

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Ергономија моторних возила

Број индекса: 392/2011

Вељко Д. Поповић

**Систем еластичног ослањања возила – фактор
осцилаторне удобности возила**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Јованка Лукић, проф.-ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да

- анализира утицај система еластичног ослањања путничког моторног возила на осцилаторну удобност возила
- прикаже развој појединих карактеристичних решења који су имали истакнут утицај на развој предметног система
- да тенденције развоја карактеристичних решења

Препоручена литература:

[1] Јанковић А., Динамика аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008.

[2] Јанковић А., Лаловић Д., Ђукић М., Ослањање путничких возила – квазистатички прорачун независног ослањања, ДД Застава аутомобили – Институт за аутомобиле, Крагујевац, 2000.

[3] Демић М., Оптимизација осцилаторних система моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 1997

4 Лукић Ј., Комплексна удобност моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2011

Крагујевац, 28.05.2013

ментор:

Др Јованка Лукић, проф.

Резиме

Анализа утицаја система еластичног ослањања путничког моторног возила на осцилаторну удобност возила приказана је овим радом. Развој појединих карактеристичних решења који су имали истакнут утицај на развој предметног система приказан је такође у раду. Утицаји активне и пасивне безбедности на осцилаторну удобност возила су анализиране. Тенденције развоја и развој карактеристичних решења и даље усавршавање у овој области приказане су у овом раду.

Кључне речи

возило, осцилаторна удобност возила, активна и пасивна безбедност

Summary

This paper presents an analysis of the impact of suspension system of a motor vehicle on the ride comfort of vehicles. Also, the paper presents the development of some typical solutions that have highlighted the impact of the developments of the system. The influence of active and passive safety on vehicle ride comfort are analyzed. Trends of suspension system development and development of characteristic solutions and further improvements in this area are presented.

Keywords

vehicle, vehicle ride comfort, active and passive safety

Садржај

1. Увод	1
2. Утицај система еластичног ослањања путничког моторног возила на осцилаторну удобност возила.....	3
2.1.Осцилаторна удобност.....	4
2.2.Конструктивне и радне карактеристике еластичних елемената CEO.....	6
3. Приказати развој појединих карактеристичних решења који су имали утицај на развој.....	19
3.1.Активни систем еластичног ослањања.....	19
3.2. Регулисање у процесима вертикале динамике.....	19
3.3.Полуактивни CEO.....	21
3.4.Активни CEO.....	24
3.5.Неке концепције предњих система еластичног ослањања.....	29
3.6. Утицај амортизера на удобност и безбедност у возилу.....	35
4. Тенденције развоја карактеристичних решења.....	37
5. Закључак.....	39
6. Литература.....	40

1. Увод

Систем еластичног ослањања (у даљем тексту СЕО) је сложен механички систем возила којим се остварује веза између точка и каросерије или шасије возила. Самим тим, све динамичке реактивне силе које се јављају у зони контакта пнеуматика и тла се преносе преко елемената овог система на каросерију и даље на путнички простор. Динамичке реактивне силе најчешће потичу од неравнина пута, а ређе од неуравнотежености или ексцентричности точка.

Одређивање динамичких сила које се са тла преносе на каросерију је изазов за инжењере – како за оне који се баве мерењима и испитивањем возила, тако и за оне који користе методе аналитичке механике да би рачунским путем одредили померања и силе. Наравно, не мање и за инжењере који се баве симулационим моделима и методама оптимизације савременим приступима комбиновања рачунарске и мерне технике. Дакле, СЕО представља један конструктивни систем који завређује пажњу научника и стучњака са више аспеката истраживања.

У фазама пројектовања и усавршавања система ослањања на возилу увек се долази до проблема тражења и изналагања компромиса између захтева за што бољом стабилношћу возила на путу и што бољом удобношћу вожње путника. Развој технологије у електронској и хемијској индустрији омогућио је да се овај проблем може решавати и пројектовањем потпуно активних или полуактивних система ослањања.

Активни систем еластичног ослањања представља аутоматизовани систем којим се постижу боље перформансе удобности возила, мање и равномерније динамичке силе у елементима вођења точка као и у самим елементима ослањања. Овакви системи омогућавају компензацију сила или померања у еласто-пригушним елементима на које возач не може у довољној мери да утиче (на пример, кретање по путу лошег квалитета).

1.1 Појам пасивних и активних система

Да би се у потпуности разумела потреба постојања активних СЕО на возилу неопходно је објаснити значење појмова активних и пасивних система.

У процесима регулисања и управљања моторним возилом постоје **пасивни системи** чија је улога да генеришу силе које представљају одзив на одређено релативно кретање у систему. Они не могу да изведу динамичку компензацију свог понашања, односно, немају повратну спрегу којом би одзив био мењан.

