

5. АДАПТИВНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ АВТОМОБІЛЯ

Від конструктивних характеристик і технічного стану підвіски залежить багато техніко-експлуатаційних властивостей автомобіля: розгін, гальмування, плавність ходу, середні швидкості, паливна економічність, керуваність, стійкість, прохідність, а також продуктивність, безпека, втомлюваність водія та пасажирів, довговічність агрегатів і т.п. І чим гірші дорожні умови, тим досконалішими повинні бути підвіски.

Для досягнення заданих характеристик підвіски на автомобілях в залежності від їх класу та призначення застосовуються різні типи підвісок (рис. 5.1). Різний рівень поєднання складових елементів конструкції підвісок та напрямних механізмів дають зовсім різні їх експлуатаційні характеристики.

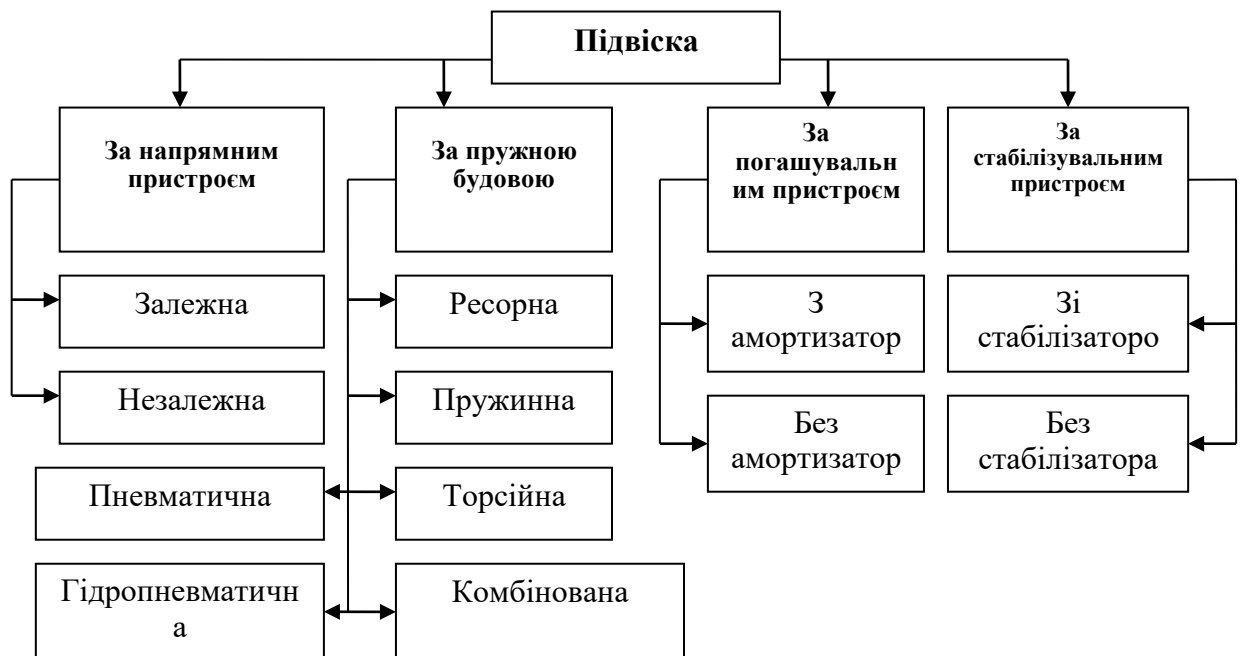


Рис. 5.1. Типи підвісок, класифіковані за різними ознаками

Підвіска розділяє усі маси автомобіля на дві частини – підресорені та непідресорені. Підресорені частини (кузов, рама та закріплені на них механізми) спираються на підвіску. Непідресорені мости, колеса, гальмові механізми спираються на дорогу.

Мехатронізація конструктивних рішень підвіски автомобіля має тривалу еволюцію. Спочатку це листові ресори, торсіони, звиті пружини; потім гідравлічні, пневматичні, гідропневматичні, гумові, подушки та різні їх поєднання в амортизаторах. У якості пружних елементів використовуються сталі, еластоміри, а як робоче тіло – рідини, повітря або газ, тобто будь-які віброізолювальні гідропневматичні пристрої з поршневими або мембранними акумуляторами, що допускають модуляцію відновлювальної сили.

Ефективність різних принципів керування підресорюванням вирішувалася розробкою різних типів підвісок: пасивних, яким енергія не потрібна; напівактивних з малим споживанням енергії; активних – з середнім і високим споживанням енергії.

Сучасна підвіска повинна задовольняти суперечливим вимогам щодо плавності ходу, керованості, комфортабельності та стійкості руху автомобіля. Ці вимоги задовольняються з допомогою мехатронних компонентів електронних систем програмного керування підвіскою. Підвіска сучасного автомобіля має забезпечувати збереженість вантажу, комфорт і безпеку на режимах руху: розгін, гальмування, проходження поворотів і низка інших умов експлуатації автомобіля.

