорожньо-транспортна пригода;
ДЧО – датчик частоти обертання;
ДША – датчик швидкості автомобіля;
ЕБК – електронний блок керування;
ЕГПК – електрогідравлічний підсилювач керма;

ЕД – електродвигун;
ЕК – електроклапан;
ЕН – електронасос;
ЕПК – електропідсилювач керма;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
КПП – коробка переключення передач;
МД – мехатронний датчик;
МЖ – модуль живлення;
МПП – модуль подачі повітря;
МТ – модулятор тиску;
НЗТ – насос зворотного тиску;
ПНВТ – паливний насос високого тиску;
ПІ – пропорційно-інтегруючий (регулятор);
ПП – панель приладів;
РЕК – реле вмикання електроклапанів;
РЕН – реле вмикання електронасосу;
РЖК – реле живлення компресора;
СДВ – система допомоги водієві;
СК – система керування;
СПС – стабілізатор поперечної стійкості;
СРК – система рульового керування;
ШІМ – широто-імпульсна модуляція;
ШРКІШ – шарнір рівних кутових швидкостей;
ШНМ – штучні нейронні мережі.

ІНОЗЕМНІ АБРЕВІАТУРИ

AAS (Adaptive Air Suspension) – адаптивна пневматична підвіска;
ABS (Antilock Braking System) – антиблокувальна система гальм;
ABC (Active Body Control) – активне керування кузовом;
ABD (Active Body Damping) – активне демпфування кузова;
ABP (Active Body Position) – активний підвіс кузова;
AC (Alternating Current) – змінний струм;
ACD (Active Central Differential) – активний центральний диференціал;
ACC (Active Cornering Control) – система стабілізації поперечного положення кузова в поворотах;
ACS (Active Curve System) – система динамічної стабілізації підвіски в поворотах;
ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) – розширена система допомоги водієві;
ADC (Air Dual Control) – система керування амортизатором та пневматичною підвіскою;
ADC (Analog Digital Control) – інтерфейс аналогових датчиків;

ADS (Adaptive Damping System) – система адаптивного демпфування;
AGCS (Active Geometry Control Suspension) – система активного контролю геометрії підвіски;
AFD (Active Front Differential) – активний передній диференціал;
AFS (Active Front Steering) – активне рульове керування передніми колесами;
AHC (Active Height Control) – пневмопідвіска, що забезпечує зміну кліренсу;
AL (Aktiv Lenkung) – система активного рульового керування;
ANVA (Audi Night Vision Assistant) – помічник нічного бачення;
AS (Assisted Steering) – система допомоги рульового керування;
ASC (Automatic Stability Control) – система автоматичного керування стабільністю;
ASR (Antriebs Schlupf Regelung) – система анти-пробуксовки ведучих коліс;
ASSS (Active Stabilizer Suspension System) – електромеханічна система стабілізації підвіски;
ATTS (Active Torque Transfer System) – система розподілу крутного моменту;
AVS (Adaptive Variable Suspension) – адаптивна підвіска з керованими амортизаторами;
AYC (Active Yaw Control) – активний контроль повороту навколо вертикальної осі (активний задній диференціал);
AWD (All Wheel Drive) – повний привід, що підключається;
BA (Brake Assist) – система екстреного гальмування з вакуумним підсилювачем;
BAS (Brake Assist System) – система екстреного гальмування з вакуумним підсилювачем;
BCW (Backward Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами, що знаходяться позаду;
BG (Braking Guard) – система запобігання зіткненню;
BSD (Berkeley Software Distribution) – система розповсюдження програмного забезпечення в початкових кодах;
BPCW (Backward Pedestrian Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з пішоходами;
BSW (Brems Scheiben Wischer) – система видалення вологи з гальмівних дисків;
CAN (Controller Area Network) – шина послідовних даних;
CBC (Cornering Brake Control) – система контролю гальмування в поворотах;
CBU (Control Brake Unit) – центральний блок керування гальмівною системою;
CCD (Charged Coupled Device) – матриця відеокамери з зарядовим зв'язком;

