

Л.С. Козачук, В.В. Стельмашук, В.П. Онищук, І.С. Козачук
Луцький національний технічний університет
АНАЛІЗ СИСТЕМ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ

В даній статті розглянуто принцип дії основних систем активної безпеки автомобіля, що підвищують ефективність його гальмівної системи та забезпечують курсову стійкість та керованість. Основну увагу зосереджено на інтегрованій системі керування динамікою автомобіля, яка об'єднує систему курсової стійкості, рульове керування і підвіску. Встановлено необхідність інтеграції спільної роботи вказаних систем для керування автомобілем.

Ключові слова: активна безпека автомобіля, системи керування автомобілем, інтегрована система керування динамікою автомобіля.

Рис.4. Літ. 9.

Л.С. Козачук, В.В. Стельмашук, В.П. Онищук, І.С. Козачук
АНАЛІЗ СИСТЕМ АКТИВНОЇ БЕЗОПАСНОСТІ АВТОМОБІЛЯ

В статье рассмотрен принцип действия главных систем активной безопасности автомобиля, которые улучшают эффективность его тормозной системы и помогают обеспечить курсовую стойкость и управляемость. Основное внимание сконцентрировано на интегрированной системе управления динамикой автомобиля, которая включает систему курсовой устойчивости, рулевое управление и подвеску. Установлено необходимость интеграции совместной работы систем активного управления автомобилем.

Ключевые слова: активная безопасность автомобиля, системы управления автомобилем, интегрированная система управления динамикой автомобиля.

L. Kozachuk, V. Stelmashchuk, V. Onyshchuk, I. Kozachuk
ANALYSIS OF VEHICLE ACTIVE SAFETY SYSTEMS

This paper presents the principle of action of the main active safety vehicles control for improving of its brake and dynamic performance. The analysis of scientific researches on this subject is carried out. Need for integration of vehicle active safety control systems is established.

Keywords: active vehicles safety, vehicle control systems, integrated vehicle dynamic control system.

Постановка проблеми. З моменту появи перших автомобілів ведеться постійна робота над покращенням їхніх показників, властивостей і безпеки руху. Спочатку зусилля автомобільних інженерів були спрямовані на підвищення максимальних швидкостей руху автомобіля та забезпечення його надійності і керованості на них. Забезпечення безпеки руху особливо актуально в даний час, коли значно зросли швидкості руху транспортних засобів. Для запобігання виникнення аварійних ситуацій та покращення показників стійкості та керованості, сучасні автомобілі обладнуються системами активної безпеки. Основним призначенням таких систем є попередження аварійних ситуацій. При виникненні такої ситуації система самостійно (без участі водія) оцінює ймовірну небезпеку і, за необхідності, попереджує її шляхом активного втручання в процес керування автомобілем.

Застосування систем активної безпеки дозволяє в різних критичних ситуаціях зберігати контроль над автомобілем, тобто зберігати курсову стійкість і керованість автомобіля. Велика кількість таких систем з'явилась і з'являється у зв'язку із стрімким розвитком електронних систем керування (появою нових видів входних пристроїв, підвищенням продуктивності електронних блоків керування). Як правило, системи активної безпеки конструктивно пов'язані і тісно взаємодіють із гальмівною системою автомобіля і значно підвищують її ефективність. Ряд систем може керувати величиною крутного моменту через систему керування двигуном. В будь-якому випадку, такі системи впливають на динаміку автомобіля.

Більшість систем активної безпеки розроблялись і в основному є автономними системами. В критичних режимах руху та керування автомобілем такі системи можуть впливати на роботу одна одної і погіршувати їх ефективність. Тому виникає необхідність аналізу роботи різних систем активної безпеки автомобіля та їх впливу на його динаміку. **Метою** даної роботи є аналіз можливості спільної роботи різних систем активного керування для покращення керованості автомобіля.

Основна частина. Дослідження в області динаміки транспортних засобів, головним чином зосереджується на трьох основних силах, що виникають в зоні контакту шини та

©Л.С. Козачук, В.В. Стельмашук, В.П. Онищук, І.С. Козачук

дорожнього покриття для кожного із чотирьох коліс. Сили, що виникають в зонах контакту шин з дорогою, діють в трьох різних напрямках – поздовжньому, боковому і вертикальному. Поздовжні сили виникають під час гальмування і передачі тягових зусиль, бокові – під час передачі зусиль від елементів рульового керування, вертикальні сили збурюються елементами підвіски автомобіля. Також цими силами створюються відповідні моменти, які діють в зоні контакту шини і дороги [1, 2]. Відповідно, розглядаючи системи активного керування автомобілем та його динамікою, їх потрібно розділити на такі три групи[3]:

- системи керування поздовжніми силами;
- системи керування боковими силами;
- системи керування вертикальними силами.

