

7. АДАПТИВНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГАЛЬМУВАННЯМ

Впровадження в автомобіль мехатронних систем почали з найвідповідальнішої системи – гальмівної. Спочатку їх розробляли у різних поєднаннях, з різними алгоритмами керування, з використанням пневматичних і гідравлічних джерел енергії.

Розвиток мехатронних систем керування гальмуванням відбувалося об'єднанням механічних, електричних, електронних, мікропроцесорних компонентів з програмним забезпеченням, що не тільки забезпечило кращу стабілізацію руху автомобіля при гальмуванні, але й дало можливість створити нові мехатронні системи, які працюють навіть у тяговому режимі руху автомобіля (рис. 7.1).

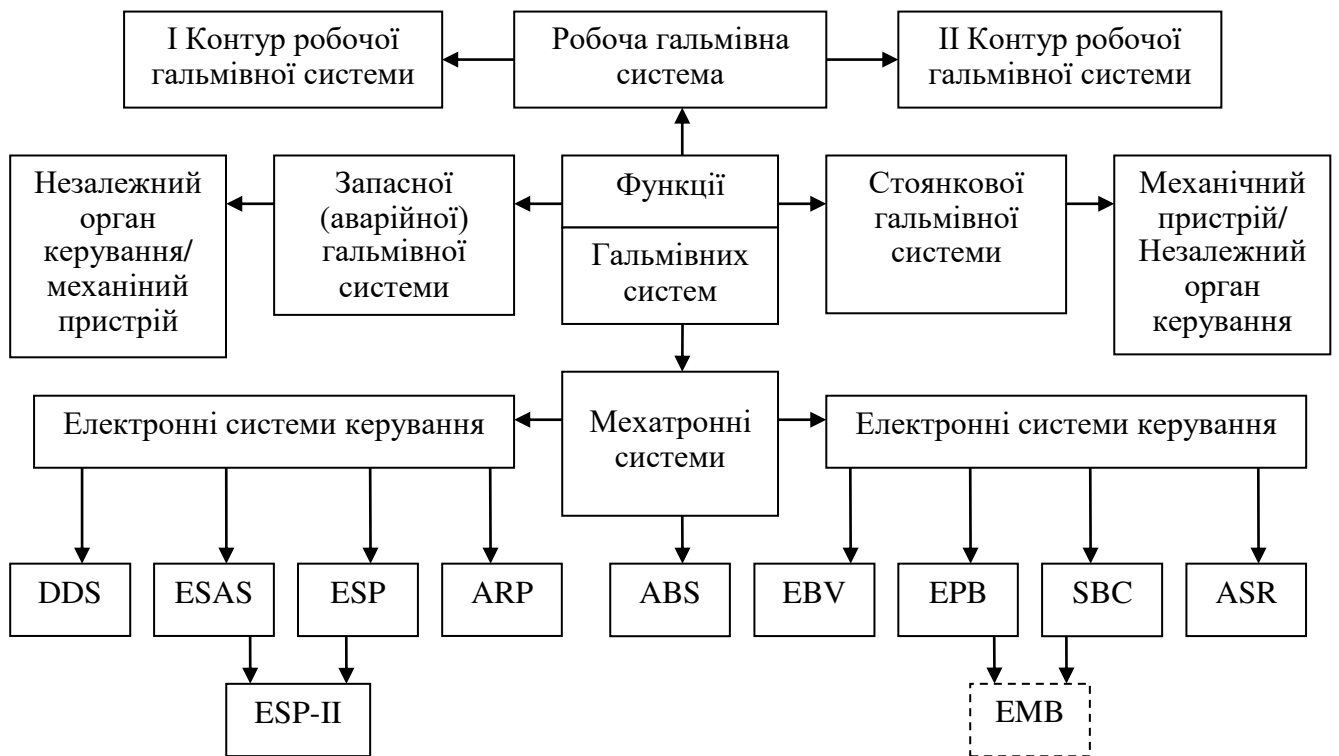


Рис. 7.1. Досягнутий рівень розвитку функцій та допоміжних пристроїв мехатронних систем сучасних легкових автомобілів:

DDS – контроль тиску в шинах; ESAS – рознесене рульове керування; ESP – регулювання курсової стійкості; ESP-II – стабілізація курсової стійкості; ARP – антиперекидальна система; ABS – антиблокувальна система; EBV – регулятор гальмівних зусиль; EMB – електромеханічне гальмо; EPB – електричне стоянкове гальмо; SBC – електрогідравлічне гальмо; ASR – керування проковзуванням ведучих коліс

На автомобілях з мехатронними системами керування гальмуванням встановлюється система електронної стабілізації керування рухом (ESP) і

система керування тяговим зусиллям (TCS), призначена для попередження пробуксовування коліс під час розгону автомобіля шляхом зменшення крутильного моменту, який передається. TCS автоматично вмикається під час запуску двигуна. Керуючі сигнали в систему TCS про обертання коліс автомобіля надходять від датчика антиблокувальної системи (АБС).