CD (Compact Disc) – дисковий носій зовнішньої пам'яті (оптичний);
CDC (Continuous Damping Control) – електроклапанна технологія побудовання амортизаторів;
CIC (Basic Car Information Computer) – бортовий комп'ютер;
CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) – технологія матриці відеокамери метал-оксид-напівпровідник
DAA (Dynamischer Anfahr Assistent) – динамічний асистент рушання;
DAC (Downhill Assist Control) – система допомоги при спуску;
DAS (Direct Adaptive Steering) – адаптивна система рульового керування;
DBC* (Downhill Brake Control) – система допомоги при спуску;
DBC* (Dynamic Brake Control) – гідравлічна система допомоги при екстремному гальмуванні;
DC (Direct Current) – постійний струм;
DCC (Dynamic Chassis Control) – підвіска шасі з електроклапанними амортизаторами;
DME (Digital Motor Electronic) – цифрова електроніка двигуна;
DDE (Digital Dyzel Electronic) – цифрова електроніка дизеля;
DDS (Downhill Drive Support) – система допомоги при спуску;
DSC (Dynamic Stability Control) – електронна система/датчик контролю стійкості автомобіля;
DSM* (Dynamic Stability Management) – система динамічної стійкості автомобіля;
DSM* (Driver State Monitoring) – система стеження за станом водія;
DSR (Driver-Steering Recommendation) – асистент рульової корекції;
DTC (Dynamic Traction Control) – антибуксувальна система;
DTSC (Dynamic Stability Traction Control) -
DVD (Digital Video Disc) – диск зовнішньої пам'яті (оптичний);
DR (Driver) – драйвер;
DSC (Dynamic Stability Control) – електронна система/датчик контролю стійкості автомобіля;
eAWS (Electromechanical Active roll Stabilization) – електромеханічна система усунення крену;
EBA (Emergency Brake Assist) – система екстремного гальмування;
EBD (Electronic Brake Distribution) – система електронного розподілу гальмівного зусилля;
EBS (Electronic Braking System) – електронна гальмівна система;
EBV (Electronic Brake Variation) – система електронного розподілу гальмівного зусилля;
ECO (Electronically Controlled Orifice) – отвір (клапан) з електронним керуванням;
ECS (Electronic Clutch System) – електронна система зчеплення;
EDC (Electronic Dampfer Control) – підвіска з електроклапанними амортизаторами;

EDS (Elektronische Differenzialsperre) – система розподілу крутного моменту;

EML (Elektronische Motor Leistungsregelung) – система керування дросельними заслінками;

ENR (Elektronische Niveau Regelung) – електронна система стабілізації рівня кузова;

ESC (Electronic Stability Control) – система підтримання курсової стійкості.

EPB (Electromechanical Parking Brake) – електромеханічна система паркувальних гальм;

EPS* (Electronic Program Stability) – опція стабілізації руху;

EPS* (Electric Power Steering) – електронна система керування електричним підсилювачем керма;

ESAS (Electric Steer Assisted Steering) – система асистент рульового керування з електричним підсилювачем руля;

ESC (Electronic Stability Control) – електронна система підтримання курсової стійкості.

ESP (Electronic Stability Position) – система стабілізації курсу;

ETC (Electronic Traction Control) – електронне керування трансмісією;

FBS (Fading Brake Support або Over Boost) – система підвищення ефективності гальм при нагріванні;

FCW (Forward Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами;

FDR (Funktion Dynamische Regelung) – функції регулювання поперечної динаміки;

FDC (Funktion Dynamische Control) – функція керування динамікою;

FPCW (Forward Pedestrian Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з перешкодами

FRM (Fußraummodul) – модуль у просторі для ніг;

FI (Frequency Interface) – частотний інтерфейс;

IAL (Integral Aktiv Lenkung) – інтегральна система рульового керування;

ICM (Integrated Chassis Management) – інтегрована система керування шасі;

