

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Ю.М. Бороденко, А.В. Гнатов

**ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**розділ «Мехатронні системи шасі автомобіля»
для студентів спеціальності 141**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Затверджено кафедрою
автомобільної електроніки
протокол № 10 від 20.05 2022

Харків
ХНАДУ
2022

УДК 629.3.03: 621.38 (075)

Рецензент: *Шуклінов С.М.*, д-р техн. наук, професор
(Національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ)).

Бороденко Ю.М., Гнатов А.В. Електричні системи і комплекси транспортних засобів: розділ «Мехатронні системи шасі автомобіля». / Ю.М. Бороденко, А.В. Гнатов: конспект лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2022. – 106 с.

Дана загальна характеристика систем рульового керування, гальм та підвіски автомобілів. Розглянуто компонентний склад електронних систем керування та способи реалізації керуючих впливів на окремі агрегати і вузли ходової частини автомобіля за допомогою мехатронних модулів промислових зразків. Наведено приклади структури та алгоритми функціонування мехатронних систем шасі провідних автовиробників.

Призначений для студентів електромеханічних спеціальностей навчальних закладів автотранспортного спрямування, корисний для інженерно-технічних працівників у сфері проектування систем автомобільної електроніки та обслуговування автомобілів.

Іл. 102. Бібліогр. 27 найм.

УДК 629.3.03: 621.38 (075)

Бороденко Ю.М., Гнатов А.В.
Харківський національний
автомобільно-дорожній
університет, 2022

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій 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».

Конспект містить три теми третьої частини курсу загальним обсягом 22 години та разом з розділами [1, 2] складають лекційний матеріал для вивчення мехатронних систем автомобіля різного призначення та принципу будови, протягом двох навчальних семестрів. Надані теми містять поновлений матеріал, що стосується устрою та функціонування мехатронних систем ходової частини (шасі) автомобілів. Матеріал даного конспекту складено за оглядом інформації навчальної літератури, наукових досліджень та Інтернет сторінок провідних автомобілебудівників.

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, дискретні пристрої автоматики, теорія автоматичного керування, мехатронні системи силового приводу автомобіля.

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 конспекті наводяться структурні схеми та ілюстрації натуральних об'єктів. Текст конспекту супроводжується посиланнями на первинні та додаткові джерела інформації. Після кожної теми надано перелік контрольних запитань складених у форматі екзаменаційної атестації. Наприкінці конспекту наведено перелік прийнятих скорочень.

ЗМІСТ

Тема 1. Системи рульового керування.....	5
1.1. Загальна відомості про рульове керування.....	5
1.2. Характеристика датчиків мехатронних систем.....	9
1.3. Устрій гідроелектричних систем.....	13
1.4. Устрій електромеханічних систем.....	17
1.5. Побудування систем активного керування.....	21
1.6. Структура і функціонування інтегральної системи IAL.....	23
1.7. Структура і функціонування адаптивної системи DAS.....	26
<i>Контрольні запитання за темою 1.....</i>	27
Тема 2. Системи активного гальмування.....	28
2.1. Призначення системи і вимоги до ABS.....	28
2.2. Класифікація і склад систем ABS.....	30
2.3. Характеристика компонентів мехатронних систем.....	34
2.4. Устрій та функціонування гідроелектричних систем.....	39
2.5. Особливості устрою пневмоелектричних систем.....	44
2.6. Побудування електромеханічних систем.....	47
2.7. Реалізація систем екстреного гальмування.....	53
2.8. Реалізація систем сповільнення транспортного засобу.....	57
<i>Контрольні запитання за темою 2.....</i>	61
Тема 3. Системи керованих підвісок.....	62
3.1. Класифікація та склад керованих підвісок.....	62
3.2. Конструкції і характеристики керованих амортизаторів.....	65
3.3. Параметри системи демпфування коливань.....	72
3.4. Характеристика датчиків системи керування.....	74
3.5. Структура і функціонування пневматичних підвісок.....	77
3.6. Структура і функціонування гідравлічних підвісок.....	89
3.7. Підвіски з активними стабілізаторами поперечної стійкості..	98
3.8. Системи підвісок з активними важелями.....	107
<i>Контрольні запитання за темою 3.....</i>	109
Прийняті скорочення.....	110
Іноземні аббревіатури та терміни.....	111
Перелік посилань.....	113

Тема 1. СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

1.1. Загальні відомості про рульове керування

Рульове керування – система керування напрямком руху транспортних засобів за допомогою рульового колеса. Складається з механізмів, що перетворюють положення (кут повороту) керма в пропорційну зміну положення коліс або аналогічних керуючих напрямком руху елементів.

На автомобілях рульове керування складається з механічного редуктора (рульового механізму) і системи 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, системи рульового керування класифікують за загальними ознаками:

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

Розташування керованих коліс визначається типом і конструкцією транспортного засобу. Інтегральні системи реалізують оптимальні керуючі впливи через обидві осі автомобіля під командою електронної системи. При цьому, керування колесами задньої осі (підрулювання) здійснюється за допомогою електричного приводу.

Принцип дії системи рульового керування, як і будь-якої іншої системи, визначається джерелом енергії, використовуваної для підсилювача керма і в більшості випадків, диктується наявністю систем і агрегатів аналогічного принципу побудови на борту даного автомобіля.

Підсилювачі рульового керування – 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 гвинт-кулькова гайка (рис. 1.1).

Шестерня-рейка – кермо з'єднане з нерухомою (такою що обертається) шестернею, кінці рухомої рейки через тяги повертають колеса (рис. 1.1, а). Застосовується на більшості легкових автомобілів (передньопривідних).

Черв'ячна передача – рульове колесо обертає черв'як, по якому ходить сектор зубчастого колеса-ролик. Перекочуючись по сектору черв'яка, ролик обер-

тає вісь, з іншого боку якої закріплений важіль (сошка), який своїм рухом переміщує рульову трапецію (рис. 1.1, б).



Рис. 1.1. Рульові механізми:
а – рейка; б – черв'як; в – кулькова гайка

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. 1.1). Механізм застосовується спільно з гідропідсилювачем (втулка-гайка є також поршнем гідроциліндра).

Неелектричне керування дозволяє реалізувати статичні передавальні характеристики 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.

Електричне керування додатково дозволяє реалізувати необхідні динамічні характеристики підсилювачів керма, а також алгоритми активного керування 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.

Електричне керування має на увазі використання електронних систем, до складу яких крім інформаційних датчиків входять електронний блок керування (ЕБК) і актуатори (електромеханічні перетворювачі). В ЕБК, згідно закладеній програмі, виконується алгоритм формування сигналів керування виконавчими пристроями. Залежно від складності цього алгоритму (ступеню впливу на орган керування) електронні системи рульового керування поділяють на два типи: пасивні та активні.

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, принципи побудови електронних систем полягають в оптимізації

процесів рульового керування автомобілем з урахуванням дорожніх умов, режимів руху і характеру впливу на рульове колесо.

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 (MS);
- з електроклапанним модулятором тиску рідини – Servotronic 1 (ST-1);
- з електромоторним гідронасосом – Servotronic 2 (ST-2);
- з електромоторним підсилювачем – Servoelectric (SE);
- з електроклапанним модулятором і електромоторним підсилювачем – Active Front Steering (AFS);
- з основним електромоторним приводом – Direct Adaptive Steering (DAS);
- комбіновані.

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). Таким чином, різноманітність мехатронних систем рульового керування можна представити загальною класифікаційною структурою (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Класифікаційна структура мехатронних систем рульового керування

Вимоги, що пред'являються до рульового 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 рульовому колесі;
- стабілізація становища повернених керованих коліс;
- нормоване число обертів керма від середнього положення до крайніх положень;
- забезпечення превентивного керування при виході з ладу підсилювача;
- нормоване значення допустимого сумарного люфту керма.

Розглянемо устрій базової системи рульового керування з гідравлічним підсилювачем (ГПР). Виконавчий механізм гідропідсилювача легкового автомобіля, як правило, компонований разом з рульовим механізмом [3]. Такі підсилювачі називаються інтегральними (рис. 1.3).

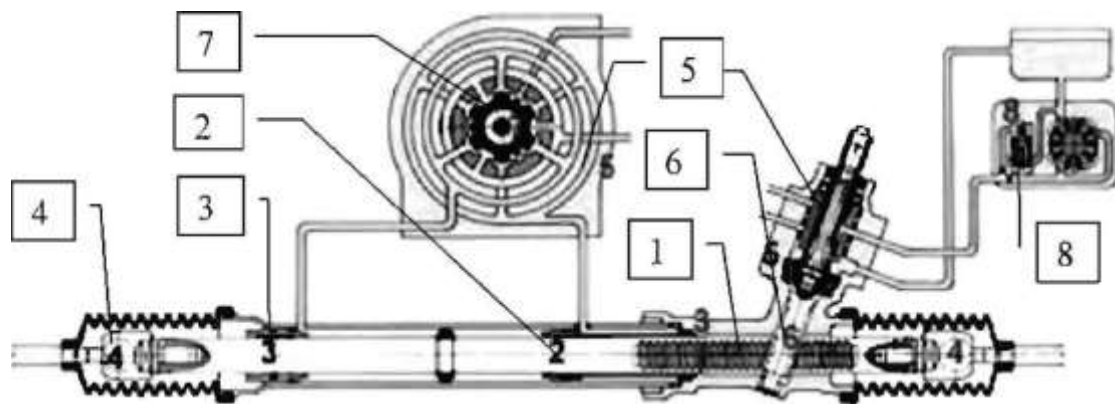


Рис. 1.3. Рейковий рульовий механізм з гідропідсилювачем:

- 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 ремнем від колінчатого валу ДВЗ, засмоктує з бачка масло і нагнітає під високим 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 «гвинт-кулькова гайка» більший тиск подається або за поршень, 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, і підштовхує її вправо або вліво. Коли рульове колесо вже повернуто до упору, спрацьовують запобіжні клапани, скидаючи тиск масла і запобігаючи пошкодженню деталей меха-

нізму. 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, що впливають на величину 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. 1.4).



Рис. 1.4. Регульовальні характеристики підсилювача рульового керування

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

1.2. Характеристика датчиків мехатронних систем

У системах рульового керування застосовуються датчики різного призначення і принципу будови [4]:

- крутного моменту рульового колеса;
- кута повороту рульового колеса;
- сумарного кута повороту рульового механізму;
- швидкості руху автомобіля;
- частоти обертання ДВЗ;
- відхилення від заданого курсу (поперечного прискорення).

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

Розрізняють декілька конструкцій датчиків крутного моменту на рульовому колесі, побудованих на різних фізичних принципах: оптичний, індуктивний, датчик Холла, магніторезистивний датчик. Всі перераховані види датчиків безконтактні вимірювальні пристрої (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Датчики крутного моменту:
а – устрій; б, в – конструктивні виконання

На рис. 1.5 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 крутного моменту, побудований на ефекті 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 крутного моменту встановлюється два датчика Холла. Під час провертання рульового колеса торсіон починає обертатися і закручуватися, що приводить в рух багатополосний магніт. У той час, коли зубці статора знаходяться навпроти полюсів магніту, утворюється максимальний магнітний потік, який сприймається датчиком Холла.

У магніторезистивному датчику крутного моменту, 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 крутного моменту складається з двох концентричних циліндрів з отворами (слотами перфорації), які утворюють магнітну систему. В статорній частині датчика розташовані дві пари концентричних котушок, що утворюють два ідентичних трансформатора (рис. 1.6, а).

На рис. 1.6 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 (ферромагнітної маси) між зовнішніми і внутрішніми котушками.

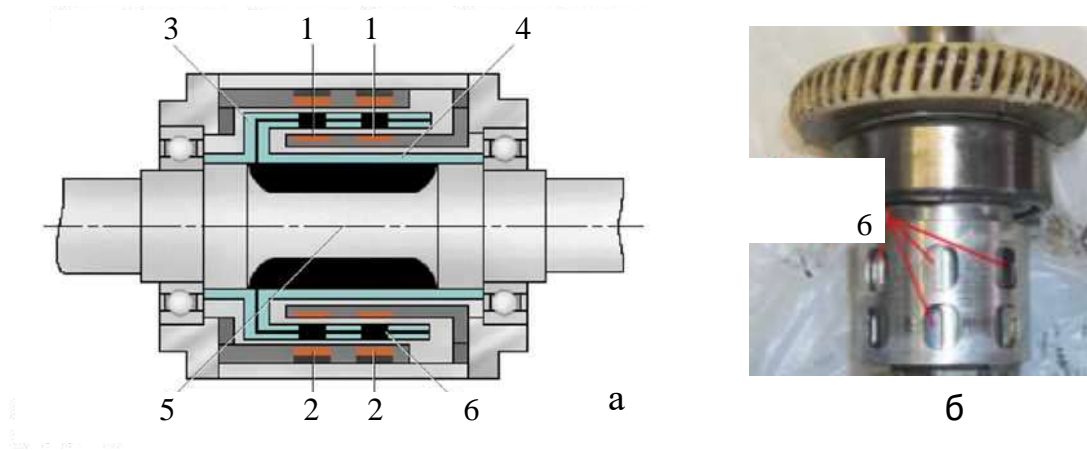


Рис. 1.6. Індуктивний датчик крутного моменту:
а – устрій; б – зовнішній вигляд

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 кожну сторону). Датчик встановлюється на рульовій колонці між перемикачем і рульовим колесом, іноді – на рульовому механізмі. Датчик ДКПР служить для визначення кута повороту, напрямку повороту і кутової швидкості рульового колеса. Принцип будови та конструкція датчика визначається потребами конкретної системи автомобіля (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Варіанти конструкцій датчиків кута повороту рульового колеса

Датчики ДКПР побудовані за різними фізичними принципами вимірювань: потенціометричні, оптичні, магнітоелектричні, магніторезистивні.

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 об'єднує кодувальний диск, джерела випромінювання, світлочутливі елементи, блок визначення повних обертів (рис. 1.8, а).

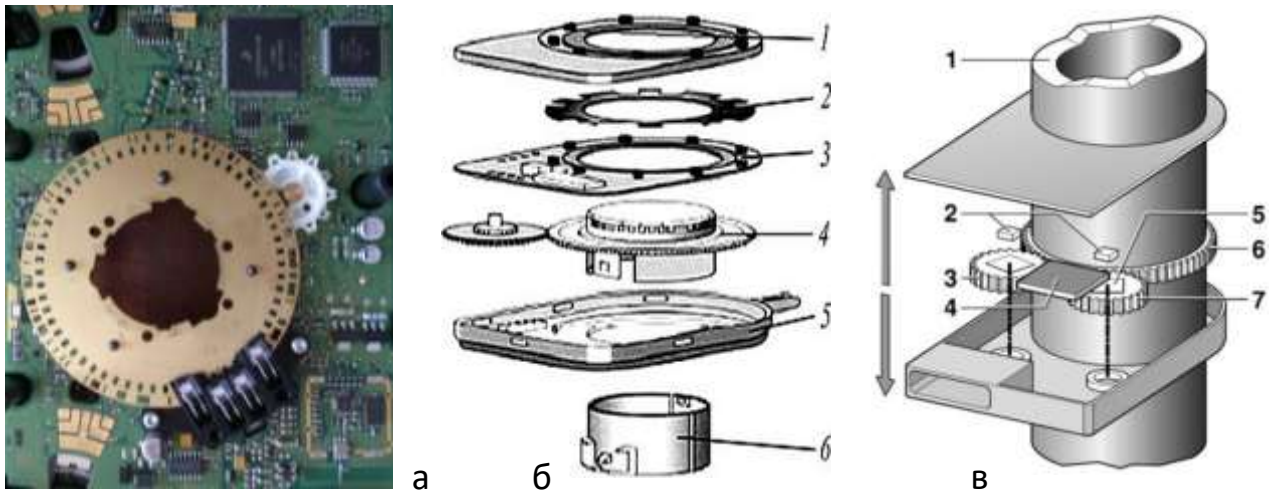


Рис. 1.8. Устрій датчиків кута повороту рульового колеса:
а – з фотоелементами; б – з елементами Холла; в – з магніорезисторами

Кодувальний диск жорстко закріплений на рульовій колонці. Він має два сегментарних кільця – внутрішнє і зовнішнє. На внутрішньому кільці рівномірно по колу розміщені прямокутні отвори, на зовнішньому кільці отвори розташовані нерівномірно. Конструкція внутрішнього кільця дозволяє визначати величину кута повороту рульового колеса. За допомогою зовнішнього кільця оцінюється напрямок обертання рульового колеса в будь-який момент часу. Між кільцями розташовані джерела випромінювання (світлодіоди). Зовні кільця встановлені світлочутливі елементи (фоторезистори). 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. 1.8, 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. 1.8, 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. 1.9).

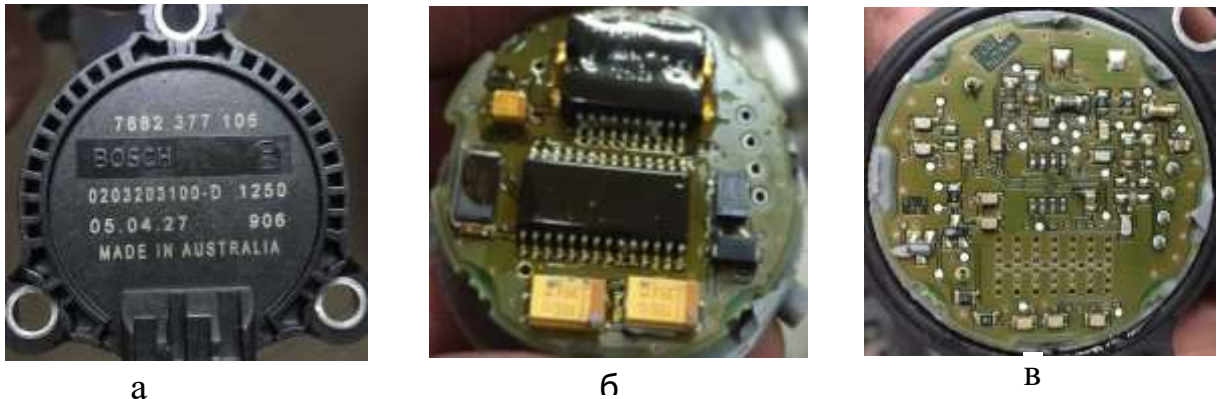


Рис. 1.9. Датчик сумарного кута повороту рульового механізму:
а – вигляд у зборі; б – компоновка елементів в – друкований монтаж

Датчики, які вимірюють швидкість обертання коліс або швидкість руху автомобіля, зазвичай мають магнітоелектричний (цифровий датчик Холла) або індукційний принцип будови (рис. 1.10).



Рис. 1.10. 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.

1.3. Устрій гідроелектричних систем

Для забезпечення необхідних передавальних характеристик рульового керування, використовуються гідропідсилювачі з електронним регулюванням. В американській *електромагнітній системі Magnasteer* виробництва фірми Delphi Saginaw, якою оснащені деякі автомобілі концерну General Motors, це завдання вирішується за допомогою електромагнітної муфти, яка змінює жорсткість торсіону [5] (рис. 1.11).

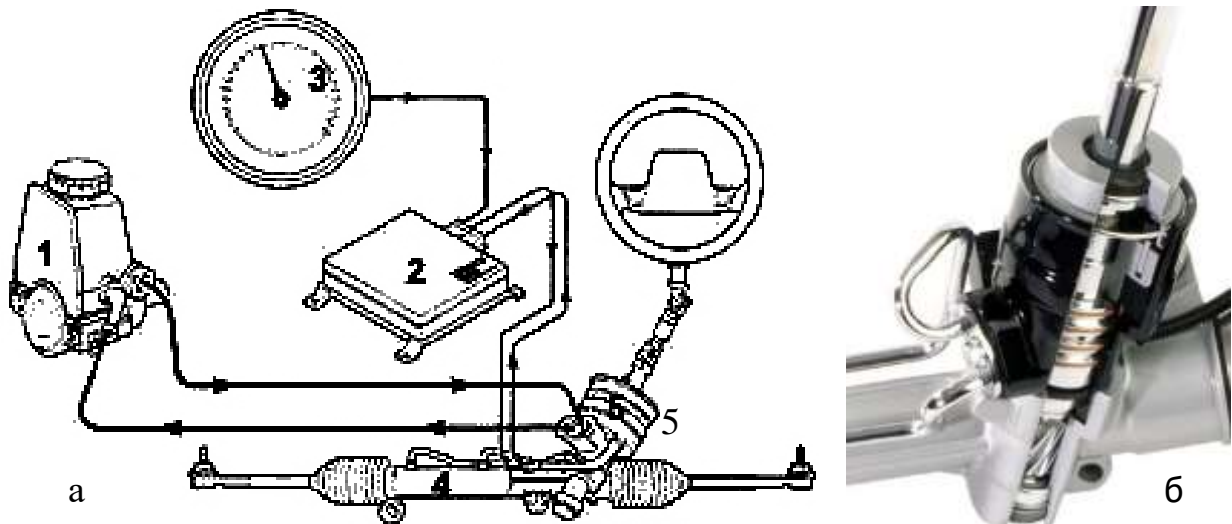


Рис. 1.11. Система рульового керування Magnasteer:
а – склад системи; б – установка електромагнітної муфти

Згідно позиціям рис. 1.11, 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. Одним кінцем торсіон жорстко прикріплений до 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. При активізації рульового колеса, ЕБК змінює напрямок і силу струму в обмотках електромагніту пропорційно швидкості руху автомобіля, тим самим змінюючи жорсткість торсіону.

Система Magnasteer дозволяє створити оптимальне реактивне зусилля у всьому діапазоні швидкостей автомобіля, а якщо до блоку керування підклю-

чити ще і датчик кутового положення керма, то і у всьому діапазоні кутів його повороту.

Гідроелектрична система Servotronic.

У німецьких гідропідсилювачах першої конструкції ZF Servotronic, які стоять на машинах Audi A6/8, BMW 5/7, на допомогу золотникам приходять електрогідрравлічний модулятор тиску (електромагнітний клапан і камера зворотної дії з поршнем). Зі зростанням швидкості, за сигналом від ЕБК, він обмежує тиск в робочому контурі і допомога гідропідсилювача зменшується до нуля. Сигнал керування електрогідрравлічним модулятором формується ЕБК на підставі показань датчиків швидкості руху, повороту керма і частоти обертання колінчастого валу ДВЗ [6] (рис. 1.12).

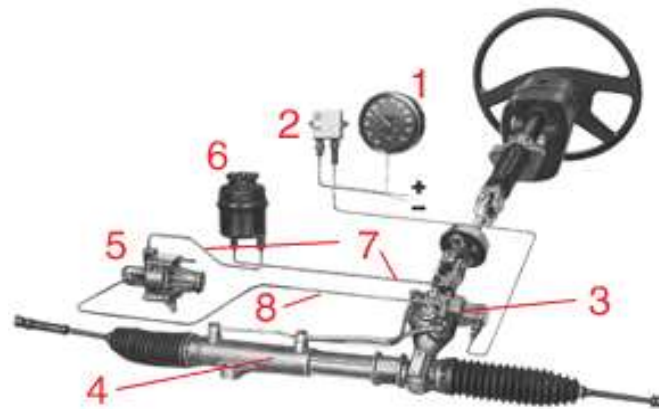


Рис. 1.12. Склад системи Servotronic з модулятором тиску:

- 1 – електронний спідометр; 2 – блок керування; 3 – електрогідрравлічний модулятор;
4 – рейковий рульовий механізм; 5 – гідронасос; 6 – бачок; 7, 8 – гідромагістралі

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. 1.13).

Із зростанням швидкості руху збільшується число вхідних сигналів. 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 гідрравлічного опору потрібен збільшений момент приводу рульового колеса, щоб певне гідрравлічне посилення встановилося в правій ZR або лівій ZL камері.

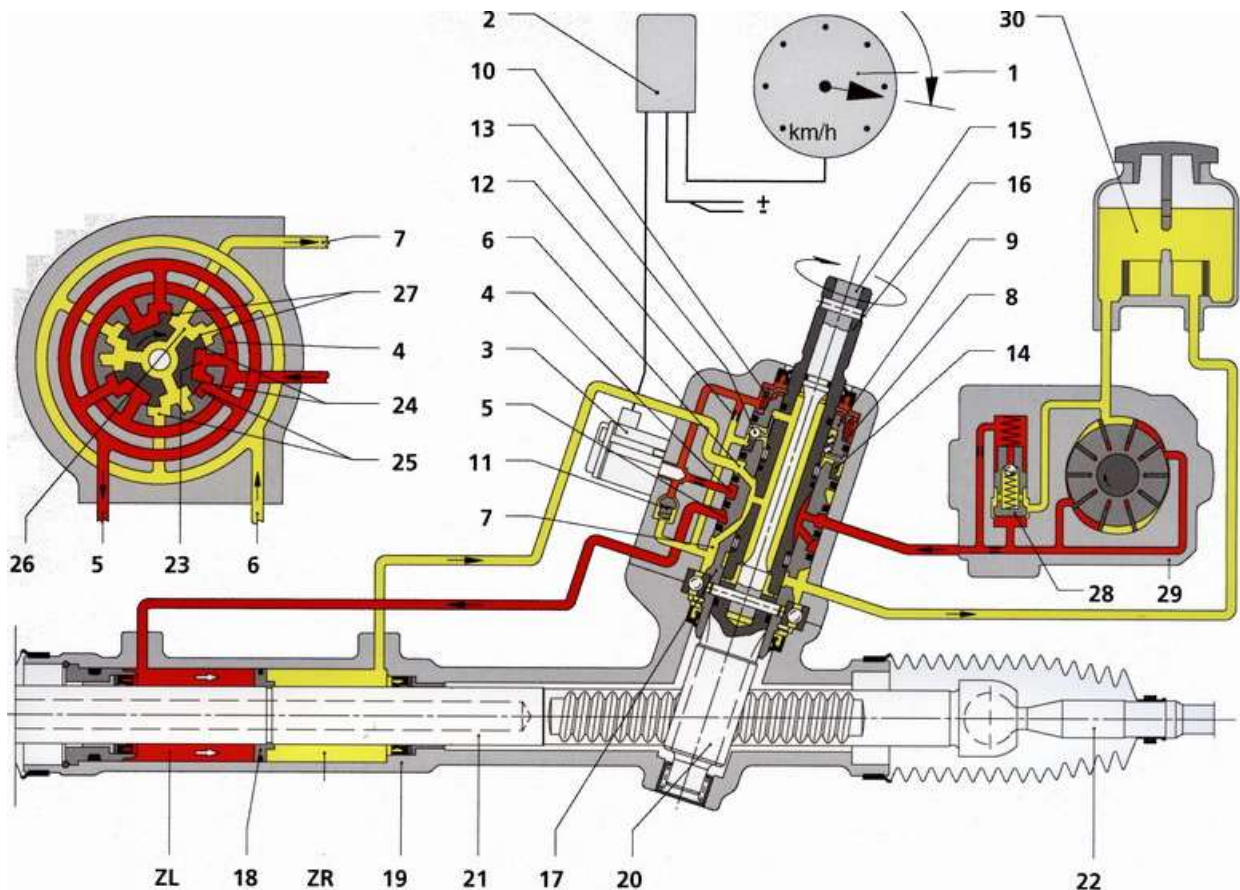


Рис. 1.13. Схема гідроелектричної системи Servotronic:

- 1 – електронний тахометр; 2 – електронний блок; 3 – електрогідралічний 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 – зубчата 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 гідралічної рідини ZL, ZR робочі циліндри

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 (ЕГПР) Servotronic, механічний гідронасос замінений електронасосом [6] (рис. 1.14).

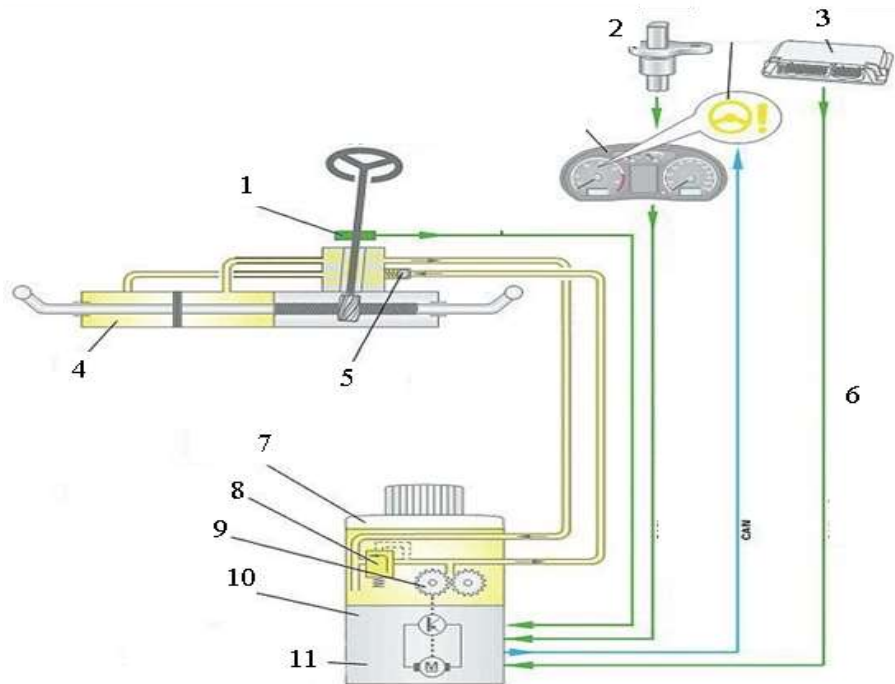


Рис. 1.14. Схема електрогідравлічної системи Servotronic:

- 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

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 ЕГПР до різних моделей автомобілів.

Електричний насос гідропідсилювача підключається тільки в певні моменти, тому що автомобіль з ЕГПР оснащений датчиками повороту керма. Показання датчиків визначають включення і відключення електронасоса. Тим не менше, гідропідсилювачі завжди мають низький ККД, внаслідок необхідності підтримки високого тиску масла, тому застосування їх виправдано на важких автомобілях. Більш ефективними при невисоких зусиллях є електромеханічні підсилювачі типу Servolectric.

1.4. Устрій електромеханічних систем

Привід електричного підсилювача керма (ЕПР) активізується електромотором, який, як правило, представлений асинхронним електродвигуном. На торсіон пристрою, що відстежує, встановлений датчик зусилля, 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 блоку залежності. Для реалізації алгоритмів керування система ЕПР використовує інформацію, що надходить від блоків керування ABS (колісні датчики кутової швидкості) і керування двигуном (датчик частоти обертання колінчастого валу) [7].

При повороті водієм рульового колеса відбувається скручування торсіонного валу і активізація датчика крутного моменту. Програма ЕБК обробляє інформацію з датчика моменту і інших датчиків, що характеризують режими і умови руху автомобіля. В результаті обчислень необхідного додаткового крутного моменту, на виході ЕБК формується сигнал керування електродвигуном привода рульового механізму. Залежно від повної маси і компоновки автомобіля ЕПР може вбудовуватися в різні ланки рульового керування (рис. 1.15).

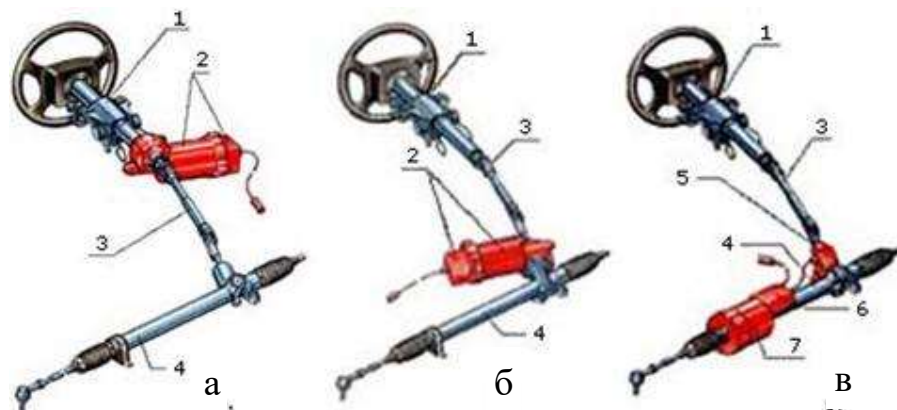


Рис. 1.15. Варіанти компоновки електropідсилювачів ZF Servolectric:

а – для автомобілів малого класу; б – для автомобілів середнього класу; в – для вантажівок

Згідно позиціям рис. 1.15 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 гвинт-кулькова гайка-рейка.