Основу сучасних мехатронних систем гальмування складають електрогідравлічні та електромеханічні, програмні засоби автоматизації електронного керування гальмами. На ранніх етапах розвитку вони базуються на антиблокувальних системах, а далі на їх основі додавалася значна кількість різних функцій щодо забезпечення активної безпеки.

Гальмівні системи та їх елементи, що існують на сьогодні, представлені на рис. 7.1. Досягнутий високий рівень мехатронізації гальмівних систем отримали завдяки інтеграції електромеханічних компонентів у вигляді різноманітних датчиків (педалі, тиску, швидкості коліс та ін.), електрогідравлічних агрегатів з електродвигунами та електромагнітними клапанами, електропневматичних акумуляторів тиску та мікропроцесорної техніки. Це дало можливість створити інтегроване програмне забезпечення з електронним блоком керування гальмівною системою, що призначена для збереження стійкості та керованості автомобіля під час гальмування.

Антиблокувальна система (АБС) призначена для забезпечення кочення коліс під час гальмування з ефективністю, близькою до максимальної, з метою збереження керованості автомобіля. При екстремому гальмуванні автомобіля можливе блокування одного або кількох коліс. Заблоковане колесо перестає сприймати бокові сили, що утримують автомобіль на заданій траєкторії, проковзує й автомобіль втрачає керованість, а у разі появи будь-якої бокової інерційної сили починається його занесення.

У своєму розвитку системи АБС пройшли шлях у кілька поколінь – від одноконтурних систем із спільним модулятором до дво-, триконтурних з індивідуальним модулятором на кожному з коліс, що дає можливість отримати оптимальний гальмівний момент з урахуванням дорожніх умов під колесом.

Сучасна АБС легкових автомобілів містить стандартну електрогідравлічну систему гальмування, електронний блок керування (ECU), регулятор тиску, який змінює гальмівне зусилля на колесі, датчик кутової швидкості колеса. Ефективність антиблокувальної системи описана у багатьох роботах, наприклад.

Процес роботи АБС може реалізовуватися за дво- або трифазними циклами. При двофазовому циклі: перша фаза зростання тиску; друга фаза – зниження тиску. У разі трифазного циклу: перша фаза – зростання тиску; друга – зниження тиску; третя фаза – підтримання тиску на постійному рівні.

У наш час розвиток АБС йде двома діаметрально протилежними напрямками. Для автомобілів високого класу створюються найбільш

ефективні інтегровані чотирьоканальні АБС, а для масових дешевих моделей ведеться розробка спрощених варіантів, що вбудовуються в серійні гальмові системи як додаткове устаткування. АБС кардинально змінила уявлення про рівень безпеки руху. Сьогодні ця система входить у список устаткування практично кожної нової моделі автомобіля.