Створення систем активного керування динамікою транспортних засобів стало можливим завдяки стрімкому розвитку електроніки, датчиків і технологій виконавчих механізмів. Спочатку електронні засоби керування використовувались для покращення паливної економічності двигунів, а пізніше, вони знайшли застосування і для покращення динамічних показників автомобілів. Узагальнена схема системи активного керування автомобілем показана на рис. 1 [4].



Рис. 1. Схема системи активного керування автомобілем.

Як видно з рисунка 1, така система являє собою систему «водій-автомобіль», тому керування автомобілем не можна розглядати без врахування людського фактору. В основному водії можуть керувати динамічною поведінкою транспортного засобу через три вузли: педалями дроселя та гальм для керування поздовжнім переміщенням (задається швидкість руху та поздовжнє прискорення), і кермом для зміни напрямку руху. Відповідно до наведеної схеми, водій здійснює керуючі впливи на рух автомобіля і на певну еталонну модель (як правило лінійну модель, яка відповідає керуючому впливу) закладену в електронний блок керування (ЕБК). Параметри руху автомобіля через сигнали сенсорів на ці впливи порівнюються із еталонною моделлю і, у випадку їх розбіжності, ЕБК подає сигнали на приводи виконавчих механізмів, щоб змінити параметри руху автомобіля відповідно до лінійних реакцій еталонної моделі. Застосування такої концепції в основних підсистемах автомобіля дозволяє покращити його динамічні показники.

Системи керування динамікою транспортних засобів можна класифікувати не тільки на основі динамічних показників, які ними контролюються, а також, і на основі функцій підсистем автомобіля, якими вони керують. За другим критерієм такі системи можна розділити на активну адаптивну підвіску, активну гальмівну систему, активний привод, активне рульове керування, активну трансмісію та інші [5]. Відповідно до цієї класифікації основну увагу в даній статті буде зосереджена на активних системах керування шасі, які впливають на керування автомобілем. Така система також отримала назву – система контролю стійкості транспортних засобів, або система курсової стійкості.

Як зазначалося раніше, забезпечити стійкість транспортного засобу можна керуючи поздовжніми, бічними і вертикальними силами шини. Цими силами в свою чергу можна керувати, змінюючи характер роботи відповідних функціональних систем. В результаті аналізу публікацій [2-6] в даній області можна виділити чотири головні стратегії, керування динамікою транспортного засобу. Вони повинні в основному керувати трьома силами, що діють під час контакту шини з дорогою наступним чином:

- керування поздовжніми гальмівними зусиллями;
- керування поздовжніми приводними зусиллями;

©Л.С. Козачук, В.В. Стельмащук, В.П. Онищук, І.С. Козачук

- керування боковими зусиллями від рульового керування;
- керування вертикальними силами підвіски.

Розглянемо більш детально системи керування гальмівними зусиллями.

Для збереження стійкості і керованості автомобіля за рахунок завчасного визначення та усунення критичної ситуації призначена система курсової стійкості (інша назва – система динамічної стабілізації). З 2011 року оснащення системою курсової стійкості нових легкових автомобілів є обов'язковим у США, Канаді, країнах Євросоюзу.

Система дозволяє утримувати автомобіль в межах заданої водієм траєкторії при різних режимах руху (розгоні, гальмуванні, русі по прямій, в поворотах і під час руху накатом).

Залежно від виробника розрізняють різні назви системи курсової стійкості, але більшість автовиробників Європи та Америки її називають ESP (Electronic Stability Programme). Перші системи ESP почали встановлюватись на автомобілі з 1995 року [7].

Система курсової стійкості (рис. 2) є системою активної безпеки більш високого рівня і включає антиблокувальну систему гальм (ABS), систему розподілу гальмівних зусиль (EBD), електронне блокування диференціала (EDS), протибуксувальну систему (ASR). Система курсової стійкості об'єднує входні датчики, електронний блок керування і гідравлічний блок в якості виконавчого пристрою. Входні датчики фіксують конкретні параметри автомобіля і перетворюють їх в електричні сигнали. За допомогою датчиків система динамічної стабілізації оцінює дії водія і параметри руху автомобіля. Використовуються в оцінці дій водія датчики кута повороту рульового колеса, тиску в гальмівній системі, вимикач стоп-сигналу. Оцінюють фактичні параметри руху датчики частоти обертання коліс, поздовжнього прискорення, поперечного прискорення, швидкості повороту автомобіля, тиску в гальмівній системі. Блок керування системи ESP приймає сигнали від датчиків і формує керуючі впливи на виконавчі пристрої підконтрольних систем активної безпеки:

- впускні і випускні клапани системи ABS;
- перемикачі і клапани високого тиску системи ASR;
- контрольні лампи системи ESP, системи ABS, гальмівної системи.