Якщо, в системах типу Columntype (рис. 1.15, а) всі елементи знаходяться в кабіні автомобіля, то основні робочі елементи систем Piniontype і Rackassisttype (рис. 1.15, б, в) перебувають поза кабіною, в моторному відсіку, що полегшує їх охолодження. В машинах малого класу в якості редуктора використовується черв'ячна передача (рис. 1.16, а). Варіанти конструкції Rackassisttype представлені у вигляді підсилювача керма з двома шестернями або підсилювача керма з паралельним приводом. В ЕПР з двома шестернями передача крутного моменту здійснюється від рульового колеса на рейку рульового механізму однієї шестернею. На іншу шестерню момент передається за допомогою електричного мотора (рис. 1.16, б). У ЕПР з паралельним приводом електромотор передає зусилля на рейку рульового механізму за рахунок пасової передачі або передачі гвинт-кулькова гайка (рис. 1.17).

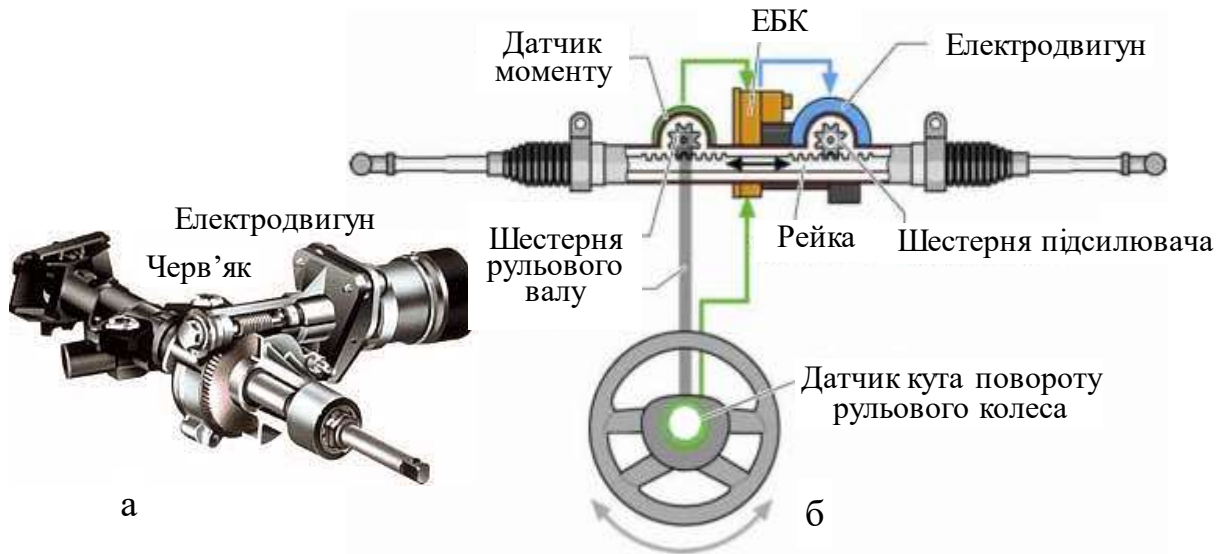


Рис. 1.16. Варіанти рульових механізмів системи Servolectric:
 а – черв'ячний; б – з двома шестернями; в – з передачею гвинт-кулькова гайка

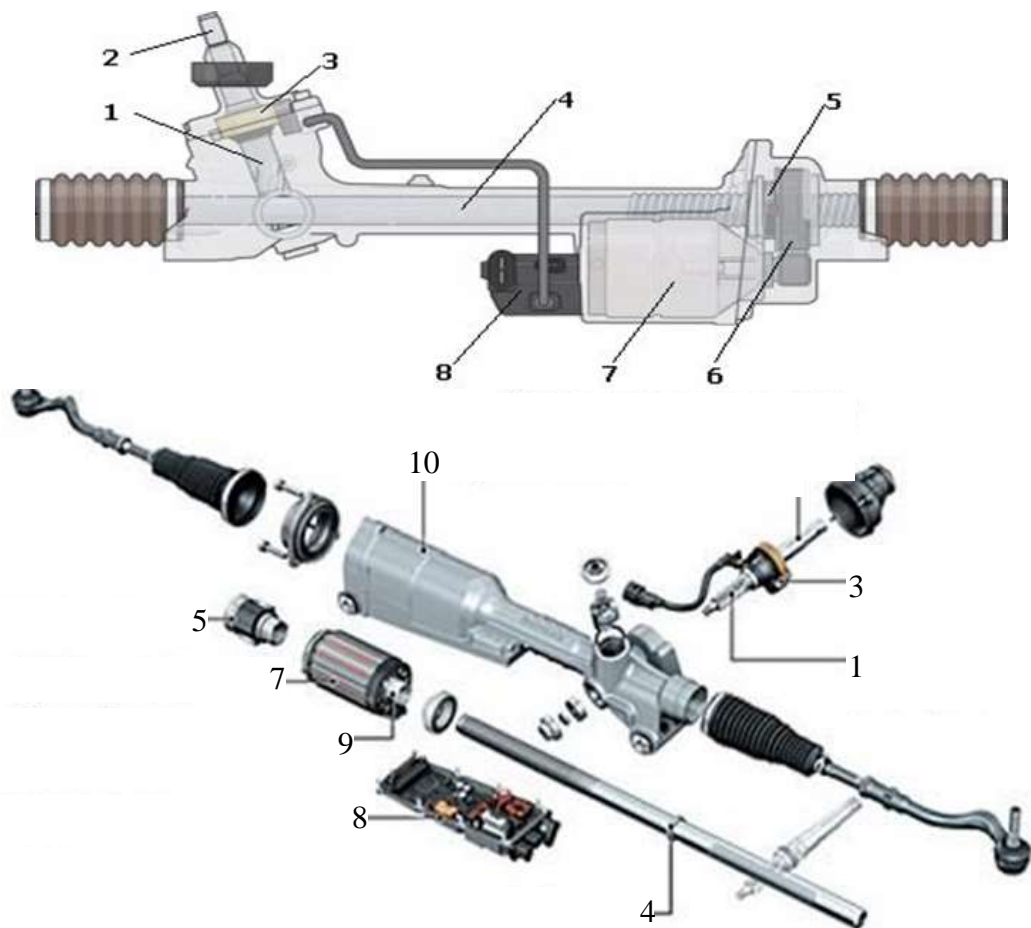


Рис. 1.17. Компонівка механізмів гвинт-кулькова гайка системи Servolectric:
 а – з ремінною передачею; б – з інтегрованим електродвигуном;

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;

Згідно з позиціями рис. 1.17 позначено: 1 – повідна шестерня; 2 – рульовий вал; 3 – датчик крутного моменту; 4 – рейка; 5 – кулькова гайка; 6 – ремінна передача; блок керування; 7 – електродвигун; 8 – ЕБК; полий вал (ротор) електродвигуна; 10 – картер рульового механізму.

До основних переваг застосування ЕПР в порівнянні з гідропідсилювачем 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 електродвигун 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. При ідентифікації аварійного режиму, системи забезпечують попереджувальне зростання зусилля на кермі.

1.5. Побудування систем активного керування

Система активного рульового керування AFS (Active Front Steering) складається з системи гідропідсилувача Servotronic, доповненої електроприводом з планетарною передачею у розриві рульового валу [8] (рис. 1.18).

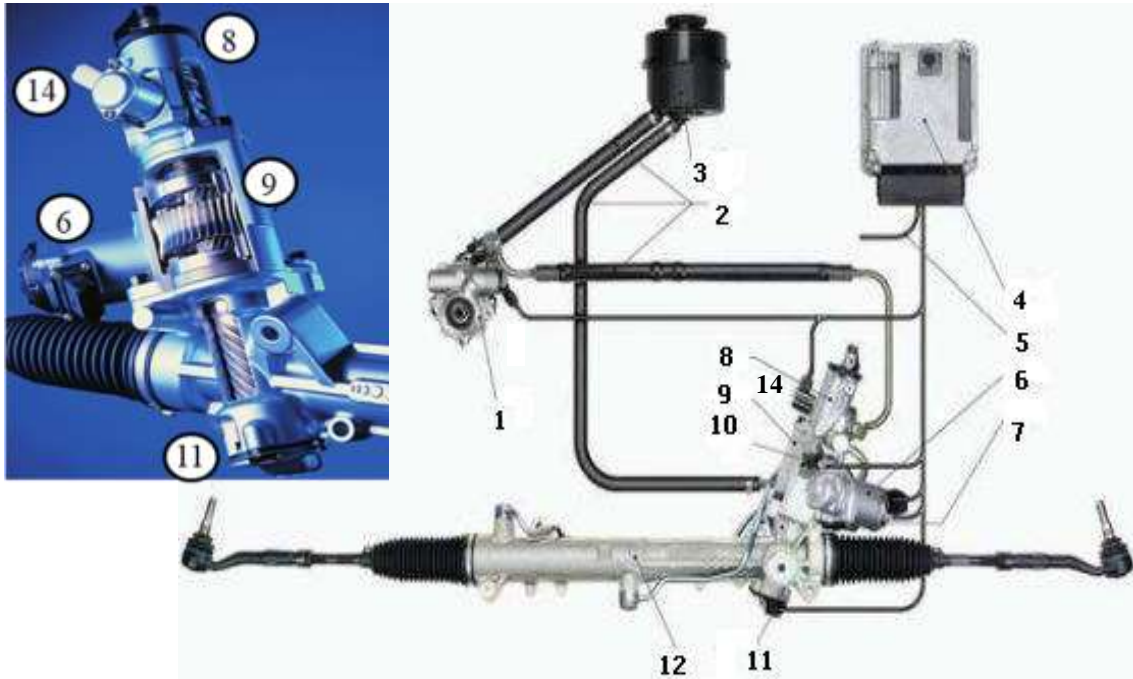


Рис. 1.18. Склад системи активного рульового керування AFS:

- 1 – гідронасос; 2 – трубопроводи; 3 – бачок; 4 – ЕБК; 5 – мультиплексна лінія зв'язку; 6 – електродвигун привода; 7 – датчик кутового положення ротора електродвигуна; 8 – датчик кутового положення керма; 9 – привід суматора (планетарний редуктор); 10 – електромеханічний блокатор (стопор ЕД); 11 – датчик кута повороту шестерні; 12 – корпус зубчастої рейки і гідроциліндра; 13 – клапан ЕСО; 14 – клапан Servotronic

Планетарний редуктор служить для зміни швидкості обертання рульового валу. Він встановлюється на рульовому валу. Планетарний редуктор включає сонячну шестерню, блок сателітів і коронну шестерню. На вході рульовий вал з'єднаний з сонячною шестернею, на виході – з блоком сателітів. Коронна шестерня має можливість обертання. При нерухомій шестерні передавальне число планетарного редуктора дорівнює одиниці і рульовий вал передає обертання безпосередньо. 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. Обертання шестерні забезпечує електродвигун, з'єднаний з її зовнішньою стороною за допомогою черв'ячної передачі. В результаті планетарний механізм з електромотором може повернути керовані колеса до восьми градусів за командою бортової електроніки. Тобто автомобіль може підрулювати самостійно. Система AFS дозволяє змінювати передавальне відношення рульового приводу в дуже широких межах.

Система AFS в своїй роботі використовує сигнали датчиків: положення електродвигуна; сумарного кута повороту; кута повороту рульового колеса; системи динамічної стабілізації (швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі і вертикального прискорення). Датчик сумарного кута повороту рульового механізму може не встановлюватися, в цьому випадку кут розраховується на підставі сигналів інших датчиків.

Електронний блок керування має з'єднання і здійснює взаємодію з блоками керування інших систем автомобіля: гідропідсилювача Servotronic; динамічної стабілізації DSC; керування двигуном; доступу в автомобіль.

Виконавчим механізмом системи AFS є електродвигун, сигналізатором - сигнальна лампа на панелі приладів. Електродвигун забезпечує обертання коронної шестерні планетарного редуктора. Електродвигун обладнаний аварійним електромагнітним фіксатором, 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.

Виникнення несправностей в системі супроводжується спрацьовуванням сигнальної лампи на панелі приладів. При цьому, на інформаційному дисплеї з'являється повідомлення системи самодіагностики.

Система AFS активується при запуску двигуна. Робота системи полягає в зміні передавального відношення рульового механізму залежно від швидкості і умов руху.

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, 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. 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.

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 забезпечує найменшу «гостроту» керма, збільшується кіль-

кість обертів рульового колеса від упору до упору, тим самим забезпечується безпека маневрування на високих швидкостях.

Якщо при проходженні повороту фіксується надлишкова обертальність 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.

Електроклапан ECO (Electronically Controlled Orifice) в насосі гідропідсилювача рульового керування регулює потік (продуктивність) станом (потреби тиску) і знижує постійний тиск в гідравлічній системі шляхом шунтування навантаження. В результаті, споживання потужності насосом гідропідсилювача знижується, і знижуються витрата палива і викид вуглекислого газу ДВЗ.

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, 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 [9].

У системах рульового керування комбінованої структури для реалізації алгоритму керування використовуються сигнали датчиків і функціональних перетворювачів суміжних систем контролю динаміки автомобіля. Побудова систем комбінованої структури має подвійний сенс. По-перше, це дозволяє зменшити кількість датчиків для виконання основних функцій рульового керування, по-друге, – розширити можливості (підвищити функціональність) системи і реалізувати більш гнучкі алгоритми керування автомобілем.

Так, наприклад, для визначення швидкості руху автомобіля можна використовувати сигнали колісних датчиків системи ABS, а для побудови систем адаптивного рульового керування, – датчиків поперечного прискорення системи курсової стійкості автомобіля. Таким чином, структура комбінованої системи визначається сукупністю і рівнем електронних систем керування, які вже використовуються на борту автомобіля. Для прикладу, розглянемо структурну схему активного рульового керування автомобіля BMW (рис. 1.19).

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 и трансмісії).

1.6. 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 [10] (рис. 1.20).

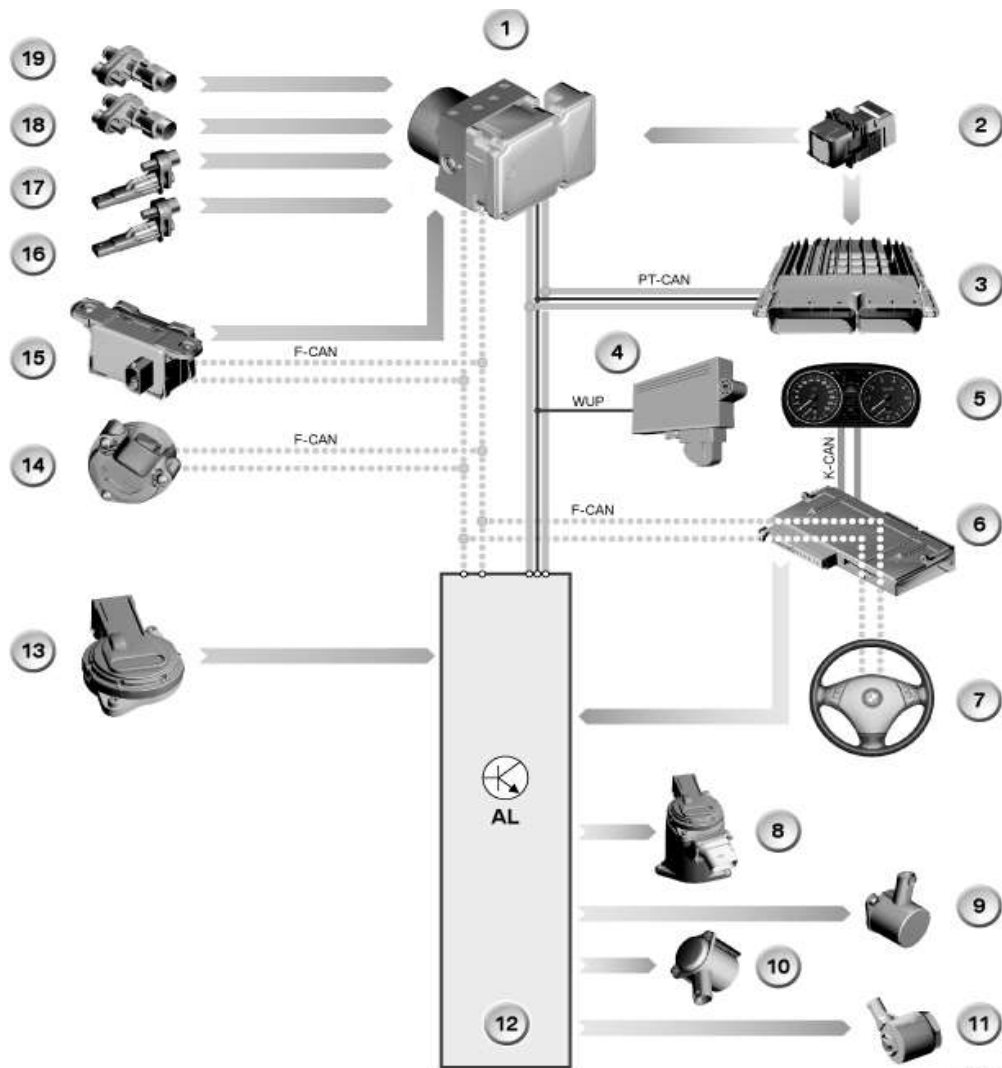


Рис. 1.19. Схема структурна системи активного рульового керування:

1 – система динамічної стійкості (DSC); 2 – вимикач стоп-сигналу; 3 – ЕБК системи ДВЗ (DME); 4 – система доступу в автомобіль (CAS); 5 – комбінація приладів; 6 – блок Junction Box (JBE); 7 - датчик кута повороту рульового колеса; 8 – серводвигун механізму повороту; 9 – блокувальник серводвигуна; 10 - клапан Servotronic; 11 – клапан ECO насоса гідро-підсилювача РК; 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 (ABS)

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 протифазні з передніми. Це створює відчуття укороченої 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.

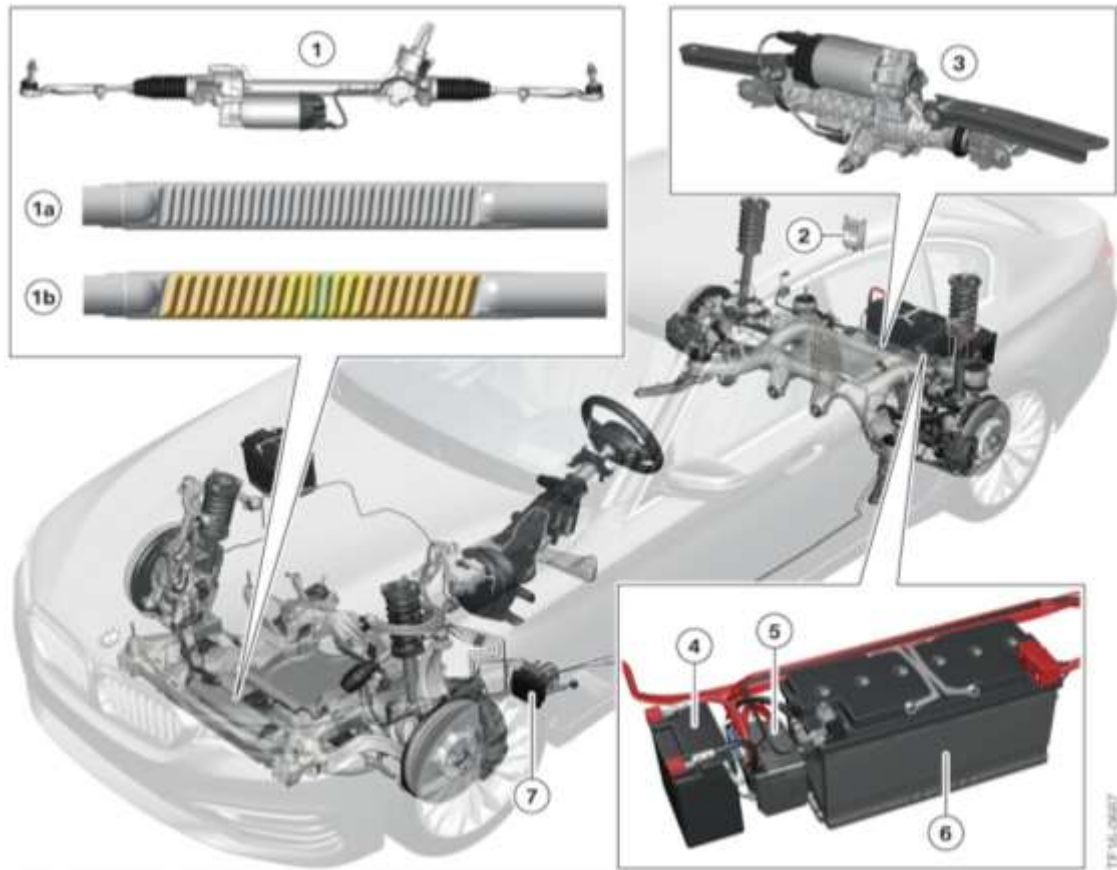


Рис. 1.20. Компонівка інтегральної системи рульового керування BMW F07:
 1 – привод передніх коліс; 2 – ЕБК HSR; 3 – привод задніх коліс; 4 – зарядний пристрій;
 5 – розподільче реле; 6 – додаткова АКБ; 7 – блок системи DSC

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. Керування колесами заднього моста реалізує система HSR. Конструкція приводу кутового положення коліс задньої осі визначається виробником (рис. 1.21).

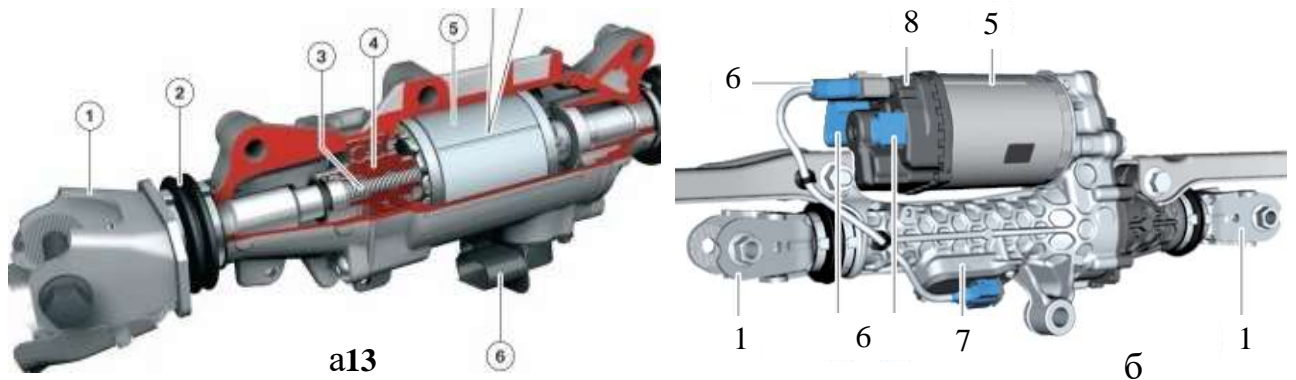


Рис. 1.21. Компонівка електромеханічного приводу системи HSR:
 а – з інтегрованим двигуном; б – із зовнішнім двигуном

На рис. 1.21, 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 – ЕБК HSR.

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

- розширення активного рульового керування AFS функцією HSR;
- змінне передавальне відношення залежно від швидкості руху;
- вільний вибір кута повороту задніх коліс;
- функції системи Servotronic;
- функції стабілізації руху;
- скорочення гальмівного шляху на покриттях різного зчеплення.

1.7. Структура і функціонування адаптивної системи DAS

Система адаптивного рульового керування DAS (Direct Adaptive Steering) встановлюється на деякі комплектації автомобіля Infiniti Q50 з 2013 року (рис. 1.22). Завдяки керуванню по дротах (steer-by-wire), електроніка дозволяє адаптувати роботу рульового керування до конкретних умов руху і індивідуальних запитів водія.

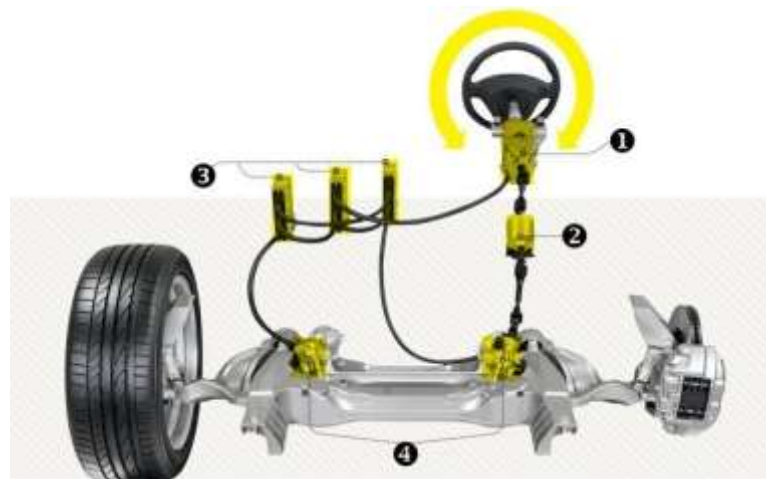


Рис. 1.22. Склад системи адаптивного рульового керування:
1 – датчик рульової сили; 2 – механізм зчеплення; 3 – модулі керування;
4 – виконавчі електромотори

В системі DAS використовуються ДКПР і зусилля на кермі. Інформація від ДКПР використовується для обчислення кута повороту передніх коліс. Датчик зусилля 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 керуючий вплив на виконавчі пристрої: сервопривід рульового механізму, сервопривід рульового колеса, електромагнітне зчеплення. В сис-

темі використовується окремий сервопривід на кожне з передніх коліс. Сервопривід рульового колеса створює електронну 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. 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 блок керування. Після обробки інформації ЕБК посиляє сигнал на сервопривід рульового колеса для імітації зворотного зв'язку з дорогою.

Система DAS дозволяє водієві вибирати 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 [11]. Наприклад, якщо застосувати на автомобілі відеокамеру переднього огляду, то можна реалізувати функції допомоги водію (адаптації) при маневруванні, утриманні на дорожній полосі, або навіть автопілота.

Контрольні запитання за темою 1

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.

Тема 2. СИСТЕМИ АКТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ

2.1 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.

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, висуваються *вимоги*, які визначають її надійність, безпеку і функціональність [12]. По-перше, в разі відмови системи ABS звичайні гальма повинні спрацювати 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 проявляється, 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), а вихідні сигнали, утворюють керуючі впливи на гальмівну систему у формі корекції тиску робочого тіла в гальмівних механізмах коліс [13]. Для прикладу, розглянемо поширений варіант схеми ABS, побудований на базі гідравлічної гальмівної системи з використанням вакуумного підсилювача зусилля педалі гальм (рис. 2.1).

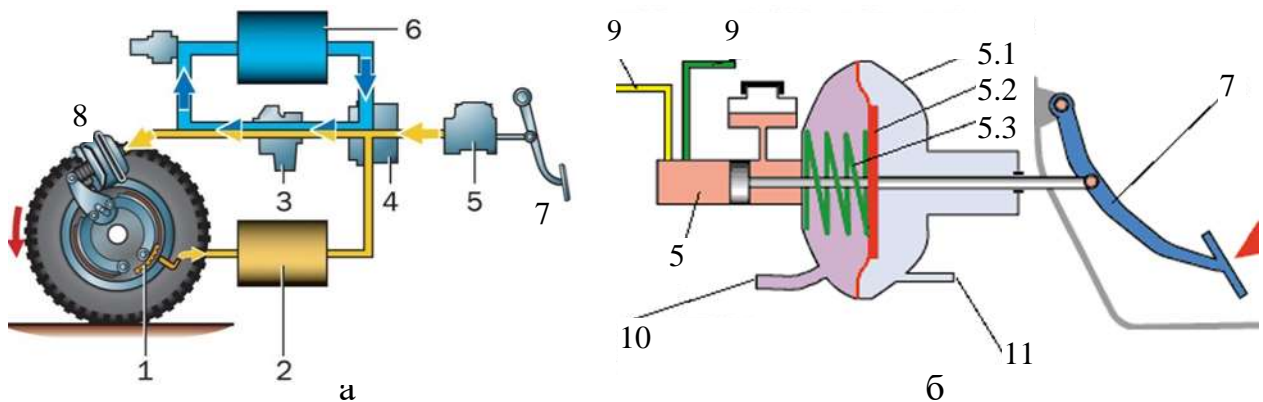


Рис. 2.1. Принципи побудови гальмівної системи з ABS:

а – схема керування зі зворотним зв'язком; б – схема керування тиском в гальмівній системі

На схемах рис. 2.1 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 пасивні 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 датчики кутової швидкості коліс 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.

2.2. Класифікація і склад систем ABS

Системи ABS промислових зразків різняться за конструкцією елементів, функціональними можливостями, компонентним складом та експлуатаційними властивостями. Сучасні ABS класифікують за рядом ознак, основними з яких є: вид робочого тіла, гальмівна формула, алгоритм керування гальмівною силою, спосіб керування тиском, ступінь інтеграції (рис. 2.2).

Робоче тіло, за допомогою якого, тиск передається від педалі гальма на робочий орган гальмівного механізму, визначається типом гальмівної системи. Найбільш розповсюдженими для легкових (короткобазових) автомобілів є гідравлічні системи гальмування, а для вантажівок (довгобазових) – пневматичні. Оскільки ABS чинить керуючі впливи на гальмівну систему за допомогою електричних виконавчих пристроїв (електроклапанів, електромоторів, електромагнітних приводів), відповідні мехатронні системи за принципом будови отрима-

ли 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.



Рис. 2.2. Класифікація гальмівних систем з ABS за загальними ознаками

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 [14].

Гальмівна база системи визначається конфігурацією гальмівних контурів, які задіюються через головний гальмівний циліндр з двома камерами (рис. 2.3).

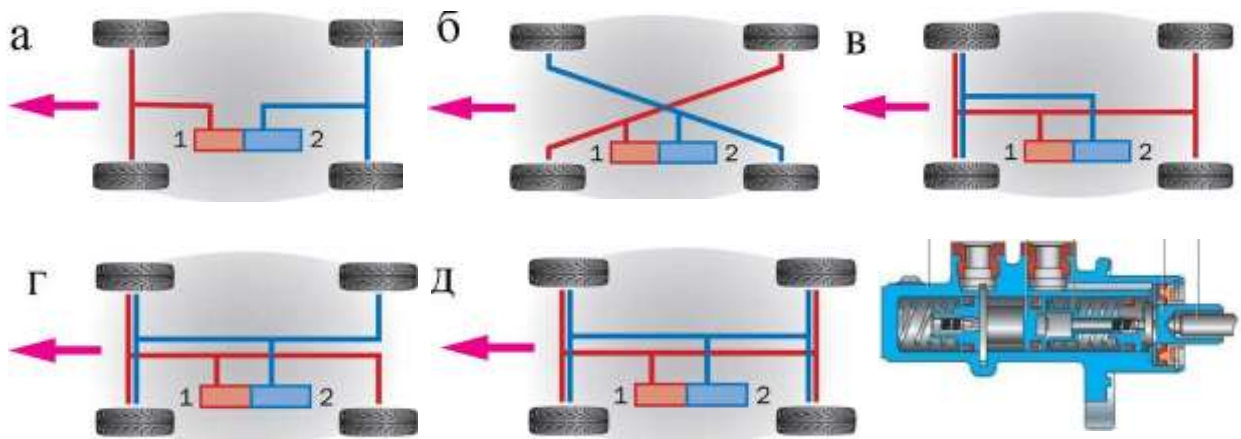


Рис. 2.3. Конфігурації гальмівних систем:

а – паралельна; б – діагональна; в – д – дублюючі; е – головний гальмівний циліндр

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

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 нагнітанням 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, випускний ЕК1 відчиняється, а випускний ЕК2 перебуває в зачищеному стані (рис. 2.4, а).

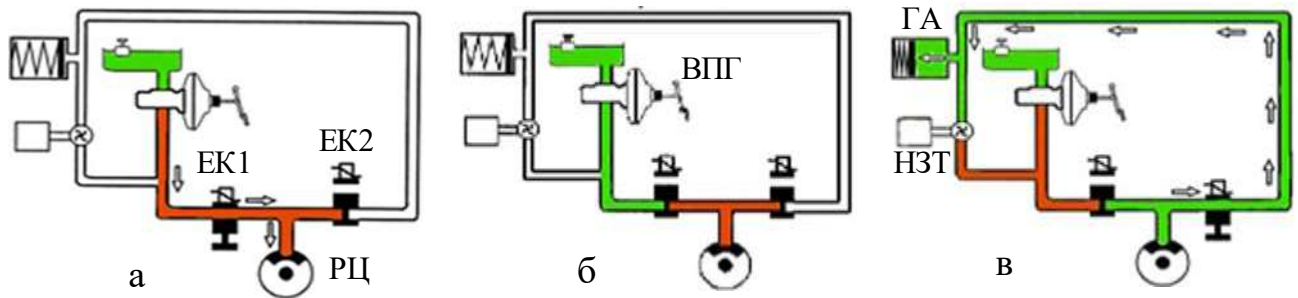


Рис. 2.4. Процес керування тиском в замкнутій системі ABS:

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 частота 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. 2.4, в).