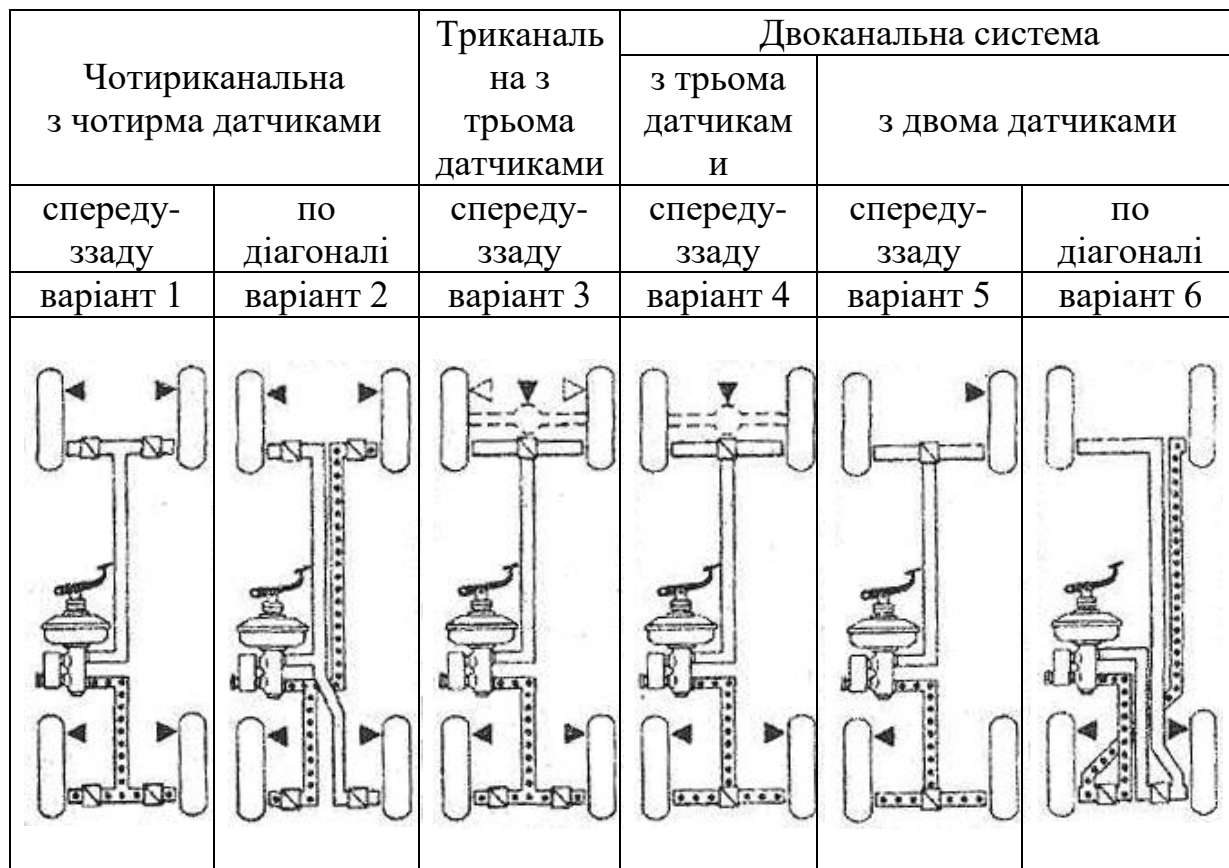


Рис. 7.2. Варіанти антиблокувальної системи:

□ - клапан керування; ◀ - датчик швидкості; ◁ - датчик, альтернативний датчику диференціала

Найпоширенішими варіантами антиблокувальних систем (рис. 7.2) є:
 - **чотирьоканальна система** (варіанти 1, 2 на рис. 7.2). Допускає окремий контроль тиску в двоконтурних системах зі з'єднанням по мостах і з діагональним з'єднанням. Під час гальмування на дорожньому покритті з різними коефіцієнтами зчеплення зліва і справа (так званий «мікст») слід застосовувати заходи для забезпечення відсутності моменту відносно вертикальної осі, що може призвести до втрати курсової стійкості автомобіля;

- **триканальна система** (варіант 3). Момент розвороту під час гальмування на дорожніх покриттях типу «мікст» зменшений так, що легкові автомобілі з довгою базою і великим моментом інерції відносно вертикальної осі не втрачають курсової стійкості і керованості;

- **двоканальні системи** (варіанти 4, 5, 6). Такі системи, з одного боку, мають меншу кількість компонентів, ніж триканальні і чотирьоканальні, що робить їх менш вартісними. З іншого боку, виникає

деяка кількість функціональних обмежень. У варіанті 4 при високопороговому регулюванні переднє колесо з більш високим коефіцієнтом зчеплення визначає тиск, що підводиться до обох передніх коліс. У даному разі під час екстреного гальмування виникає блокування одного з передніх коліс. Це супроводжується збільшеним спрацюванням шин і погіршенням керуваності. При використанні варіанту 5, таке трапляється, коли колесо передньої осі, яке контролюється, має більш високий коефіцієнт зчеплення, ніж у неконтрольованого. У варіанті 6 тиск, що підводиться до передніх коліс, регулюється роздільно, а на кожному задньому колесі – разом з відповідним переднім. Через те, що необхідно створювати перерозподіл гальмівної сили із заднього моста на передній з метою не допустити блокування задніх коліс, дана система забезпечує більш низькі сповільнення, ніж три- або чотириканальні системи.

Типове конструктивне виконання установки компонентів АБС наведено на рис. 7.3.

З рис. 7.4 видно, що коли зубці колеса 5 перетинають магнітні сили поля котушки, виникає електричний сигнал. Частота таких сигналів прямо пропорційна швидкості обертання колеса.

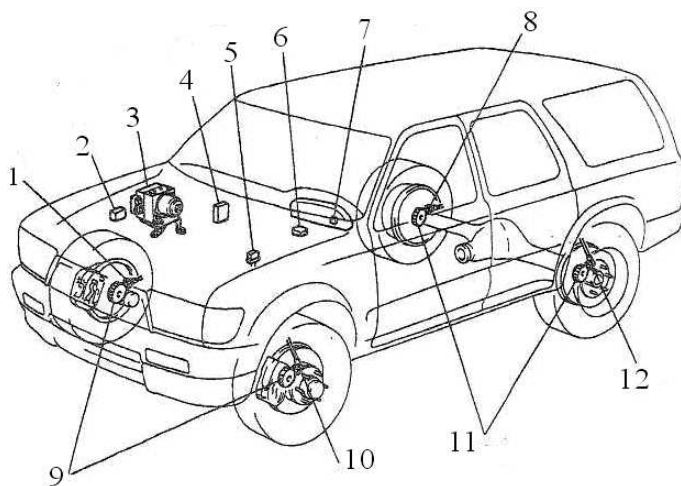


Рис. 7.3. Типова схема розташування компонентів АБС:

1, 8, 10, 12 – колісні датчики; 2 – реле АБС; 3 – гідралічний модулятор; 4 – ЕБК (ЕСУ) АБС; 5 – діагностичний рознімач; 6 – датчик сповільнення; 7 – контрольна лампа АБС; 9, 11 – зубчасті металеві колеса