Залежно від умов експлуатації в роботі підвіски можна виділити складові зміни режимів роботи амортизатора як демпфера і віброізолятора (демпфування коливань). Зміна режимів відбувається як надзвичайно швидко, так і поступово. Частка кожної складової роботи підвіски залежить від умов експлуатації. Мехатронні системи дають можливість закладати алгоритми різноманітних умов руху автомобіля, управляти роботою підвіски у заданому режимі роботи амортизатора, який забезпечує постійний контакт коліс з дорогою. Тільки мехатронна система може контролювати ці режими роботи підвіски, що дає можливість урахувати вплив стану дороги на технічний стан автомобіля.

На сьогодні відомі активні віброзахисні системи з електрогідравлічним, електропневматичним або електродинамічним принципом керування, а також перетворювачі енергії, що використовують принцип зміни гідравлічного опору рідини під впливом електромагнітного поля, так звані електрофлюїдні або магнітореологічні рідини. Можливе і комбіноване мехатронне поєднання з використанням перерахованих матеріалів і пристроїв стабілізації поперечної стійкості автомобіля.

Рівень мехатронності сучасних підвісок залежить від синергетичної комбінації енергетичних зв'язків з гідравлічними, пневматичними або гідропневматичними частинами, електромеханічним, електронним та програмним керуванням кожним амортизатором з допомогою шини CAN.

Ресорні підвіски у якості пружного пристрою мають листові ресори. Ресора складається із зібраних разом окремих листів вигнутої форми. Сталеві листи мають звичайно прямокутний переріз, однакову ширину та різну довжину. Кривизна листів неоднакова і залежить від їх довжини. Вона збільшується зі зменшенням довжини листів, що необхідно для щільного прилягання їх один до одного у складеній ресорі.

Пружинні підвіски у якості пружного пристрою мають спіральні (звиті) циліндричні пружини. Пружини підвіски виготовляють із сталевого прутка круглого перерізу. Пружинна підвіска дещо складніша за ресорну, але при цьому більш компактна та відрізняється м'яким ходом, дає можливість знизити внутрішнє тертя в пружних елементах.

Торсійні підвіски у якості пружного пристрою мають торсіони.

Торсіон – це сталевий пружний стрижень, що працює на

скручування. Він може бути суцільним круглого перерізу, а також складеним – з круглих стрижнів або прямокутних пластин.

Гумові пружні елементи широко застосовуються в підвісках сучасних автомобілів у вигляді додаткових пружних пристроїв, які називаються обмежувачами або буферами. Часто всередину буферів вулканізують металеву арматуру, яка підвищує їх довговічність і служить для кріплення буферів.

Пневматичні підвіски у якості пружного пристрою мають пневматичні балони різної форми. Пружні властивості в таких підвісках забезпечуються за рахунок стискування повітря (газу). Найбільше застосування у пневматичних підвісках отримали подвійні (двосекційні) круглі балони.

У телескопічних амортизаторах демпфувальне зусилля створюється опором потоку рідини, який протікає через отвір під час руху поршня. Чим більше демпфувальне зусилля, тим швидше демпфуються коливання кузова, але також більшим стає удар від демпфувального ефекту, оскільки більшим стає зусилля демпфування. Демпфувальне зусилля також змінюється зі швидкістю поршня.

Гідравлічні амортизатори погашають коливання кузова і коліс автомобіля в результаті створюваного ними опору (рідинного тертя) перетіканню рідини через керовані електромеханічні клапани та калібровані отвори.

Підвіски з перерахованими слабо регульованими елементами не задовольняють сучасним вимогам:

- забезпечення оптимального положення колеса відносно дороги;
- поєднання вертикальних і кутових жорсткостей усієї системи, що дає можливість правильно розподілити навантаження між колесами на всіх режимах руху;
- зменшувати динамічні навантаження, що діють на автомобіль, пасажирів і вантажі;
- передавати сили і моменти, які виникають від зовнішніх впливів, як на колеса, так і на кузов;
- погашати вертикальні та їм супутні коливання коліс, вертикальні та кутові коливання кузова автомобіля.

Гідромеханічні та пневмомеханічні вузли керованих підвісок. Керування амортизатором полягає у зміні опору перетіканню рідини у ньому шляхом зміни в'язкості рідини або діаметрів жиклерів, хоча виконується частіше з допомогою електроклапанів соленоїда, а в деяких випадках електродвигуном соленоїда. Найбільш типовими функціями амортизатора є протидія осіданню автомобіля при різких прискореннях і перемиканням передач, «пірнанню» при різкому гальмуванні, крену при різких поворотах тощо.