IR (Individual Regelung) – індивідуальне керування гальмівними механізмами;

GPS (Global Position Satellite) – супутникова система навігації;

HBA (Hydraulic Braking Assistance) – гідравлічна система допомоги при екстремному гальмуванні;

HBB (Hydraulic Brake Booster) – гідравлічна система допомоги при екстремному гальмуванні;

HVMC (Hydraulic Body Motion Control) – система гідравлічного керування положенням кузова;

HDC (Hill Descent Control) – система допомоги при спуску;

HHC (Hill Hold Control) – програма асистента рушання на підйомі;

HSR (Highly Sophisticated-transport Research) – система керування колесами задньої осі;

KAFAS(Kamerobazierende Fahrecas Assistance Systems) – відео система допомоги водієві;

KDSS (Kinetic Dynamic Suspension System) – система кінетичної стабілізації підвіски;

LCA (Lane Change Assistance) – система допомоги при зміні смуги руху;

LDM блок в якому реалізовано асистент гальмування;

LDW (Lane Departure Warning) – система попередження про сходження зі смуги руху;

LIDAR (Light Detection And Ranging) – лазерний радар;

LIN (Local Interconnect) – шина даних локального з'єднання;

LRR (Long Range Radar) – радар далекої дії;

MBC (Magic Body Control) – телематична гідропружинна система підвіски;

MDPS (Motor Driver Power Steering) - електромеханічна система рульового керування;

MIR (Modifizierte Individual Regelung) – алгоритм модифікованого керування ABS;

MOST (Media Oriented System Transport) – система передачі між медійними засобами;

MRC (Magnetic Ride Control) – магніто-рідинна технологія амортизаторів;

MSR (Motor Schleppmoment Regelung) – система регулювання тягового моменту ДВЗ;

PASM (Porsche Active Suspension Management) – система активного керування підвіскою;

PC (Personal Computer) – персональний комп'ютер;

PDCC (Porsche Dynamic Chassis Control) – гідроелектрична система динамічного контролю шасі;

ROP (Roll Over Prevention) – система запобігання перекиданню;

RSE (Rear Seat Entertainment) – розважальна система для задніх сидінь;

SBC (Sensotronic Brake Control) – гідравлічна система допомоги при екстремному гальмуванні;

SL (Select Low) – алгоритм низькопорогового керування ABS;

SH (Select High) – алгоритм високопорогового керування ABS;

TCS (Traction Control System) – електронна система анти-пробуксовки.

TCU (Telematic Control Unit) – блок керування телематичними системами;

TSA (Trailer Stabilization Assistant) – система стабілізації автопоїзда;

TSR (Traffic Sign Recognition) – система розпізнавання дорожніх знаків;

TV (Television) – телевізор;

VDC (Vehicle Dynamic Control) – система динамічної стабілізації;

VSA (Vehicle Stability Assist) – система стабілізації автомобіля;

VSC (Vehicle Stability Control) – система стабілізації автомобіля;