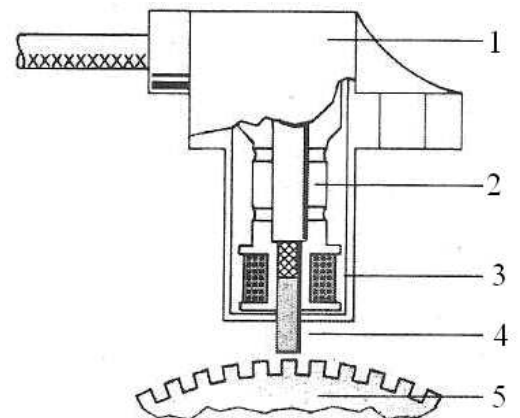


Рис. 7.4. Індуктивний датчик швидкості колеса:

1 – корпус; 2 – постійний магніт; 3 – обмотка; 4 – полюсний наконечник; 5 – зубчасте колесо

Існують різні алгоритми роботи АБС. Найбільше розповсюдження отримали алгоритми, в яких порівнюються реальні частоти обертання коліс з опорною частотою обертання, що фіксуються в даний момент часу системою керування.

На багатьох пасажирських і вантажних автомобілях серійно випускаються АБС на базі електронних блоків із жорсткою логікою та мікропроцесорних комплектів. Основними елементами АБС є

електрогідравлічний привід й електронний блок керування, який містить мікроконтролер, що виконує логічну та математичну обробку інформації. У постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) мікроконтролера записані програма і деякі константи, необхідні для роботи АБС.

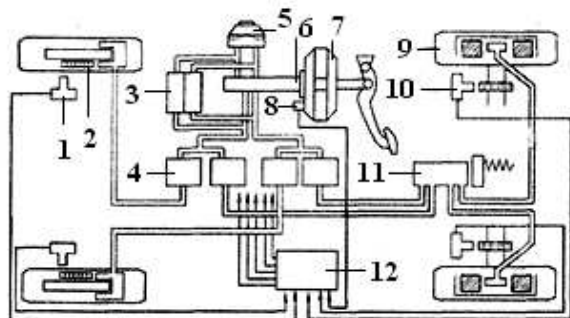


Рис. 7.5. Загальна схема АБС

На рис. 7.5 прийняті такі позначення: 1, 10 – кінцеві датчики частоти обертання колеса; 2 – зубчасте колесо АБС; 3 – двоконтурний насос з електричним двигуном; 4 – гідравлічні клапани; 5 – бачок з гальмівною рідиною; 6 – двоконтурний головний гальмовий циліндр з гідравлічним блоком; 7 – вакуумний підсилювач; 8 – датчик по-

ложення педалі гальма; 9 – заднє колесо; 11 – регулятор тиску; 12 – електронний блок керування АБС.

Загальна схема АБС представлена на рис. 7.5. Компоненти АБС для повнопривідних автомобілів показані на рис. 7.6.

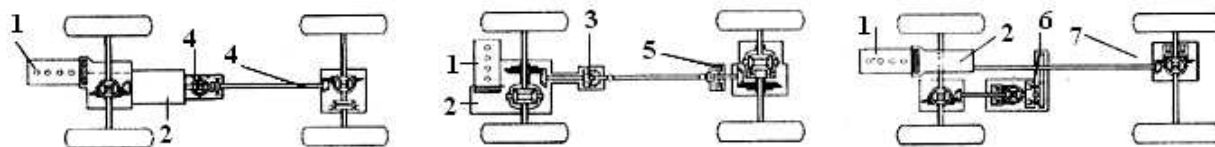


Рис. 7.6. Компоненти АБС на повнопривідних автомобілях:

1 – двигун; 2 – трансмісія; 3 – обгінна муфта і муфта в'язкості; 4 – ручний замок, що перемикається, або в'язкий замок; 5 – пристрій блокування диференціала; 6 – автозчіпка або замок; 7 – автоматичний замок

АБС дає можливість зберегти керованість автомобілем у різних дорожніх умовах (рис. 7.7).

Основними перевагами АБС є:

- зменшення вірогідності занесення автомобіля під час гальмування;
- збереження керованості навіть під час різкого гальмування;
- зниження спрацювання шин.

Антиблокувальні системи були розроблені для забезпечення гальмування автомобіля без блокування його коліс у різних дорожніх умовах та збереження керованості автомобіля.

АБС можуть працювати за

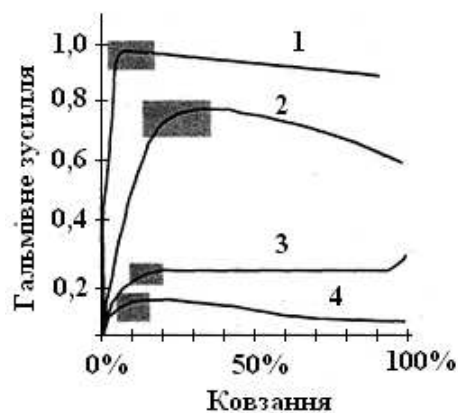


Рис. 7.7. Діапазон регулювання АБС:

■ – діапазон; 1 – сухий асфальт; 2 – мокрий асфальт; 3 – рихлий сніг;

різними алгоритмами. Основна мета більшості алгоритмів базується на тому, що при перевищенні ковзання, що відповідає максимальному зчепленню, швидкість обертання колеса різко зменшується.