Після падіння тиску ЕБК перемикає клапан модулятора в режим утримання тиску для визначення зміни частоти обертів колеса (рис. 2.4, б). Якщо, ЕБК визначить, що тиск необхідно знизити ще більше, воно буде знижено знову і колесо, яке перебуває на межі блокування, збільшити 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. 2.4, в) і утримання (рис. 2.4, 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 модуляторів тиску поряд з двопозиційними (впускні та випускні) можуть використовуватися трипозиційні (перемикаючі) електромагнітні клапани, які виконують одночасно функції двох двопозиційних клапанів.

За конструктивною ознакою 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):

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

- антипробуксування коліс TCS (Tracіon Control System) – забезпечує перерозподіл крутного моменту двигуна між повідними колесами залежно від ступеню їх зчеплення з дорожнім полотном, шляхом підгальмовування коліс, які повертаються 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 короткочасне 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 педалей газу*, логічним кроком стало застосування розв'язки педалі 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 педалі 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 педалі гальма, зусилля на ній, її розташування і кінематику тепер можна буде вибирати тільки з точки зору ергономіки.

2.3. Характеристика компонентів мехатронних систем

Основними компонентами активних гальмівних систем є підсилювач гальмівного тиску і модулятор 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 означених пристроях, підсилення зусилля водія, який тисне на педаль гальм, здійснюється за рахунок додаткової енергії тиску робочого тіла.

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. 2.5, а).

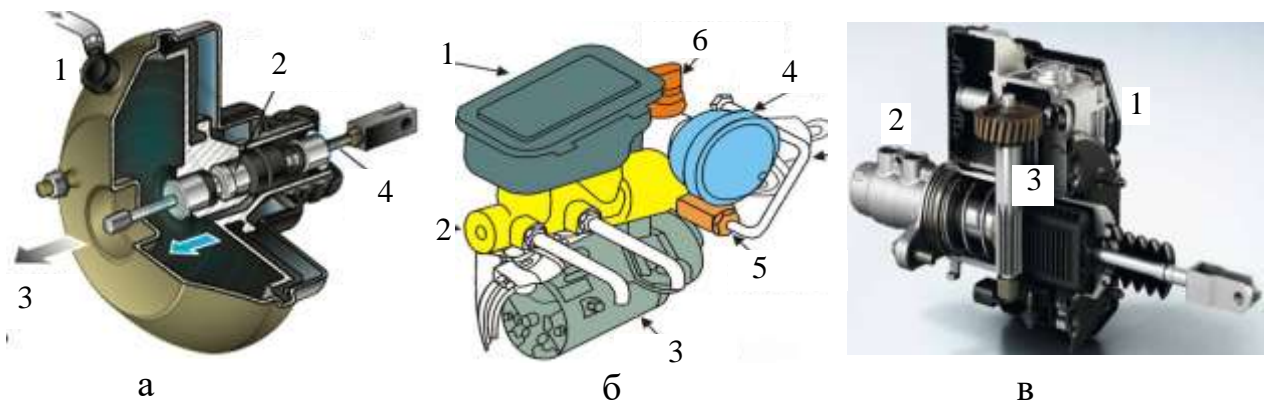


Рис. 2.5. Підсилювачі гальмівного тиску:
а – вакуумний; б – електрогідравлічний; в – електромеханічний

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. 2.5, б). На рисунку позначено: 1 – розширювальний бачок; 2 – головний гальмі-

вний 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. 2.5, в). В системах з електромеханічними підсилювачами, природно використовуються псевдопедалі з датчиками положення педалі гальма.

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

У *вентильних* МТ-1 застосовуються кулькові клапани з поршневыми штоковачами, 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 трьохпозиційних електроклапанів.

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 [15].

У *пневматичних гальмівних системах* керування тиском в гальмівних циліндрах реалізується в два етапи. На першому етапі, опорний тиск ресивера варіюється за допомогою педалі гальма (механічного гальмівного крана). Далі, отриманий керуючий тиск подається на модулятор (порт 4).

Модуляція опорного тиску (порт 1) в гальмівних циліндрах (порт 2) проводиться за допомогою мембранного або поршневого пропорційного клапана Е, який керується через камеру низького тиску «D» за допомогою двох пілотних електроклапанів «IV_P», «OV_P» (рис. 2.6, а).

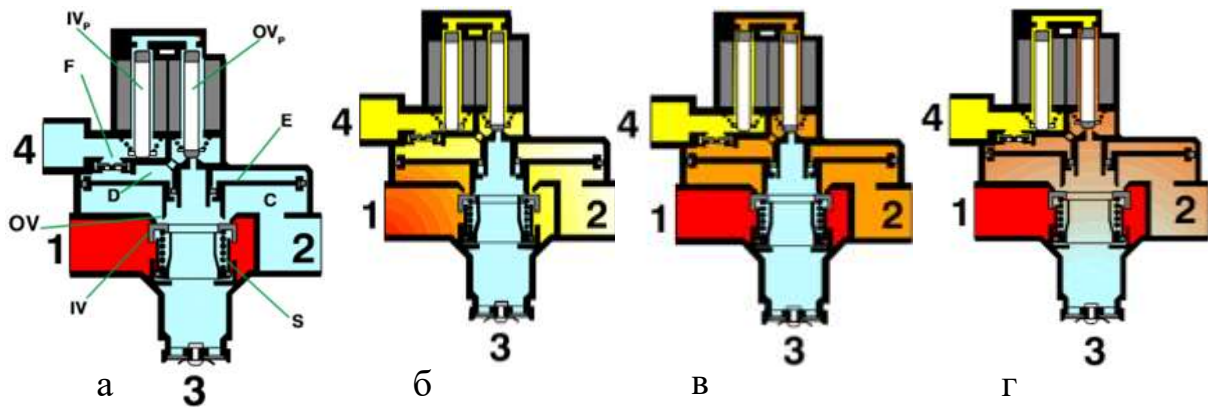


Рис. 2.6. Робочі стани пневматичного модулятора тиску:
а – керуючий тиск відсутній; б – підвищення тиску; в – утримання тиску; г – скидання тиску

Зниження тиску в гальмівних циліндрах здійснюється через пілотний канал клапана «OV_p» в атмосферу (порт 3). Таким чином, в МТ здійснюється два види модуляції – ШМ в камері низького тиску за допомогою пілотних електроклапанів, і АМ (амплітудної) в основній магістралі за допомогою пропорційного клапана «Е».

У більшості систем керування ABS використовуються *датчики швидкості обертання коліс індукційного типу* (рис. 2.7, а). Датчики складаються з постійного магніту і залізного стрижня на якому розміщена котушка. У деяких сучасних системах ABS застосовуються цифрові *датчики Холла* (рис. 2.7, б). Імпульсні датчики активізуються обертовим зубчастим колесом (рис. 2.7, в).



Рис. 2.7. Датчики швидкості обертання коліс:
а – індукційного типу; б – на ефекті Холла; в – установка з зубчастим колесом

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 [16].

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 (керованість) 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. 2.8).

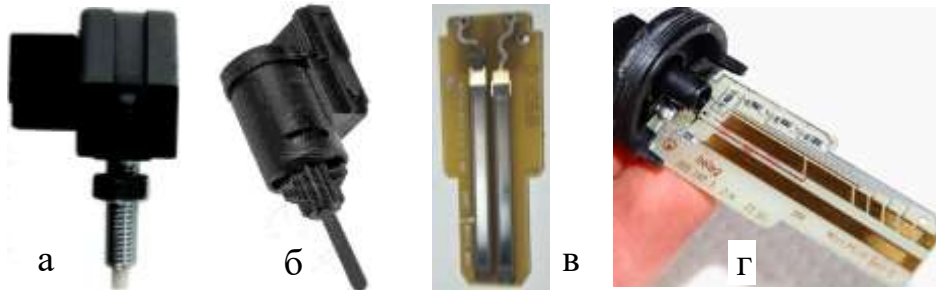


Рис. 2.8. Датчики положення педалі гальм:
а – кінцевого положення; б, в, г – ступеню натискання

Підключення рухомого контакту штока потенціометра виконується за допомогою другої контактної (резистивної) доріжки (рис. 2.8, в). 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 (тип ABS). У конструкціях вимірювальної площадки сучасних датчиків застосовуються секційні провідні доріжки, сектори яких гальванічно розділені виносними резисторами, інтегрованими поруч із доріжкою (рис. 2.8, 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 (рис. 2.9, а, б).



Рис. 2.9. 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. 2.9, в, г).

2.4 Устрій та функціонування гідроелектричних систем

Для прикладу, розглянемо систему ABS із замкнутим гідравлічним контуром насосом зворотного туску і чотирма трьохпозиційними клапанами-модуляторами (рис. 2.10).

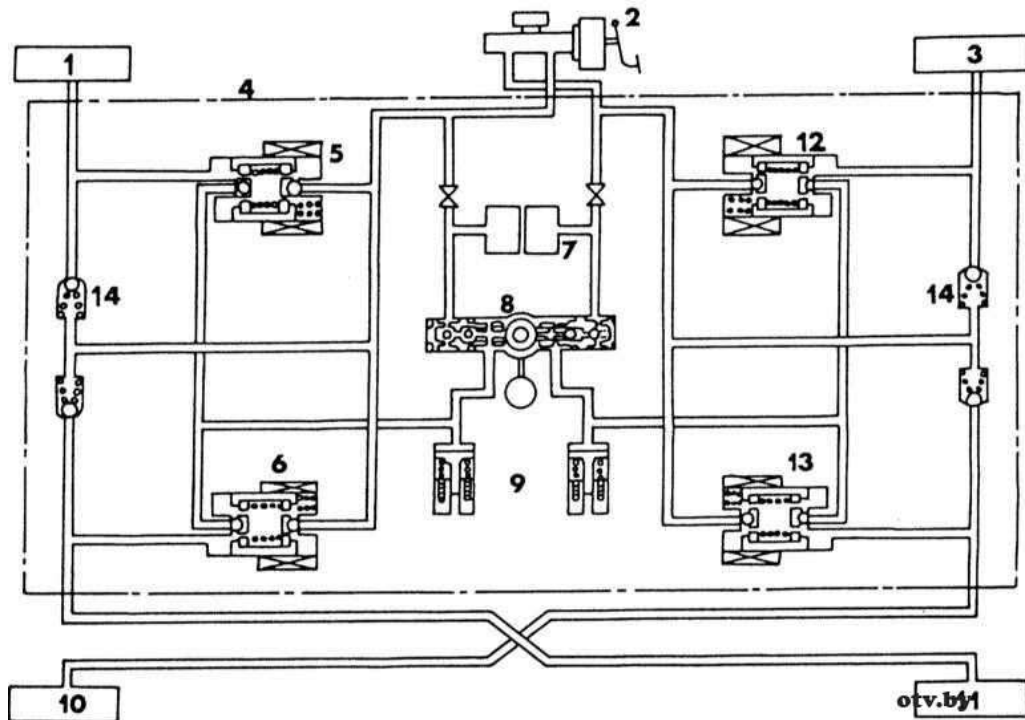


Рис. 2.10. Гідравлічний контур чотирьохклапанної системи ABS:
 1,3,10,11 – супорти; 2 – головний гальмівний циліндр; 4 – гідравлічний блок;
 5,6,12,13 – електродвигуни; 7 – демпфери пульсацій; 8 – електронасос;
 9 – розширювальні бачки; 14 – обвідні клапани

Робочий (опорний) тиск в гідросистемі підтримується електронасосом 8, який періодично підключається через ЕБК. Електродвигуни в початковому стані (без сигналу керування) забезпечують збільшення тиску в колісних гальмівних циліндрах пропорційно ступеню натискання педалі гальма 2 (пряме керування). При включенні алгоритму ABS, електродвигуни виконують функцію МТ, забезпечуючи зниження або утримання тиску в гальмівних циліндрах, шляхом полярного ШІМ-регулювання струму в обмотках. Обвідні клапани 14 сприяють збільшенню продуктивності відкритих клапанів (шунтують електродвигуни) при різкому збільшенні тиску в прямому трубопроводі.

Функціональна схема базової системи керування ABS включає: джерело електричної енергії (бортову мережу з акумуляторною батареєю АКБ); електронний блок керування ЕБК; задатчик режиму (педаць положення гальма ДППГ); датчики стану (швидкості обертання коліс ДК, уповільнення автомобіля ДУ, рівня гальмівної рідини ДРГР); електродвигуни гальмівних механізмів ЕК; електричний насос підкачки гальмівної рідини ЕН (рис. 2.11).

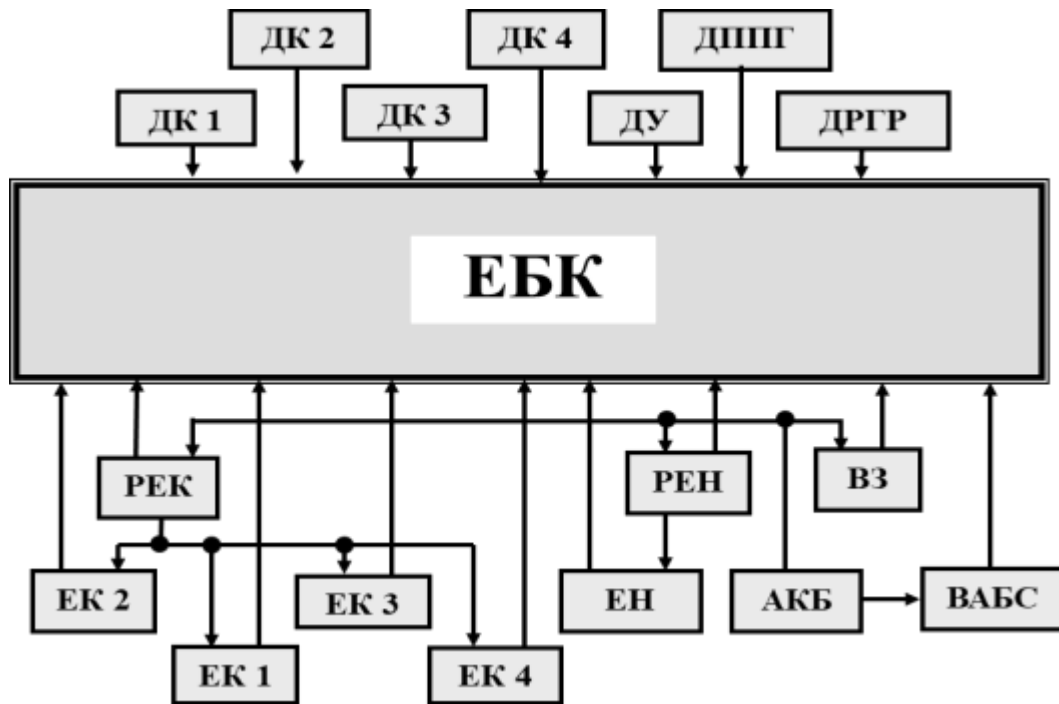


Рис. 2.11. Схема електрична функціональна

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 ВАБС (датчик гальмівної педалі). 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 [17].

На рис. 2.12 приведена принципова електрична схема системи ABS (Bosch), в якій головним компонентом є ЕБК [13]. На схемі позначено: БРК – блок реле керування; БВП – блок виконавчих пристроїв; ДСГ – датчик відмови сигналу гальмування; SA1 – контакти датчика аварійного рівня гальмівної рідини; SA2 – контакти датчика стоянкового гальма; SA3 – контакти вмикання сигналізатора гальмування; FU – запобіжники; KV – реле РЕН і РЕК; HL – лампи сигналізаторів; SX – рознімання. Із зовнішніми пристроями (датчиками і виконавчими пристроями) і бортовою електромережою (запобіжниками) ЕБК пов'язаний багато-контактним розніманням. До вихідних периферійних пристроїв ЕБК відносяться: блок реле РБК; модулятор тиску БВП; сигнальна лампа HL2 (контроль справності ABS); сервісне рознімання SX1; контрольне рознімання SX2 (стендова діагностика). Усередині РБК встановлені два реле з нормально-розімкнутими контактами. Одне для включення електродвигуна гідронасоса KV1, інше для включення і перемикачання обмоток електромагнітних клапанів KV2. Модулятор тиску включає робочі електроклапани (солєноїди) і електродвигун гідронасоса ЕН. Обмотки електроклапанів керуються сигналами з ЕБК.

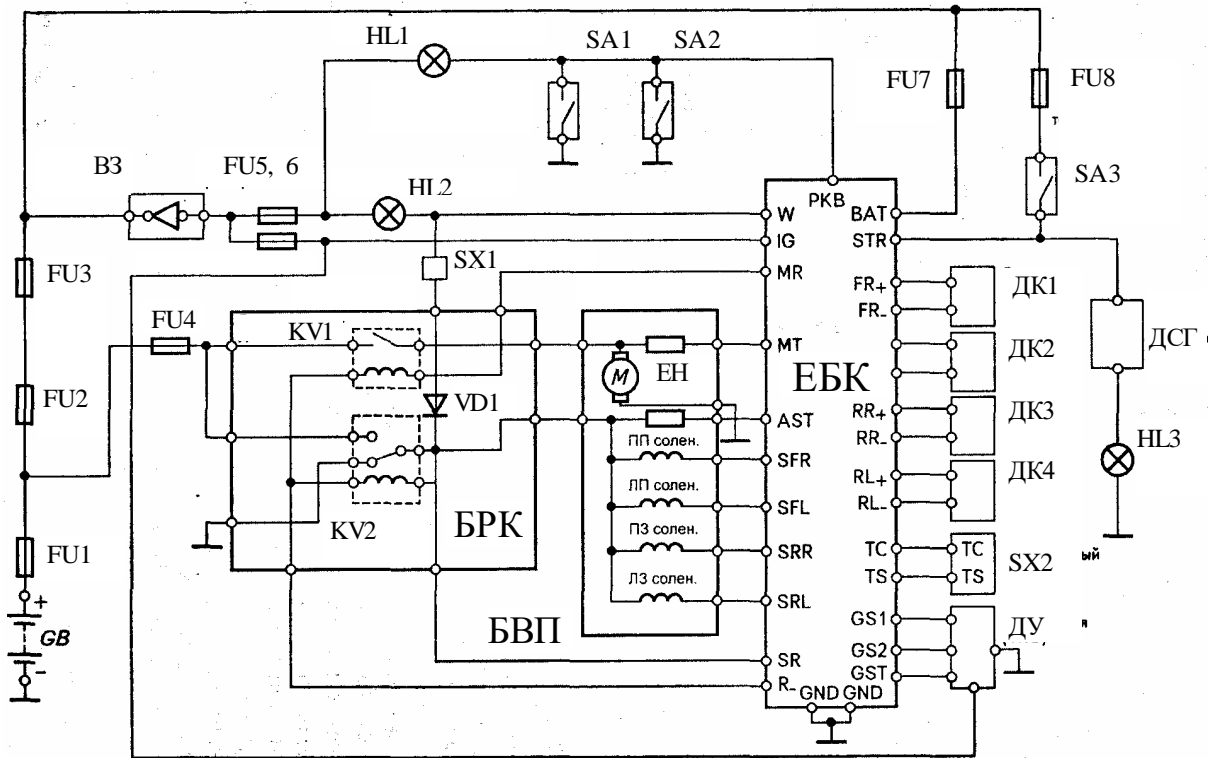


Рис. 2.12. Схема електрична підключення елементів системи ABS.

Електронний блок функціонує наступним чином. 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 MAIN (FU1), ALT (FU2), AM (FU3) або лампа HL2 перегорають, система ABS не включається. Після пуску ДВЗ і розгону автомобіля до швидкості більш ніж 6 км/г 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.

Слід зазначити, що сигнали ЕБК – вимірювальні (надходять від мікросхем), а сигнали від РБК до виконавчого механізму ABS – силові. Напруга на обмотки електроклапанів в режимі зниження тиску подається безпосередньо від АКБ. Таким чином формується прямий струм обмотки силою в 5 А. При цьому, контакти SFR, SFL, SRR, SRL через транзисторні ключі в середовищі ЕБК підключаються до «маси» (керування з низу). У режимі утримання тиску, через обмотки клапанів протікає зворотний струм 2 А. Це сприяє швидкому спрацюванню електроклапанів при меншому струмі керування і фіксує їх в заданому для даного режиму положенні. Під час функціонування гальмівної системи в

штатному режимі (без ABS), обмотки ЕК знеструмлюються, що дає 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 БКР. 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 включенні запалювання, ЕБК виконує самоперевірку. Відмова системи ABS негайно призводить до відключення системи. Система самодіагностики здійснює перевірку:

- сили струму від джерела живлення;
- функціонування зовнішніх і внутрішніх інтерфейсів;
- передачі даних;
- зв'язку між процесорами;
- операцій 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.

Модулі ABS залежно від компонування базової гальмівної системи, поєднують у своїй конструкції декілька компонентів ABS з переліку: модулятор тиску; ЕБК; електронасос; гідроаккумулятор. Максимальна кількість інтегрованих елементів досягається в системах високого тиску типу МД-3/4 (рис. 2.13).

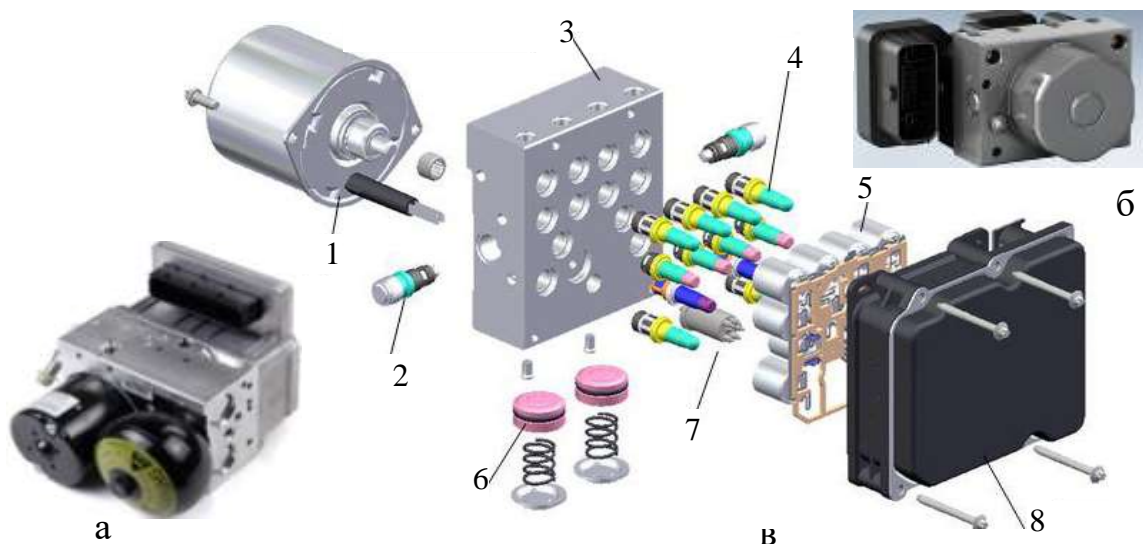


Рис. 2.13. Конструкція інтегрованого модуля ABS:

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

На рис. 2.13 позначено: 1 – електродвигун насоса; 2 – плунжери гідронасоса; 3 – матриця гідроблока; 4 – клапани; 5 – соленоїди клапанів; 6 – гідроаккумулятори; 7 – датчик тиску; 8 – ЕБК.

На рис. 2.14 показано приклад гідравлічної гальмівної системи сучасного автомобіля з двоконтурною діагональною гальмівною базою і гальмівною формулою 4S/4M в якій застосовано 8 ЕК типу «On/Off».

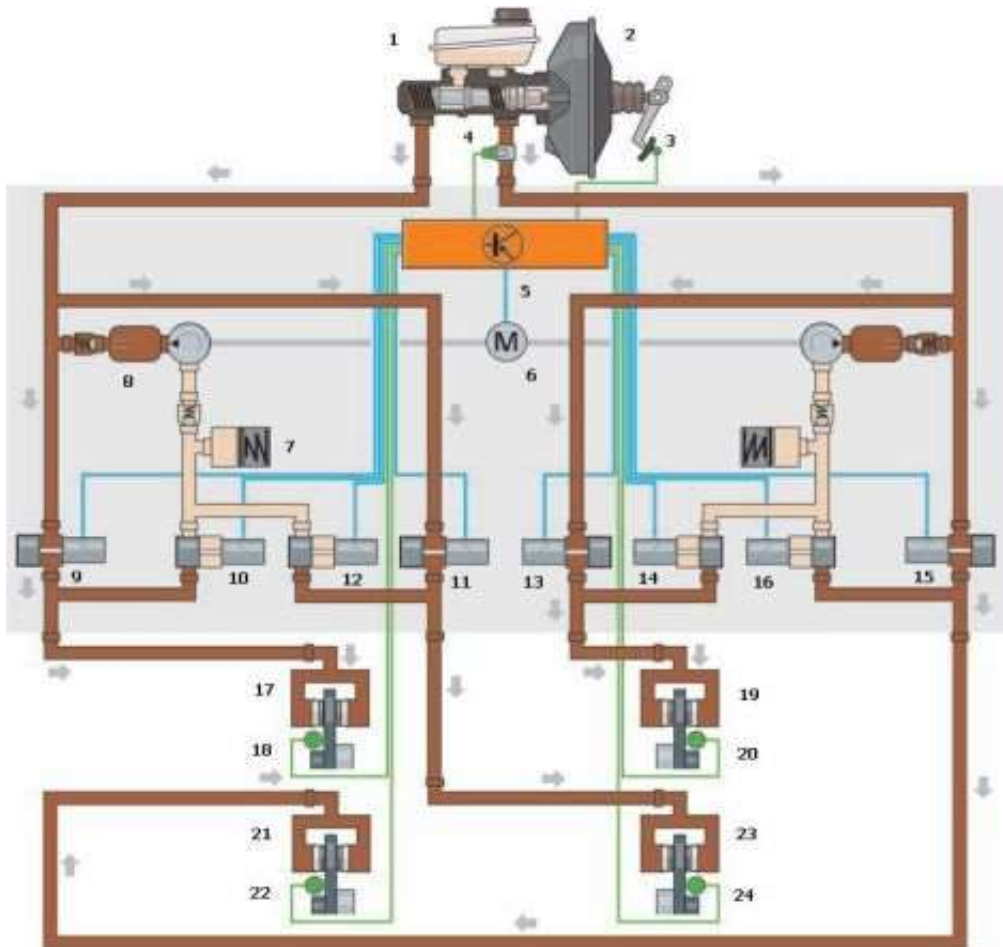


Рис. 2.14. Гідравлічна схема ABS з інтегрованим модулем:

1 – компенсаційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик положення педалі гальм; 4 – датчик тиску в гальмівній системі; 5 – блок керування; 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.

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 з виконавчими механізмами; датчиків кутової швидкості коліс.

2.5 Особливості устрою пневмоелектричних систем

Основним компонентом системи пневмоелектричних гальм є модулятор тиску повітря (МТ). 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. 2.15).

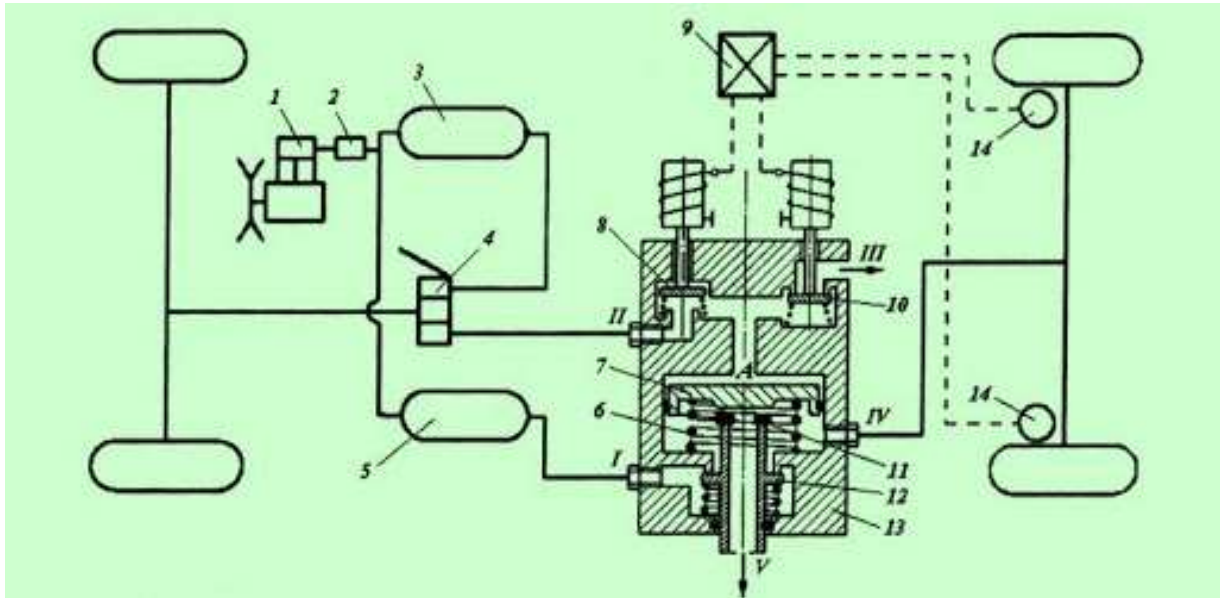


Рис. 2.15. Двоконтурний гальмівний пневматичний привід з ABS:

- 1 – компресор; 2 – регулятор тиску компресора; 3, 5 – ресивери; 4 – гальмівний кран;
 6 – пружина; 7 – поршень; 8, 10 – електромагнітні клапани; 9 – блок керування; 11 – клапан;
 12 – впускний клапан; 13 – модулятор тиску; 14 – колісні датчики;
 А – керуюча камера модулятора; I – до додаткового ресивера; II – до гальмівного крана;
 III, V – до атмосфери; IV – до гальмівних камер

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 МТ. При цьому, тиск повітря в гальмівних камерах і відповідно гальмівний момент на колесах – зростають.

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 А з атмосферою. Це призводить до підйому поршня 7, та як наслідок відчинення клапану 11 та зачиненню клапана 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 зніщується датчиком кінцевого положення педалі гальма (гальмового крана).

Особливістю пневмосистем, в порівнянні з гідравлічними, є вплив паразитних об'ємів підвідних трубопроводів, що викликають інерційність спрацювання гальмівних механізмів. Тому, як правило, пневмоелектричний привід гальм являє компонентну структуру з індивідуальними модуляторами і датчиками тиску, для реалізації додаткових функцій (опцій) системи ABS (рис. 2.16).

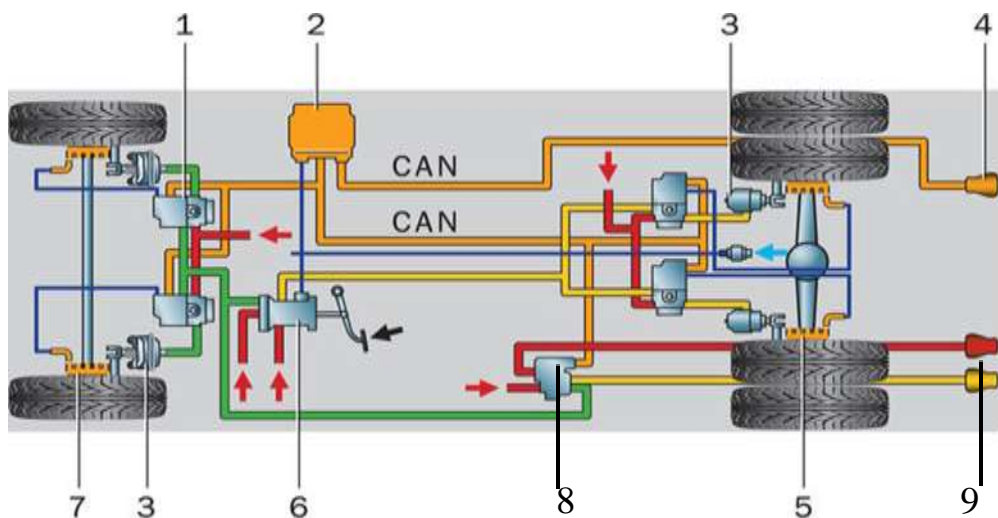


Рис. 2.16. Пневмоелектричний привід тормозів автомобіля-тягача:

1 – модулятори тиску з датчиками тиску повітря; 2 – блок керування; 3 – гальмівні камери; 4 – електричне рознімання; 5, 7 – датчики ABS; 6 – гальмівний кран тягача; 8 – гальмівний кран причепа; 9 – під'єднання повітряних трубопроводів до причепа

Таким чином, у системі керування пневмоелектричними ABS здійснюється зворотний зв'язок (слідкуюча система) не тільки за швидкістю обертання коліс і, але і за тиском в магістралях модуляторів.