За разлику од тога, уз помоћ **активних система** може се вршити компензација померања или сила чиме се ове величине одржавају у одређеном опсегу. Тако на пример, ови системи могу да:

- обезбеде мала померања, посебно у условима прелазног режима рада,
- обезбеде незнатне промене сопствених учестаности регулисањем статичких померања,
- генеришу силе независно од акумулиране механичке енергије у елементима, што омогућава да вредности сила могу да буду регулисане,

- генеришу силе тако да функције више променљивих и на тај начин регулишу величину силе са више аспеката; неке од променљивих могу да се мере и даљински, ван система, што пружа додатне могућности за управљање возилом.

Активни системи се могу подесити на различите нивое спољних сила, на различите тачности, као и на различите врсте спољашњих побуда.

И окружење, као системи, карактеришу пасивна или активна стања и оно има своје карактеристике. Када су карактеристике окружења приближно константне (занемарљива промена параметара којима се описује окружење), тада се говори о *пасивном окружењу*.

Међутим, параметри окружења могу да се мењају и то:

- услед промене енергетског биланса у окружењу (на пример, временски услови у току кретања возила),
- услед појаве изненадних ситуација (на пример, изненадна опасност у видном пољу возача), као и
- услед предвидивих појава на које возач има донекле утицаја (неравнине, ветар и друге спољне побуде).

У овом случају се говори о активном окружењу.

Активни системи возила мењају своје динамичко понашање у току времена, и то најчешће на следеће начине:

- променом конструктивних карактеристика (крутост, пригушење),
- променом геометријских карактеристика (дужина или положај појединих елемената),
- променом кинематских величина (брзина и убрзање) покретних елемената.

Структура друмских возила садржи више система (погонски систем, систем еластичног ослањања, кочни систем, систем за управљање, систем за подмазивање, електро систем). За динамику возила су од посебног значаја системи за управљање и ослањање, као и погонски и кочни системи [1].

2. Утицај система еластичног ослањања путничког моторног возила на осцилаторну удобност возила

Задатак СЕО је да пренесе реактивне силе које се јављају између точка и тла на каросерију и да притом апсорбује и пригуши оне компоненте које би могле да изазову нежељене ефекте у смислу века возила, осцилаторне удобности путника, као и нарушавања одређених геометријских односа који би могли негативно да се одразе на стабилност и безбедност возила. Такође, треба да обезбеди вођење точкова по унапред дефинисаној путањи. Уколико СЕО у већој мери смањује негативан утицај пута, утолико се може говорити о већој ефикасности и бољим укупним карактеристикама система.

Бројне и комплексне функционалне и ергономске захтеве треба да задовољи СЕО. Они се могу сврстати у неколико основних група:

- мале промене трајекторије осциловања управљачких точкова при кретању по неравним путевима и заокретању;
- обезбеђивање кинематике вођења точка која омогућава мало хабање пнеуматика и добро управљање возилом;
- поседовање такве еластичности која покретним елементима даје одређени динамички ход, који не сме да ремети пројектоване конструктивне захтеве каросерије, а са друге стране, да обезбеђује одговарајућу осцилаторну удобност;
- обезбеђивање пригушења осциловања како надградње тако и точкова (тзв. ослоњене и неослоњене масе);
- минималне величине неослоњених маса и њихово оптимално компоновање у тражену целину;
- поузданост преношења сила и момената од точка до каросерије, тј. до система за управљање;
- могућност кретања, до граничних брзина, по неравним путевима;
- обезбеђивање добре стабилности и проходности каросерије и точкова при кретању у кривини, интензивном кочењу, бочно нагнутом или клизавом путу и слично;
- брзо пригушивање осцилација каросерије и точкова;
- прихватљив техничко-технолошки поступак израде и монтаже у серијској производњи [2,3].

У зависности од начина реаговања на осцилаторне побуде, СЕО могу бити:

- пасивни и
- са регулисаним карактеристикама (полуактивни и активни) [4].

Конвенционални, односно пасивни СЕО увек представљају компромис између „меких“ опруга, односно опруга мале крутости за комфор и чвршћег ослањања за боље услове заокретања возила. Дакле, систем еластичног ослањања мора да испуни четири основне функције:

- апсорбовање сила од неравнина пута,
- контролисање „урањања“ чеоног дела возила при кочењу,
- спречавање појаве ваљања возила при заокретању,
- контролисање померања и осцилација каросерије возила.



Слика 2.1. : Динамичке појаве при кретању возила [4]

Ово указује да повећање ефикасности одређених функција СЕО утиче на смањење ефикасности других и обрнуто. Активни систем ослањања представља решење који се задовољавају сви наведени функционални и ергономски захтеви, без прављења компромиса између услова комфора и стабилности вожње [5].

Еволуциони развој СЕО је почео са пасивним (данас је у примени код већине светских произвођача аутомобила), да би се преко полуактивног (општа је тежња да се примени код аутомобила средње класе) развио у најновије време до активног (са применом су почеле само најреномираније светске фирме и то за аутомобиле високе класе).