В мехатронних системах підвіски може бути до 20 датчиків, які дозволяють управляти станом окремих елементів системи підвіски, наприклад, положенням коліс відносно кузова; виконавчими механізмами,

наприклад, клапанами з електромагнітним керуванням, відбувається за допомогою бортової ЕОМ (мікропроцесора) відповідно до програми, а також з урахуванням команди водія.

Регулювання підвіски полягає у зміні її характеристик і параметрів при зміні ваги вантажу, що перевозиться, чи дорожніх умов (системи вирівнювання навантаження). Воно здійснюється в пневматичних і гідропневматичних підвісках у комбінаціях з пружинними елементами (віброізоляторами), де застосовують автоматичні регулятори положення кузова і регулятори жорсткості підвіски.

Використання нежорстких пружин приводить до збільшення стиску підвіски автомобіля під навантаженням. Для того, щоб зберегти висоту кузова автомобіля на прийнятному рівні, використовуються допоміжні пневматичні або гідропневматичні пружинні елементи. У цих підвісках частково поєднуються якості амортизатора як демпфера (віброізолятора).

Система також може мати електронні блоки керування вирівнюванням навантаженнями, що діють на соленоїдні клапани.

Безперечним достоїнством системи є можливість задати тиск окремо в кожному пневмобалоні, даючи можливість вирівнювати нерівномірне статичне навантаження на колеса. Жорсткість (демпфірування) підвіски регулюється зміною величини відкриття амортизаторних клапанів.

Програмно-керовані мехатронні системи підвісок автоматизують цей процес. Недоліками такої конструкції є великі габарити і суттєва інерційність роботи системи в динаміці (не дає можливості у достатній мірі реагувати на рельєф дороги).

У **повністю навантажених системах підвіски** пружна дія забезпечується за допомогою газового елемента підвіски, у якій відсутні спіральні пружини. Керованими можуть бути одна або обидві осі автомобіля.

В активній підвісці (рис. 5.2) контролюються параметри як пружності, так і демпфування.

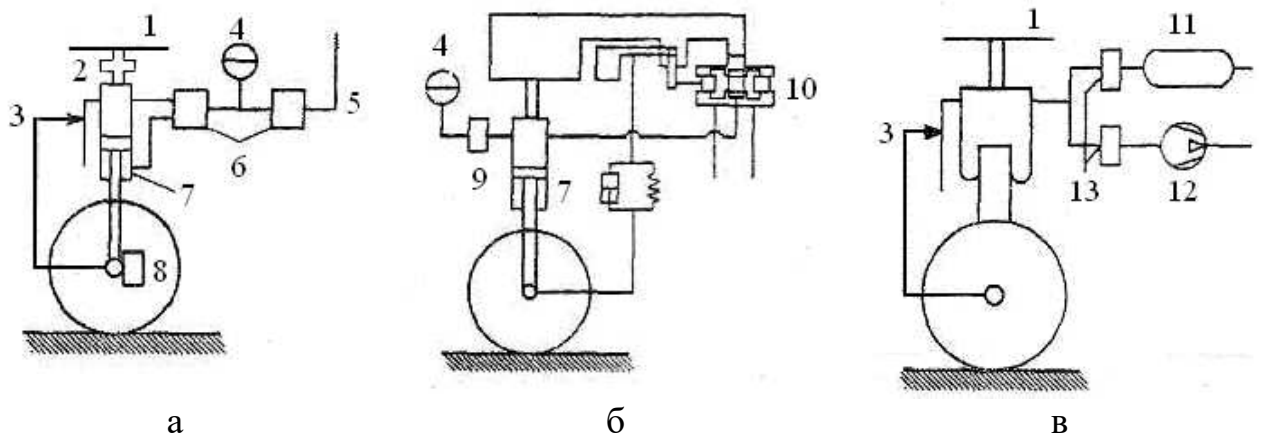


Рис. 5.2. Активна підвіска:

а – гідравлічна підвіска; б – гідропневматична підвіска; в – пневматична підвіска; 1 – кузов автомобіля; 2 – датчик навантаження на колеса; 3 – датчик переміщення; 4 – акумулятор; 5 – лінія від насоса; 6 – сервоклапан; 7 – гідравлічний циліндр; 8 – датчик прискорення; 9 – демпфер; 10 – розподільний клапан; 11 – ресивер; 12 – компресор; 13 – соленоїдний клапан

У **конструкції, що містить гідравлічний циліндр** з допомогою зовнішнього джерела генерується енергія для прискорених регулювань роботи гідравлічного циліндра, датчиками забезпечується зв'язок між циліндром і кузовом автомобіля. Датчики навантаження на колеса, переміщення і прискорення передають сигнали електронному блоку керування у межах кількох мілісекунд. Обмін даними між ними відбувається за допомогою багатофункціональної шини передачі даних CAN.