Система підготовки повітря має три незалежні контури з окремими ресиверами (передньої осі, задньої осі, причепа). Оригінальністю наведеної схеми є застосування комбінованого гальмівного крану 6 з датчиком положення педалі (ДППГ). На кран підводяться тиски від осьових ресиверів (стрілки знизу). Сигнал з датчика ДППГ надсилається в ЕБК, де формуються вихідні сигнали, які керують клапанами модуляторів 1. На модулятори підводиться тиск від осьових ресиверів (стрілки) і гальмівного крану 6 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 модуляторами причепа передаються по CAN-лінії через розні-

мання 4. Гальмівна система на причепі будується аналогічно з чотирма колісними або двома осьовими модуляторами тиску.

Пневмоелектрична система може мати конфігурацію з пропорційним (прискорюючим, слідкуючим) клапаном на кожен вісь та окремими впускними і випускними клапанами по кожному колесу.

Різновидом пневмоелектричних систем гальмування аналогічної конфігурації, які використовуються на автомобілях-тягачах, є системи EBS (Electronic Braking System) [18]. Відмінність EBS від ABS класичної конфігурації це відсутність безпосереднього механічного (пневматичного) зв'язку педалі гальм з гальмівною системою і тягача і причепа та програмне розширення, що реалізує функції антибуксувальної системи ASR (Antriebs Schlupf Regelung).

Переміщення педалі (псевдопедалі) перетворюється в пропорційний електричний сигнал для блоку керування. Потім, 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. 2.17).

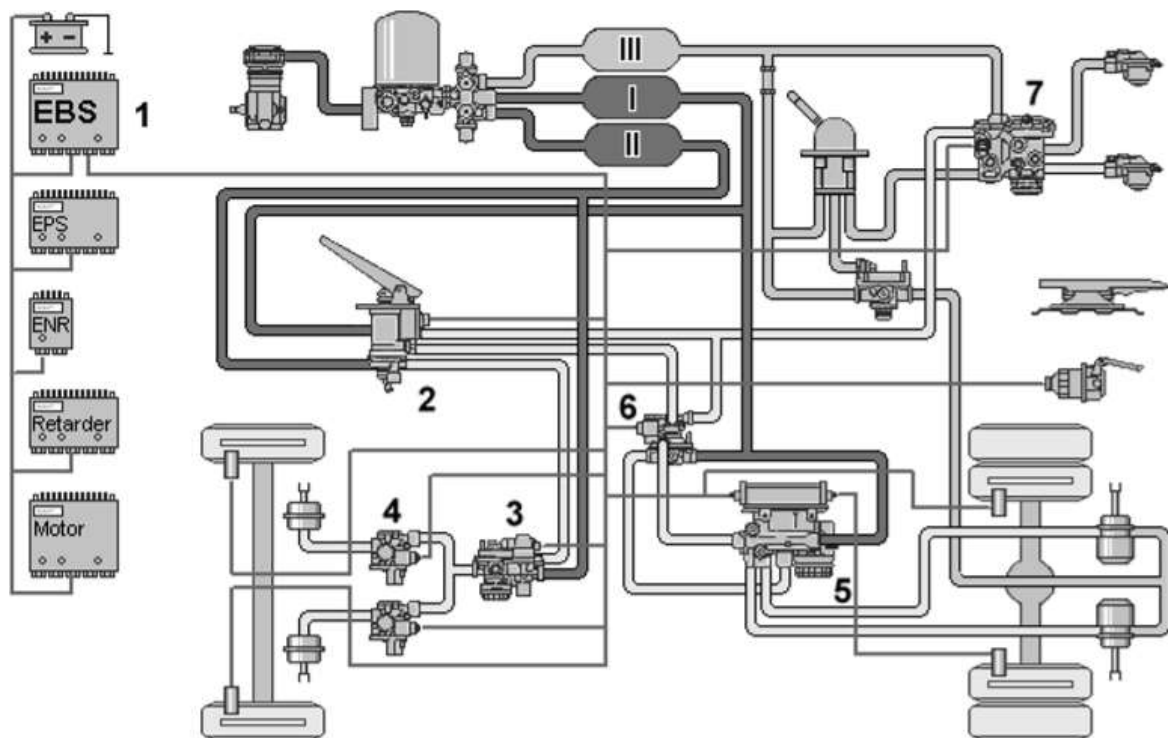


Рис. 2.17. Схема тормозної системи EBS для автомобіля з причепом:
1 – центральний ЕБК; 2 – гальмівний кран; 3 – пропорційний прискорювальний клапан;
4 – магнітний клапан ABS; 5 – модулятор задньої осі; 6 – клапан, який перекидає
сполучення з резервним контуром; 7 – кран керування гальмами причепа

Центральний електронний блок EBS 1 визначає значення необхідного сповільнення залежно від сигналу датчика положення гальмівного крану 2. Цей сигнал разом із сигналами колісних датчиків дозволяє блоку EBS розрахувати

необхідний гальмівний тиск та сформувати відповідні сигнали для ЕК керування передньою 4 і задньою 5 осями та гальмівним краном 7. Необхідний тиск на передній осі порівнюється з отриманим, і різниця, що виникає, компенсується пропорційним клапаном 3. Аналогічно відбувається подача керуючого тиску для причепа. 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 (антибуксування).

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).

Перевагами пневмоелектричного приводу гальм у порівнянні з пневматичним є:

- зменшення часу спрацьовування (особливо віддалених осей причепа або напівпричепа 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.

2.6. Побудування електромеханічних систем

Подальшим кроком розвитку гальмівних систем є електромеханічні гальмівні системи. Система складається з ЕБК 9, який має зв'язок з датчиками і виконавчими механізмами системи, 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. 2.18).

На відміну від гідравлічних і електрогідравлічних гальмівних систем, в електромеханічних системах гальмівна сила впливає на гальмівний диск замість традиційної скоби. Гальмівна система приводиться в дію гальмівною псевдопедаллю (інтенсивність і зусилля натискання) з відповідним датчиком положення. Залежно від режиму руху та процесу гальмування (частота обертання колеса, яке гальмується, ухилення колеса від прямолінійного курсу, поперечне прискорення) сигнали, що надходять в ЕБК, перетворюються і розраховуються оптимальні значення електричних параметрів керування приводними механізм-

мами коліс для здійснення процесу гальмування [19]. Устрій гальмівного механізму колеса показаний на рис. 2.19.

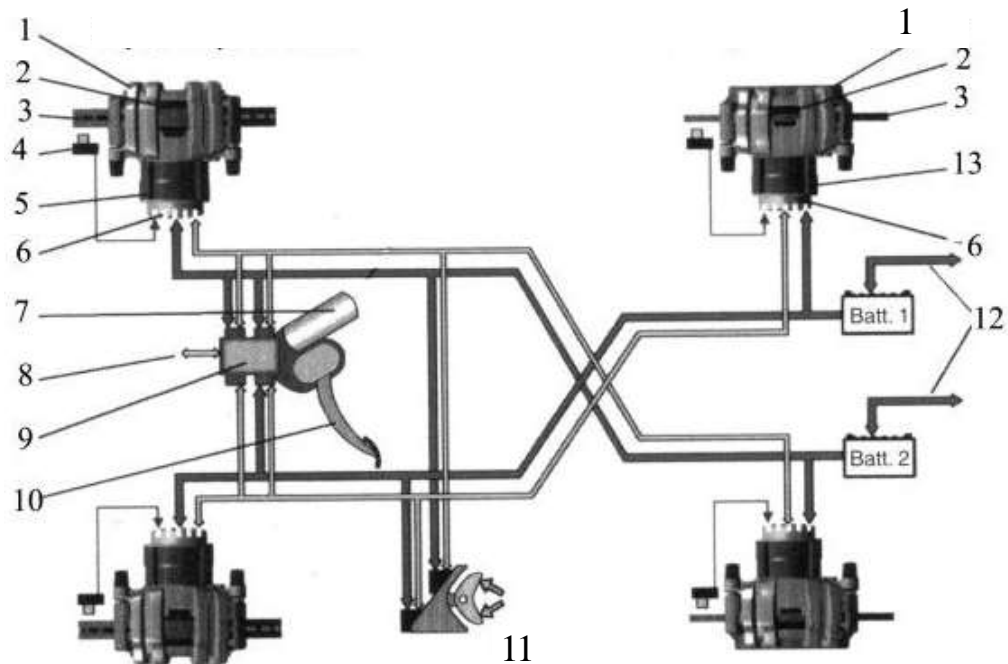


Рис. 2.18. Електромеханічна гальмівна система:

1 – супорт; 2 – фрикційна накладка; 3 – гальмівний диск; 4 – датчик частоти обертання колеса; 5 – приводний механізм; 6 – електрична колодка; 7 – імігатор 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

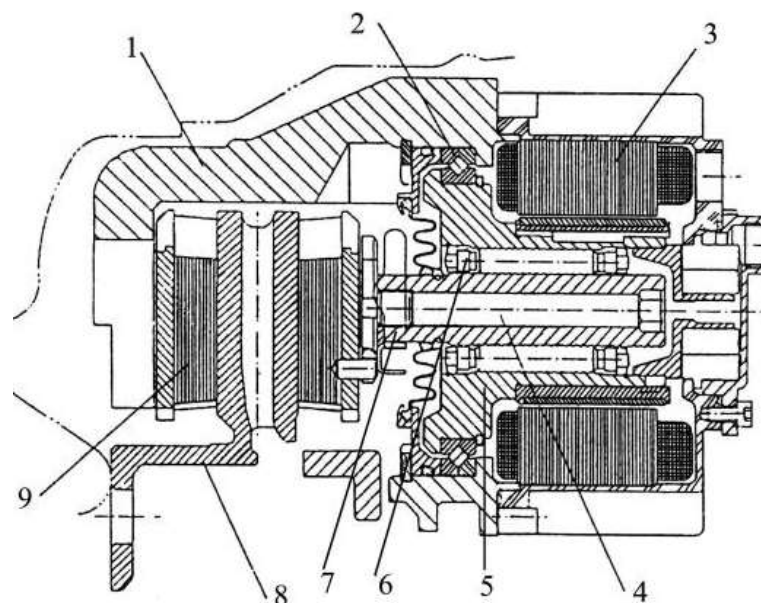


Рис. 2.19. Конструкція приводу електромеханічної гальмівної системи:

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 сателітним шестернями 6, що приводять в обертання сонячну шестерню 7. В середині 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 величину переміщення (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, 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 приводний механізм з стоянкового гальма. Керування стоянковими гальмами здійснюється від кнопки, яка замикає електричне коло живлення ЕД.

Застосування електромеханічних гальмівних систем має переваги:

- 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. 2.20, а).

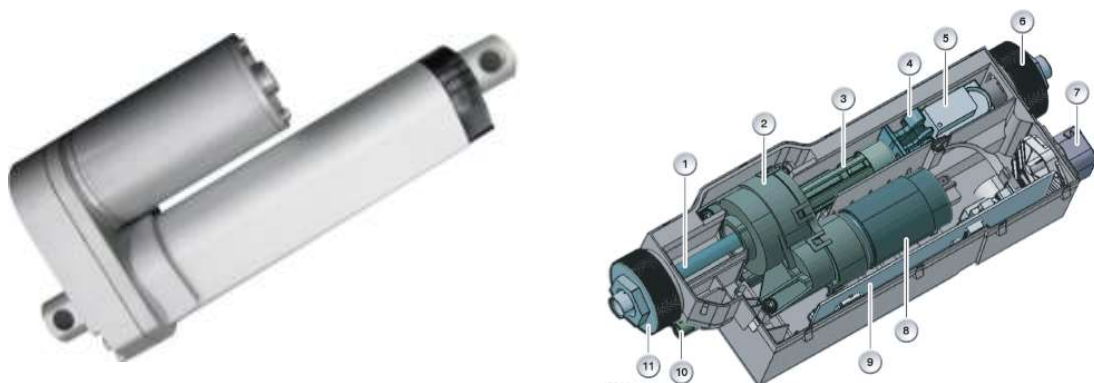


Рис. 2.20. Приводи натягу троса стоянкового (паркувального) гальма:
а – лебідкового типу; б – з гвинтовою передачею

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. 2.20, б). На рисунку позначено: 1 – шпindel; 2 – коробка передач; 3 – спицевий вал; 4 – механізм аварійного розблокування; 5 – датчик зусилля; 6 – накидна гайка правого приводного троса; 7 – електричне рознімання; 8 – електродвигун; 9 – плата ЕБК; 10 – під'єднання тросу привода 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 повідним валом і кріпленням тросів привода механізму гальм. Обидва варіанти привода 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. 2.21, а).

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. 2.21, 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 шпindelем 13 та натискною гайкою 14 (рис. 2.21, г). Шток тисне на поршень, який переміщує колодки у бік колісного диска. Переміщення штока (поршня приво-ду) через ходовий гвинт розраховується по числу обертів ЕД (інкрементний датчик Холла). Створюване зусилля тиску визначається ЕБК електромеханічного автомобільного гальма, виходячи з показань сили споживаного системою електричного струму. Електродвигун приво-ду 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 наступні функції:

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

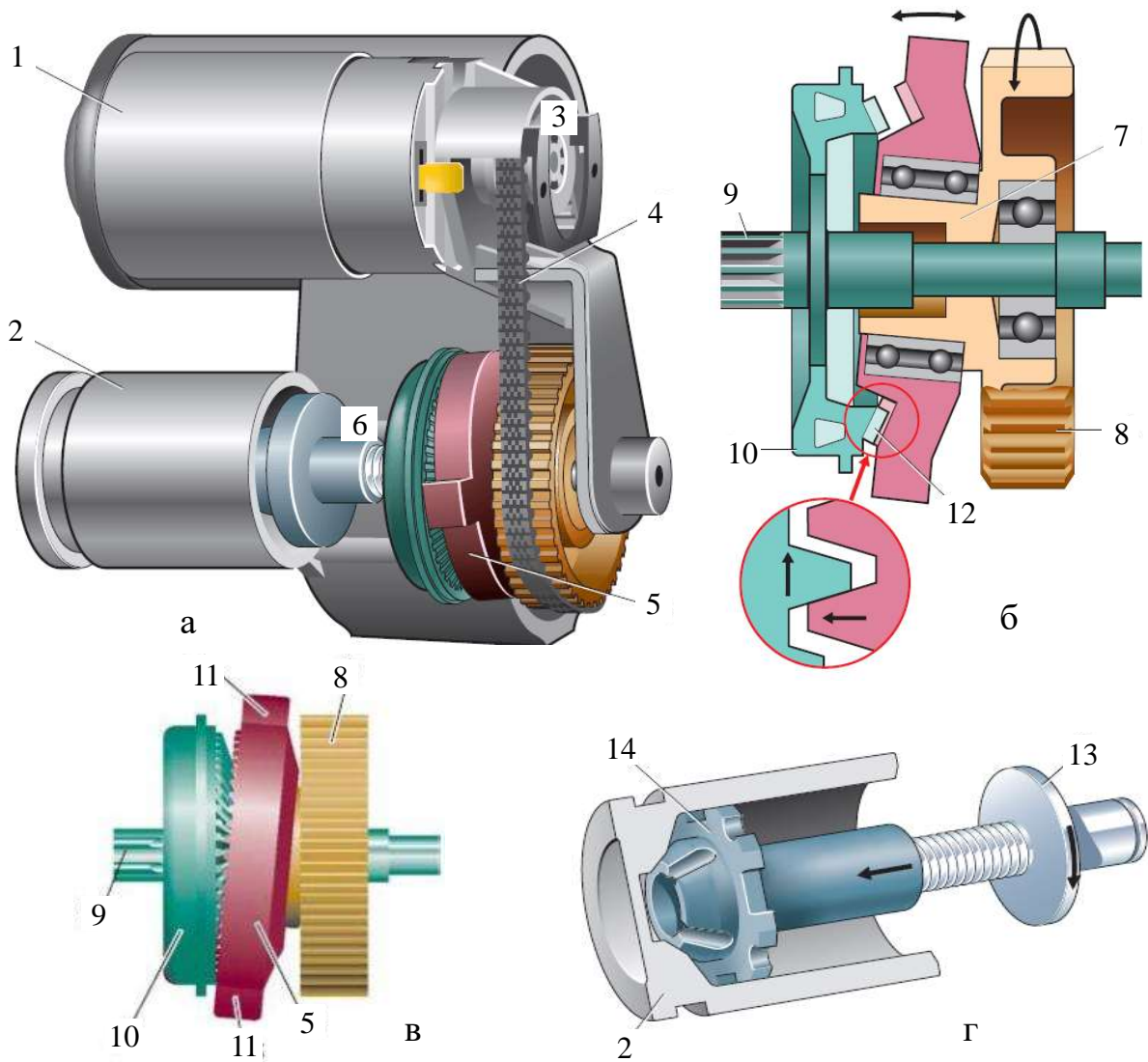


Рис. 2.21. Привід гальма стоянки з хитною шестернею:
 а – загальна компоновка; б, в – устрій вузлу хитної шестерні;
 в – поршень з гвинтовою парою

Електромеханічні гальма ставляться, як правило, на задню вісь. Базова система паркувальних гальм EPB (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 [20].

Система EPB 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.

Функція Auto Hold стала стандартною для ряду зразків машин концерну Volkswagen (сімейства VW Touareg, VW Tiguan, VW Passat, VW Golf), корейської фірми KIA, BMW, і деяких інших. 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 режиму 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 автомашині 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, при від'єднанні ременя, виключенні запалення двигуна або відкриванні дверей.

Таким чином, ЕБК стоянкового гальма з функцією Auto Hold у складі комбінованої структури системи керування шасі автомобіля 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. 2.22).

Штовхач 1, перемішуваний педаллю 2, наближає поршень гідравлічної 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.

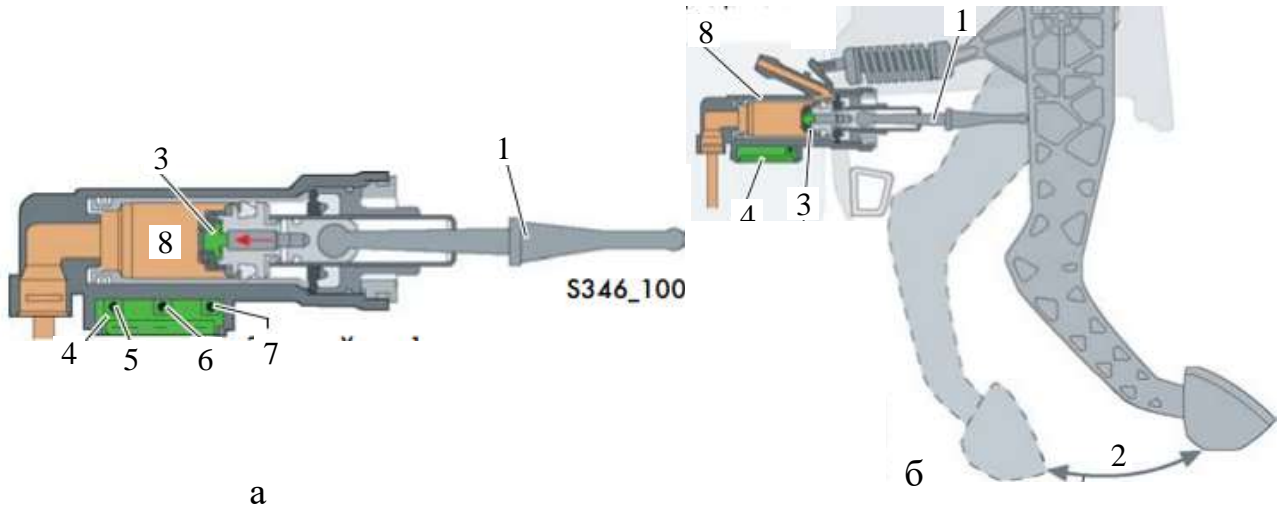


Рис. 2.22. Устрій датчика положення педалі зчеплення

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.

2.7. Реалізація систем екстреного гальмування

За ступенем автоматзації 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 [21].

Системи допомоги при екстреному 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 та ін.;
- 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 (ВП) 5 (рис. 2.23, а).

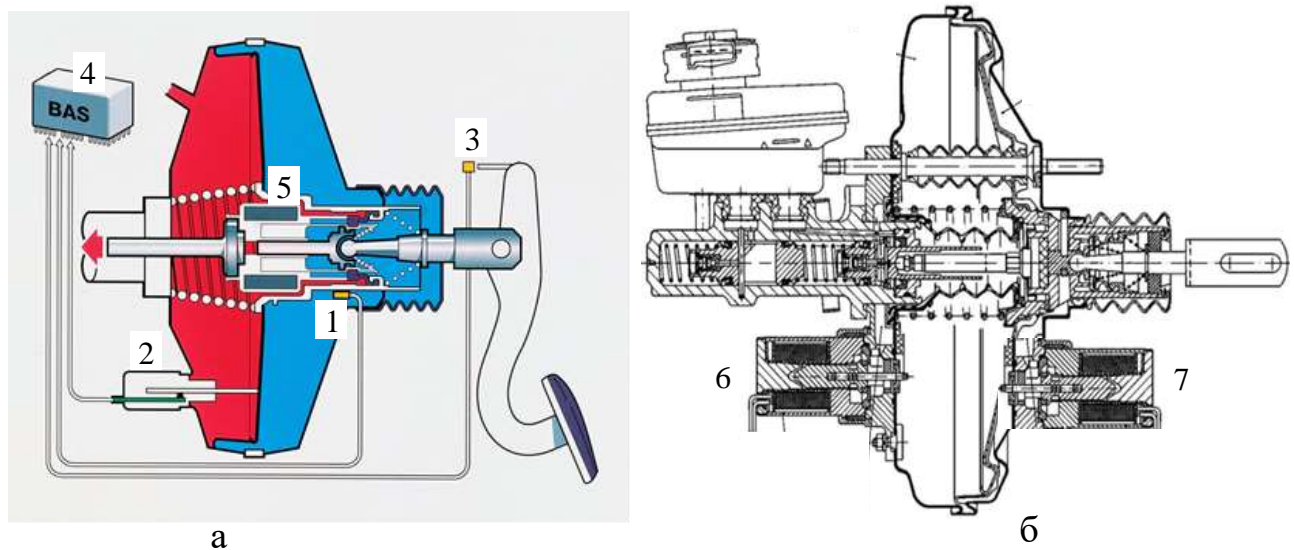


Рис. 2.23. Підсилювачі систем екстреного гальмування:
а – вакуумний з активним штоком; б – вакуумний с активним клапаном

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

Система екстреного гальмування BA (Brake Assist) – електронна система керування тиском в гідравлічній системі гальм, яка в разі необхідності екстреного гальмування і недостатнього при цьому зусилля на педалі гальма, самостійно підвищує тиск в гальмівній магістралі. Активна система безпеки BA функціонує спільно з системами ABS і 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 вимірює, наскільки 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. 2.23, 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 ВП, або клапану 7 в атмосферній камері ВП під тиском зовнішнього компресора (рис. 2.23, б). При цьому, перепад тиску між камерами ВП 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 екстремому 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 екстремому 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;
- ВА 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, який доводить тиск в гальмівній системі до максимального. Дія програми відбувається до спрацьовування 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 ВП гальм. У роботі системи використовуються: датчик тиску в рідині в головному гальмівному циліндрі, датчик розрядження у ВП, 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 АС 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.

2.8. 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 (гірського гальма) 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 ретардеру; способом під'єднання гальма сповільнювача (постійно під'єднані – онтардери та ті, що від'єднуються на замовлення – офтардери) (рис. 2.24).



Рис. 2.24. 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 систе-

ми). Другі, використовують агрегат сповільнення (ретардер) в ланцюзі передачі моменту на колеса повідного 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 електромеханічні, гідроелектричні, електричні (магнітоіндукційні і електромагнітні). Електромеханічні ретардери застосовуються в моторних системах у вигляді газових заслінок або випускних клапанів з пневмоелектричним або гідроелектричним приводом (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Компресійний сповільнювач з пневмоприводом:
а – газова заслінка; б – електроклапан; в – агрегат у зборі

Декомпресійна система сповільнення вбудована в газорозподільний механізм і отримала назву гальма Джакобса (Jake Brake) [22, 23]. Принцип роботи такого моторного тормоза ґрунтується на скиданні тиску в циліндрі після такту стиснення за допомогою штатного випускного клапана ГРМ (при відключених паливних форсунках). Для цього, між штовхачем і стрижнем клапана ГРМ встановлюється проміжна ланка (гідроциліндр з плунжером), яка змінює довжину штовхача під керуванням гідроелектричного клапану. 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 ретардеру 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 здійснюється 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 [22, 23] (рис. 2.26).



Рис. 2.26. Гідродинамічні сповільнювачі з електричним керуванням:
а – офтардер; б – інтардер; в – акватардер

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

Інтардер 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 через рідиною системи охолодження ДВЗ.

Акватардер встановлюється спереду ДВЗ (первинне жорстке під'єднання до колінчастого валу). У якості робочої рідини в акватардері 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 ретардери в турбо-режимі 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 (феромагнітних дисків 2), жорстко з'єднаних з приводним валом 3, що їх обертає. [23] (рис. 2.27, а).

Промислові зразки *магнітоіндукційних* (електродинамічних) ретардерів характеризуються значим гальмівним моментом, що створюється лапласовими силами за рахунок протидії моментів від 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 ретардери можна розглядати електричний генератор.

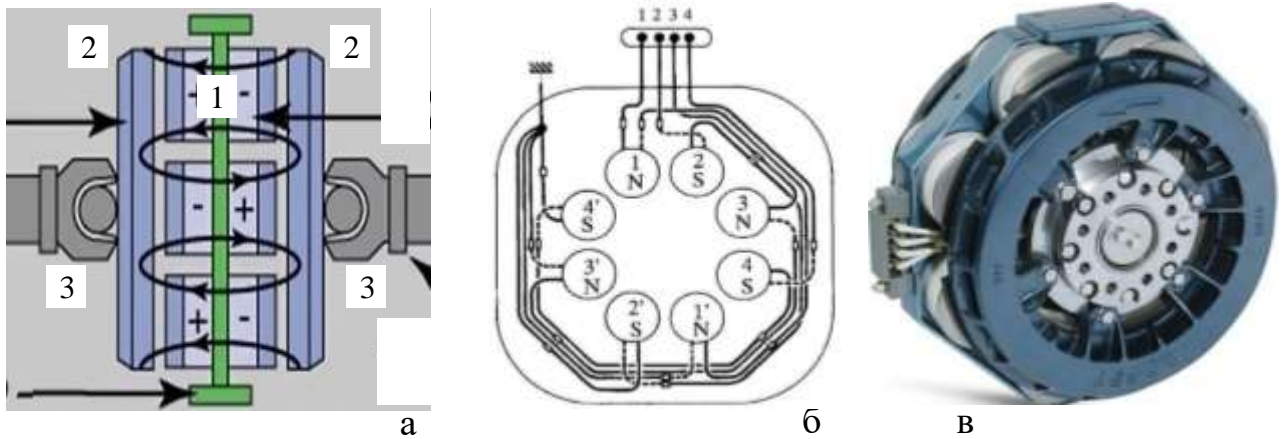


Рис. 2.27. Електродинамічний сповільнювач:
а – принцип будови; б – компоновка котушок індуктора; в – конструкція

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 встановлюються у вторинному ланцюзі трансмісії, як постійно під'єднані (онтардери) до неї (рис 2.28).

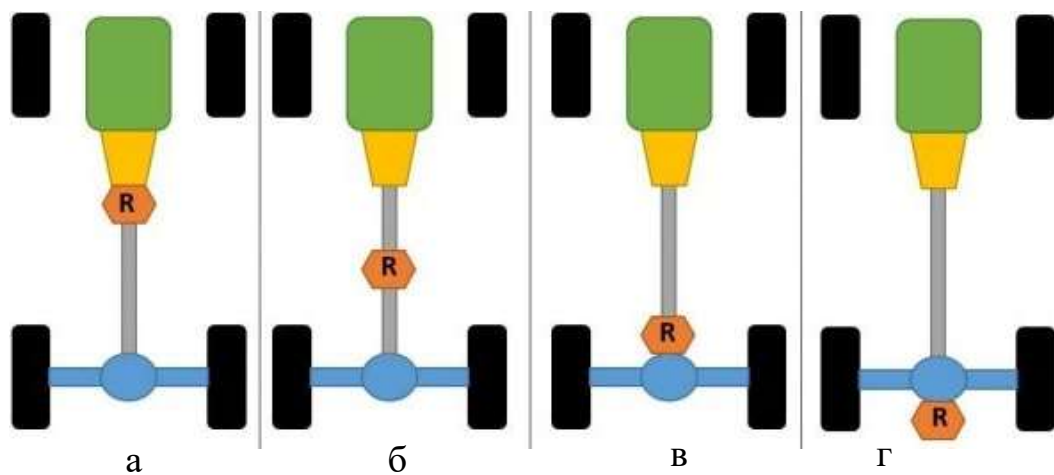


Рис. 2.28. Розміщення електродинамічних сповільнювачів на автомобілі:
а – на виході коробки передач; б – на рамі автомобіля; б, в – на задньому повідному мосту

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 через скорочення термінів окупності.

Основним недоліком ретардерів електродинамічної дії є значна витрата електричної енергії, що ставить конкуренцію іншим споживачам борта і потребує застосування генератора електропостачання підвищеної потужності.

Контрольні запитання за темою 2

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.
9. Перелічіть електричні компоненти пневмоелектричних гальмівних систем з ABS.
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.
14. Наведіть варіанти реалізації систем екстреного гальмування.
15. Поясніть способи реалізації електромеханічних стоянкових гальм.
16. Поясніть функціонування системи керування електромеханічними стоянковими гальмами.
17. Наведіть режими функціонування і опції допомоги водію, в яких застосовуються електромеханічні стоянкові гальма.
18. За якими ознаками розрізняють системи сповільнення автомобіля?
19. Поясніть принцип будови та спосіб керування моторним гірським сповільнювачем компресійного типу.
20. Поясніть принцип будови та спосіб керування моторним гірським сповільнювачем декомпресійного типу.
21. Поясніть принцип будови та спосіб керування гідродинамічним ретардером.
22. Поясніть відзнаки понять між ретардерами: офтардер, онтардер, акватардер, интардер.

Тема 3. СИСТЕМИ КЕРОВАНИХ ПІДВІСОК

3.1. 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. Підвіска колеса автомобіля включає ряд конструктивних елементів і вузлів (рис. 3.1).

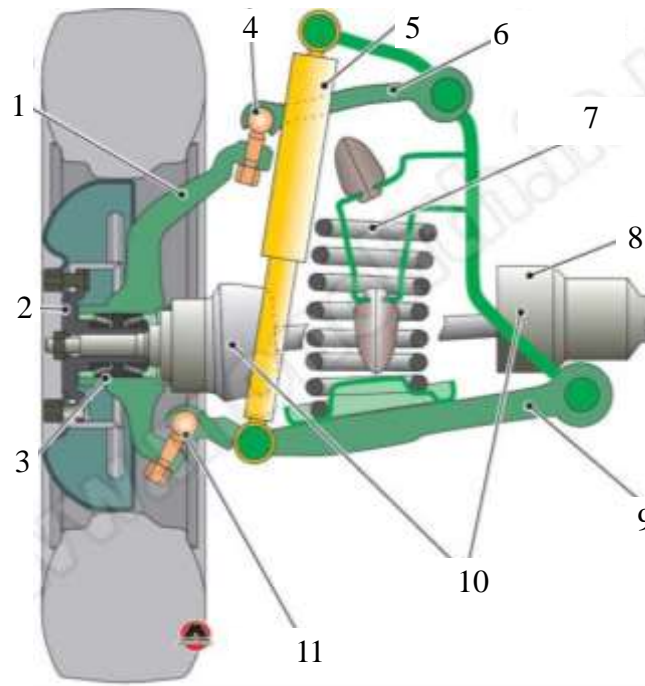


Рис. 3.1. Устрій пружинної підвіски автомобіля:

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 куткових 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: одне-важільна, двох-важільна, багато-важільна, 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. 3.2).

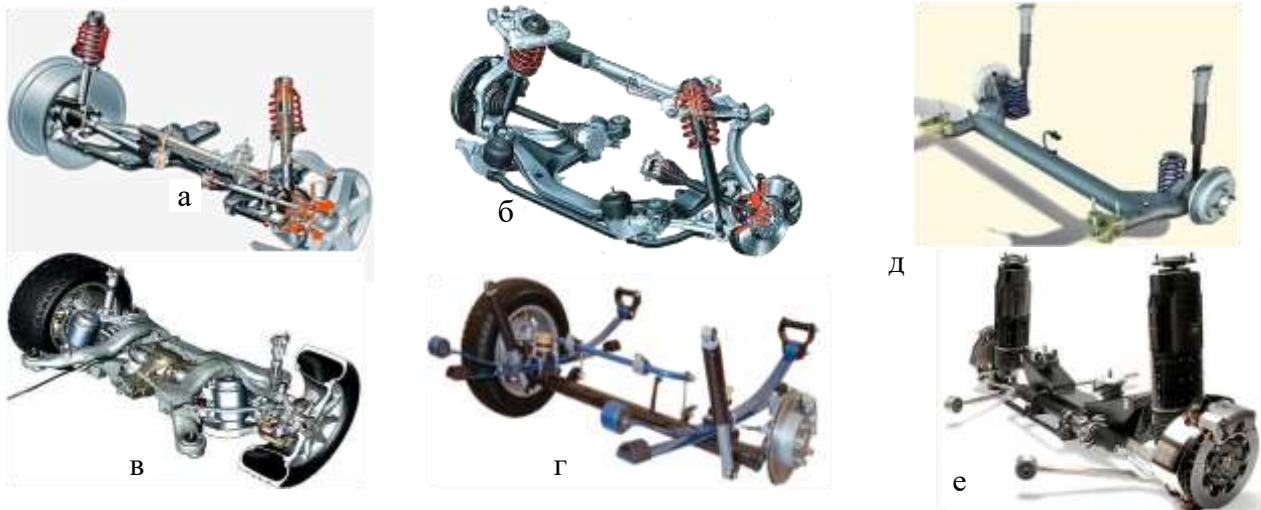


Рис. 3.2. Системи підвісок автомобіля:

а – типу «Мак Ферсон»; б – двох-важільної; в – типу «Де Діон»; г – залежної ресорної; д – напівнезалежної; 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.