Примітка * – дивиться за контекстом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Категорія: Будова автомобіля. веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=Категорія:Будова_автомобіля&oldid=33170316/](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=Категорія:Будова_автомобіля&oldid=33170316) Вікіпедія, (дата звернення: 21.08.23).
2. Кисликов, В. Ф., Лущик, В. В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник: Київ: Либідь, 2006. 400 с.
3. Мигаль, В. Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: Харків: Майдан, 2017. 314 с.
4. Антощенко, Р. В., Нанка, О. В., Лебедєв, А. Т., та ін. Мехатронні системи автомобілів і тракторів: підручник: Харків: ХНТУСГ, 2020. 219 с.
5. Підсилювачі рульового керування. веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/9715787/page/7/> StudFiles, (дата звернення: 21.08.23).
6. Reif, K. Sensoren im Kraftfahrzeug: Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016. 220 с.
7. Unit one steering system design: Student Book. веб-сайт. URL: <https://bajatutor.net/wp-content/uploads/2017/05/Steering-Wheel-Alignment.pdf> (дата звернення: 21.08.23).
8. ZF Servotronic 2 for Passenger Cars and Light Commercial Vehicles - PDF Free Download. веб-сайт. URL: <https://docplayer.net/61544683-Zf-servotronic-2-for-passenger-cars-and-light-commercial-vehicles.html> (дата звернення: 21.08.23).
9. 259 ephs – electrically powered hydraulic steering. веб-сайт. URL: <https://www.slideshare.net/sayedelhussieny/259-ephs-electrically-powered-hydraulic-steering> (дата звернення: 21.08.23).
10. Hart, I. Electric Power Steering – How does it work? (Part 1). веб-сайт. URL: <https://pmmonline.co.uk/technical/electric-power-steering-work-part-1/> Professional Motor Mechanic, (дата звернення: 21.08.23).
11. Active front steering. веб-сайт. URL: <https://automotiveiq.wordpress.com/2011/07/28/active-front-steering/> Automotive IQ, (дата звернення: 21.08.23).
12. Active front axle steering systems/active steering. веб-сайт. URL: <https://innovationdiscoveries.space/active-front-axle-steering-systems-active-steering/> InnovationDiscoveries.space, (дата звернення: 21.08.23).
13. F01 Dynamic Driving Systems. веб-сайт. URL: <https://www.scribd.com/document/522482672/F01-Dynamic-Driving-Systems> Scribd, (дата звернення: 21.08.23).
14. ZF Presents the World's First Prototype of an Electric Steering System, Paving the Way for Automated Trucks and Buses. веб-сайт. URL: https://press.zf.com/press/en/releases/release_2948.html (дата звернення: 21.08.23).
15. Адаптивне рульове керування автомобілем. веб-сайт. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/adaptivne-rulove-keruvannja-avtomobilem.php> (дата звернення: 21.08.23).

16. Anti-lock braking system (ABS): components types and working principle. веб-сайт. URL: <https://innovationdiscoveries.space/anti-lock-braking-system-abs-components-types-and-working-principle/> InnovationDiscoveries.space, (дата звернення: 21.08.23).
17. Система ABS – що це таке? Як працює антиблокувальна система гальм? веб-сайт. URL: <https://www.automaster.net.ua/artykuly/sistema-abs-sho-ce-take-yak-pracyuye-antiblokuvalna-sistema-galm,54953?wyslij=54953> (дата звернення: 21.08.23).
18. Reif, K. Brakes, Brake Control and Driver Assistance Systems: Function, Regulation and Components: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. 275 с.
19. Fijalkowski, B. T. Automotive mechatronics: operational and practical issues: volume I: Springer Science & Business Media, 2010. 208 с.
20. ABS wheel speed sensors catalogue 2020. веб-сайт. URL: <https://www.autofrenseinsa.com/sites/default/files/catalogos/abs-wheel-speed-sensors-catalogue-2020.pdf> (дата звернення: 20.08.23).
21. Ловейкін, В. С., Ромасевич, Ю. О., Човнюк, Ю. В. Мехатроніка: навчальний посібник: Київ: ДВПШ, 2012. 357 с.
22. Systems And Components In Commercial Vehicles - WABCO / systems-and-components-in-commercial-vehicles-wabco.pdf / PDF4PRO. веб-сайт. URL: <https://pdf4pro.com/view/systems-and-components-in-commercial-vehicles-wabco-344b00.html> PDF4PRO, (дата звернення: 21.08.23).
23. EBS Electronically controlled Brake system in motor coaches System and functional description 1. Edition. веб-сайт. URL: <https://pdfcoffee.com/actros-abs-ebs-pdf-free.html> (дата звернення: 21.08.23).
24. ABS BOSCH 2S. веб-сайт. URL: <https://www.scribd.com/document/523888397/ABS-BOSCH-2S> (дата звернення: 21.08.23).
25. Second ABS Teves МК II. веб-сайт. URL: <https://www.ferrarilife.com/attachments/polish-abs-translation-teves-mkii-pdf.50272/> (дата звернення: 22.08.23).
26. autoENG3: Electromechanical Brake (EMB) of Continental Teves. веб-сайт. URL: <https://www.euromotor.org/mod/resource/view.php?id=21752> (дата звернення: 21.08.23).
27. EMF Parking Brake. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/02_emf-parking-brake-pdf.828683/ (дата звернення: 21.08.23).
28. Wiesinger, J. Der Retarder. веб-сайт. URL: <https://www.kfztech.de/kfztechnik/fahrwerk/bremsen/retarder.htm> (дата звернення: 22.08.23).
29. Product presentation TELMA. TL101018. веб-сайт. URL: <http://telmausa.com/Downloads/TL101018.pdf> (дата звернення: 22.08.23).
30. Підручник з будови автомобіля онлайн. веб-сайт. URL: <https://greenway.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil27-pryznachennja-budova-i-vydy-pidvisok-avtomobilja> (дата звернення: 22.08.23).