Структурна організація гальмівного керування з автоматичним регулюванням гальмівної сили припускає розміщення між гальмівним приводом і колісними гальмівними механізмами електронних пристроїв, за допомогою яких реалізується місцевий зворотний зв'язок системи автоматичного регулювання.

У числі додаткових пристроїв знаходиться модулятор тиску, який включає групу електромагнітних клапанів (рис. 7.8).

З допомогою електромагнітних клапанів, якими керує електронний блок, у пневматичному або гідравлічному приводах легко реалізуються релейні алгоритми «увімкнене-вимкнене». Тому такі приводи отримали найбільше поширення і називаються відповідно електропневматичний та електрогідравлічний приводи гальм.

Якість роботи ABS залежить від прийнятого принципу регулювання («алгоритму функціонування»), а також від швидкодії системи. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмового моменту. Важливою властивістю ABS повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність).

Створені мехатронні антиблокувальні системи дають можливість забезпечувати:

- підвищення активної безпеки автомобіля, підвищення гальмівної ефективності особливо на слизьких поверхнях і дорожніх покриттях «мікст», які відрізняються коефіцієнтами зчеплення під кожним колесом, у відповідності з регламентованими нормами (державний стандарт, Правила ЕЕК ООН);
- стійкість при гальмуванні;

4 – ожеледь

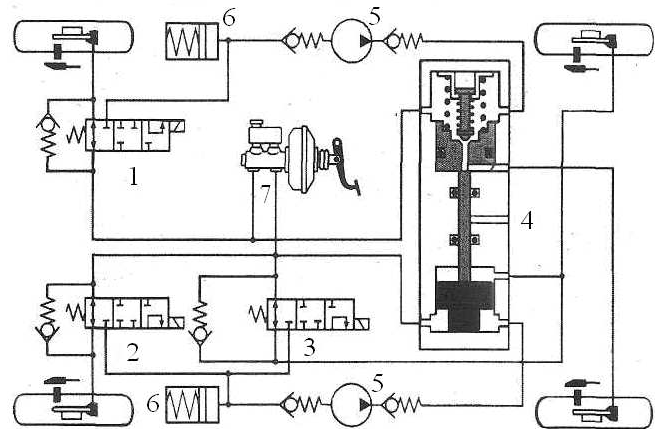


Рис. 7.8. Гідроагрегат гальмівного привода зі слідкувальним керуванням ABS 2E:

- 1 – передній правий магнітний клапан; 2 – передній лівий магнітний клапан; 3 – задній правий магнітний клапан; 4 – слідкувальний пристрій; 5 – відкачувальний насос; 6 – акумулятор тиску; 7 – головний циліндр

- збереження керованості при гальмуванні;
- збільшення середньої швидкості руху автомобіля;
- адаптивність до зовнішніх умов, що змінюються (наприклад, зміна коефіцієнта зчеплення колеса з дорожнім покриттям);
- можливість гальмування при виході з ладу АБС;
- мінімальна витрата робочого тіла;
- мінімальне споживання електроенергії;
- зниження спрацьованості шин;
- завадостійкість по відношенню до зовнішніх магнітних полів;
- сигналізація у разі виходу з ладу АБС, діагностика несправностей;
- загальні вимоги (надійність, низька вартість тощо).

Алгоритм функціонування АБС побудований на аналізі сигналів, що надходять від датчиків з усіх коліс при гальмуванні, відносно швидкості руху кузова автомобіля. Блок керування АБС аналізує показання датчиків швидкості обертання коліс, розпізнає ступінь сповільнення кожного з них, після чого розраховує необхідний тиск у кожному контурі.

Робочий процес АБС залежить не тільки від алгоритму системи автоматичного регулювання і характеристик виконавчого механізму, але й від структури установки системи на автомобілі, яка визначає зв'язки коліс. Керування процесом гальмування може здійснюватися як щодо кожного колеса, так і одночасно щодо кількох коліс. Особливості робочого процесу гальмування одиночного колеса визначаються алгоритмом робочого блока АБС, що визначається структурною схемою установки АБС.

Антиблокувальні системи починають функціонувати при швидкості вищій за 3-5 км/год, а регулювання гальмування починається зі швидкості 12 км/год і більше.

Кільце для збудження імпульсів установлюється на маточині колеса і генерує імпульси напруги в датчику частоти обертання колеса, коли воно починає обертатися. Частота імпульсів пропорційна частоті обертання колеса. Під час першої установки на автомобілі датчик установлюється напроти кільця імпульсів. Зазор у підшипнику колеса й пружні деформації осі автоматично фіксують правильне положення датчика по відношенню до кільця. В залежності від діаметра кільця повітряний зазор між ним і датчиком може бути в межах кількох міліметрів. Якщо зазор стає надто великим, блок керування ECU