Керовані підвіски можна класифікувати за рядом ознак: принципом будови; видом параметра керування; елементом реалізації керуючого впливу; ступенем автоматизації (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Класифікація керованих підвісок

З позицій керованості розрізняють пасивні, напівактивні і активні підвіски. Пасивна (некерована) підвіска характеризується цілком фіксованими зна-

ченнями нормативних параметрів (не змінює характеристик залежно від режимів та умов руху авто).

Напівактивна підвіска забезпечує керування тільки дорожнім про-світлом шляхом зміни параметрів пружного елемента за рахунок перепуску робочої 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).

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);
- гідро-пружинна (комбінована активна).

Керовані підвіски можна розрізняти 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 забезпечуватися за допомогою різних систем і пристроїв. На автомобілях застосовуються різні за принципом будови адаптивні підвіски. 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 і інші;
- 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:

- 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 Damper 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.

3.2. 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. 3.4).

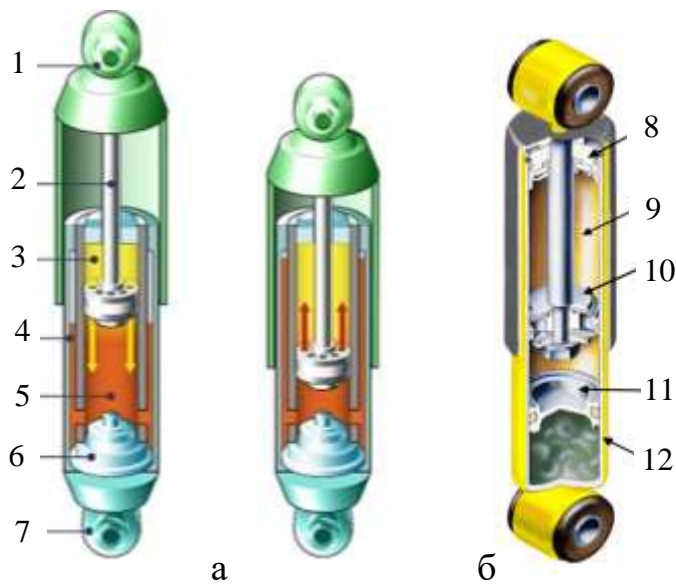


Рис. 3.4. Устрій амортизаторів:

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

На рисунку 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 з газом під тиском.

У двотрубному амортизаторі робоча камера сполучається із зовнішньою, яка частково заповнена газом через донний клапан (рис. 3.4, а). Газова камера компенсує об'єм рідини при стисненні амортизатора. Донна камера аналогічного призначення в однотрубному амортизаторі відокремлена від рідини спеціальним плаваючим поршнем (рис. 3.4, 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'язкісного 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 конструкції їх конструкції, початкової настройки перепускних клапанів, вихідної в'язкості і температури робочої рідини (масла). Статичні характеристики амортизаторів представляються круговими $F=f(x)$ і робочими $F=f(V)$ діаграмами при максимальній швидкості переміщення поршня V_{\max} (рис. 3.5, а).

Площа кругової діаграми пропорційна дисипативній енергії, що розсіюється амортизатором при одному коливанні. Амортизатори виготовляються і регулюються під прогресивну, лінійну або дегресивну характеристики (рис. 3.5, а). Основними способами регулювання некерованих амортизаторів є:

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

У гідравлічних амортизаторах сила опору залежить від швидкості переміщення штока, тому характеристики представляються родинами (рис. 3.5, б).

Вибір характеристики диктується переважними умовами руху і конструктивними особливостями АТЗ (рис. 3.6).

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.

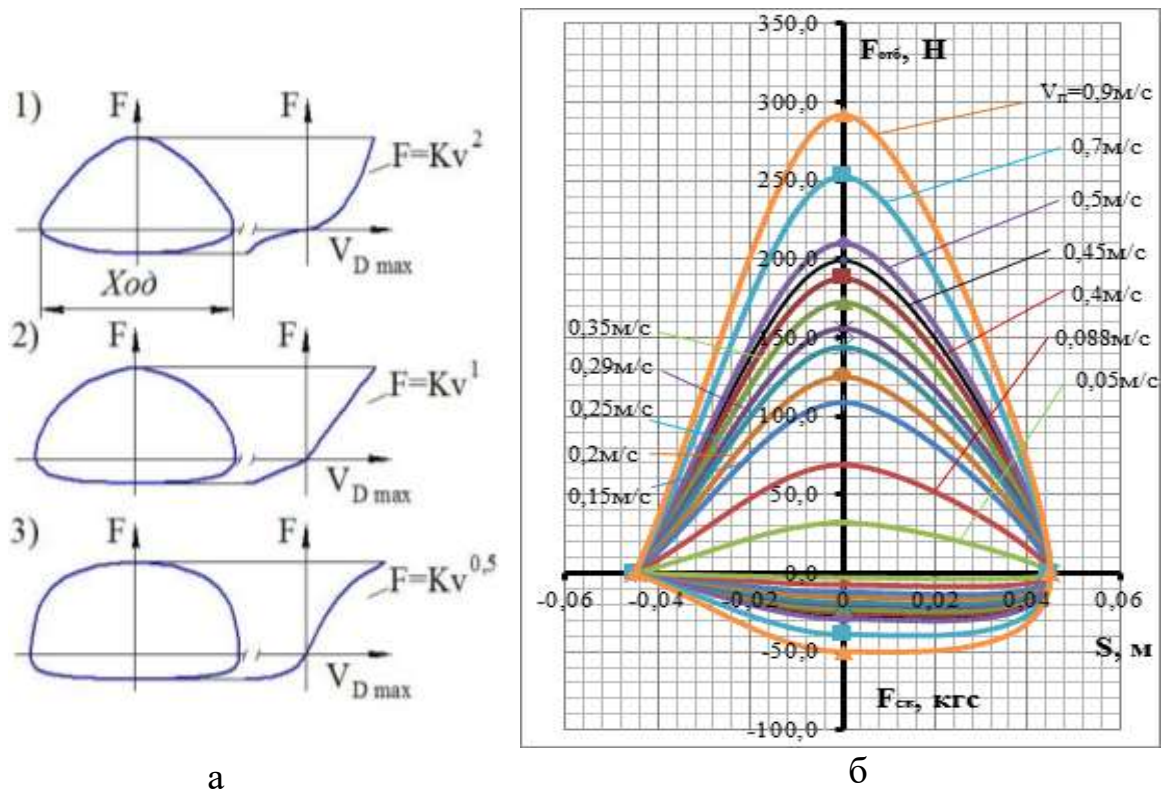


Рис. 3.5. Характеристики амортизатора:
а – статичні (1 – прогресивна, 2 – лінійна, 3 – регресивна); б – динамічні

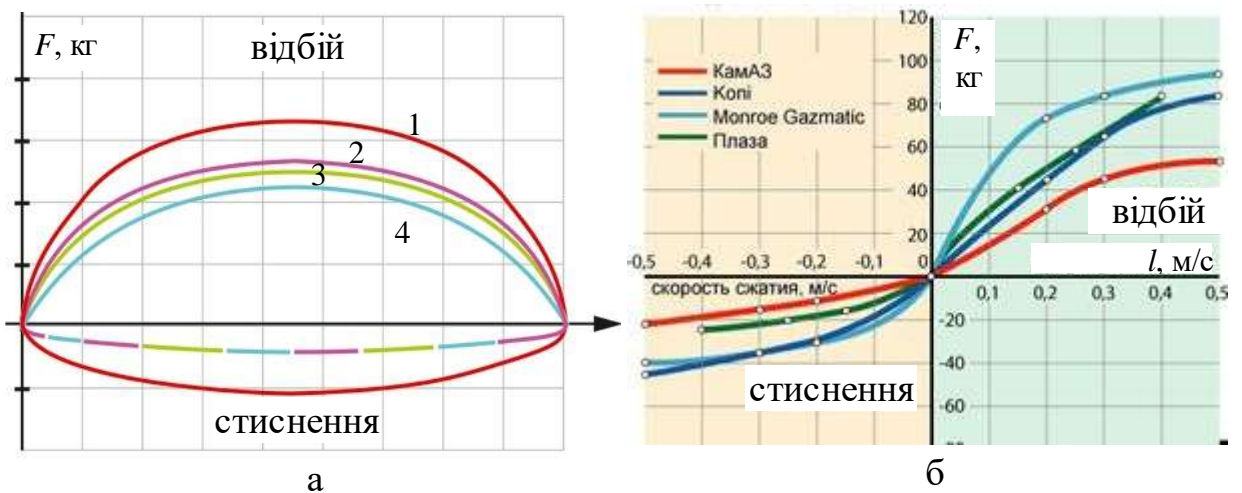


Рис. 3.6. Оптимізовані характеристики амортизаторів:
а – за умовами руху; б – за конструктивними особливостями АТЗ

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 пор-

шня призводить до збільшення коефіцієнта опору і пов'язаного з цим підвищення демпфірування як кузова, так і колеса. Останнє запобігає підстрибування 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 непрямым 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. 3.7).

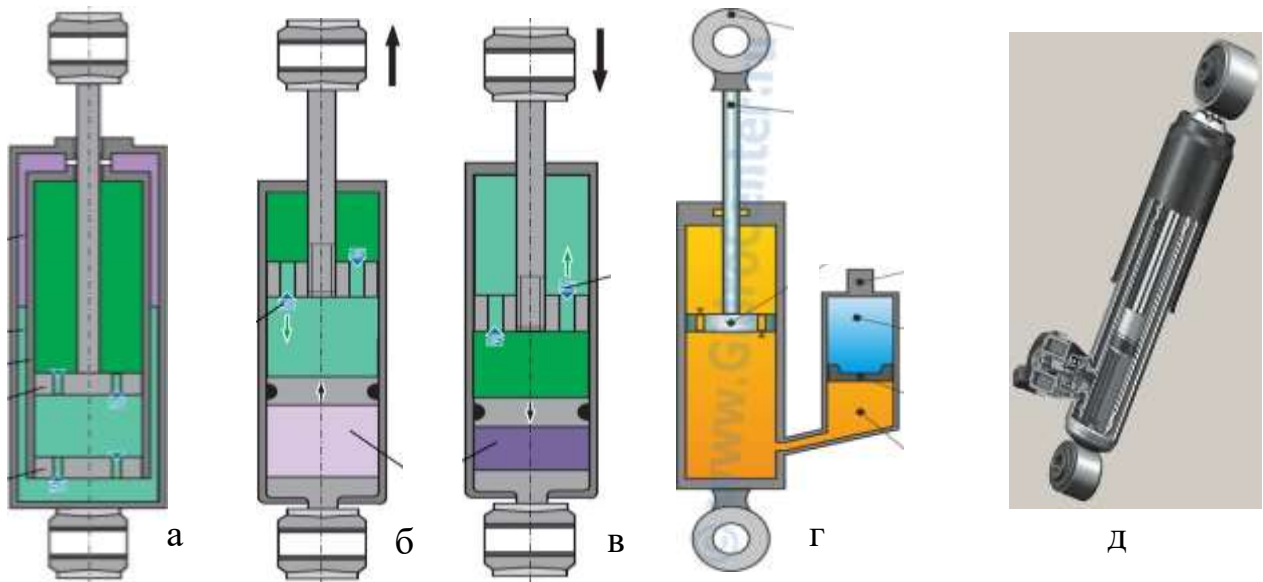


Рис. 3.7. Керовані електроклапанні амортизатори:

а – двотрубний; б, в – однострубний; г – з виносним підпором; д – з боковим клапаном

Регульовальний клапан з керуючим соленоїдом може знаходитися всередині демпфера на поршні або зовні збоку на корпусі (рис. 3.7, д). Основний недолік двотрубних амортизаторів – неможливість їх встановлення в перевернутому вигляді. Частково ця проблема вирішується за рахунок блокування газової порожнини зовнішнього циліндра (рис. 3.7, а). Наряду 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. 3.7, 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 (мастило не зміщується 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 дроселювання поршня або розміщуються за межами гідравлічного циліндра (рис. 3.8).

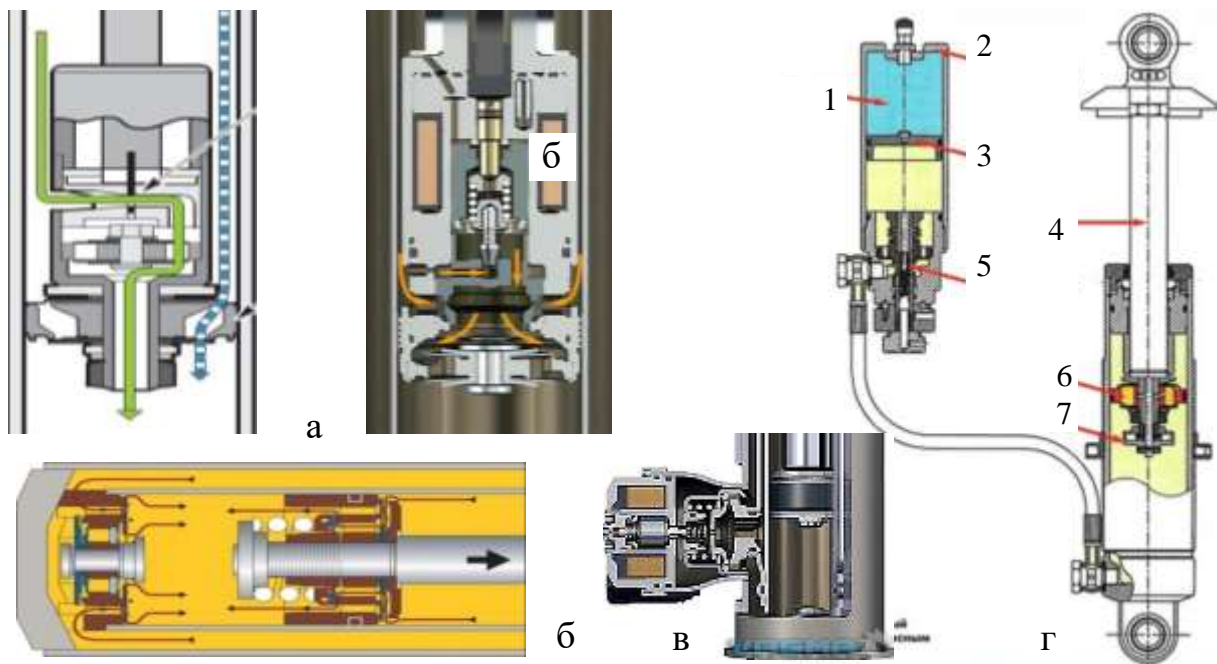


Рис. 3.8. Розміщення електроклапанів в амортизаторі:
а – на поршні однострубного; б – на поршні двострубного;
в – збоку двострубного; г – однострубного з виносним резервуаром

На рисунку 3.8 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. Конструкція поршня такого амортизатора являє електромагнітний індуктор (обмотка зі струмом 1 і магнітопровід 2) з робочими отворами 3 (рис. 3.9, а).

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. 3.9, б).

Амортизатори з магнітною рідиною можуть містити різні робочі середовища (тіла) і конструкції пристрою, що дроселює (рис. 3.10).

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

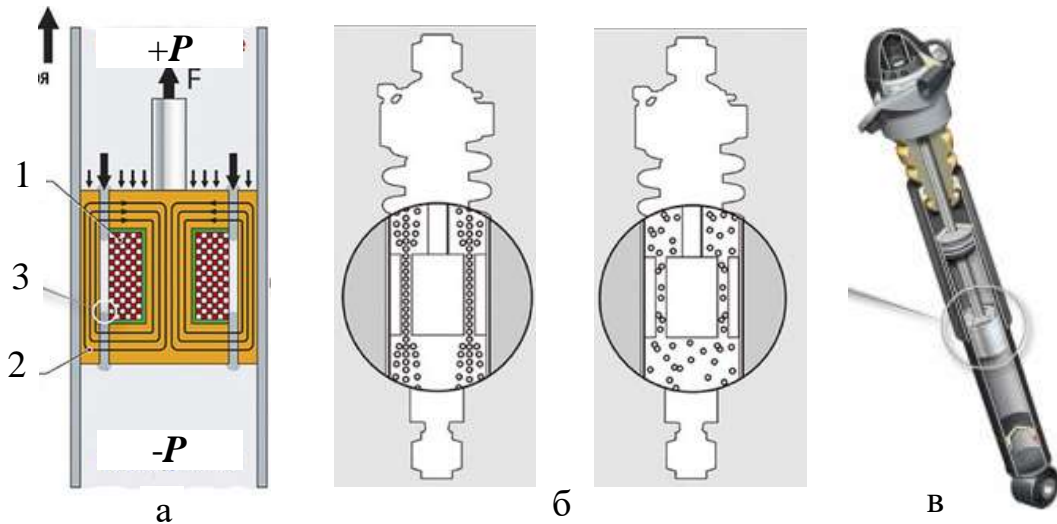


Рис. 3.9. Керований амортизатор з магнітною рідиною:
а – устрій; б – змінювання консистенції рідини; в – конструкція

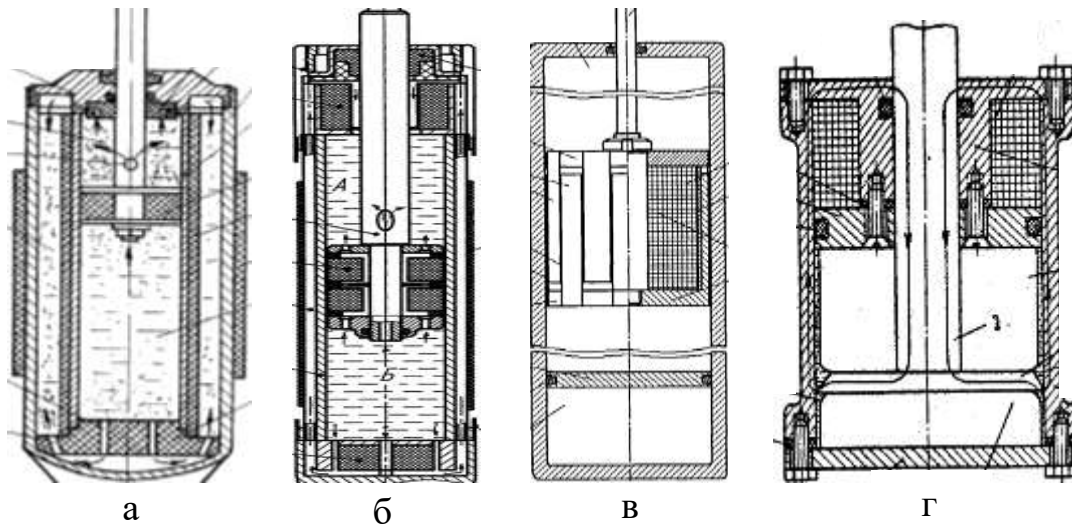


Рис. 3.10. Технічні рішення амортизаторів з магнітною рідиною:
а – гідравлічний з котушкою на корпусі; б – гідравлічний з постійними магнітами на фланцях; в – гідропневматичний з котушкою на поршні;
г – пневматичний з котушкою на фланці

Конструктивне поєднання гідравлічного керованого амортизатора і пневматичного керованого пружного елемента (балона, подушки) утворюють *активну стійку підвіски* (рис. 3.11).

На рисунку 3.11, а позначено: 1 – газова порожнина; 2 – отвори; 3 – поршень із клапанним вузлом; 4 – підпоршнева порожнина; 5 – донний клапанний вузол; 6 – пневматичний пропорційний клапан; 7 – дросель у повітряному каналі клапана; 8 – надпоршнева порожнина; 9 – буфер відбою; 10 – пневматичний пружний елемент.

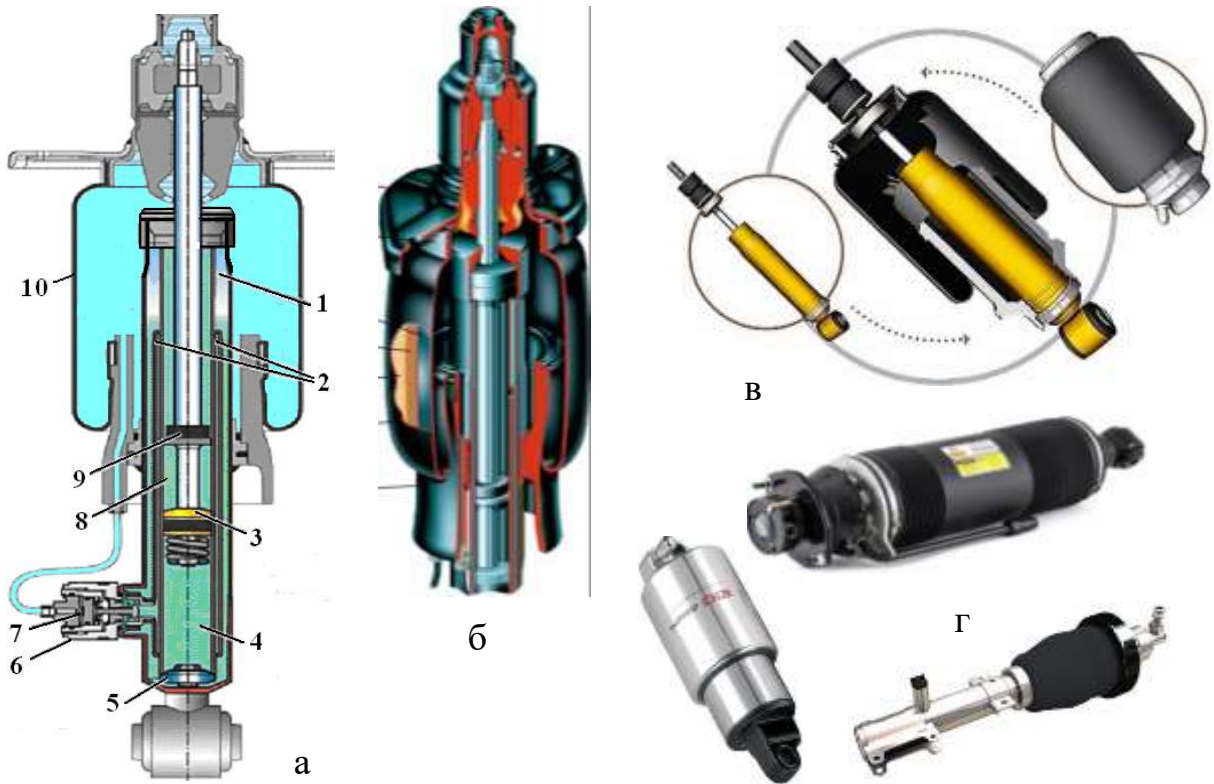


Рис. 3.11. Гідропневматична стійка:
а, б – устрій; в – склад; г – зовнішній вигляд

Розробникам фірми Bose (виробник акустичних систем для автомобілів преміум класу) запропоновано революційну технологію електромагнітної активної стійки, яка ґрунтується на принципах лінійного електродвигуна [24]. Шток постачаний потужним магнітом, сприймаючи коливання від підвіски автомобіля, переміщається в електромагнітному полі, яке створюється системою котушок, розташованих на статорі (рис. 3.12).

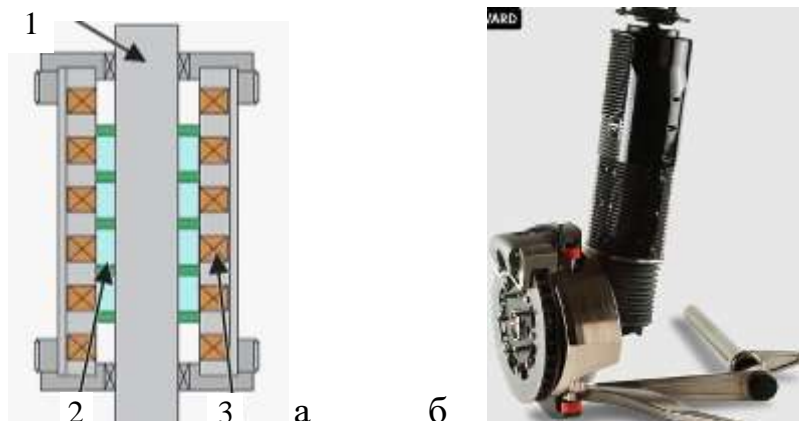


Рис. 3.12. Система підвіски Suspension Bose:
а – схема стійки; б – конструкція (Audi TT)

На рисунку 3.12, а позначено: 1 – шток; 2 – постійні магніти; 3 – обмотки електромагнітів. 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.

3.3. 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. 3.13, а).

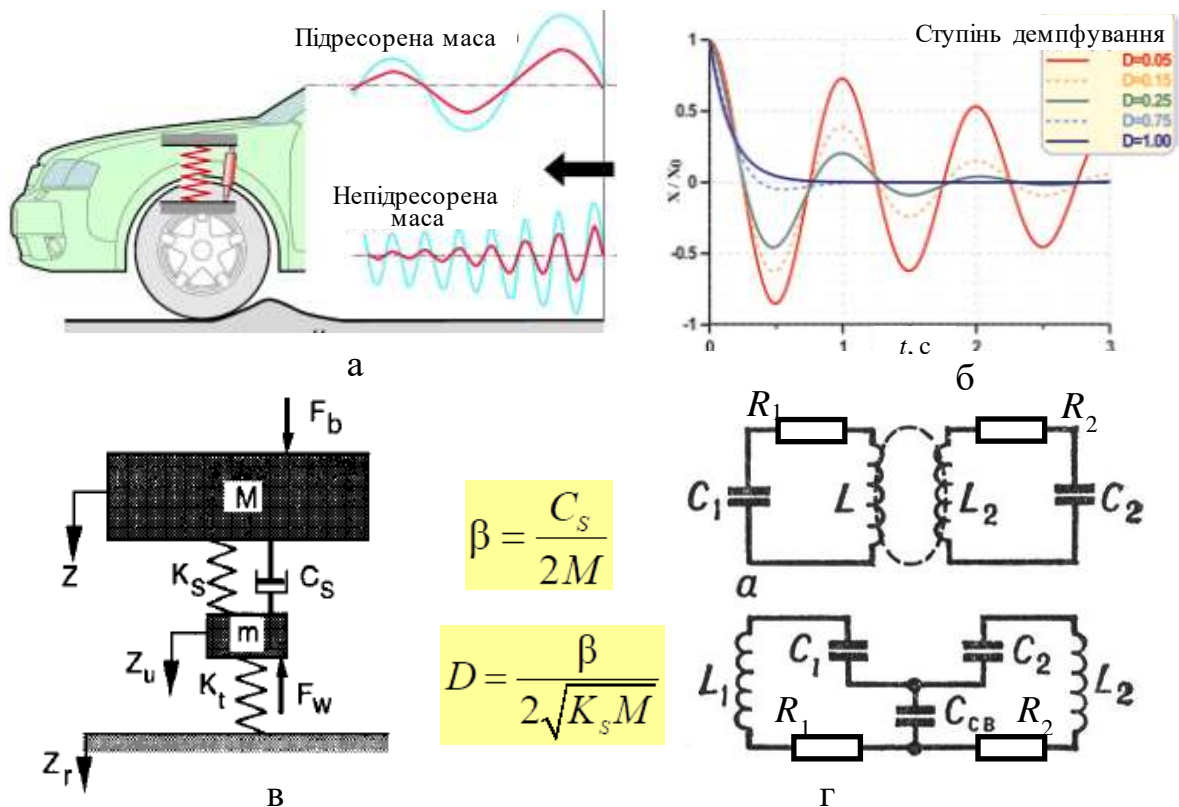


Рис. 3.13. Система коливань підвіски автомобіля:

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

Підвіска характеризується *основними параметрами* системи коливань:
- коефіцієнтом опору (коефіцієнтом тертя C_s) і загасання β амортизатора (рис. 3.13, в);

- ступенем демпфування підвіски D (рис. 3.13, б).

- коефіцієнтом посилення амплітуди коливань кузова.

Під час коливань підвіски, автомобіль діє динамічною вагою на дорожню поверхню з реакцією мас $Z_r = Z + Z_u$ (3.13, в). 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. 3.13, 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. 3.14).

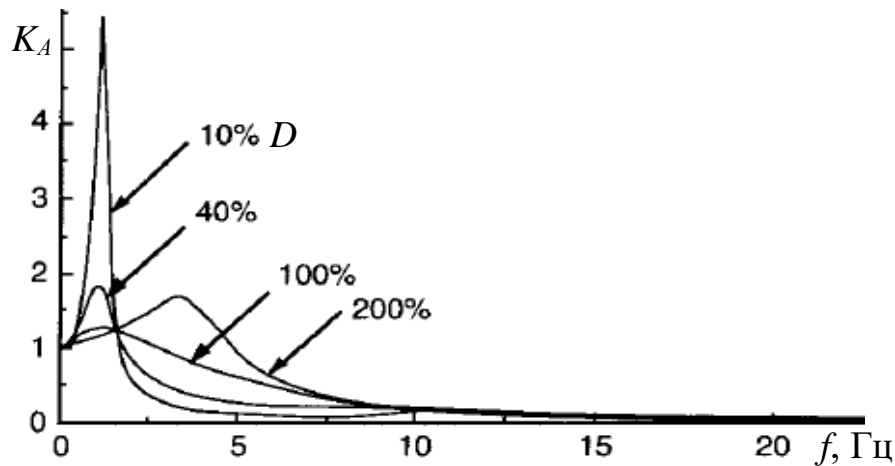


Рис. 3.14. Залежність коефіцієнта посилення амплітуди коливань кузова автомобіля від частоти коливань, що збурюють

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 керованості 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 збурювання перетворюється в інші види енергії і 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 Vose і амортизатор з генератором ZF Levant Power.

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. 3.15).

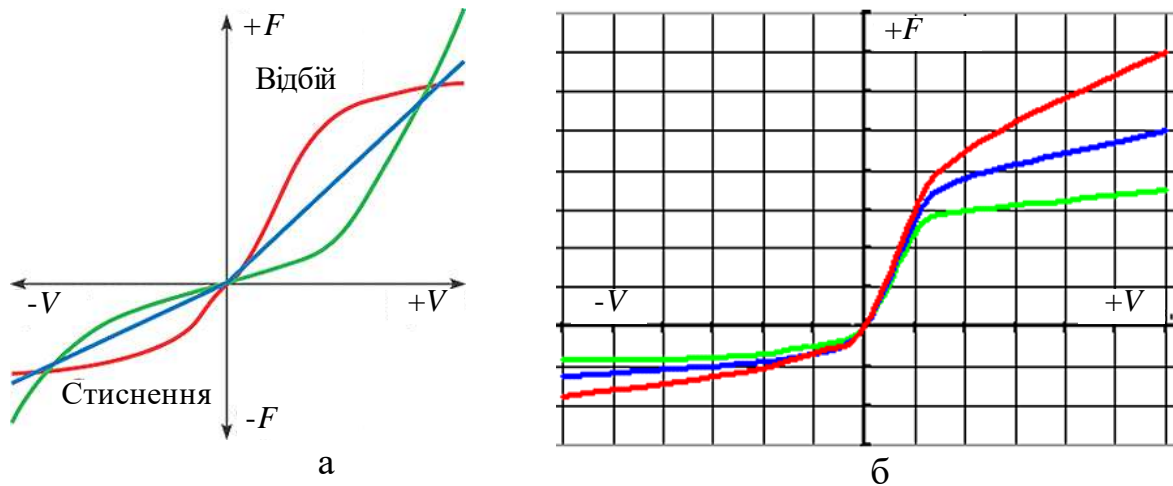


Рис. 3.15. Робочі характеристики керованого амортизатора:
а – зміна виду прогресії; б – зміна рівня прогресії

3.4. 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. 3.16).

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

- 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 ДПК;
- 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. 3.17).

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 вимі-

ривальними котушками і вимірювальним модулем. Вимірювальні котушки включені за схемою «зірка» (рис. 3.18).