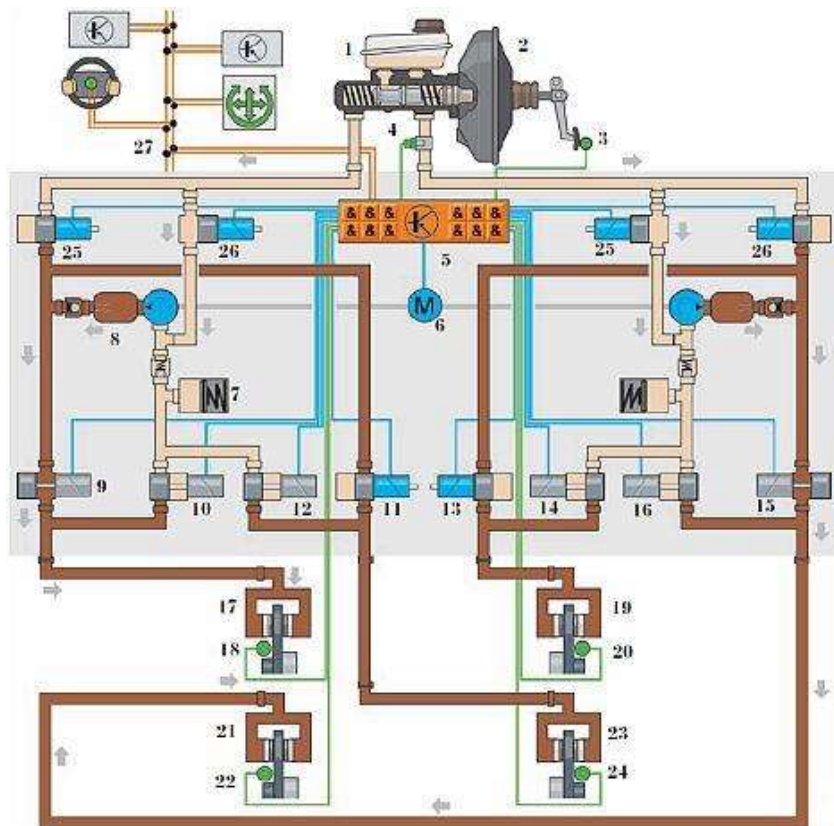


Рис. 2. Схема будови системи курсової стійкості.

1- компенсаційний бачок; 2- вакуумний підсилювач гальм; 3- датчик положення педалі гальм;

4- датчик тиску в гальмівній системі; 5- блок управління; 6- насос зворотної подачі; 7- акумулятор тиску; 8- демпферна камера; 9- впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10- впускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17- передній лівий гальмівний циліндр; 18- датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19- передній правий гальмівний циліндр; 20- датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21- задній лівий гальмівний циліндр; 22- датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23- задній правий гальмівний циліндр; 24- датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25- перемикаючий клапан; 26- клапан високого тиску; 27- шина обміну даними.

У своїй роботі блок керування ESP взаємодіє з системою управління двигуном і автоматичною коробкою передач (через відповідні ЕБК). Окрім прийому сигналів від цих систем блок керування формує керуючі впливи на елементи системи управління двигуном і АКПП.

Для роботи системи динамічної стабілізації використовується гідравлічний блок системи ABS/ASR з усіма компонентами. Визначення настання аварійної ситуації здійснюється шляхом порівняння дій водія і параметрів руху автомобіля. У разі, коли дії водія (бажані параметри руху) відрізняються від фактичних параметрів руху автомобіля, система ESP розпізнає ситуацію як неконтрольовану і включається в роботу.

Стабілізація руху автомобіля за допомогою системи курсової стійкості може досягатися кількома способами:

- пригальмовуванням одного або декількох коліс;
- зміною крутного моменту двигуна;
- зміною кута повороту передніх коліс (за наявності системи активного рульового керування);
- зміною ступеня демпфірування амортизаторів (за наявності адаптивної підвіски).

Пригальмовування коліс проводиться шляхом включення в роботу відповідних систем активної безпеки. Робота при цьому носить циклічний характер: збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску в гальмівній системі.

Зміна крутного моменту двигуна в системі ESP може здійснюватися кількома шляхами:

- зміною положення дросельної заслінки;
- пропуском упорскування палива;
- пропуском імпульсів запалювання;
- зміною кута випередження запалювання;
- скасуванням перемикання передач в АКПП;
- перерозподілом крутного моменту між осями (за наявності повного приводу).

У конструкції системи курсової стійкості можуть бути реалізовані наступні додаткові функції (підсистеми): гідравлічний підсилювач гальм, запобігання перекидання, запобігання зіткнення, стабілізації автопоїзда, підвищення ефективності гальм при нагріванні, видалення вологи з гальмівних дисків і та інші [8]. Всі перераховані системи, в основному, не мають своїх конструктивних елементів, а є програмним розширенням системи ESP.