Система керування дозволяє досягти постійного навантаження на колесо з підтримкою незмінної середньої висоти автомобіля. Сталеві пружини або гідропневматичні елементи підвіски використовуються для підтримки статичного навантаження на колесо.

У **конструкції гідропневматичних підвісок** структурні коливання регулюються за допомогою розподілу потоків гідравлічної рідини у гідропневматичному контурі підвіски. З метою зменшення потреб в енергії дія системи обмежується згладжуванням нерегулярних низьких частот коливань; газовий акумулятор з'єднаний з гідроциліндром і гасить коливання більш високих частот.

У **конструкції пневматичних підвісок** рух кузова контролюється регулюванням подачі повітря до пневматичних амортизаторів. Замкнуті системи амортизаторів обмежуються керуванням низькочастотних коливань і коливань від рульового керування. Оскільки система врівноважує поперечні сили, вона допускає застосування пружин.

Підвіски з демпфувальними елементами змінної жорсткості – це електромеханічний амортизатор, у якого жорсткість регулюється з допомогою електронної системи. До таких систем належать гідроамортизатори з маслом змінної в'язкості, амортизатори зі змінним перерізом перепускних клапанів, через які підводиться або відводиться допоміжна енергія (повітря, газу, рідини). Використання таких демпферів дає можливість реалізувати адаптивні мехатронні системи підвіски, які інтегруються у загальну систему підтримки курсової стійкості та стабілізації кузова.

Підвіска з лінійним електродвигуном – це найпрогресивніша мехатронізація елементів підвіски в розвитку систем стабілізації кузова (корпуса) автомобіля. У даному типі підвіски замість звичних амортизаторів різного типу використовуються лінійні електродвигуни, якими управляє складна електронна система, завданням якої є збереження стабільного положення кузова під час вертикального переміщення коліс. Система бере до уваги показання датчиків про зміну положення коліс відносно кузова і передає сигнал лінійним електродвигунам, які миттєво компенсують ці зміни. Колесо виявляється мовби підвішеним в електромагнітному полі, а переміщувати колесо вгору-вниз буде активний електромагніт. Це дає можливість виключити будь-які поштовхи, що передаються на кузов.

Електронне керування підвіскою забезпечує її оптимальну роботу у разі різних швидкостей і маси вантажу автомобіля.

Керування висотою кузова відносно дороги забезпечує постійність цього параметра незалежно від завантаження автомобіля. Зменшення висоти кузова під час руху з високою швидкістю приводить до зниження аеродинамічних втрат і підвищенню стійкості автомобіля на дорозі. Системи з ручним завданням висоти застосовувались і раніше на автомобілях Citroën та ін. Використання електронної системи керування автоматично забезпечує оптимальну висоту кузова над дорогою. Сигнали від датчиків висоти кузова та швидкості надходять на вхід ЕБК, вихідний сигнал з якого подається у виконавчий механізм, який звичайно представляє собою діафрагму, що переміщується під дією стиснутого повітря, яке подає насос.

Керування пружними елементами підвіски та демпфуванням амортизаторів підвищує стійкість автомобіля та перешкоджає змінам положення кузова при різких поворотах, прискореннях і гальмуваннях. З одного боку, для підвищення комфортабельності руху підвіска повинна бути м'якою, але з іншого – для кращої стійкості вона, навпаки, повинна бути достатньо жорсткою. Тому ЕБК, отримавши на вхід сигнали від датчиків швидкості, кута повороту рульового колеса, кута відкриття дросельної заслінки, а також від кінцевого перемикача педалі гальма, управляє виконавчими пристроями, які відповідно змінюють параметри пружних елементів підвіски та амортизаторів кожного колеса. Звичайно це здійснюється з допомогою електромагнітних клапанів або малогабаритних електродвигунів, які змінюють переріз отворів у пневматичних пружних елементах, змінюючи тим самим їх пружність, або в гідравлічних амортизаторах, варіюючи їх демпфування.

Гідравлічні та газонаповнені амортизатори. Керована підвіска може бути з будь-яким пружним елементом, але найпростіше її реалізувати з пневматичним і гідропневматичним амортизатором. Причому останній має невеликі розміри і масу, він добре компонується на автомобілі.

Слід розрізняти такі варіанти застосування пневматичних пружних елементів:

- як «частково несних»;
- як «повністю несних» пружних елементів.

Перший варіант пневматичних пружних елементів – це коли частина навантаження сприймається сталевими пружинами або ресорами.

«Повністю несні» пневматичні елементи, як, наприклад, у автомобіля Phaeton, є єдиними пружними елементами підвіски.

Пневматичний пружний елемент складається з:

- корпусу із зовнішньою напрямною;
- манжети;
- поршня (який є нижньою частиною корпусу елемента);
- додаткового пневмоакумулятора (у деяких конструкціях);
- вбудованого амортизатора.