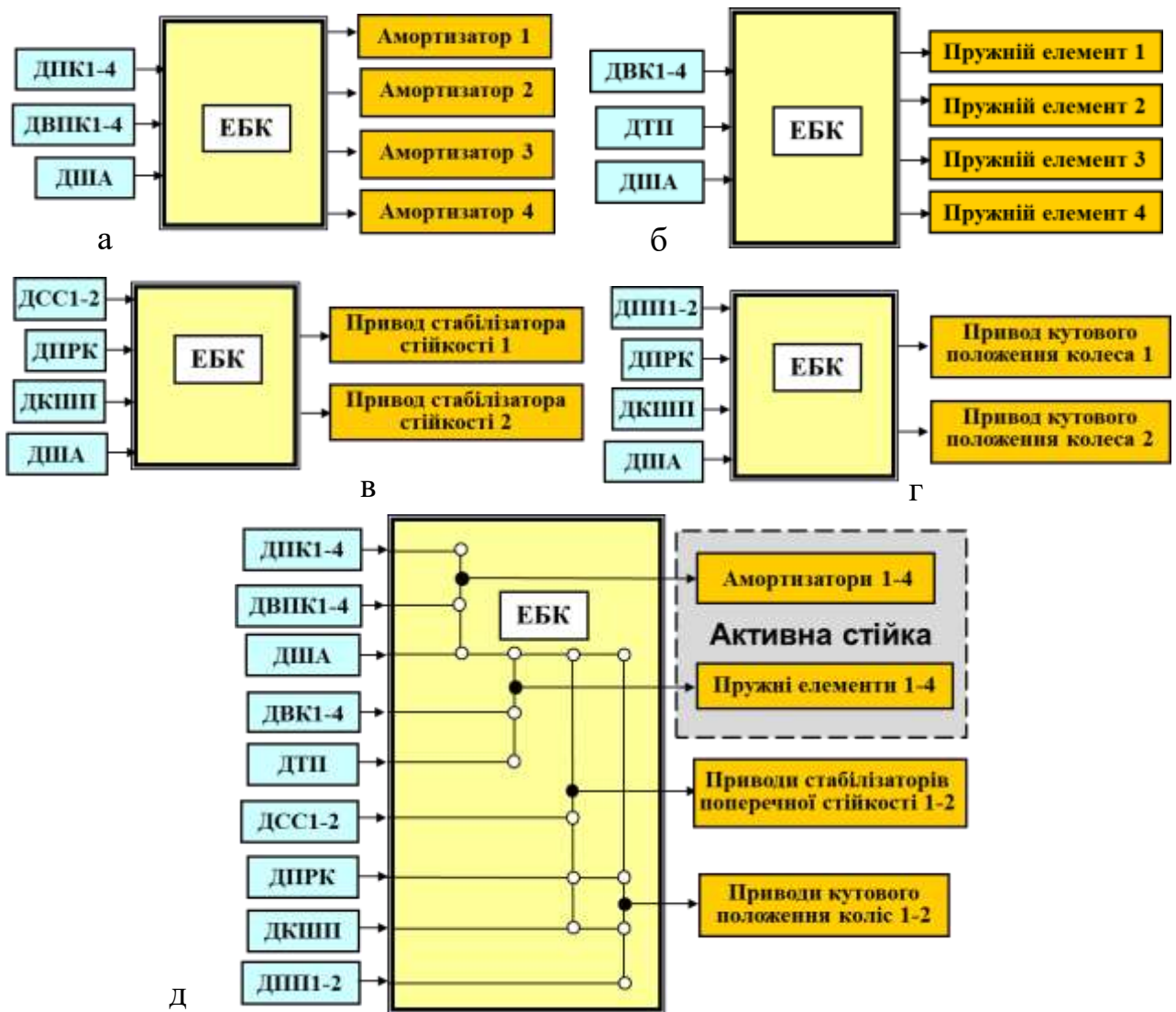


Рис. 3.16. Композиції систем керування підвіскою: а...г – функціональної структури; д – комплексної структури

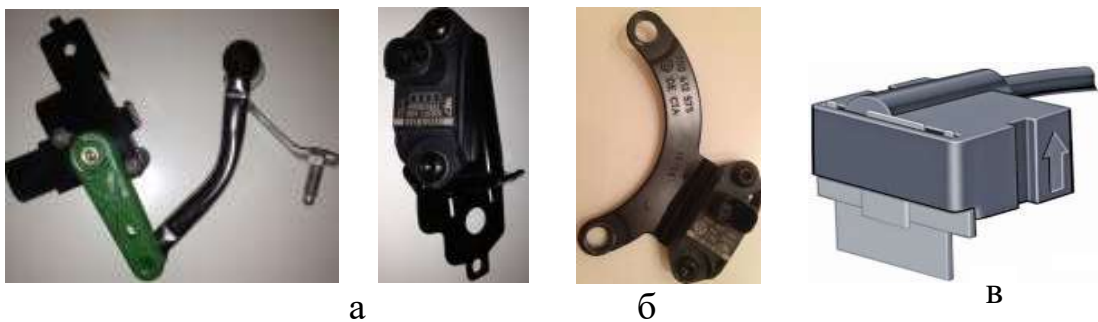


Рис. 3.17. Датчики підвіски:

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

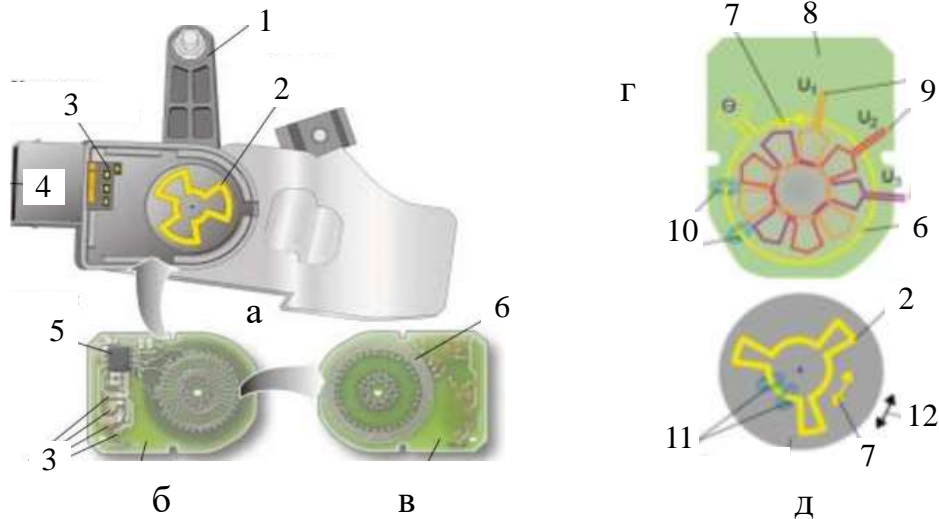


Рис. 3.18. Устрій датчиків висоти автомобіля (положення кузова): а – конструкція у зборі; б – печатка верхнього шару статорної частини; в – печатка нижнього шару статорної частини; г – розташування котушок на статорі; д – печатка роторної частини

На рисунку 3.18 позначено: 1 – важіль приводу ротора; 2 – короткозамкнений ротор; 3 – контакти печатки; 4 – електричне рознімання; 5 – вимірювальна мікросхема; 6 – генераторна котушка статору; 7 – змінний струм; 8 – статорна частина; 9 – вимірювальні котушки; 10 – електромагнітне поле генераторної котушки; 11 – електромагнітне поле роторної котушки; 12 – кут повороту 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. 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. 3.19, а).

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

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.

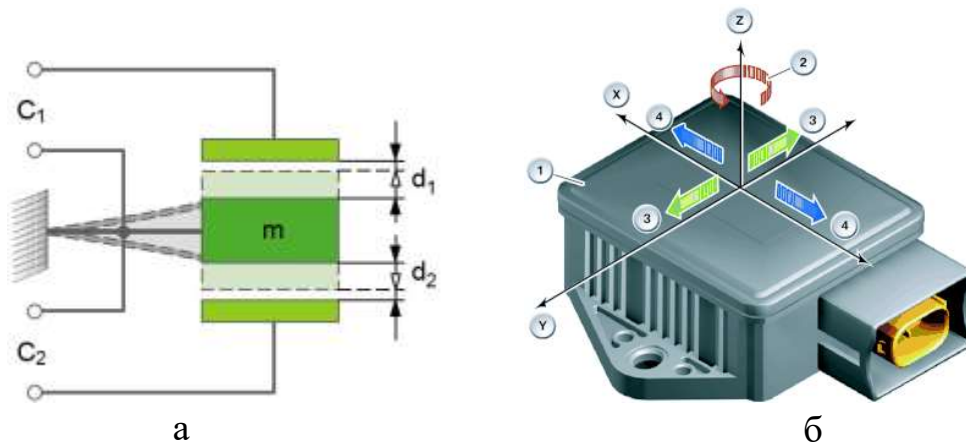


Рис. 3.19. Будова акселерометрів:

а – принцип ємнісного датчика прискорення; б – трьох-координатний датчик DSC

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).

3.5. 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 ABD (Active Body Damping) кузова.

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

Одно-контурні системи, як правило, встановлюють на одну з осей автомобіля. Зазвичай одно-контурні 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. Чотирьох-контурна 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. 3.20).

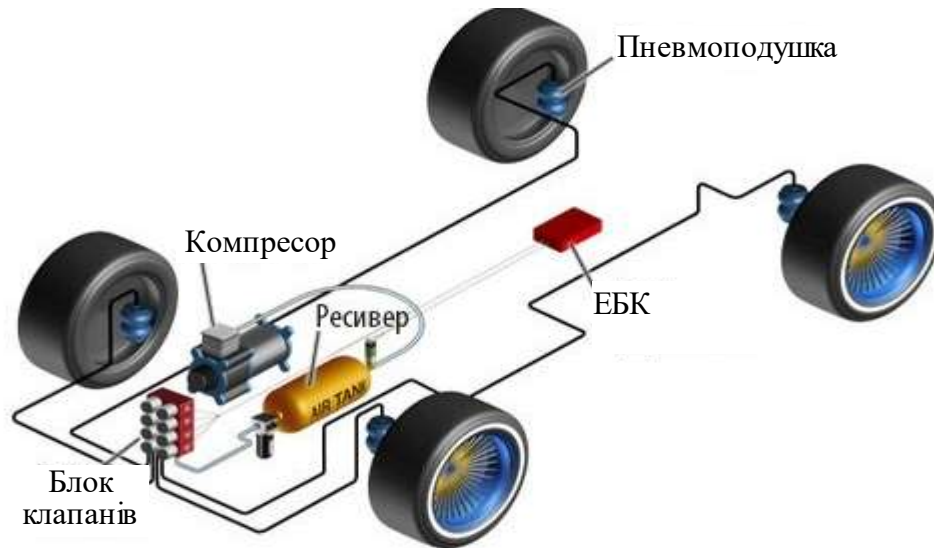


Рис. 3.20. Схема чотирьох-контурної пневмопідвіски АВР

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. 3.21).

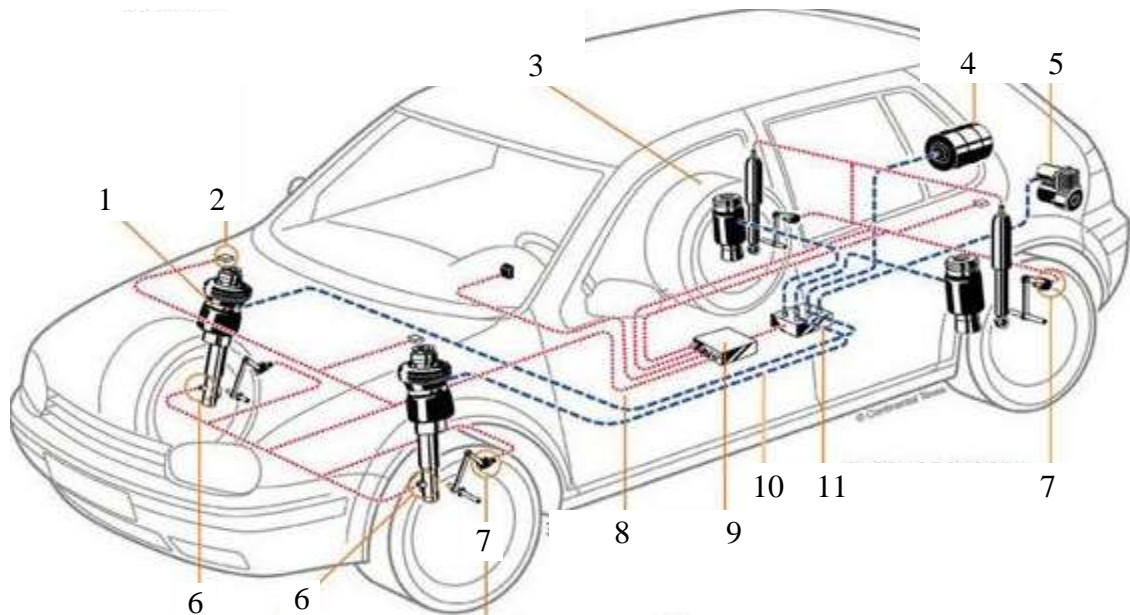


Рис. 3.21. Схема розташування елементів пневмопідвіски з керованими амортизаторами:

- 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 – виконавчий пневмоелектричний блок; 12 – стійки з пневмоелементами та керованими амортизаторами; 13 – стійки з пневмоелементами та керованими амортизаторами;

До таких підвісок слід віднести розробки Airmatic (Mercedes-Benz), Adaptive Air Suspension (AAS) автомобілів Audi [25].

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.

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 (рис. 3.22).



Рис. 3.22. Компоненти системи Airmatic:
а – інтегрований модуль; б – блок клапанів; в – пневматичні стійки

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 «галоупування» кузова.

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. 3.23, а).

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_P – 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).

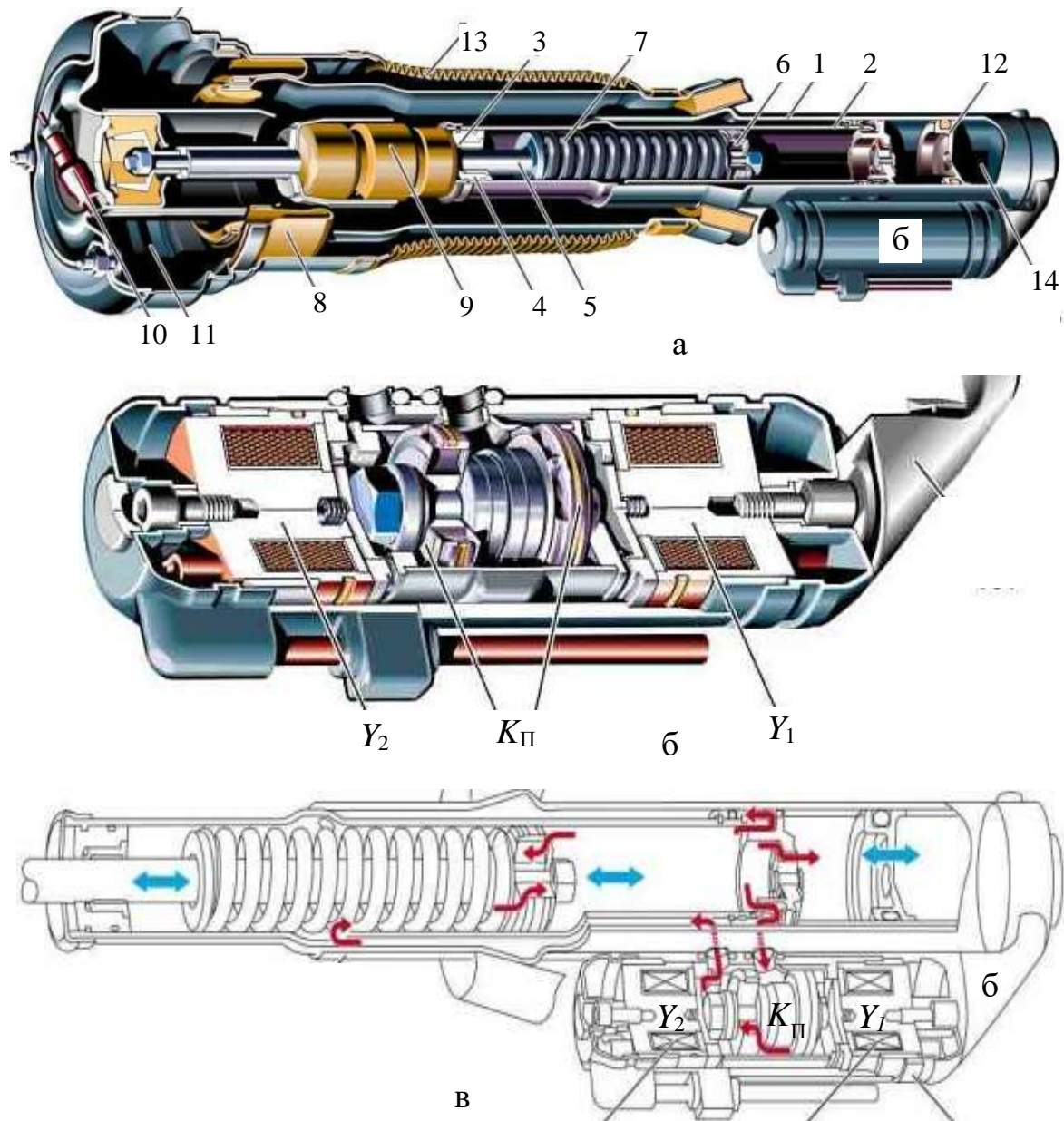


Рис. 3.23. Устрій пневматичної стойки Airmatic:
 а – загальна компоновка; б – устрій клапана ADS; в – розподіл потоків газу;

Клапан амортизатора ADS складається з двох співвісних поршнів K_{Π} з запірними дисками, які активізуються двома незалежними соленоїдами Y_1 , Y_2 (рис. 3.23, 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. 3.24.

Повітря з компресора поставляється до пневмостійок через блок клапанів для коригування рівня автомобіля.

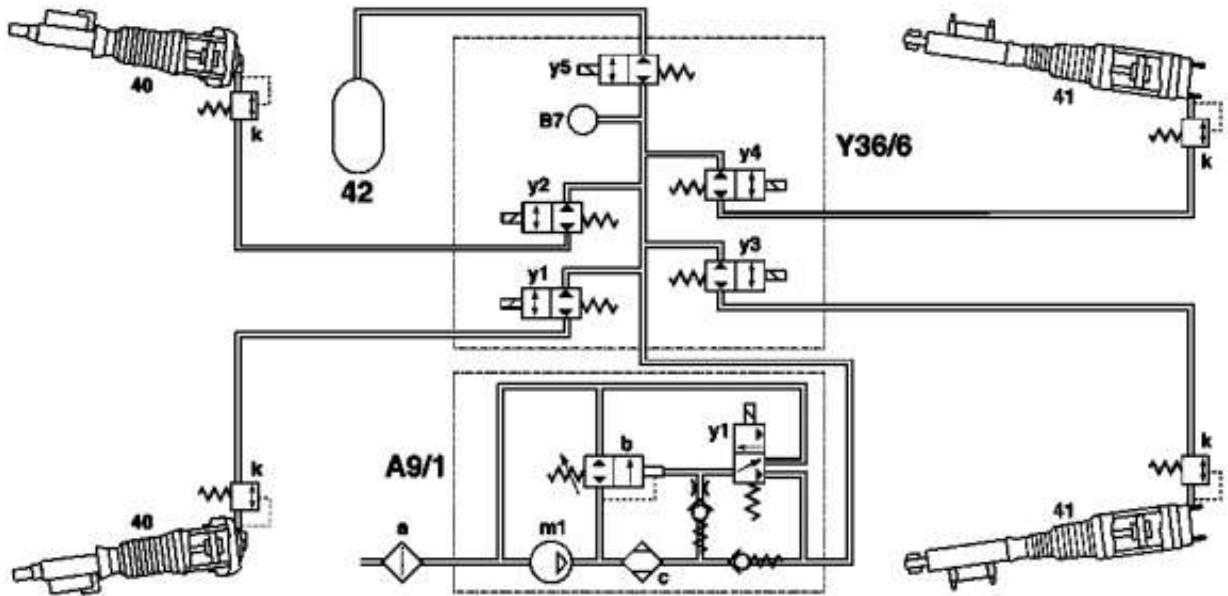


Рис. 3.24. Пневматична схема керування активними стійками Airmatic:

40, 41 – пневмостійки; k – зворотний клапан залишкового тиску; 42 – ресивер;
 A9/1 – компресор; $m1$ – електродвигун компресора; $b1$ – 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

Модуль керування пневмопідвіскою отримує входні сигнали по шині CAN з наступних компонентів:

- 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 запуснути двигун і проїхати на автомобілі.

Склад і розміщення елементів *адаптивної підвіски AAS* (Adaptive Air Suspension), на автомобілі Audi Q7 показано на рис. 3.25.

В підвісці типу AAS застосовані електроклапанні гідравлічні амортизатори і пневмоподушки, режим функціонування яких, контролюється датчиками висоти транспортного засобу і прискорення підресореної маси (рис. 3.26, а, б).

Два датчика рівня кузова монтуються в прaviх і лiвих колiсних 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. 3.26, в). Для контролю теплового навантаження електродвигуна і

компресора задіяні терморезистивні датчики в магістралі повітря або на поверхні електродвигуна (рис. 3.26, г, д).

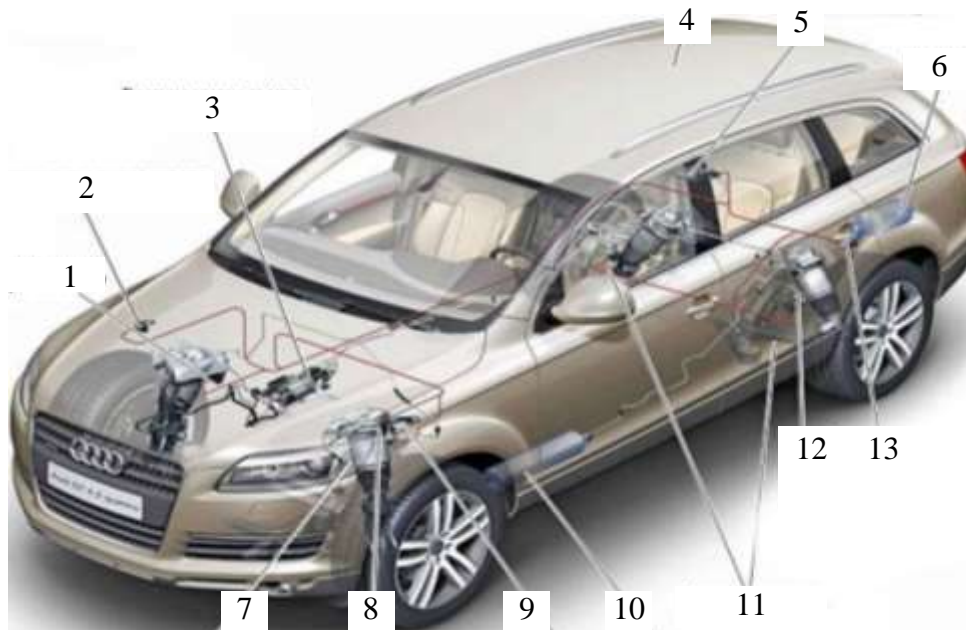


Рис. 3.25. Розміщення елементів адаптивної підвіски на автомобілі Audi Q7:

1, 8, 11 – датчики рівня кузова; 2, 9, 13 – датчики прискорення кузова;
3 – пневмоелектричний блок; 4 – кнопка адаптивної підвіски (у багажному відділенні);
5 – ЕБК; 6, 10 – ресивери; 7, 12 – активні стійки

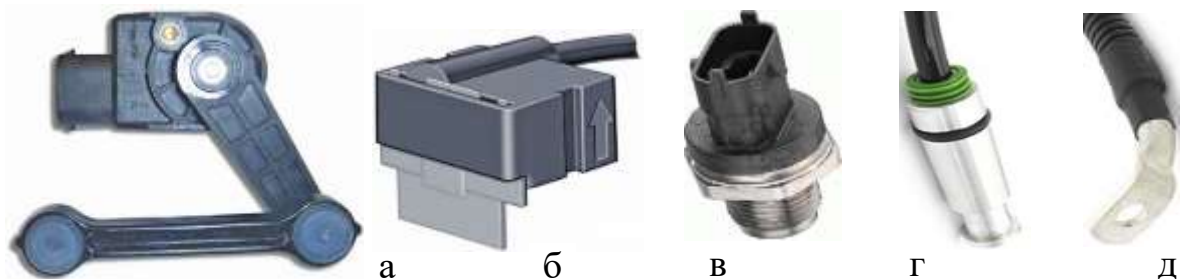


Рис. 3.26. Датчики системи керування:

а – висоти кузова; б – прискорення кузова; в – тиску повітря; г – температури повітря;
д – температури компресора

На обох осях автомобіля використовуються демпфери (стійки) пневматичної підвіски (рис. 3.27). 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.

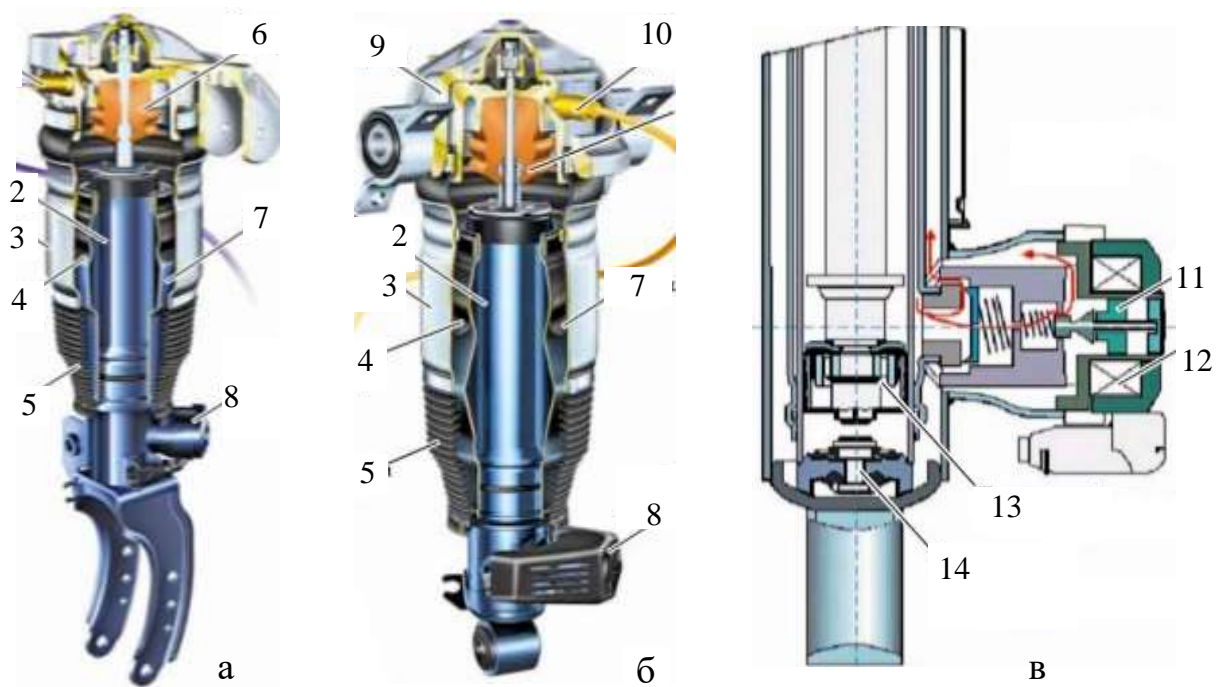


Рис. 3.27. Демпфери пневмопідвіски AAS:
а – передньої стійки; б – задньої стійки; в – амортизатора

Складений електрочлапан керування демпфіруванням CDC (Continuous Damping Control), розташований в нижній частині амортизатора (рис. 3.27, 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. У разі несправності в системі, клапан знеструмлюється.

Модуль подачі повітря разом з блоком клапанів прикріплюється до загального кронштейну на днище автомобіля (рис. 3.28, а).

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

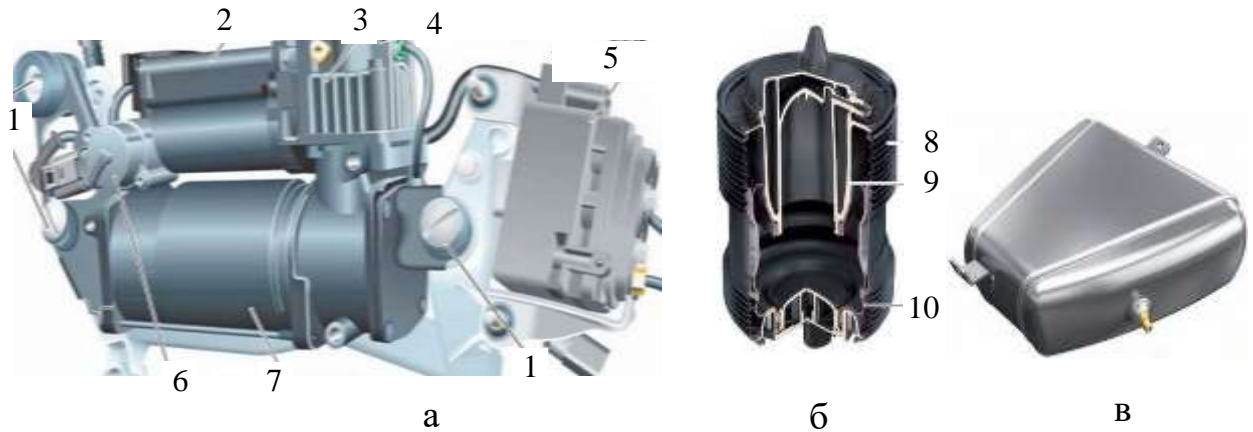


Рис. 3.28. Компоненти пневмосистеми ААС:
а – модуль подачі повітря; б – пневмобалон; в – ресивер

Ресивери (рис. 3.28, в) виконують дві функції: регулювання кліренсу без включення компресора; корекцію кліренсу після виходу пасажирів, а також після визначеного простою автомобіля. Максимальний 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. 3.29).

В системі пневматичної підвіски використовується шість електромагнітних клапанів. Дренажний клапан 2 являє собою 3/2 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 2/2 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 застосовуються 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.

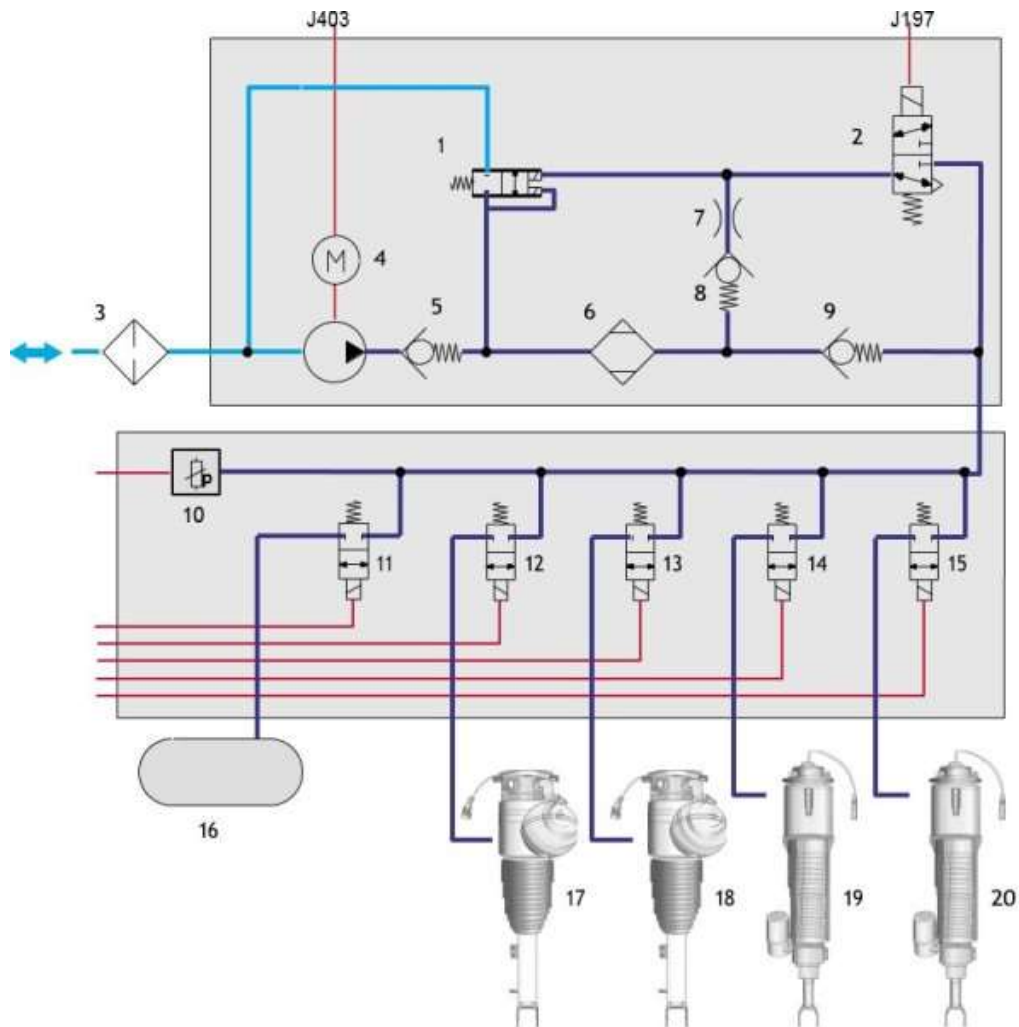


Рис. 3.29. Схема пневматичної системи AAS:

- 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

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. 3.30.