Система запобігання перекидання ROP (Roll Over Prevention) стабілізує рух автомобіля при загрозі перекидання. Запобігання перекидання досягається за рахунок зменшення поперечного прискорення шляхом пригальмовування передніх коліс і зниження крутного моменту двигуна. Додатковий тиск в гальмівній системі створюється за допомогою активного підсилювача гальм.

Система запобігання зіткнення (Braking Guard) може бути реалізована в автомобілі, оснащеному адаптивним круїз-контролем. Система запобігає небезпеці зіткнення за допомогою візуальних і звукових сигналів, а в критичній ситуації - шляхом нагнітання тиску в гальмівній системі (автоматичного включення насоса зворотної подачі).

Система стабілізації автопоїзда може бути реалізована в автомобілі, що обладнаний тягово-зчіпним пристроєм. Система запобігає ризикованню причепа при русі автомобіля, яке досягається за рахунок гальмування коліс або зниження крутного моменту.

Система підвищення ефективності гальм при нагріванні FBS (Fading Brake Support, інша назва – Over Boost) запобігає недостатньому зчепленню гальмівних колодок з гальмівними дисками, яке виникає при їхньому нагріванні, шляхом додаткового збільшення тиску в гальмівному приводі.

Система видалення вологи з гальмівних дисків активується на швидкості понад 50 км/год і включених склоочисниках. Принцип роботи системи полягає в короточасному підвищенні тиску в контурі передніх коліс, за рахунок чого гальмівні колодки притискаються до дисків і відбувається випаровування вологи.

Антиблокувальна система гальм встановлюється на автомобілях з 1978 року. За минулий період система зазнала значних змін. На основі системи АБС побудована система розподілу гальмівних зусиль. З 1985 року система інтегрована з протибуксувальною системою. З 2004 року всі автомобілі, що випускаються в Європі, оснащуються антиблокувальною системою гальм.

Під час екстреного гальмування автомобіля можливе блокування одного або декількох коліс. В цьому випадку весь запас по зчепленню колеса з дорогою використовується в поздовжньому напрямку. Заблоковане колесо перестає сприймати бокові сили, що утримують автомобіль на заданій траєкторії, і ковзає по дорожньому покриттю. Автомобіль втрачає керуваність, і найменше бокове зусилля приводить до його заносу. Антиблокувальна система гальм (АБС, ABS, Antilock Brake System) призначена запобігти блокуванню коліс під час гальмування і зберегти керуваність автомобіля. Антиблокувальна система підвищує ефективність гальмування, зменшує довжину гальмівного шляху на сухому і мокрому покритті, забезпечує кращу маневреність на слизькій дорозі, керуваність при екстреному гальмуванні. В актив системи можна записати менше і більш рівномірне зношування шин.

Разом з тим, система АБС не позбавлена недоліків. На пухкій поверхні (пісок, гравій, сніг) застосування антиблокувальної системи збільшує гальмівний шлях. На такому покритті найменший гальмівний шлях забезпечується як раз при заблокованих колесах. Під час гальмування на таких поверхнях перед кожним колесом формується клин з ґрунту, який і призводить до скорочення гальмівного шляху. У сучасних конструкціях ABS цей недолік майже усунений – система може автоматично визначити характер поверхні і для кожного її виду реалізує свій алгоритм гальмування.

Найбільш ефективною є антиблокувальна система гальм з індивідуальним регулюванням ковзання колеса, так звана чотириканальна система. Індивідуальне регулювання дозволяє отримати оптимальний гальмівний момент на кожному колесі відповідно до дорожніми умовами і, як наслідок, мінімальний гальмівний шлях.

Конструкція антиблокувальної системи (рис. 3) включає датчики частоти обертання коліс, датчик тиску в гальмівній системі, блок керування і гідравлічний блок в якості виконавчого пристрою. Датчик швидкості встановлюється на кожне колесо. Він фіксує поточне значення частоти обертання колеса і перетворює його в електричний сигнал. На підставі сигналів датчиків блок керування виявляє ситуацію блокування колеса. Відповідно до встановленого програмного забезпечення блок формує керуючі впливи на виконавчі пристрої – електромагнітні клапани і електродвигун насоса зворотної подачі гідравлічного блоку системи. Гідравлічний блок об'єднує впускні і випускні електромагнітні клапани, акумулятори тиску, насос зворотної подачі з електродвигуном, демпферні камери. У гідравлічному блоці кожному гальмівного циліндра колеса відповідає один впускний і один випускний клапани, які керують гальмуванням в межах свого контуру.

Акумулятор тиску призначений для прийому гальмівної рідини при скиданні тиску в гальмівному контурі. Насос зворотної подачі підключається, коли ємності акумуляторів тиску недостатньо. Він збільшує швидкість скидання тиску. Демпферні камери приймають гальмівну рідину від насоса зворотної подачі і гасять її коливання. У гідравлічному блоці встановлюється два акумулятора тиску і дві демпферні камери за кількістю контурів гідроприводу гальм.