Серед переваг пневмопідвіски слід відзначити високу енергоємність в основному робочому діапазоні та при великих прогинах, що забезпечує зниження амплітуди коливань, зменшення кількості енергії, яка поглинається амортизаторами, а також спрощує регулювання. При цьому в підвісках зі сталевими пружними елементами прогресивна характеристика досягається тільки за рахунок суттєвого ускладнення конструкції. Використання пневмопідвіски забезпечує оптимальне автоматичне регулювання жорсткості та динамічного ходу підвіски відповідно до умов навантаження, що дозволяє отримати підвищену плавність ходу і поліпшити інші експлуатаційні властивості. Відомо, що постійне положення кузова полегшує забезпечення правильної кінематики підвіски і рульового приводу.

Пневматична підвіска дозволяє підтримувати кузов автомобіля на постійному рівні, вона може також застосовуватися у комбінації з регульованими амортизаторами.

Показники роботи підвіски як жорсткість пружних елементів, інтенсивність демпфування та зміна положення кузова по висоті взаємозалежні. Розв'язати проблему розділення показників дозволяє гідропневматична система підвіски.

Принцип «жорсткого» і «м'якого» керування амортизатором використовується в активній гідропневматичній підвісці Hydractive. Основою підвіски Hydractive є гідропневматичний пружний елемент на кожному колесі, запропонований на автомобілях Citroën-VX та Citroën-CX. Він складається з гідропневматичного балона 5, розділеного еластичною мембраною. У верхній напівсфері знаходиться газоподібний азот, а в нижній – рідина (масло LHM). Циліндр 3 також заповнений рідиною, а в ньому ковзає полий поршень 2. Шток поршня з'єднаний з поперечним важелем передньої підвіски, а поздовжнім – із задньою. На ході стискування рідина під дією поршня поступає через гідроамортизатор 4 в балон і стискає газ за мембраною. Стиснений газ працює як пружина.

Підвищені їздові якості автомобіля Citroën-ХМ пояснюються роботою його підвіски у двох режимах - «м'якому» та «жорсткому». «М'який» режим забезпечує комфортабельність і зручність керування. При цьому підвіска має більшу гнучкість і помірну амортизацію.

«Жорсткий» режим покращує стійкість автомобіля та безпеку. Підвіска у цьому разі характеризується меншою гнучкістю, але краще захищає пасажирів і водія від несприятливих впливів розкачування, поштовхів і ривків на нерівній дорозі.

Система, керування підвіскою забезпечує м'яку їзду на малих швидкостях руху по прямій і жорстку їзду під час руху з високою швидкістю. Невеликі динамічні коливання навантажень на колеса досягаються з допомогою сильного демпфування коливань, малої маси вісі коліс і м'яких покриттів. Узгодження підпружинювання і демпфування коливань визначається компромісом між комфортом та безпекою руху.

Якісне керування підвіскою автомобіля досягається об'єднанням

механічних (гідравлічних, пневматичних), електромеханічних та електронних технологій, які дають можливість з використанням численних датчиків системи безперервно оцінювати величини, що характеризують умови руху: швидкість руху, кут повороту рульового керування та дросельного клапана, вертикальне і горизонтальне прискорення корпусу й осей, переміщення пружин, навантаження на гальма. Усі дані від датчиків під час руху обробляються в електронному пристрої й порівнюються з граничними значеннями, що зберігаються в пам'яті. Електроніка забезпечує також узгодження гідравлічного впливу демпферів з умовами руху, протягом мілісекунд відбувається налаштування характеристик демпфування й керування телескопічними амортизаторами: Перемикання м'якого і жорсткого демпфування відбувається протягом 20 мс. Система здійснює контроль перешкод й у разі виявлення помилок автоматично переводить амортизатори у жорстке положення безпечного руху, одночасно сигнальна лампа вказує на перешкоди.

У підвісках автомобіля (незалежні, багатоважільні) використовують стояки з амортизаторами й оригінальними пневмоподушками замість пружин. Компресор та керуюча електроніка дають можливість подавати стиснене повітря у кожен пневмостояк індивідуально і тим самим підтримувати рівень кузова незалежно від завантаженості, а також змінювати по ходу дорожній просвіт.

Автоматизовані підвіски згідно з умовами руху забезпечують зниження кутів повороту кузова відносно поздовжньої та поперечної осей шляхом поєднання адаптивного демпфування й активного керування креном. Може передбачатися збереження висоти підлоги кузова щодо рівня дороги у разі зміни навантаження й автоматичне керування жорсткістю амортизаторів. Автоматизація підвіски підвищує керованість і стійкість руху, показники комфортабельності автомобіля.