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.

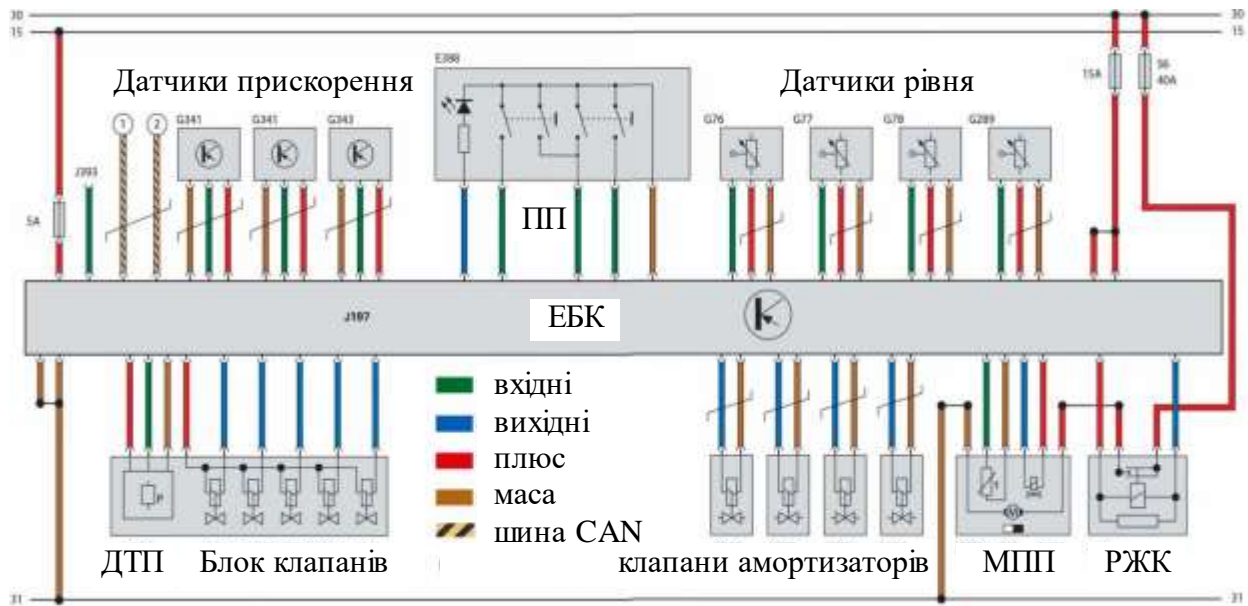


Рис. 3.30. Схема електричних підключень елементів системи AAS

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 AAS 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. 3.31).

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 відбувався 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. 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.

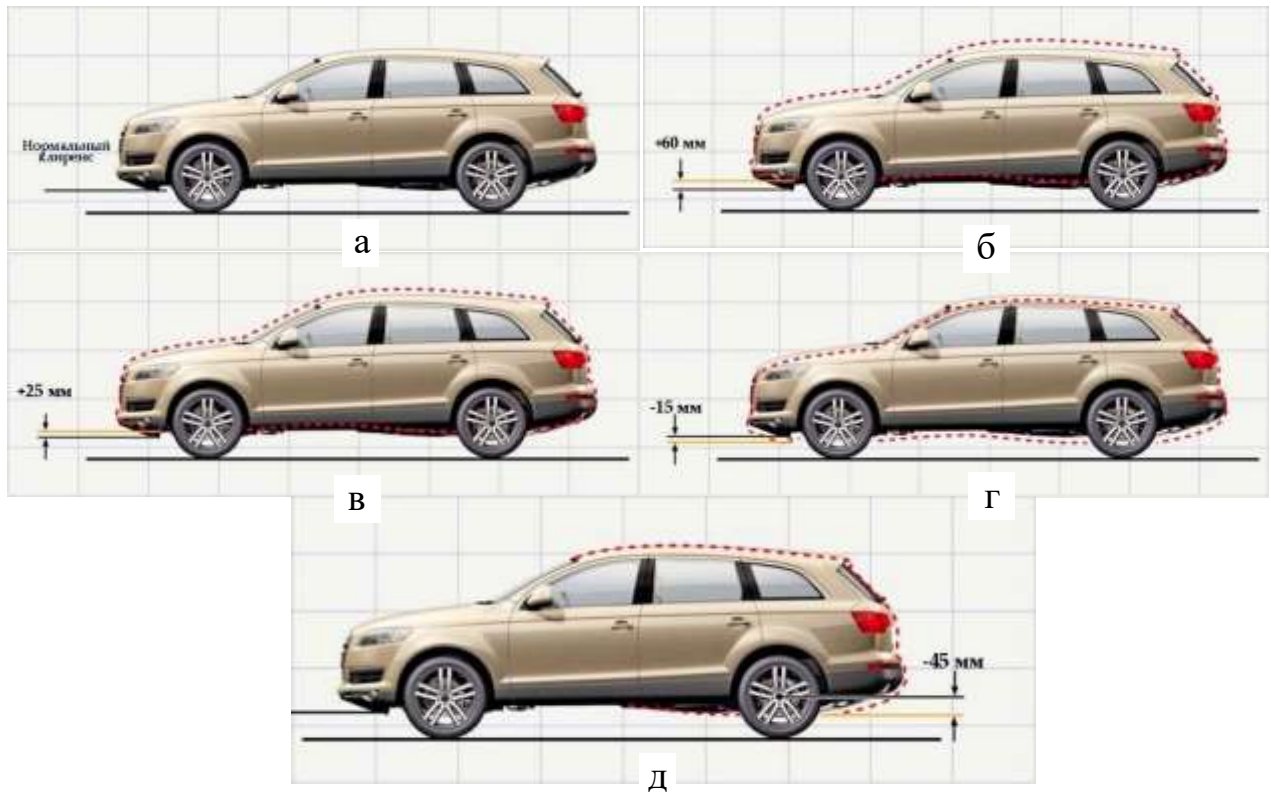


Рис. 3.31. Реакція кузова автомобіля в режимах превентивного керування:
а – базове положення; б – піднятий; в – позашляховий; г – динамічний; д – навантаження

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 (див. рис. 3.25, поз. 4).

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 відключається під час поворотного маневру і виключається 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 моргає індикатор.

Вкрай великий кліренс. У разі збільшення кліренсу більш ніж на 50 мм від нормального рівня, на приладовій панелі моргає 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. Інформація про несправності зберігається у відповідних блоках пам'яті ЕБК. 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.

3.6. 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 [25].

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. 3.32, а).

Нижня частина сфери під мембранною 5 заповнена спеціальною рідиною (маслом). Гідропневматична сфера 4 (акумулятор) об'єднана з гідроциліндром і, таким чином, є єдиною конструкцією (стойкою), що виконує роль як пружного, так і демпфуючого елементів.

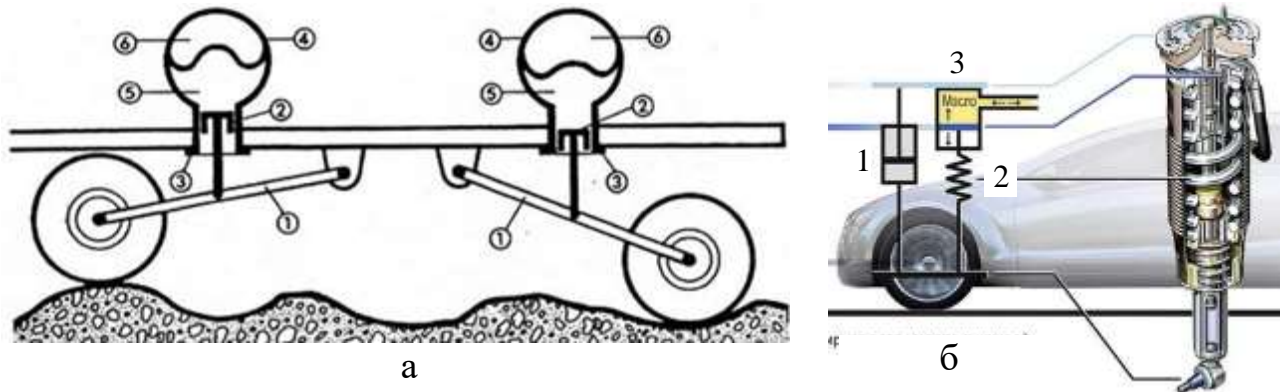


Рис. 3.32. Схеми побудови гідравлічних підвісок

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 підвіски визначається об'ємом рідини 5 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. 3.32, 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, крім того в деяких комплектаціях – автоматично встановлює дорожній просвіт залежно від стилю водіння та профілю дороги. Підвіска складається з:

- чотирьох несучих елементів із кульовими опорами підвіски (стойок);
- автоматичних передніх та задніх регуляторів жорсткості;
- датчиків висоти кузова, з'єднаних з важелями поперечної стійкості;
- гідравлічної системи (рис. 3.33).

Колісні стійки передньої підвіски поєднують гідроциліндри і гідропневматичні пружні елементи (гідроакумулятори), між якими розташовані амортизаційні клапани, що забезпечує гашення коливань кузова (рис. 3.34, поз. 1).

Регулятори жорсткості встановлюються на передній та задній підвісці і служать для зміни жорсткості підвіски у комфортному та динамічному режимах (рис. 3.34, поз. 2). 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 пружні

гідропневматичні елементи між собою, при цьому досягається максимальний об'єм газу в спільному гідроаккумуляторі.

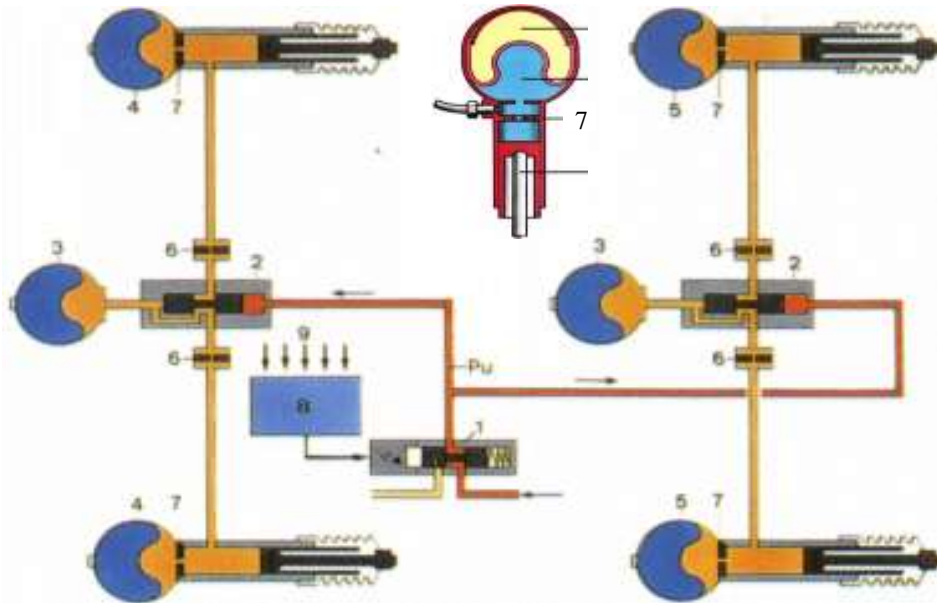


Рис. 3.33. Гідравлічна схема підвіски Hydractive Plus:

- 1 – електромагнітний клапан; 2 – регулятори жорсткості; 3 – додаткові сфери; 4 – передні сфери; 5 – задні сфери; 6 – додаткові демпфери; 7 – клапани-демпфери; 8 – ЕБК; 9 – інформаційні входи ЕБК

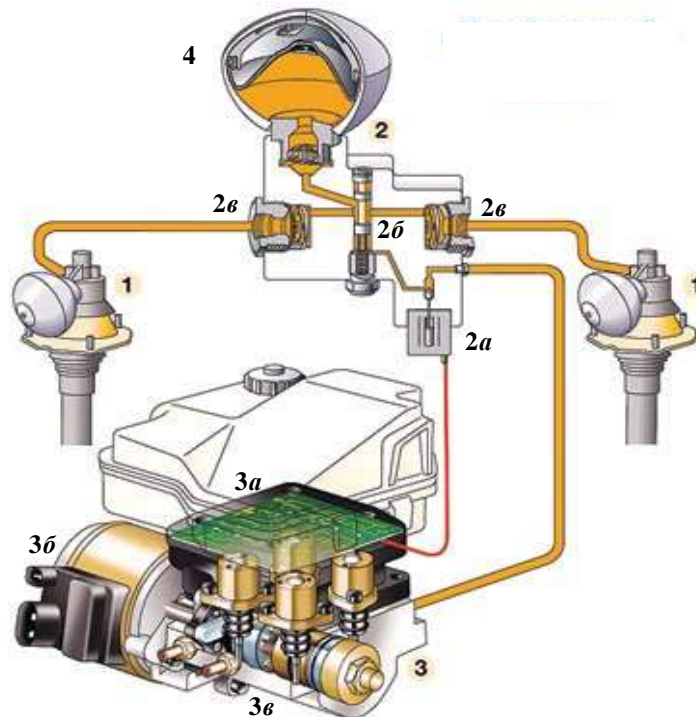


Рис. 3.34. Силві компоненти підвіски Hydractive Plus:

- 1 – колісні стійки; 2 – регулятор жорсткості; 3 – гідроелектронний блок

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

Гідроелектронний блок (ГЕБ) забезпечує необхідну кількість та тиск робочої рідини в гідравлічній системі підвіски (рис. 3.34, 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 (керуючі), запобігають опусканню кузова в неробочому стані (стравлюють надлишковий тиск).

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 регулятори для збереження положення кузова забезпечують злив рідини з гідроциліндрів. Процес регулювання висоти підвіски пояснюється гідравлічною схемою (рис. 3.35).

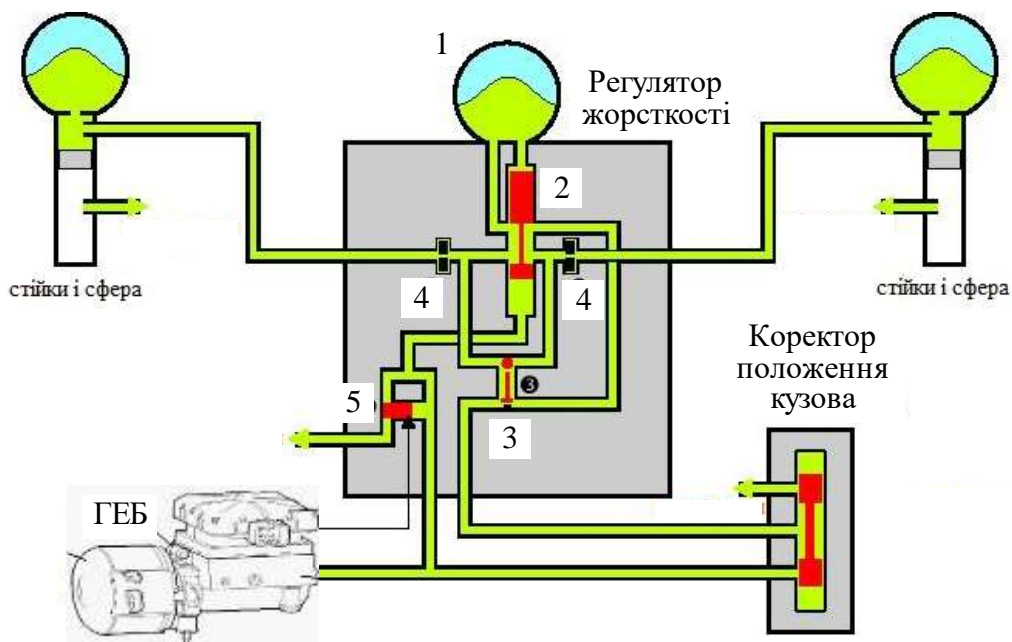


Рис. 3.35. Гідравлічна схема підключення регулятора жорсткості:

1 – додаткова сфера; 2 – золотник; 3 – зворотний клапан;

4 – додатковий амортизаційний клапан; 5 – електромагнітний клапан

Система керування гідропневматичної підвіски включає вхідні пристрої, електронний блок керування та виконавчі пристрої. До вхідних пристроїв відносяться вхідні датчики та перемикач режимів роботи (рис. 3.36).



Рис. 3.36. Датчики системи керування Hydractive Plus:

а, б – положення кузова; в – положення кермового колеса; г - кутовий 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. 3.37).

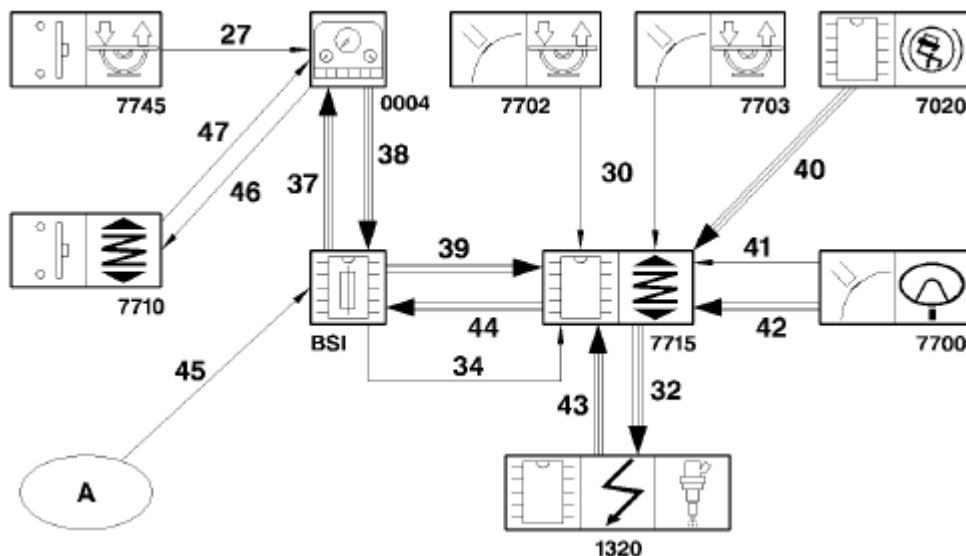


Рис. 3.37. Функціональна схема системи керування Hydractive Plus:

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

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, що відкриваються.
37. Запит на увімкнення індикатора несправності системи корекції висоти кузова. Увімкнення індикаторів висоти кузова.
38. Запит на зміну висоти. Запит на перехід у спортивний режим.
39. Наявність напруги +APC. 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. Інформація про гальмування
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. У підвісці 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 параметрами:

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

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 ABC* 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 [25].

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 гідродсилювача керма (тандемний насос). У конструкцію насоса інтегрований електричний клапан забору рідини (рис. 3.38, а).



Рис. 3.38. Силкові компоненти підвіски ABC:

а – гідронасос; б – блок клапанів; в – демпфер пульсацій; г – амортизаційна стійка

Блоки клапанів (на кожен вісь) містять по 4 електроклапани і датчик тиску рідини. Контролюють кількість рідини в кожній із 4 стоек (рис. 3.38, б).

Демпфер пульсацій конструктив поєднує сферичний акумулятор зворотний клапан, і датчик тиску (рис. 3.38, в), встановлюється одразу після насоса.

Амортизаційні стійки (передні і задні) побудовані аналогічно, але відрізняються за конструкцією (рис. 3.38, 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 магнітопроводом змінної довжини. Датчик побудований на використанні зворотного магніострикційного ефекту Віллари. Цей ефект полягає в зміні магнітної провідності індуктивної системи при зміні розмірів магнітопроводу. Ансамбль датчика будується за різними схемами (рис. 3.39).

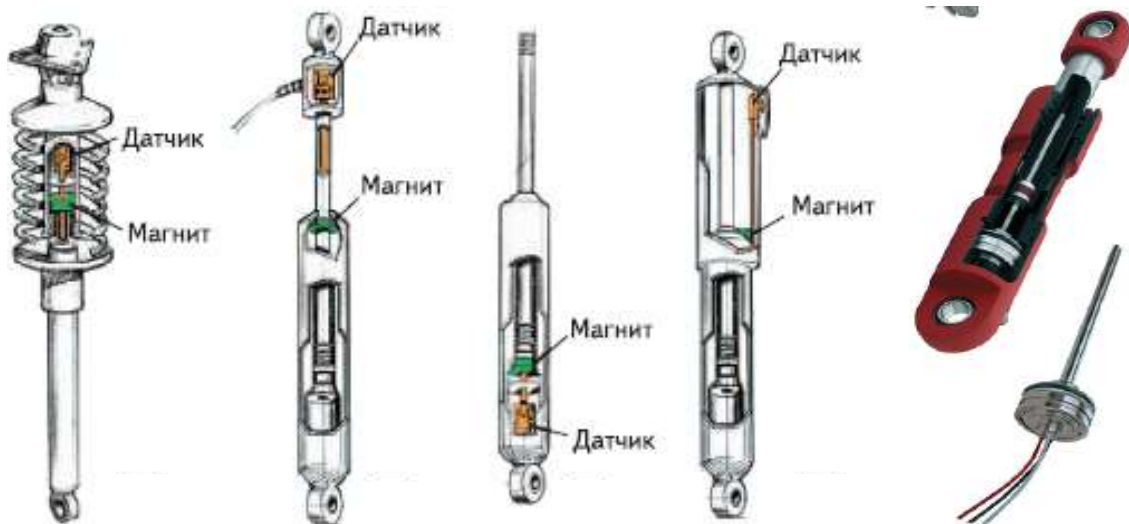


Рис. 3.39. Варіанти компоновки магніострикційних датчиків в амортизаторах

Для кожної стійки використовуються два клапани, які містяться в блоках клапанів У36/1,2 (рис. 3.40).

Основні регулюючі електроклапани у1,3 мають 3-х позиційні стани. У зовнішньому положенні він дозволяє рідині надходити у стойку, у центральному – закриває стійки, а у внутрішньому (утягнутому) – дозволяє рідині покинути стійки. Запірні електроклапани у2,4 розташовані між основним клапаном і стійкою. Вони фіксують стійки на поточному рівні, коли система АВС не працює. Коли ДВЗ не працює, або КПП не перемикається, ці клапани зачинені (знеструмлені). При активізації автомобіля, клапан відчиняє магістраль керування гідравлікою стійки за допомогою регулюючого клапану у1,3.

Рідина АВС починає свій хід у резервуарі гідравлічної рідини 2. З резервуару вона втягується в насос 1. Насос виштовхує рідину в блок 52 з демпфером пульсацій 52а, який знижує перепад тиску. Зворотний клапан 52b підтримує робочий тиск в 190 бар, який контролюється датчиком тиску В4/5.

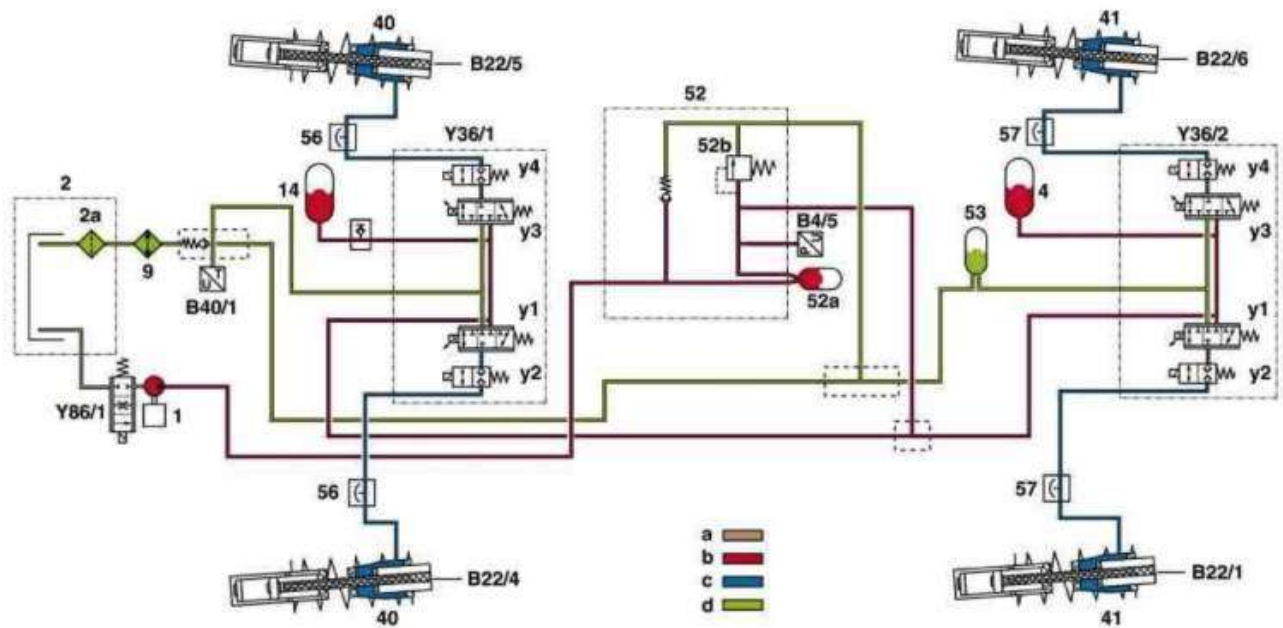


Рис. 3.40. Гідравлічна схема системи АВС:

52 – клапан подачі тиску; Y36/1,2 блоки клапанів АВС; 52a – демпфер пульсацій; у1,3 – клапани керування тиском; 52b – запобіжний клапан; у2,4 – клапани стійок, що закривають; 53 – гідроаккумулятор зворотного потоку; 56 – передній випускний гвинт; 1 – насос; 57 – задній випускний гвинт; 2 – гідравлічний резервуар; B4/5 – датчик тиску АВС; 2a – масляний фільтр; B22/1,4,5,6 – датчики ходу стійки; 9 – масляний радіатор; 4, 14 – гідроаккумулятори передньої осі; 40, 41 – стійки передньої та задньої осей; Y86/1 – обмежувальний клапан зворотного ходу рідини; B40/1 – датчик температури АВС рідини; a – вхідний патрубок; b – робочий тиск; c – тиск стійки; d – тиск у зворотному контурі

Звідти рідина тече в передній та задній блоки клапанів Y36/1, Y36/2, які керують кількістю рідини у стійках 40, 41. 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 дорожнього полотна. Для цього в комплекс систем МВС включено стереоскопічну камеру, яка сканує поверхню дороги перед машиною (рис. 3.41).

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

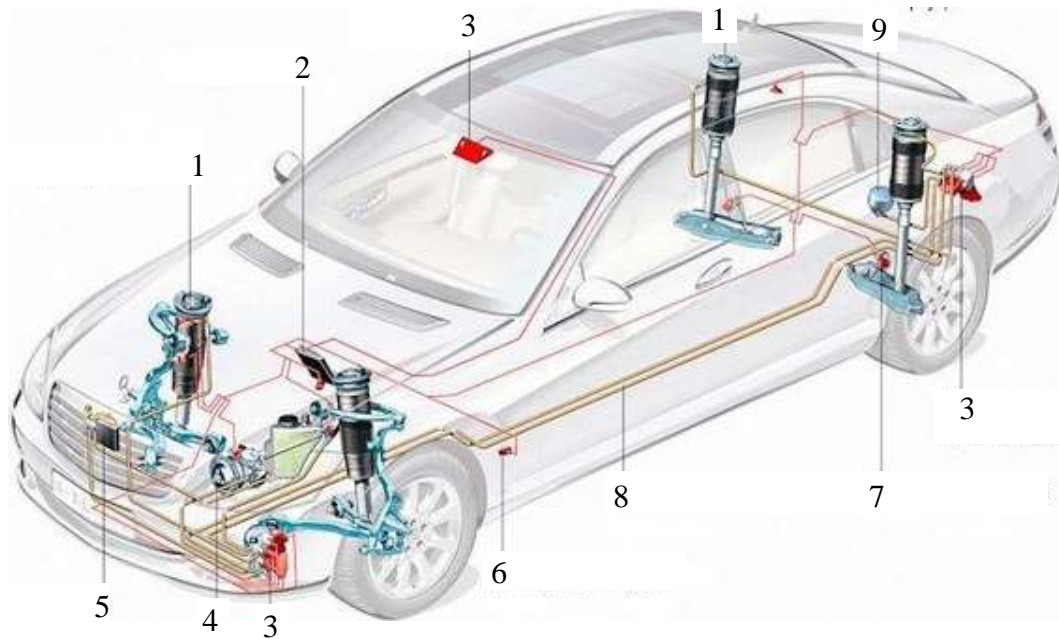


Рис. 3.41. Склад та розташування елементів підвіски МВС:

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

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 вперед, датчик поперечних прискорень розпізнає повороти, а гідроциліндри між стійкою підвіски і кузовом фактично замінюють активні стабілізатори поперечної стійкості. Коли машина заходить на віраж, кузов починає автоматично кренитися на кут до 2,5 градуса до центру повороту.

Система під назвою 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 Mercedes-Benz змогли повністю відмовитися від стабілізаторів поперечної стійкості.

3.7. 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) – пристрій у підвісці автомобіля, 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 [26].

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

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 стабілізатором 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 жо-

рсткість взаємодії між супортами коліс осі або зміна їх положення щодо вихідного (співвісного) 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. 3.42).



Рис. 3.42. Класифікаційна структура активних систем СПС

Розрізняють кілька способів зміни жорсткості активного СПС:

- використання активного приводу в конструкції стабілізатора;
- застосування гідроциліндрів замість стійок 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 вимірювальних датчиків) і гнучкістю реалізації (складністю функції перетворення, наявності 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 сучасних автомобілях.

Електрогідравлічна система дискретного відключення СПС (VW Touareg) включає дві кулачкові гідравлічні муфти та електрогідравлічний блок [27]. Конструкція муфти СПС показана на рис. 3.43.

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

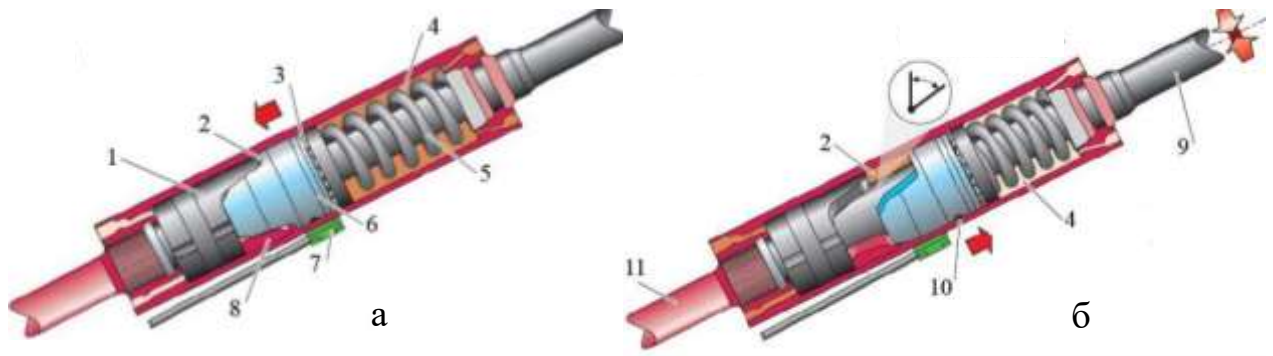


Рис. 3.43. Кулачкова муфта СПС з гідравлічним приводом:
 1 – охоплююча частина муфти; 2, 4 – робочі порожнини; 3 – опірний підшипник;
 5 – пружина, що страхує; 6 – сполучний елемент; 7 – датчик стану стабілізатора; 8 – муфта,
 що охоплюється; 9, 11 – плечі стабілізатора; 10 – магнітний шпифт

Електрогідравлічний блок, який комутує подачу масла в муфти, складається з: електродвигуна (ЕД) 1 приводу гідронасоса 2; двох золотникових 3-way електроклапанів (ЕК) 3; датчика тиску рідини 4; компенсаційного бачка 5 з клапаном вентиляції 6 і фільтром 7; зворотного клапана 8; гідроаккумулятора 9 (рис. 3.44).