Робота антиблокувальної системи гальм носить циклічний характер. Цикл роботи системи включає три фази:

- утримання тиску;

- скидання тиску;
- збільшення тиску.

На підставі електричних сигналів, що надходять від датчиків кутової швидкості, блок керування ABS порівнює кутові швидкості коліс. При виникненні небезпеки блокування одного з коліс, блок керування закриває відповідний впускний клапан. Впускний клапан при цьому також закритий. Відбувається утримання тиску в контурі гальмівного циліндра колеса. При подальшому натисканні на педаль гальма тиск в гальмівному циліндрі колеса не збільшується. При тривалому блокуванні колеса, блок керування відкриває відповідний впускний клапан. Впускний клапан при цьому залишається закритим. Гальмівна рідина перетікає в акумулятор тиску. Відбувається скидання тиску в контурі, при цьому швидкість обертання колеса збільшується. При недостатній ємності акумулятора тиску, блок керування ABS підключає до роботи насос зворотної подачі. Насос зворотної подачі перекачує гальмівну рідину в демпферну камеру, зменшуючи тиск у системі. Водій при цьому відчуває пульсацію педалі гальма. Як тільки кутова швидкість колеса перевищить певне значення, блок керування закриває впускний клапан і відкриває впускний. Відбувається збільшення тиску в контурі гальмівного циліндра колеса. Цикл роботи антиблокувальної системи гальм повторюється до завершення гальмування або припинення блокування.

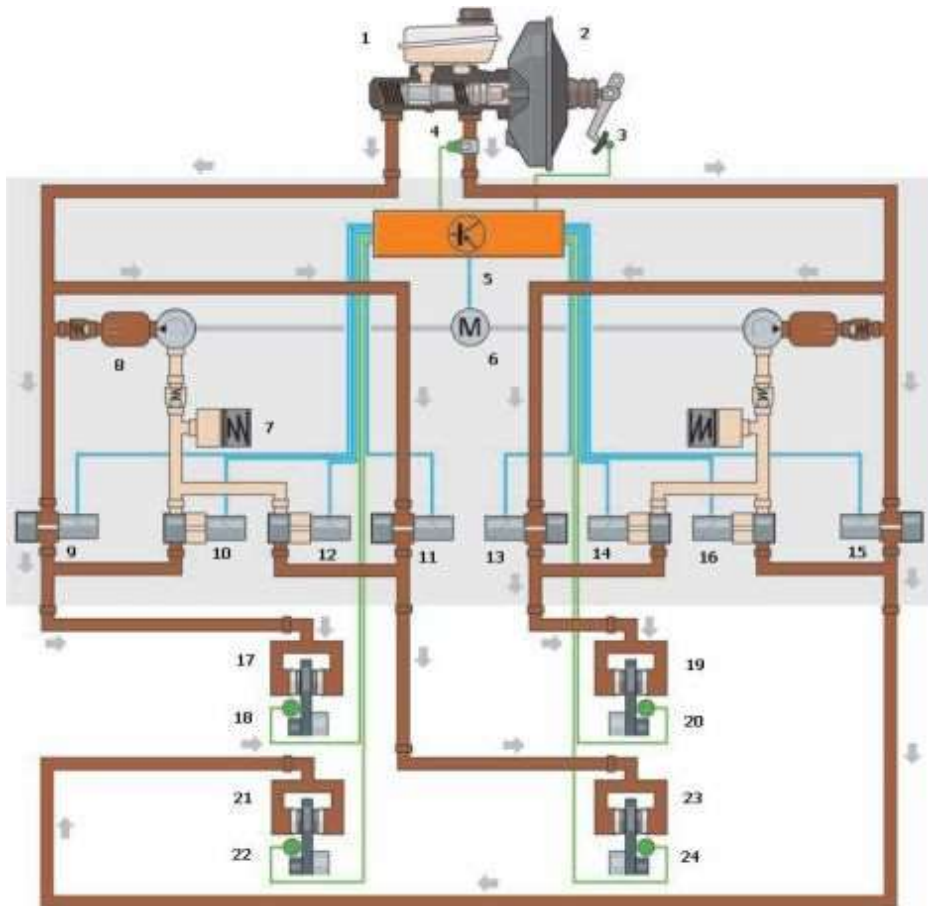


Рис. 3. Схема будови антиблокувальної системи гальм.