31. Ходова частина авто: що, для чого і чому? веб-сайт. URL: <https://webshop-ua.intercars.eu/chitaite/News/khodova-chastyna-avto-shcho-dlia-choho-i-chomu> (дата звернення: 22.08.23).
32. Fijalkowski, B. T. Automotive mechatronics: operational and practical issues: volume II: London New York: Springer Science & Business Media, 2011. 523 с.
33. BMW Technical Training. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/03_bmw-suspension-systems-1-pdf.828703 (дата звернення: 21.08.23).
34. Vertycal Dynamics Z Axis. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/07_vertycal-dynamics_z-axis-pdf.828763 (дата звернення: 21.08.23).
35. ZF подвоїв лінійку електронно-керованих амортизаторів SACHS CDC у 2022 році. веб-сайт. URL: <https://autonovad.ua/index.html?id=news&nid=696> (дата звернення: 22.08.23).
36. Zhu, X., Jing, X., Cheng, L. Magnetorheological fluid dampers: A review on structure design and analysis. Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2012. Вип. 23, № 8. С. 839–873.
37. Особливості та переваги магнітної підвіски – AvtoTachki. веб-сайт. URL: <https://uk.avtotachki.com/osobennosti-i-preimuschestva-magnitnoy-podveski/> (дата звернення: 22.08.23).
38. ZF and Levant Power team up for world's first Active Regenerative Suspension. веб-сайт. URL: <https://www.team-bhp.com/forum/technical-stuff/140946-zf-levant-power-team-up-worlds-first-active-regenerative-suspension.html> (дата звернення: 22.08.23).
39. Датчики прискорення. веб-сайт. URL: https://stud.com.ua/28689/bzhd/datchiki_priskorennyaStud, (дата звернення: 22.08.23).
40. Airmatic. веб-сайт. URL: <https://w220.wiki/Airmatic> (дата звернення: 22.08.23).
41. Audi Q7 AAS веб-сайт. URL: <https://www.scribd.com/document/447273256/Audi-Q7-AAS-1-pdf> (дата звернення: 22.08.23).
42. Marsh, J. Citroën Hydractive 3 - 3rd generation hydropneumatic suspension. веб-сайт. URL: <http://www.citroenet.org.uk/miscellaneous/hydraulics/hydraulics-13.html> (дата звернення: 22.08.23).
43. Željko Nastasic, Gábor Deák Jahn. Haynes Manuals Citroen Xsara English. веб-сайт. URL: <https://www.slideshare.net/guest7469d1/haynes-manuals-citroen-xsara-english> (дата звернення: 22.08.23).
44. ABC Active Body Control. MBC Magic Body Control. веб-сайт. URL: <https://500sec.com/abc-active-body-control-mbc-magic-body-control/> (дата звернення: 22.08.23).
45. Muenster, M., Mair, U., Gilsdorf, H.-J., та ін. Electromechanical active body control. ATZ worldwide. 2009. Вип. 9. С. 24–29.