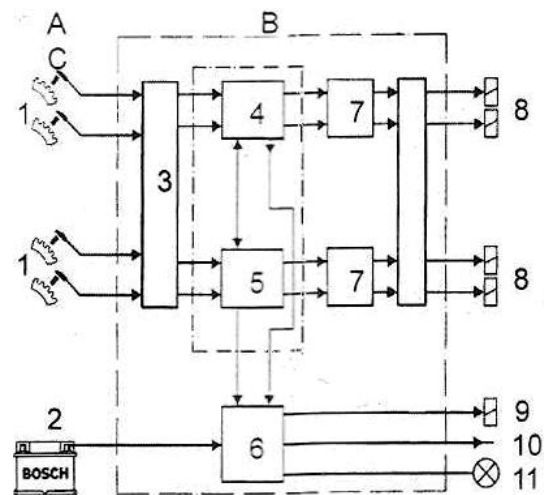


Рис. 7.9. Схема електронного керування АБС – ESP (чотириканальна схема):

А – входи; В – блок керування; С – виходи; 1 – колісні датчики; 2 – напруга живлення; 3 – АЦП; 4 –

відключає керування цього колеса.

Використання мікропроцесорів дає можливість досягти значної оптимізації контролерних алгоритмів,

процесор 1; 5 – процесор 2; 6 – стабілізатор напруги; 7 – вихідні каскади; 8 – магнітні клапани - виконавчі механізми; 9 – реле клапанів; 10 – діагностика; 11 – сигнальна лампа АБС

включаючи адаптацію до вимог характеристик автомобілів і особливостей водіїв.

Згідно з вимогами Правил ЕЕК ООН при швидкості, меншій за 15 км/год допускається блокування.

Основні складові електронного блока керування АБС наведені на рис. 7.9. У цьому блоці використані два мікропроцесори, які здійснюють обробку сигналів, прогін програми контролю та функцію автокерування АБС.

Індуктивний колісний датчик швидкості обертання забезпечує електронний блок керування необхідною інформацією про швидкість обертання колеса.

Електронний блок керування (ЕСУ, ЕБК). Вхідні каскади блока ЕСУ підсилюють сигнали від датчиків швидкості обертання коліс і перетворюють у сигнали в формі прямокутних імпульсів. Частоту обертання коліс вираховує мікропроцесор на основі частоти сигналів. За відомою швидкістю руху та частот обертання окремих коліс може бути вираховане ковзання кожного колеса. Якщо у колеса є тенденція до блокування, то таке значення вираховується на основі показників «прискорення колеса» та «ковзання колеса». Мікропроцесор підживлює з допомогою вихідних каскадів блока ЕСУ соленоїди клапанів модуляції тиску, які керують тиском в окремих гальмівних циліндрах коліс.

Блок ЕСУ містить велику програму визначення несправностей у межах дії системи АБС (датчики швидкості обертання коліс, блок ЕСУ, клапани модуляції тиску, електрична проводка).

У разі виявлення несправності з допомогою блока ЕСУ відключається несправна частина системи і записується код, пов'язаний з детальною реєстрацією несправності. Цей код може бути потім зчитаний і розшифрований у ремонтній майстерні.

Система ASR – (Automatic Slip Regulation або Acceleration Slip Regulation), якщо перекласти на українську, то вийде автоматична протипробуксовна система (або антипроковзна система), основною функцією якої є попередження проковзування ведучих коліс автомобіля.

Система ASR (ПБС) шляхом пригальмовування ведучого колеса, що пробуксовує, або зниженням потужності двигуна сприяє покращенню тягових властивостей автомобіля. ПБС розширює функції ABS, регулюючи зрушування автомобіля з місця як функцію прискорення та пробуксовування. Компоненти керування ABS/ASR показані на рис. 7.10.

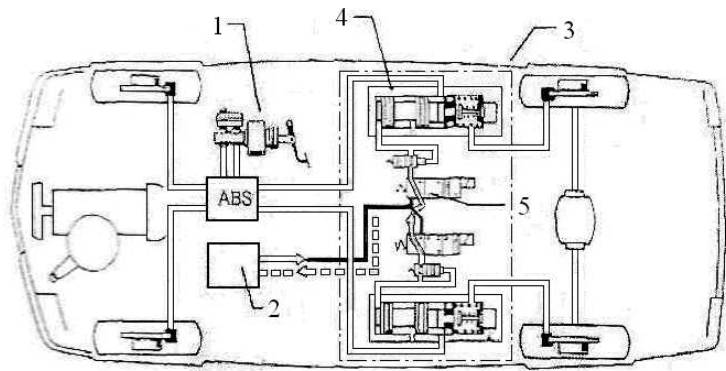


Рис. 7.10. Компоненти керування ABS/ASR:

1 – гідравлічний підсилювач гальмівної системи; 2 – модуль створення тиску; 3 – гідравлічний модуль системи ASR; 4 – плаваючий плунжер; 5 – регулювальний клапан

Завданням ABS/ASR, як і ПБС, є підтримання гальмуючого (ведучого) колеса в режимі оптимального відносного ковзання, при якому поздовжній коефіцієнт зчеплення шини з опорною поверхнею є максимальним (рис. 7.11).