1- компенсаторний 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- демпферна камера; 9- впускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 10- випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12- випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14- випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму;

16- випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17- передній лівий гальмівний циліндр; 18- датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19- передній правий гальмівний циліндр; 20- датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21- задній лівий гальмівний циліндр; 22- датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23- задній правий гальмівний циліндр; 24- датчик частоти обертання заднього правого колеса;

Система розподілу гальмівних зусиль EBD призначена для запобігання блокування задніх коліс за рахунок керування гальмівним зусиллям задньої осі. Сучасний автомобіль влаштований так, що на задню вісь припадає менше навантаження, ніж на передню. Тому для збереження курсової стійкості автомобіля блокування передніх коліс повинно наступати раніше задніх коліс. При різкому гальмуванні автомобіля відбувається додаткове зменшення навантаження на задню вісь, так як центр ваги зміщується вперед. А задні колеса, при цьому, можуть виявитися заблокованими.

Система розподілу гальмівних зусиль являє собою програмне розширення антиблокувальної системи гальм. Іншими словами, система використовує конструктивні елементи системи ABS в новій якості.

Робота системи EBD, також як і система ABS, носить циклічний характер. Цикл роботи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

За даними датчиків частоти обертання коліс блок управління ABS порівнює гальмівні зусилля передніх і задніх коліс. Коли різниця між ними перевищує задану величину, включається алгоритм системи розподілу гальмівних зусиль. На підставі різниці сигналів датчиків блок управління визначає початок блокування задніх коліс. Він закриває впускні клапани в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс. Тиск у контурі задніх коліс утримується на поточному рівні. Впускні клапани передніх коліс залишаються відкритими. Тиск в контурах гальмівних циліндрів передніх коліс продовжує збільшуватися до початку блокування передніх коліс. Якщо колеса задньої осі продовжують блокуватися, відкриваються відповідні впускні клапани і тиск в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс зменшується. При перевищенні кутової швидкості задніх коліс заданого значення, тиск в контурах збільшується. Відбувається гальмування задніх коліс. Робота системи розподілу гальмівних зусиль закінчується з початком блокування передніх (ведучих) коліс. При цьому в роботу включається система ABS.

Антибуксувальна система (інша назва - протибуксувальна система) призначена для запобігання пробуксовування ведучих коліс. Найбільш поширена торговельна назва системи ASR (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) [9]. Незважаючи на різноманіття назв, конструкція і принцип роботи даних протибуксувальних систем багато в чому схожі.

Протибуксувальна система побудована на конструктивній основі антиблокувальної системи гальм. В системі ASR реалізовані дві функції: електронне блокування диференціала і керування крутним моментом двигуна.

Для реалізації протибуксувальних функцій в системі використовується насос зворотної подачі і додаткові електромагнітні клапани (перемикаючий і клапан високого тиску) на кожне з ведучих коліс в гідравлічному блоці ABS (рис. 4). Керування системою ASR здійснюється за рахунок відповідного програмного забезпечення, включеного до блоку керування ABS. У своїй роботі блок керування ABS/ASR взаємодіє з блоком керування системою управління двигуном.

Система ASR попереджує пробуксовування коліс у всьому діапазоні швидкостей автомобіля:

- при низьких швидкостях руху (від 0 до 80 км/год) система забезпечує передачу крутного моменту за рахунок пригальмовування ведучих коліс;
- при швидкості вище 80 км/год зусилля регулюються за рахунок зменшення передачі від двигуна крутного моменту.

На підставі сигналів датчиків частоти обертання коліс блок керування ABS/ASR визначає наступні характеристики:

- кутове прискорення ведучих коліс;
- швидкість руху автомобіля (на підставі кутової швидкості неведучих коліс);

- характер руху автомобіля – прямолінійний або криволінійний (на підставі порівняння кутових швидкостей неведучих коліс);
- величину проковзування ведучих коліс (на підставі різниці кутових швидкостей провідних і невідучих коліс).

Залежно від поточного значення експлуатаційних характеристик проводиться керування гальмівним тиском або керування крутним моментом двигуна.

Керування гальмівним тиском здійснюється циклічно. Робочий цикл має три фази – збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску. Збільшення тиску гальмівної рідини в контурі забезпечує гальмування ведучого колеса. Воно проводиться за рахунок включення насоса зворотної подачі, закриття клапана перемикаючого і відкриття клапана високого тиску. Утримання тиску досягається за рахунок відключення насоса зворотної подачі. Скидання тиску проводиться після закінчення пробуксовування при відкритих впускному клапані і клапані перемикаючого. За необхідності цикл роботи повторюється.