46. Variable Anti-roll Bars on the Touareg. веб-сайт. URL: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_331_d1.pdf (дата звернення: 22.08.23).
47. E60 Dynamic Drive. веб-сайт. URL: https://ia801005.us.archive.org/11/items/BMWTechnicalTrainingDocuments/ST056%20Chassis%20Dynamics/04_E60%20Dynamic%20Drive.pdf (дата звернення: 22.08.23).
48. Lowney, D. You've got options, Part II: Porsche Dynamic Chassis Control. | веб-сайт. URL: <http://www.excellence-mag.com/of-note/you-ve-got-options-part-ii-porsche-dynamic-chassis-control> (дата звернення: 22.08.23).
49. KDSS (Kinetic Dynamic Suspension System) TOYOTA. веб-сайт. URL: <https://es.scribd.com/document/446050260/KDSS-Kinetic-Dynamic-Suspension-System-TOYOTAScribd>, (дата звернення: 22.08.23).
50. Sagewka, S., Fiebig, T., Schmid, C., та ін. Mechatronic Roll Control for the 48-V Electrical System. ATZ worldwide. 2017. Вип. 119, № 3. С. 58–63.
51. Audi eAWS active-roll stabilization. веб-сайт. URL: <https://www.sae.org/site/news/2020/09/audi-active-roll-stabilization> (дата звернення: 22.08.23).
52. Lee, U. K., Lee, S. H., Хан, С. S., та ін. Active geometry control suspension system for the enhancement of vehicle stability. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2008. Вип. 222, № 6. С. 979–988.
53. Service Training. Audi A6'05. веб-сайт. URL: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_323.pdf (дата звернення: 22.08.23).
54. F01 Bus Systems. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/03-1_f01-bus-systems-pdf.828695/ (дата звернення: 22.08.23).
55. Joses Peter. Vehicle Dynamic Control: What It Is and How It Works. веб-сайт. URL: <https://detailedvehiclehistory.com/vehicle-dynamic-control> (дата звернення: 22.08.23).
56. Хильчук, В. Система курсової стійкості (ESP, ESC, DSC, VSC). веб-сайт. URL: <http://avtosvit.biz/система-курсвої-стійкості-esp-esc-dsc-vsc> (дата звернення: 22.08.23).
57. Курсова стійкість автомобіля що це таке і як впливає на поведінку автомобіля. веб-сайт. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/kursova-stijkist-avtomobilja-shho-ce-take-i-jak.html> (дата звернення: 22.08.23).
58. F01 Longitudinal Dynamics Systems. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/04-3_f01-longitudinal-dynamics-systems-pdf.828711/ (дата звернення: 22.08.23).
59. Dynamic Driving Control - Driving stability control systems. веб-сайт. URL: <https://www.bavarianmw.com/guide-3900.html> (дата звернення: 22.08.23).
60. F01 Cruise Control Systems. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/04-6_f01-cruise-control-systems-pdf.828715/ (дата звернення: 22.08.23).