Автоматизовані системи комплексного керування підвіскою дають можливість управляти:

- величиною дорожнього просвіту, забезпечуючи стабільність кліренсу і плавність ходу у разі зміни маси вантажу та кількості пасажирів, а також підвищуючи прохідність і безпеку руху, знижуючи опір повітря при високій швидкості руху, а значить, сприяючи покращенню економічності автомобіля;

- силами опору демпфувальних пристроїв, протидіючи розхитуванню корпусу, осіданню (кльовкам) під час різких прискорень і гальмувань, при перемиканні передач, нахилу корпусу у разі різких поворотів. Сприяють покращенню зчеплення шин з дорогою та підвищенню безпеки руху, зниженню теплової напруженості демпфувальних пристроїв;

- жорсткістю пружних елементів і кінематикою прямого пристрою, покращуючи плавність ходу, зменшуючи коливання кузова, протидіючи нахилу у разі різких поворотів, покращуючи зчеплення шин з дорогою і підвищуючи безпеку руху;

- покращують стійкість та керованість автомобіля, сприяють

скороченню гальмівного шляху.

Нерегульовані системи мають тільки одну параметричну характеристику, у той час як параметричну характеристику регульованої підвіски можна змінювати у межах заданого діапазону шляхом подачі керуючого сигналу на регульовальні компоненти системи.

Таким чином, залежно від того, який параметр регулюють, системи підресорювання із змінюваними характеристиками можна розділити на такі групи систем керування:

- дорожнім просвітом (кліренсом) і плавністю ходу;
- силами опору демпферних пристроїв;
- жорсткістю пружних елементів;
- кінематикою напрямних пристроїв;
- системи комплексного керування, у яких одночасно змінюють жорсткість пружних елементів, силу опору демпфувальних пристроїв, підтримуючи незмінний дорожній просвіт у межах, які вибирає водій.

Типова система керування складається з електронного блока керування (контролера), шести датчиків для визначення стану автомобіля, чотирьох амортизаторів, оснащених виконавчими механізмами керування їх характеристичними параметрами, індикатора, що показує усталений режим, та перемикача (селектора) режимів роботи підвіски.

В активній підвісці з електронним керуванням контролюються параметри як пружності, так і демпфування. У такій підвісці підресорювання кожного окремого колеса здійснюється з допомогою подачі або відведення допоміжної енергії (стиснутого повітря, рідини) через електромагнітні клапани до стояків. Система для легкового автомобіля може складатися з чотирьох стояків (пневматичних, гідропневматичних), компресора, центрального ресивера, який одночасно є акумулятором, блока керування і датчиків, які інформують блок керування про швидкість руху, навантаження автомобіля та кут повороту рульового колеса. Усі елементи підвіски з'єднані між собою магістралями (пневматичними, гідравлічними). Обмін даними між ними відбувається з допомогою багатофункціональної шини електронної передачі даних CAN (Controller Area Network). Також система має функцію автоматичної активації («wake-up»), що дає можливість відкоригувати стандартне положення кузова та пружність амортизаторів ще перед початком руху.

Електронна система керування підвіскою включає блок керування і датчики: переміщення коліс і кузова, швидкості руху автомобіля, кута повороту рульового колеса, гальмування, кута відкриття дросельної заслінки, вмикання запалювання; і виконавчі механізми (рис. 5.3).

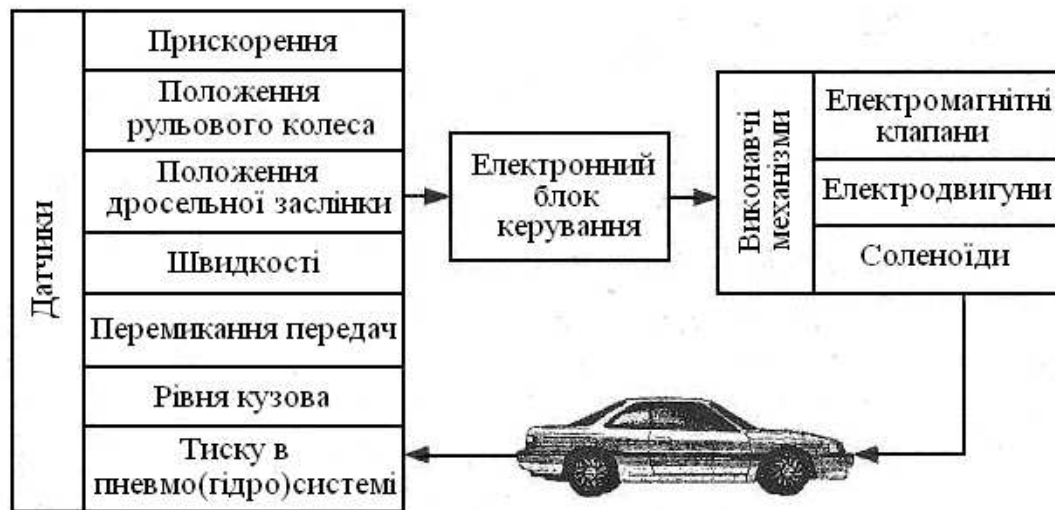


Рис. 5.3. Структурна схема електронного керування підвіскою

Як виконавчі механізми використовуються електромагнітні клапани регуляторів положення кузова і жорсткості підвіски, а також електродвигуни або соленоїди, які регулюють силу опору амортизатора, шляхом зміни діаметра перепускного отвору.