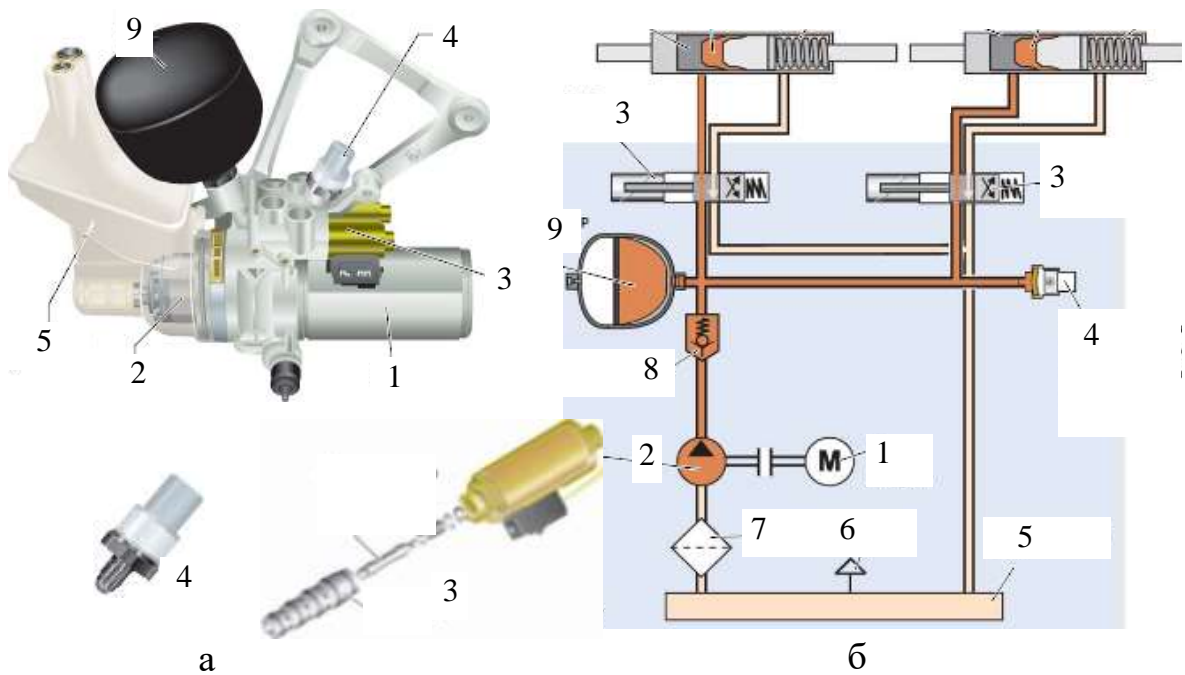


Рис. 3.44. Електрогідравлічний блок Touareg:
 а – компоненти; б – схема

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. 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. 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 відповідно з однією з половинок стабілізатора (рис. 3.45, а).

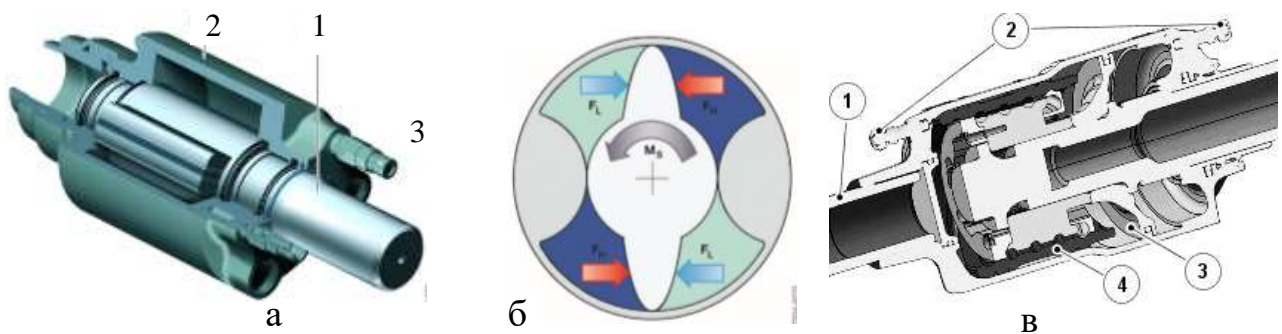


Рис. 3.45. Устрій гідроприводів активних СПС:
а – схема розподілу зусиль; б – Dynamic Drive; в – Dynamic Response

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. 3.45, б).

Гідроелектричний блок системи включає клапани та датчики різного призначення (рис. 3.46, а).

Датчики тиску масла передньої 10 і задньої 11 осей контролюють відповідні тиски для зворотного зв'язку по спрацьовування 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 рівня заданого значення. Курсовий клапан 9 (4/2-ходовий перемикач) активізується дискретним сигналом, задає напрямок потоку масла для лівого та правого поворотів гідромоторів СПС (вибирає сторону нагнітання щодо стабілізатора).

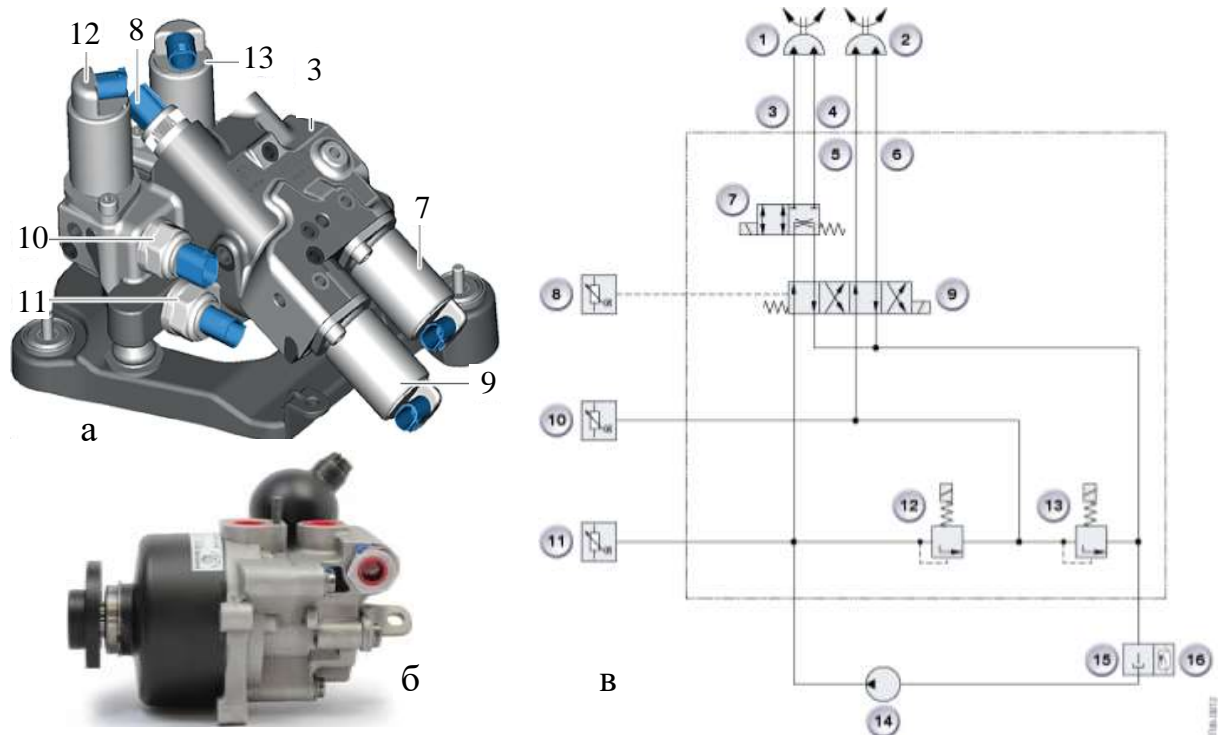


Рис. 3.46. Система активних СПС Dynamic Drive:

а – компонентування 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 – бачок; 16 – датчик рівня робочої рідини

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 бік розвороту СПС, активізуючи відповідні поворотні двигуни. Одночасно перевіряється достовірність входних сигналів для контролю системи в цілому:

- 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 RT-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. 3.45, 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 стойки переднього СПС кріпляться до передніх амортизаторів, а заднього – до нижніх важелів задньої підвіски.

У системі керування використовується інформація з оригінальних датчиків та датчиків інших мехатронних 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. Електронний блок відправляє керуючий сигнал в клапанні блоки на передньому і задньому мостах і регулює циркуляцію масла, що виробляється 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 гідронаосу, 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 (рис. 3.47).

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.

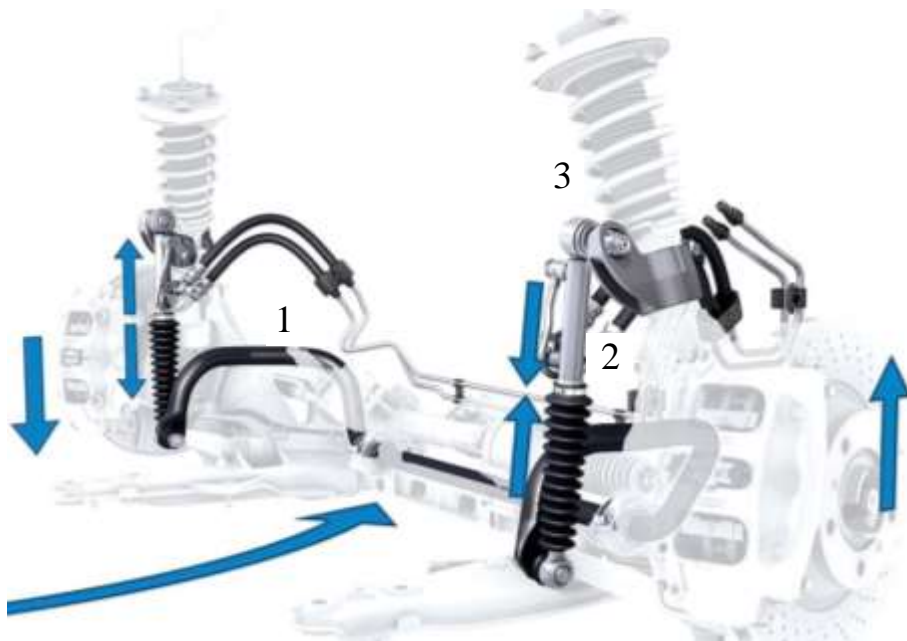


Рис. 3.47. Дія сил у підвісці PDCC-2:
1 – стабілізатор; 2 – гідроциліндри; 3 – амортизаційні стійки

На відміну від системи PDCC, гідроциліндри в системі KDSS з'єднують СПС з кузовом (рис. 3.48).

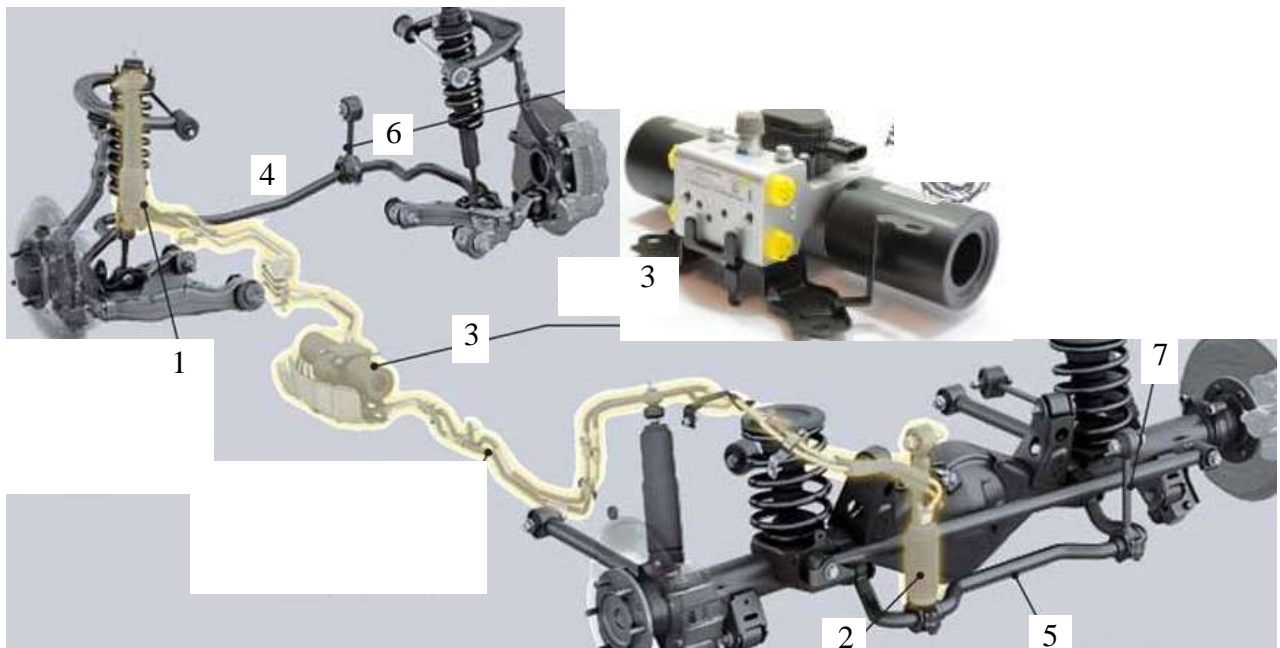


Рис. 3.48. Устрій системи KDSS:
1, 2 – гідроциліндри переднього та заднього стабілізаторів; 3 – гідроелектричний блок з гідроаккумуляторами; 4, 5 – передній і задній стабілізатори; 6, 7 – жорсткі стойки стабілізаторів

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 гідروциліндрів, 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. Комбінована система керування активною стабілізацією підвіски ASSS складається з:

- ЕБК переднього та заднього СПС;
- 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 (приводів) переднього та заднього СПС.

Електромеханічний привід СПС поєднує електричний двигун постійного струму (з напругою живлення 46 В) 5 і планетарний редуктор 6 (рис. 3.49).

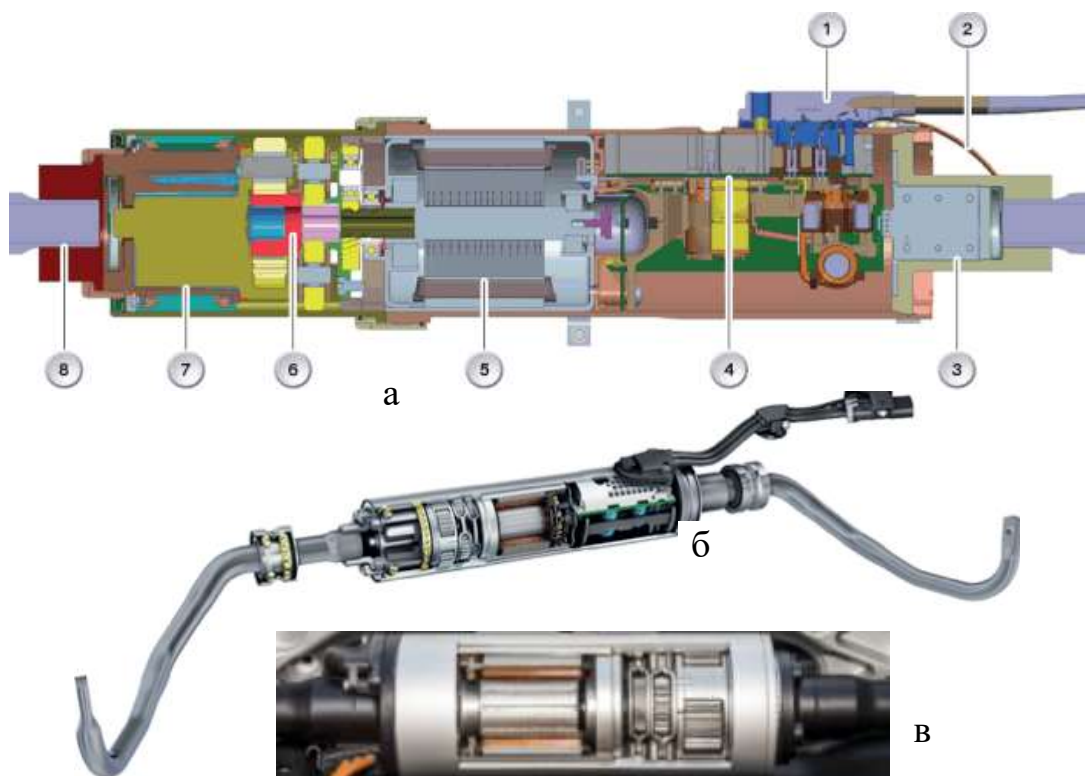


Рис. 3.49. Устрій електромеханічного приводу СПС:

а – структура приводу; б – компонування стабілізатора; в – конструкція приводу

Електронний блок 4, інтегрований у конструкцію приводу СПС, підключений до системи комбінованої структури через Flex Ray шини. Живлення на електродвигун подається за допомогою роз'єму 1 з болтовим підключенням

дроту маси 2. Напрямок обертання поворотного електродвигуна 5 визначається напрямком струму в його обмотках. Передатне відношення планетарного механізму 6 дорівнює 1:120.

Втулка 7 забезпечує максимальний кут повороту між планетарним механізмом 6 і стойками штанги торсіону 8. Це забезпечує плавне підвищення крутного моменту при регулюванні. Датчик крутного моменту 3 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 пішла далі, запропонувавши рекуперацію енергії підвіски за допомогою електромеханічного стабілізатора (Electromechanical Active roll Stabilization). Завдяки запасеній енергії активні стабілізатори eAWS споживають менше потужності.

3.8. Системи підвісок з активними важелями

Інженери з Hyundai розробили електромеханічну систему адаптивних важелів задньої підвіски (активного контролю геометрії підвіски) AGCS (Active Geometry Control Suspension). 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. 3.50).

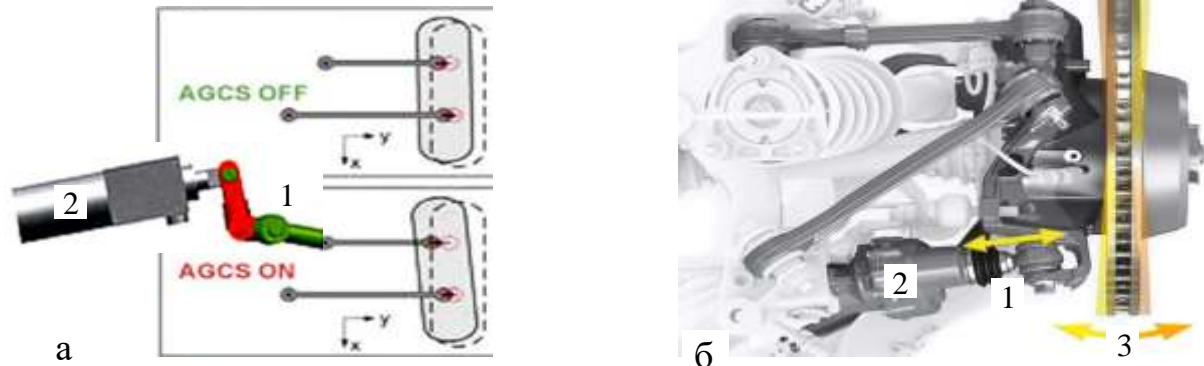


Рис. 3.50. Система адаптивних важелів задньої підвіски AGCS:

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. 3.51).

Електронний блок системи керування отримує інформацію від датчиків зовнішніх збурень (швидкості автомобіля ДША, положення та динаміки обертання рульового колеса ДПРК) і датчиків зворотного зв'язку ДПВД (Encoder), ДОП (Limit S/W).

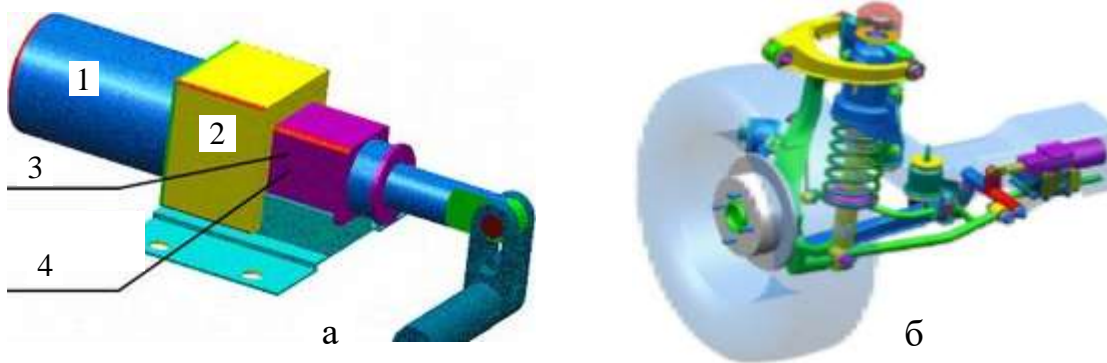


Рис. 3.51. Пристрій керування важелями підвіски AGCS:
а – модуль приводу; б – монтаж приводу

На виході ЕБК формуються сигнали керування, що визначають напрямок та швидкість обертання електродвигунів приводу і зону переміщення робочих органів актуаторів (рис. 3.52).

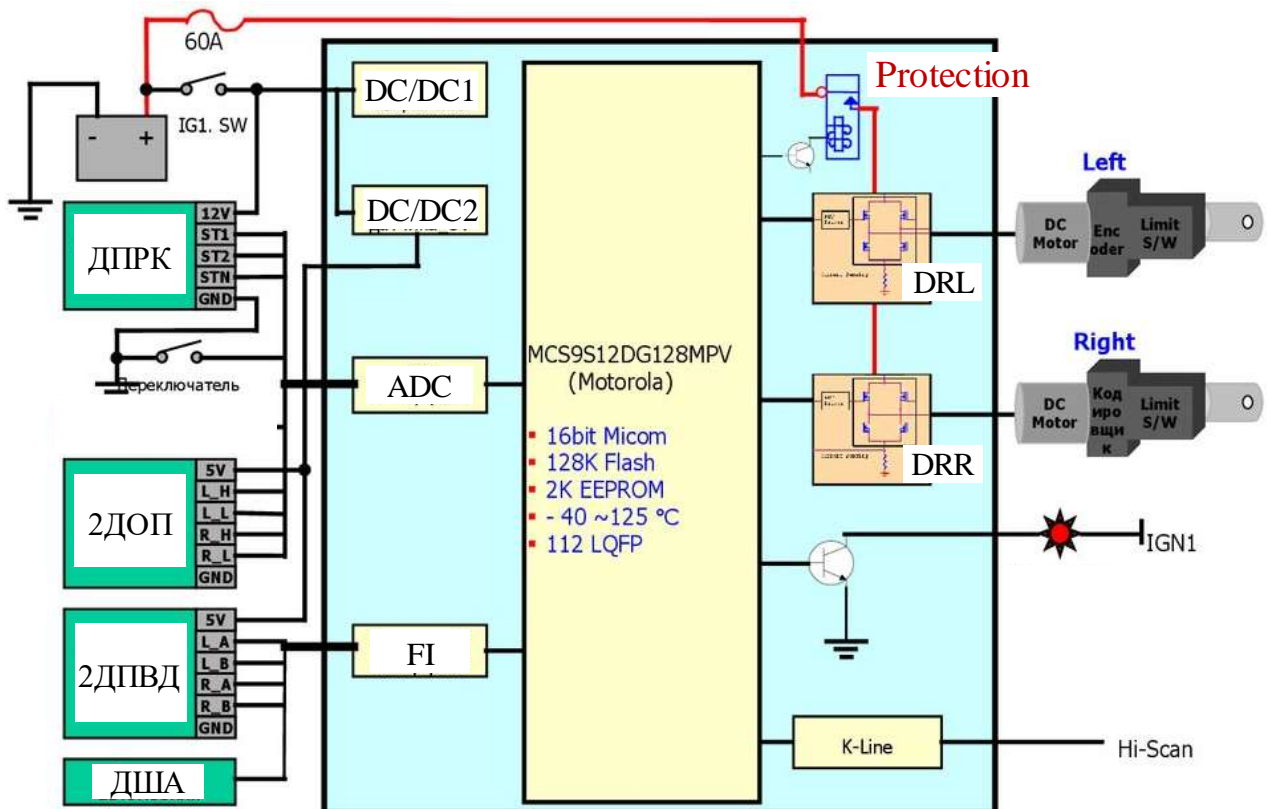


Рис. 3.52. Функціональна схема системи керування AGCS

У структурі ЕБК використовуються перетворювачі пониженої постійної напруги DC/DC, аналоговий ADC та частотний FI інтерфейси для вхідних сигналів (датчиків). Напруга (ШІМ сигнал керування) на виконавчі електродвигуни DC Motor подається через інвертуючі драйвери DR за мостовою схемою. 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 3

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. Перелічить 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. Перелічить 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.

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АМ – амплітудна модуляція;
 АКП – автоматична коробка передач;
 АТЗ – автотранспортні засоби;
 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;
 ГПР – гідравлічний підсилювач руля;
 ГЦ – гальмівний циліндр;
 ДВК – датчик висоти кузова;
 ДВПК – датчик вертикального прискорення кузова;
 ДК – датчик кутової швидкості колеса;
 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;
 ДППГ – датчик положення педалі гальма;
 ДРГР – датчик рівня гальмівної рідини;
 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;
 ДША – датчик швидкості автомобіля;
 ЕБК – електронний блок керування;
 ЕГПР – електрогідравлічний підсилювач керма;
 ЕД – електродвигун;
 ЕК – електроклапан;
 ЕН – електронасос;
 ЕПК – електропідсилювач керма;
 ККД – коефіцієнт корисної дії;
 КПП – коробка переключення передач;
 МПП – модуль подачі повітря;
 МТ – модулятор тиску;
 НЗТ – насос зворотного тиску;
 ПП – панель приладів;
 РЕК – реле вмикання електроклапанів;
 РЕН – реле вмикання електронасосу;
 РЖК – реле живлення компресора;
 СПС – стабілізатор поперечної стійкості;
 СРК – система рульового керування;
 ШМ – широто-імпульсна модуляція;
 ШРКШ – шарнір рівних кутових швидкостей.

ІНОЗЕМНІ АБРЕВІАТУРИ ТА ТЕРМІНИ

- AAS (Adaptive Air Suspension) – адаптивна пневматична підвіска;
- ABS (Antilock Braking System) – анти-блокувальна система гальм;
- ABC (Active Body Control) – гідропружинна підвіска;
- ABD (Active Body Damping) – активне демпфування кузова;
- ABP (Active Body Position) – активний підвіс кузова;
- AC (Alternating Current) – змінний струм;
- ACC (Active Cornering Control) – система стабілізації поперечного положення кузова в поворотах;
- ACS (Active Curve System) – система динамічної стабілізації підвіски в поворотах;
- 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;
- 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;
- 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;
- AVS (Adaptive Variable Suspension) – адаптивна підвіска з керованими амортизаторами;
- 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;
- 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;
- CDC (Continuous Damping Control) – електромеханічна технологія побудовання амортизаторів;
- 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 електромеханічними амортизаторами;
- DME (Digital Motor Electronic) – цифрова електроніка двигуна;
- DDE (Digital Dyzel Electronic) – цифрова електроніка дизеля;
- 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 екстреного 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;
- EDC (Electronic Dampfer Control) – підвіска з електроклапанними амортизаторами;
- ENR (Elektronische Niveau Regelung) – електронна система стабілізації рівня кузова;
- 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;
- FBS (Fading Brake Support або Over Boost) – система підвищення ефективності гальм при нагріванні;
- FI (Frequency Interface) – частотний інтерфейс;
- IAL (Integral Aktiv Lenkung) – інтегральна система рульового керування;
- IR (Individual Regelung) – індивідуальне керування гальмівними механізмами;
- 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;
- HSR (Highly Sophisticated-transport Research) – система керування колесами задньої осі;
- KDSS (Kinetic Dynamic Suspension System) – система кінетичної стабілізації підвіски;
- 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;
- MRC (Magnetic Ride Control) – магніторідина технологія амортизаторів;
- PASM (Porsche Active Suspension Management) – система активного керування підвіскою;
- PDCC (Porsche Dynamic Chassis Control) – гідроелектрична система динамічного контролю шасі;
- 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.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бороденко, Ю. М. Электричные системы і комплексы транспортных засобів: розділ "Мехатронні системи приво́ду автомобілів": конспект лекцій [Електронний ресурс] / Ю. М. Бороденко; М-во освіти і науки України, ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 121 с. Посилання ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/KL/2019/KL_Borodenko.pdf
2. Бороденко, Ю. М. Электричные системы і комплексы транспортных засобів: конспект лекцій: розд. "Мехатронні системи автомобільних ДВЗ": для студентів спеціальності 141 [Електронний ресурс] / Ю.М. Бороденко, Щ.В. Аргун; М-во освіти і науки України, ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 106 с. Посилання: ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/KL/2021/KL_Borodenko_el_syst_21.pdf
3. Гидроусилитель и электроусилитель руля и их работа. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: <https://www.studiplom.ru/Technology-DVS/GUR.html>.
4. Конрад Райф. Датчики в автомобиле: BOSCH Автомобильная техника. Перевод с немецкого. М.: Изд-во За рулем. – 2012. – 167 с.
5. Борщенко Я.А., Васильев В.И. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007, – 207 с.
6. Система ZF-Servotronic 2. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: <http://gazel-rukovodstvo.ru/GAZ/servotronic.html>.
7. Электрический усилитель руля. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: https://studopedia.ru/8_103349_elektricheskiy-usilitel-rulya.html.
8. Система активного рулевого управления. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: <http://systemsauto.ru/wheel/afs.html>.
9. Система активного рулевого управления AFS. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/rulevoe-upravlenie/sistema-afs.html>.
10. Технический тренинг. Системы управления поперечной динамикой на F01/F02. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: [https:// docplayer.ru/33371493-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-sistemy-up-ravleniya-poperechnoy-dinamiko-y-na-f01-f02.html](https://docplayer.ru/33371493-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-sistemy-upravleniya-poperechnoy-dinamiko-y-na-f01-f02.html).
11. Как именно помогает водителю «умное» рулевое управление? [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: <https://www.popmech.ru/vehicles/54584-doverte-rul-professionalam/>.
12. Система антиблокировки тормозов и требования к ней. [Електронний ресурс]. – [2018]. – Режим доступу: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/tormoznaya-sistema/sistema-antiblokirovki-tormozov-abs-i-trebovaniya-k-nej/>.
13. Принцип действия системы и типы АБС. [Електронний ресурс]. – [2018]. – Режим доступу: https://studopedia.su/10_110034_printsip-deystviya-sistemi-i-tipi-abs.html.
14. Антиблокировочные системы тормозов. Справочное руководство Autodata Limited. Том 2. Перевод с английского. М.: Легион, 1998. – 384 с.
15. Компоненты системы ABS. Краткое описание системы. [Електронний ресурс]. – [2018]. – Режим доступу: <http://poznayka.org/s94956t1.html> .
16. Типы датчиков ABS. [Електронний ресурс]. – [2018]. – Режим доступу: http://moissonissan.ru/ogo-go/824-sensor_abs.html.
17. Бороденко Ю.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля / Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков. Навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2016. – 320 с.
18. EBS тормозные системы с электронным управлением. [Електронний ресурс]. – [2018]. – Режим доступу: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150800153.pdf> .
19. Электромеханические тормозные системы. [Електронний ресурс]. – [2018]. – Режим доступу: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/tormoznaya-sistema/e-lektromehaniicheskie-tormoznye-sistemy/> .

20. Стояночный тормоз с электроприводом. [Электронный ресурс]. – [2018]. – Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/tormoznaya-sistema/stoyanochnyj-tormoz/stoyanochnyj-tormoz-s-e-lektroprivodom/> .
21. Bas вспомогательная система торможения. / Материалы сайта – 2021. – Режим доступа: <https://autochrome.ru/raznoe/bas-vspomogatel'naya-sistema-tormozheniya.html> .
22. Der Retarder ist nicht nur eine Dauerbremse. / Материалы сайта – 2021. – Режим доступа: <https://www.kfztech.de/kfztechnik/fahrwerk/bremsen/retarder.htm> .
23. Необычные тормоза: Тормоз-замедлитель, ретардер, интардер и горный тормоз. / Материалы сайта – 2021. – Режим доступа: <http://avtorazborka.kr.ua/statti/neobychnye-tormozatormoz-zamedlitel-retarder-intarder-i-gornyj-tormoz.html> .
24. Магнитная подвеска автомобиля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.znanieavto.ru/hodovaya/magnitnaya-podveska-avtomobilya.html>.
25. Регулируемые и активные подвески. [Электронный ресурс]. – [2018]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4426738/page:14/> .
26. Устройство и принцип работы стабилизатора поперечной устойчивости. [Электронный ресурс]. – [2018]. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/podveska/stabilizator-poperechnoy-ustoychivosti.html> .
27. Отключаемые стабилизаторы поперечной устойчивости. [Электронный ресурс]. – [2018]. – Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/podveska/otklyuchaemye-stabilizatory-poperechnoj-ustoychivosti/> .