На рис. 7.11 такі позначення: 1 – блок керування ABS/ASR; 2 – блок керування ADS II (ADS – електронне блокування диференціала); 3 – блок керування DME (DME – дальномірна радіосистема ближньої навігації); 4 – блок керування EGS (EGS – електронне керування коробкою передач); 5 – НФМ – датчик масової витрати повітря з плівковим резистором, що нагрівається; 6 – дросельна заслінка 1; 7 – дросельна заслінка 2; 8 – електродвигун ADS (ADS – адаптивна амортизаційна система).

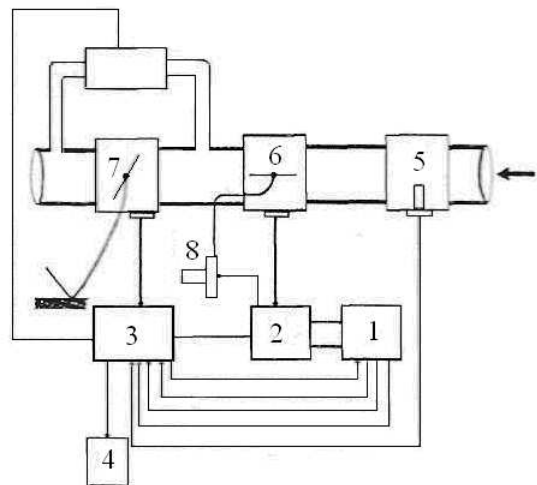


Рис. 7.11. Компоненти протибуксовної системи

Основою функціонування ПБС (рис. 7.12) є антиблокувальна система (АБС), у складі якої є всі необхідні компоненти: датчики частоти обертання коліс,

електронний блок керування, електрокеровані клапани та гідронасос, що

дозволяють без натискання на педаль гальма подати під тиском гальмівну рідину в колісний циліндр колеса, що буксує, і перерозподілити крутильний момент у диференціалі (рис. 7.13).

Сигнали датчиків частоти обертання коліс використовуються для вирахування проковзування/прокручування кожного колеса. Сигнали датчиків поперечного та поздовжнього прискорення і швидкості повороту дають інформацію про поточний характер руху автомобіля. Датчик тиску в гальмівній системі визначає фактичний тиск у гальмівній системі. На автомобілях з АКП до цього додається зв'язок з блоком керування коробкою передач, який дає можливість, з одного боку, отримувати інформацію про фактично увімкнену передачу, а з іншого – здійснювати (у разі необхідності) керування коробкою передач.

ПБС на відміну від системи АБС виконує свої функції не тільки за допомогою пригальмовування колеса, але й керуючи двигуном, тобто регулюючи переданий на колесо від двигуна крутильний момент. Для цього педаль акселератора не повинна бути механічно пов'язана із приводом дросельної заслінки. Інакше кажучи, повинна бути можливість регулювати потужність двигуна незалежно від положення педалі акселератора. У разі виникнення небезпеки пробуксовування ведучих коліс система зменшує зусилля, що передаються ними на дорожнє покриття, за рахунок певного пригальмовування коліс, що прослизують, а також за рахунок зменшення переданого на них від двигуна крутильного моменту, для чого ПБС віддає команди системі керування двигуном або АКП.

Таким чином, на відміну від АБС, ПБС працює не під час гальмування, а під прискорення автомобіля. Для того щоб функціонувати під час прискорення, ПБС необхідний доступ до системи керування двигуном, щоб впливати на вибір крутильного моменту, а також мати можливість самостійно створювати тиск у контурах гальмівної системи. Це необхідно для пригальмовування коліс, що буксують, без натискання водієм на педаль гальма.

На підставі проковзування ведучих коліс і фактичного крутильного моменту двигуна ПБС обчислює необхідний крутильний момент двигуна. Це значення передається в блок керування двигуном.

У залежності від керуючих сигналів блок керування двигуном може виконувати таке:

- зменшувати крутильний момент зміною положення дросельної заслінки;
- якщо коригування здійснюється за допомогою системи упорскування – зменшувати крутильний момент за рахунок пропуску впорскувань пального;
- якщо коригування здійснюється за допомогою системи запалювання – можуть виконуватися пропуски імпульсів запалювання або змінюватися кут випередження запалювання у бік запізнювання;
- в автомобілях з АКП ПБС може додатково передати блоку керування АКП вимогу скасувати перемикання передачі.

Для реалізації протибуксувальних функцій програмно-апаратні засоби ABS доповнені: двома парами нормально відкритих 21 і нормально закритих 22 електромагнітних клапани та програмним модулем, що записаний у ПЗП контролера ABS.

Таким чином, ПБС – це як програмне, так і апаратне розширення системи ABS. Програмне забезпечення ПБС встановлюється у блок керування ABS з підвищеною обчислювальною потужністю і збільшеною пам'яттю. Сигнали датчиків частоти обертання коліс використовуються так само, як і в системі ABS. Для того щоб система ПБС змогла виконувати свої функції, звичайна система ABS повинна бути істотно розширена в таких елементах: гідравлічний блок та інтерфейс зв'язку із системою керування двигуном.