Електронний блок керування адаптивною підвіскою сучасного автомобіля отримує й обробляє такі вхідні сигнали (через шину CAN):

- від блока керування ESP;
- від блока керування двигуном;
- від блока керування трансмісією;
- від щитка приладів;
- від датчика кута повороту рульового вала;
- від перемикача комфортного і спортивного режимів;
- від вимикача регулювання рівня кузова;
- від трьох датчиків прискорення кузова автомобіля;
- від двох передніх датчиків рівня кузова;
- від одного заднього датчика рівня кузова;
- від одного датчика тиску в системі;
- напруга живлення та з'єднання на «масу».

Блок керування системою перетворює отримані від датчиків дані у вихідні сигнали для таких елементів:

- чотирьох клапанів керування рівнем кузова;
- одного головного клапана нагнітання повітря (рідини) в ресивер;
- мультифункціонального дисплея на щитку приладів;
- регулювання рівня кузова;
- компресора.

Режими керування підвіскою автомобіля. Електронний блок керування силою опору амортизаторів виконується на цифрових схемах (рис. 5.4). Усі вхідні сигнали є цифровими і надходять у мікро-ЕОМ через схеми вхідної обробки, що формують сигнали. Вихідні сигнали ЕБК

подаються на виконавчі механізми керування режимами роботи амортизаторів і на індикатори, які показують рівень сили опору. Ці сигнали поступають через схеми вихідної обробки від мікро-ЕОМ.



Рис. 5.4. Структурна схема ЕБК

Блок керування амортизаторами дає можливість за частки секунди визначити оптимальне налаштування амортизаторів кожного колеса автомобіля.

Гідравлічна підвіска з електронним керуванням крім високої плавності ходу змінює ще й положення кузова залежно від швидкості руху та стану дороги, а також свою жорсткість та опір амортизаторів, має режими «Комфорт» і «Спорт», задає п'ять положень кузова і т. д. Складається вона з гідравлічних стояків типу «свічка, що хитається», гідропневматичної системи та електронної системи керування.

Керування жорсткістю підвіски необхідне для підвищення безпеки та комфортабельності автомобіля і може бути забезпечене на

пневматичних або гідропневматичних підвісках з електронним керуванням.

На легкових автомобілях як пружні елементи використовуються пневмобалони рукавного типу. При малих габаритах така конструкція забезпечує велику деформацію пружного елемента.

Чим менша жорсткість підвіски, тим менші коливання кузова і тим вища комфортабельність автомобіля. Для електронного керування звичайно використовується пневматична або гідропневматична підвіска. Жорсткість таких підвісок можна робити досить малою, однак це може призвести до появи поздовжніх коливань. З цієї причини керування жорсткістю підвіски у більшості випадків комбінують з керуванням висотою кузова і силою опору віброізоляторів.

Електронне керування регулятором жорсткості здійснює мікропроцесор, який отримує інформацію від датчиків кута повороту та кутової швидкості рульового колеса, положення педалі подачі пального, тиску в гальмівній системі, нахилу кузова, швидкості автомобіля.

У пам'ять мікропроцесора закладено низку граничних параметрів та їх сполучень, визначених на підставі тривалих випробувань автомобілів. Ці дані порівнюють з отриманою від датчиків інформацією, і мікропроцесор вибирає відповідний режим підвіски. Причому гідравлічна система вмикається негайно (час спрацьовування менший 0,05 с), випереджаючи динамічну реакцію автомобіля, що особливо важливо під час швидкої їзди звивистою дорогою. На автомобілі Citroën-ХМ крім звичайних двох гідропневматичних балонів і двох гідроамортизаторів кожного моста додатково встановлюються один гідропневматичний балон і два гідроамортизатора. Додатковий гідропневматичний балон дає можливість змінити масу газу гідропневматичного пружного елемента кожного колеса і таким чином регулювати гнучкість підвіски моста. Два додаткових гідроамортизатори (балони) змінюють переріз отворів, через які проходить рідина і тим самим впливають на амортизацію.

За командами мікропроцесора регулятор жорсткості з допомогою електроклапана підключає або відключає третій гідропневматичний балон і два гідроамортизатори, вибираючи режим підвіски: «м'який» (три гідропневматичних балони, чотири гідроамортизатори) або «жорсткий» (два гідропневматичних балони, два гідроамортизатори).