61. Датчик прискорення / гіроскоп BMA220 тривісний акселерометр. веб-сайт. URL: http://new.voron.ua/catalog/033504--datchik_uskoreniya_giroskop_bma220_trehosnyu_akselerometr (дата звернення: 22.08.23).
62. Системи допомоги водієві - Crafter Шасі. веб-сайт. URL: <https://www.vw-commercial.com.ua/crafter-shasi/sistemi-dopomogi-vodiyevi> (дата звернення: 22.08.23).
63. Системи безпеки автомобіля. веб-сайт. URL: https://pidru4niki.com/81345/tehnika/sistemi_bezpeki_avtomobilya (дата звернення: 22.08.23).
64. Боланс Х. С. Системи активної безпеки: обов'язкова технологія, необов'язкова. веб-сайт. URL: <https://www.actualidadmotor.com/uk/цифровізація-систем-активної-безпеки> (дата звернення: 22.08.23).
65. Опис та функції системи активної безпеки автомобіля. веб-сайт. URL: <https://uk.avtotachki.com/opisanie-i-funkcii-sistemy-aktivnoy-bezopasnosti-avtomobilya/> (дата звернення: 22.08.23).
66. What is ADAS? веб-сайт. URL: <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html> (дата звернення: 22.08.23).
67. Chiradeep Basu Mallick. What Is ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)? Meaning, Working, Types, Importance, and Applications. веб-сайт. URL: <https://www.spiceworks.com/tech/iot/articles/what-is-adas/> (дата звернення: 22.08.23).
68. Wendy. What is ADAS? веб-сайт. URL: <https://www.oxts.com/what-is-adas> (дата звернення: 22.08.23).
69. Передові системи допомоги водієві ADAS - AVTOAD. веб-сайт. URL: <https://avtoad.com.ua/base/peredovi-sistemi-dopomogi-vodiyevi-adas> (дата звернення: 22.08.23).
70. Що таке безпілотний автомобіль і як він працює? веб-сайт. URL: <https://futurenow.com.ua/shho-take-bezpilotnyj-avtomobil-i-yak-vin-pratsyuue/> (дата звернення: 22.08.23).
71. The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained | Synopsys Automotive. веб-сайт. URL: <https://www.synopsys.com/automotive/autonomous-driving-levels.html> (дата звернення: 22.08.23).
72. Hill Descent Control system. веб-сайт. URL: <https://memim.com/hill-descent-control-system.html>, Memim Enciclopedia, (дата звернення: 22.08.23).
73. Srivastava, M. Hill Hold Control in Cars: Everything You Need to Know. веб-сайт. URL: <https://vehiclecare.in/blaze/hill-hold-control-in-cars>, VEHICLECARE, (дата звернення: 22.08.23).
74. Technical training. F01-F02 LCI Driver Assistance Systems. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/04_f01-f02-lci-driver-assistance-systems-1-pdf.828717 (дата звернення: 22.08.23).
75. F10 Driver assistance systems. веб-сайт. URL: <https://ia801005.us.archive.org/11/items/BMWTechnicalTrainingDocuments/ST>

- 1002%20F10%20Complete%20Vehicle/05_F10%2520Driver%2520Assistance%2520Systems.pdf (дата звернення: 22.08.23).
76. F01 Active Blind Spot Detection System. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/06-4_f01-active-blind-spot-detection-system-pdf.828751 (дата звернення: 22.08.23).
77. Шилов, Д. Огляд продуктів та рішень: LIDAR - ТОВ «Селток Фотонікс». веб-сайт. URL: https://seltokphotonics.com/info/articles/zagal%60nyu_oglyad_lidar_dlya_bezpil_otnykh_avtomobiliv (дата звернення: 22.08.23).
78. Рудик, А. В. Багатофункціональні сенсори для мобільної робототехніки. Вісник інженерної академії України: зб. наук. праць. 2016. № 1. С. 33–39.
79. F01 BMW Night Vision 2. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/06-3_f01-bmw-night-vision-2-pdf.828749/ (дата звернення: 22.08.23).
80. F01 Head-up Display. веб-сайт. URL: https://www.bimmerfest.com/attachments/06-2_f01-head-up-display-pdf.828747 (дата звернення: 22.08.23).
81. F01 KAFAS. веб-сайт. URL: <https://f15.bimmerpost.com/forums/attachment.php?attachmentid=1235072> (дата звернення: 22.08.23).
82. Rinspeed micro Snap. Presse-Buch 2019. веб-сайт. URL: https://www.rinspeed.com/upload/conceptfiles/Rinspeed_Presse_Buch_microSNAP_klein_neu_.pdf (дата звернення: 21.08.23).
83. Електробус People Mover від e.GO Moove отримав дозвіл виїхати на звичайні дороги. веб-сайт. URL: <https://autogeek.com.ua/elektrobuss-people-mover-vid-e-go-moove-otrymav-dozvil-vyikhaty-na-zvyčajni-dorohy> (дата звернення: 22.08.23).
84. Spencer, R. HMI Technology: 1998 SL sans pedals and steering wheel. веб-сайт. URL: <https://mercedesheritage.com/mercedes-heritage/human-machine-interface-1998-sl-sans-pedals-steering-wheel> (дата звернення: 22.08.23).