у вихідне положення. Це усуває нерівномірність спрацьовування

До обчислювальної системи входять дві допоміжних (або автономних) та дві основних мікро-ЕОМ, датчики швидкості усіх коліс, модулятор, з'єднувальні кабелі, система сигналізації. Автономні мікро-ЕОМ є системою безпеки із вбудованим пристроєм діагностування (рис. 7.12).

Модулятори регулюють гальмівний тиск на кожному окремому колесі, причому конструкція виконавчих механізмів аналогічна гальмівним пристроям антиблокувальної гальмівної системи. Необхідний робочий тиск створює гідравлічний насос з електронним керуванням через гідроаккумулятор високого тиску.

При відпусканні педалі за командою ЕБК спрацьовують колісні датчики відгальмування, прискорюючи повернення гальмівних колодок та загрозу занесення, дає можливість досягати максимальної гальмівної ефективності, керуваності й курсової стійкості.

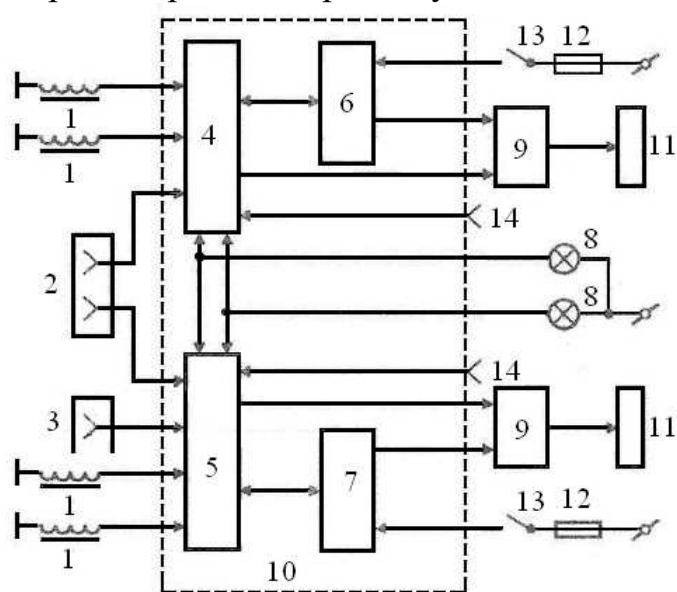


Рис. 7.12. Структурна схема антиблокувальної та протибуксовної системи гальм (ABS/ПБС):

- 1 – колісні магнітоелектричні датчики; 2 – діагностичний рознімач ISO; 3 – рознімач декодера; 4, 5 – основні мікро-ЕОМ; 6, 7 – допоміжні (автономні) мікро-ЕОМ; 8 – індикатори робочого процесу системи на щитку приладів; 9 – модулятори тиску робочого тіла гальмівної системи (повітря або гальмівна рідина); 10 – електронний блок керування; 11 – електромагніти гальмівних циліндрів; 12 – запобіжники; 13 – вимикачі ABS/ПБС; 14 – додаткові з'єднувачі

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою АБС є циклічним. Це пов'язано з інерційністю самого колеса, привода, а також елементів АБС. Якість регулювання оцінюється тим, наскільки АБС забезпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. У разі великого діапазону циклічних коливань тиску порушується комфортність при гальмуванні («смикання»).

Аналогічні порушення можуть проявлятися під час роботи антипроковзних систем при регулювання крутильного моменту на ведучих колесах.

Щоб отримати більшу точність і плавність регулювання ковзання коліс у тяговому режимі, в ПБС зміну тиску необхідно робити більш повільно, ніж в АБС. Для цього у модулятор уведено дросельні клапани з меншим прохідним перерізом, які спрацьовують на початку функціонування ПБС.

Програмне об'єднання компонентів електроніки ABS, ESP та SBC дало можливість значно розширити функції гальмівної системи в керуванні рухом автомобіля. Мехатронна система об'єднаного керування динамічними параметрами (VDIM) забезпечує координоване керування всіма гідравлічними, електромеханічними та електронними системами та комплексами автомобіля. Якщо окремі системи (ABS, TCS, ESP, SBC, VGRS, EBD, HAC) звичайної гальмівної системи мали роздільне керування, то VDIM реалізує спільне керування усіма перерахованими системами

Контрольні запитання

1. Які існують найпоширеніші варіанти АБС?
2. Які основні переваги АБС?
3. Що дає можливість забезпечити АБС?
4. Як побудовані алгоритми функціонування АБС?
5. Як електронний блок керування здійснює адаптацію до вимог характеристик автомобіля та особливостей керування автомобіля водієм?
6. З яких компонентів керування складається система ABS/ASR?
7. Які переваги існують при використанні системи (TCS)?
8. Наведіть криву залежності гальмівних сил та сили тяги, зчеплення/ковзання при електронному керуванні (ELB).
9. Яку інформацію використовує система ESP для керування роботою антиблокувальної та протипроковзної системи та контролем тяги?
10. Наведіть компоненти керування ABS/TCS легкового автомобіля.
11. Якими гальмівними системами розширені можливості керування ESP?
12. Наведіть основні компоненти системи ESP.