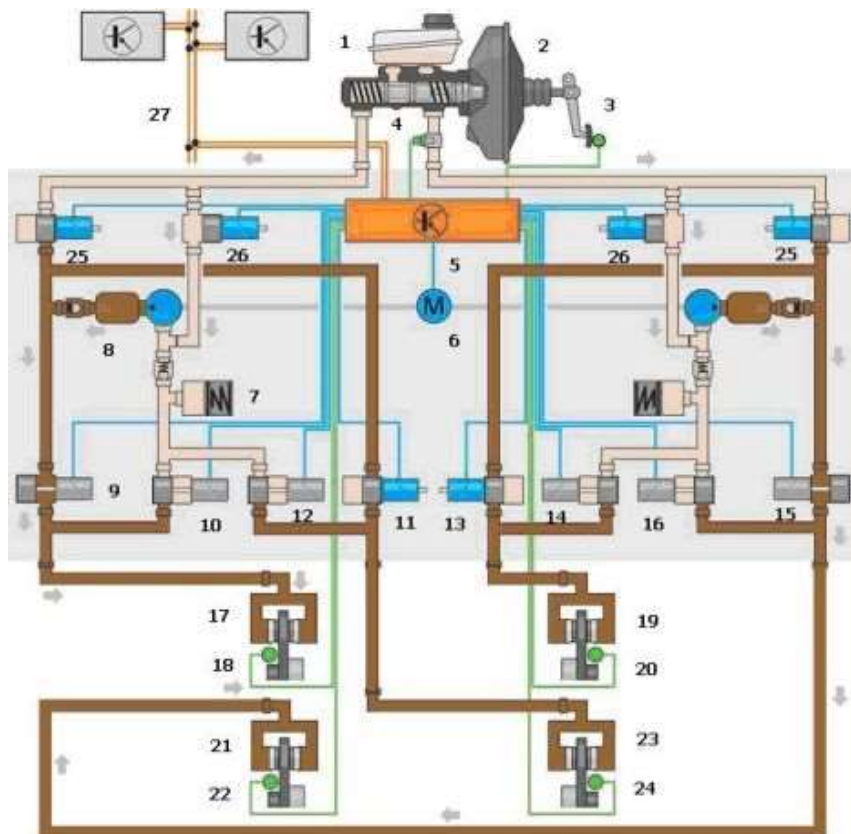


Рис. 4. Схема будови антибуксувальної системи.

- 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- демпферна камера; 9- впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10- впускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12- впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14- впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16- впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17- передній лівий гальмівний циліндр; 18- датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19- передній правий гальмівний циліндр; 20- датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21- задній лівий гальмівний циліндр; 22- датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23- задній правий гальмівний циліндр; 24- датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25- перемикаючий клапан; 26- клапан високого тиску; 27- шина обміну даними.

Керування крутним моментом двигуна здійснюється у взаємодії з системою управління двигуном. На підставі інформації про проковзування ведучих коліс, яка надходить від датчиків кутової швидкості коліс, і фактичною величиною крутного моменту, який визначається блоком керування двигуна, блок керування протибуксувальної системи визначає величину необхідного крутного моменту. Дана інформація передається в блок керування системою керування двигуном і реалізується за допомогою різних дій:

- зміни положення дросельної заслінки;
- пропуску впорскувань палива в системі живлення двигуна;
- пропуску імпульсів запалювання або зміни кута випередження запалювання в системі запалювання;
- скасування перемикачів передач в автомобілях з автоматичною коробкою передач.

Об'єднання різних електронних систем автомобіля в мережу, крім обміну інформацією, дозволяє організувати їх спільну роботу. В таку систему можна об'єднати систему курсової стійкості, рульове управління, трансмісію і підвіску автомобіля, які до цього працювали самостійно.

Система управління динамікою автомобіля спрямована на підтримку курсової стійкості, підвищення маневреності, зниження навантаження на водія. Система являє собою спеціальне програмне забезпечення, яке встановлюється, як правило, в блок керування системою курсової стійкості. Система не має власних конструктивних елементів, тому системою, як такою, є лише умовно.

У інтегрованій системі управління динамікою автомобіля можуть бути реалізовані наступні функції:

- додатковий крутний момент на рульовому колесі;
- додатковий кут повороту передніх коліс;
- кут повороту коліс задньої осі на задньоприводних автомобілях;
- розподіл крутного моменту між передньою і задньою віссю на повнопривідних автомобілях;
- розподіл крутного моменту між правим і лівим ведучими колесами;
- зниження кренів і розгойдування підвіски.

Додатковий крутний момент на рульовому колесі впливає на дії водія. При надлишковій поворотності крутний момент створюється в напрямку, протилежному відведенню. При недостатній обертальності дана функція перешкоджає подальшому повороту рульового колеса. Величина додаткового крутного моменту невелика (до 3 Нм), тому його вплив на динаміку автомобіля мінімально. Функція додаткового крутного моменту на рульовому колесі реалізована за допомогою електропідсилювача рульового управління.

Створення додаткового кута повороту передніх коліс дозволяє добитися значної стабілізації руху. Для створення додаткового кута повороту коліс використовується електропідсилювач рульового управління, який за певних умов руху активно втручається в управління автомобілем. Наприклад, в системі активного рульового управління від BMW реалізована корегування кута повороту передніх коліс при проходженні поворотів і гальмуванні на слизькому покритті.