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
ВСТУП.....	4
6. СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ.....	5
6.1. Загальна відомості про рульове керування.....	5
6.2. Характеристика датчиків мехатронних систем.....	10
6.3. Устрій гідроелектричних систем.....	15
6.4. Устрій електромеханічних систем.....	20
6.5. Побудування систем активного керування AFS.....	24
6.6. Структура і функціонування інтегральної системи IAL.....	28
6.7. Перспективні розробки.....	30
<i>Контрольні запитання</i>	36
7. СИСТЕМИ АКТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ.....	37
7.1. Призначення системи і вимоги до ABS.....	37
7.2. Класифікація і склад систем ABS.....	40
7.3. Характеристика компонентів мехатронних систем.....	46
7.4. Устрій та функціонування гідроелектричних систем.....	54
7.5. Особливості устрою пневмоелектричних систем.....	67
7.6. Побудування електромеханічних систем.....	76
7.7. Реалізація систем екстреного гальмування.....	83
7.8. Реалізація систем сповільнення автомобіля.....	88
<i>Контрольні запитання</i>	92
8. СИСТЕМИ КЕРОВАНИХ ПІДВІСОК.....	94
8.1. Класифікація та склад керованих підвісок.....	94
8.2. Конструкції і характеристики керованих амортизаторів.....	97
8.3. Параметри системи демпфування коливань.....	105
8.4. Характеристика датчиків системи керування.....	107
8.5. Структура і функціонування пневматичних підвісок.....	111
8.6. Структура і функціонування гідравлічних підвісок.....	125
8.7. Підвіски з активними стабілізаторами поперечної стійкості.....	135
8.8. Системи підвісок з активними важелями.....	145
<i>Контрольні запитання</i>	148
9. СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОЇ СТРУКТУРИ.....	149
9.1. Призначення та особливості побудування.....	149
9.2. Використання інформаційних шин зв'язку.....	152
9.3. Структура систем стабілізації курсу та динамічної стійкості автомобіля.....	161
9.4. Інтегрування систем керування ходовою частиною.....	170

<i>Контрольні запитання</i>	179
10. СИСТЕМ ДОПОМОГИ ВОДІЮ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ.....	181
10.1. Призначення та класифікація.....	181
10.2. Програмні опції асистентів руху.....	188
10.3. Характеристика компонентів телематичних систем.....	191
10.4. Особливості структури паркувальних систем і систем круїз-контролю.....	197
10.5. Структура та функції комплексних систем асистентів руху.....	204
<i>Контрольні запитання</i>	211
ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ.....	213
ІНОЗЕМНІ АБРЕВІАТУРИ.....	214
ЛІТЕРАТУРА.....	219
ЗМІСТ.....	225

Навчальне видання

БОРОДЕНКО Юрій Миколайович
ГНАТОВ Андрій Вікторович
АРГУН Щесяна Валіковна

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ
Частина 2. «Ходова частина»

Підручник

Відповідальний за випуск *А.В. Гнатов*

Комп'ютерна верстка *Ю.М. Бороденко*

В авторській редакції

Дизайн обкладинки *Д.Ю. Нерівні*

Видавець Мачулін

Свідоцтво про держреєстрацію
Серія ХК №125 від 24 листопада 2004 р.

Підписано до друку 25.01.2024
Формат 60*90/8 Папір офсетний.
Наклад 100 прим.

Віддруковано: ФОП Озеров Г.В.
М.Харків, віл. Університетська,3, кв. 9
Свідоцтво про держреєстрацію
№818604 від 02.03.2000.