«М'який» режим підвіски: при підключеному живленні електроклапан відкриває доступ до високого тиску з головного акумулятора у трубки живлення регуляторів жорсткості. При цьому тиск в робочій системі дорівнює тиску в головному акумуляторі. Золотник регуляторів жорсткості з'єднує три гідропневматичних балони. Рідина циркулює від гідроциліндрів підвіски до балонів через гідроамортизатори та і назад.

«Жорсткий» режим підвіски: при відключеному живленні електроклапан закритий, трубки живлення регуляторів жорсткості з'єднані, рідина циркулює з поверненням у бак. При цьому тиск дорівнює

нулю. Золотник регуляторів жорсткості знаходиться в положенні, що перешкоджає проходженню рідини між двома основними та додатковими гідропневматичними балонами.

Робота підвіски залежить від отримуваної від датчиків інформації та переробки її мікропроцесором, який при виявленні якого-небудь відхилення (від попередньо введених даних) подає команду на перехід у «жорсткий» режим.

Датчик кута повороту та кутової швидкості рульового колеса інформує про досягнення граничних значень цих параметрів. У цей момент відбувається перехід у «жорсткий» режим. Підвіска залишається у цьому режимі доти, поки кут повороту рульового колеса не буде нижчим граничного значення. В результаті качка зменшується і уповільнюється з одного боку завдяки переходу підвіски у «жорсткий» режим, з іншого боку – припиненню сполучення елементів підвіски правого і лівого бортів.

Датчик положення педалі подачі пального реєструє час, необхідний для проходження 10% повного ходу педалі.

Датчик тиску в гальмівній системі інформує про досягнення еталонного його значення, коли відбувається перехід у «жорсткий» режим. Підвіска залишається в такому режимі у разі падіння тиску нижче заданої межі.

Датчик нахилу (коливання) кузова реєструє поворот торсійного вала. Перехід у «жорсткий» режим відбувається при досягненні певного рівня нахилу кузова.

Датчик швидкості автомобіля інформує про її значення, коли необхідно визначити дані, які використовуються при переході у «жорсткий» режим за сигналами інших датчиків, а також для забезпечення більшої чутливості до повороту рульового колеса на великій швидкості або до нахилу (коливання) кузова на невеликій швидкості руху автомобіля.

На панелі приладів розташовані перемикачі, з допомогою яких водій може вибрати одну з двох програм: SPORT або AUTOMATIC.

Під час роботи за програмою SPORT живлення (напруга) на електроклапані відсутнє. Підвіска працює у «жорсткому» режимі. Однак під час розгону для зрівнювання тиску в елементах підвіски обох мостів автоматично режим змінюється. У режимі AUTOMATIC живлення подано на електроклапан. Підвіска працює у «м'якому» режимі. Але в залежності від інформації, яку реєструють датчики мікропроцесор видає або не видає команду на перехід у «жорсткий» режим. В результаті є можливість забезпечення комфорту більшої частини шляху і тимчасового переходу в «жорсткий» режим у разі відповідних умов (різкий поворот, гальмування, вибоїни на дорозі) для кращого керування та безпеки.

Переваги застосування електронних систем:

- зменшена витрата енергії через усунення проміжних циклів під час гальмування, прискорення і під час руху на поворотах;
- реагування системи на збільшення швидкості руху автомобіля зменшенням висоти підвіски (кузова) для заощадження пального;

- підвищення висоти підвіски під час руху на незадовільних дорожніх покриттях;
- підвищена стійкість руху на поворотах, яка досягається шляхом поперечного блокування елементів підвіски на одній осі.

Додаткові переваги для автомобілів великої вантажопідйомності:

- зміна висоти підвіски (кузова) для заміни кузовів та контейнерів;
- висота транспортного засобу може регулюватися, наприклад, для вирівнювання несної поверхні з навантажувальною платформою;
- керування підйомною віссю: підйомна вісь автоматично опускається, якщо перевищується максимальне навантаження на вісь; підйомна вісь піднімається на короткий час (2-3 хв) з метою підвищення навантаження на ведучу вісь (збільшення тягового зусилля).

Контрольні запитання

1. Як створюється демпфувальне зусилля в телескопічних амортизаторах?
2. У яких режимах роботи автомобіля амортизатор може виконувати лише функції демпфування коливань?
3. Від чого залежить рівень мехатронності підвіски?
4. Як управляють демпфувальним зусиллям у гідравлічних і пневматичних амортизаторах автомобіля?
5. Які достоїнства пневматичних підвісок при автоматичному регулюванні жорсткості підвіски?
6. Наведіть схеми керування підвіскою різних рівнів синергетичного об'єднання елементів.