При надлишковій поворотності колеса повертаються в протилежну сторону, при недостатній обертальності поворотом коліс досягається втрачене зчеплення з дорогою. У більшості випадків втручання в роботу рульового управління дозволяє стабілізувати автомобіль без зниження швидкості руху.

На деяких моделях задньоприводних автомобілів використовується поворот коліс задньої осі. Наприклад, в системі активного управління геометрією підвіски ця функція виконана за допомогою змінної довжини важелів. На малій швидкості поворот задніх коліс в напрямку, протилежному до передніх, підвищує маневреність автомобіля. На великій швидкості поворот задніх коліс в одному напрямку з передніми підвищує курсову стійкість автомобіля.

Активний розподіл (перерозподіл) крутного моменту між передньою і задньою віссю застосовується в більшості сучасних систем повного приводу. Дана функція дозволяє керувати динамікою автомобіля, балансує між надлишковою і недостатньою поворотністю.

Розподіл крутного моменту між ведучими колесами в поперечному напрямку реалізується за допомогою електронного блокування диференціала, а також деяких способів фізичного блокування диференціала.

Істотний вплив на підтримання курсової стійкості надає функція управління креном автомобіля. Ця функція здійснюється за допомогою стабілізаторів поперечної стійкості змінної жорсткості і адаптивних амортизаторів у складі активної підвіски.

Висновки. За допомогою об'єднання різних систем автомобіля досягається висока динаміка при збереженні безпеки руху. Активні системи керування динамікою автомобіля не керують рухом транспортного засобу безпосередньо, але впливають на зміну сил, що діють між шиною та дорожнім покриттям. Контроль динаміки транспортного засобу в одному напрямі може також побічно впливати на інші напрями переміщення автомобіля. Наприклад, використання блокування одного з коліс під час гальмування для забезпечення курсової стійкості автомобіля призводить до втручання в подовжню динаміку автомобіля. Крім того, цілі контролю різних автономних систем управління можуть конфліктувати між собою.

Проте, в такому випадку, виникає необхідність збільшення кількості окремих датчиків, виконавчих механізмів та засобів електропостачання, для здійснення нових функцій щодо контролю за динамікою транспортного засобу, призведе до ускладнення такої системи, її вартості і ваги, що є комерційно небажано. Тому, щоб досягти поліпшення динамічних показників транспортного засобу, контроль за його динамікою повинен бути побудований інтегрованим, а не об'єднаним способом.

При цьому термін "інтегрований" обмежений функціональною інтеграцією систем керування динамікою транспортного засобу, а не інтеграцією апаратних засобів. Завдяки цьому всі існуючі автономні системи керування можуть співпрацювати реагуючи на дії водія автомобіля і керуючи рухом автомобіля скоординовано. В результаті можна отримати найкращий ефект щодо контролю динаміки транспортного засобу.

Отже, розробка інтегрованих систем керування – наступний важливий крок розвитку активного контролю за динамікою транспортного засобу.

Є два різних підходи, які можуть використовуватися при проектуванні інтегрованої системи керування динамікою транспортного засобу: перший, так званий, підхід «знизу–вгору», який використовує дві або більше автономних системи управління для проектування інтегрованої системи керування; другий – низхідний підхід. Згідно з цим підходом використовуються багатоваріантні методи контролю для проектування моделі керування, в основу якої включений глобальний контролер, що взаємодіє із підсистемами автомобіля, які розглядають в процесі проектування системи контролю.

1. Солтус А. П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Учебное пособие для ВУЗов.– К.: Аристей, 2004.– 188 с.
2. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов.– СПб.: БХВ – Петербург, 2006.– 478 с.
3. Junje, H. et al. Coordination of active steering, driveline, and braking for integrated vehicle dynamics control. Proceedings of IMechE, Part D: Journal of Automobile engineering. 2005. Vol. 220.
4. Дэниэлс Дж. Современные автомобильные технологии. – М.: ООО "Издательство АСТ", ООО "Издательство Астрель", 2003. – 223 с.
5. Rengaraj, C., Crolla, D.A. Integrated Chassis Control to Improve Vehicle Handling Dynamics Performance. SAE 2011-01-0958.
6. Расейка, Н.В. Tyre and Vehicle Dynamics. Butterworth-Heinemann. 2009. ISBN 0-7506-5141-5.
7. Волков В.П. Эволюция тормозного управления автомобиля / В.П. Волков, Н.В. Дюкарев, Ю.В. Волков // Вестник ХНАДУ . 2008.– №41.– С. 55-59.
8. Будущее тормозных систем. Что придёт на смену ESP? // Автостроение за рубежом. – 2004. – № 9. – С. 18 – 22.
9. Система превентивной безопасности Pre-Safe второго поколения фирмы Mercedes-Benz // Автостроение за рубежом.– 2006. – № 11. – С. 2 – 4.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2014