Развој аутоматике и информатике је пружио могућност реализације компјутерског управљања системима аутомобила [3, 4].

2.1. Осцилаторна удобност

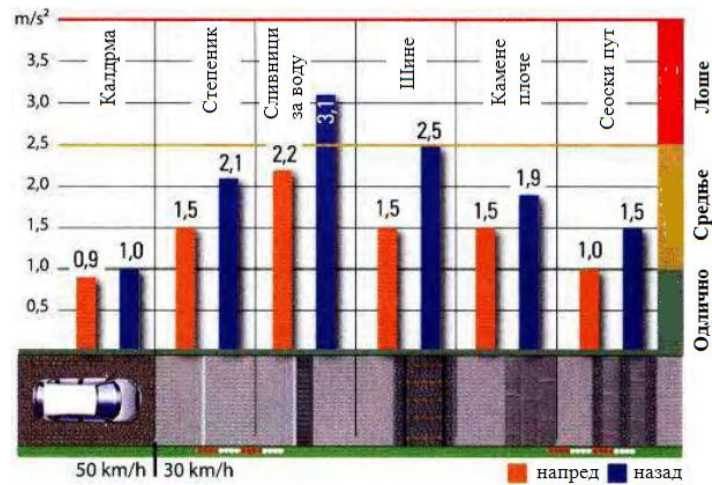
Са аспекта испуњавања ергономских захтева СЕО, неопходно је да се испуне услови повољне осцилаторне удобности у возилу.

Осцилаторна удобност, у литератури позната и под именима комфор ослањања или комфор огибљења, представља меру удобности коју СЕО возила пружа путнику током вожње.

Осцилаторна удобност се представља убрзањем које путник на седишту добија од импулса силе приликом преласка возила преко неке препреке, па се као јединица мере узима m/s^2 . Осцилаторна удобност подразумева одржавање убрзања ослоњене масе у предвиђеним границама, и то у што ширем фреквентном дијапазону, тј. пригушивање осцилација и угаоних померања ослоњене масе као и ограничавање хода и зазора истих. У ову групу задатака спада и спречавање појава резонантних учестаности целог система, односно одржавање сопствене фреквенције система у предвиђеним границама [3].

Испитивања су показала да сваки унутрашњи орган човека има највишу дозвољену фреквенцију осциловања, односно вибрација, које су међусобно различите, тако да се још у фази пројектовања, као задатак конструктору да се конструктивним мерама оне смање што је могуће више. На слици 2.2. је приказана карактеристика осцилаторне удобности

једног савременог путничког возила у функцији услова коловоза и различитих брзина кретања.

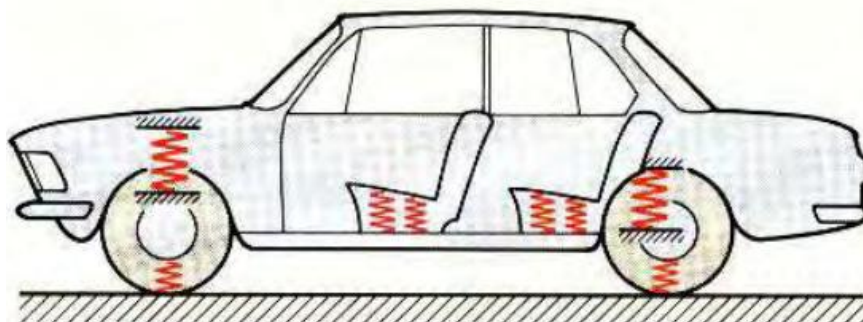


Слика 2.2. : Осцилаторна удобност снимљена за возило Citroen C3 [4]

2.2. Конструктивне и радне карактеристике еластичних елемената СЕО

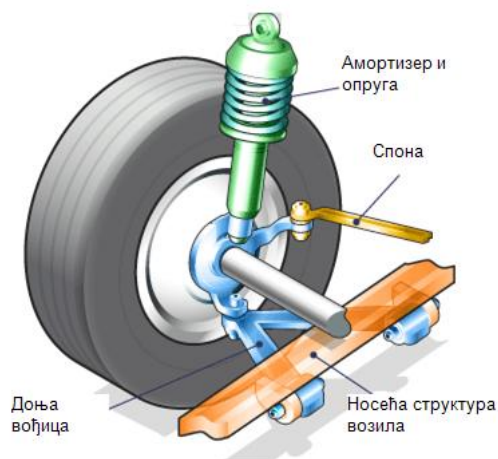
Систем еластичног ослањања, у општем случају, представља један врло сложен систем који се састоји из три посебна система или механизма, и то:

- механизма за вођење точкова,
- еластичних ослонаца,
- елемената пригушивања.



Слика 2.3. : Упростио модел ослањања једног путничког возила

Механизам за вођење точка (елементи за вођење, покретни ослонци) има задатак да обезбеди што повољније релативно померање точкова у односу на оквир или каросерију возила, односно да обезбеди што повољнију кинематику точкова, слика 2.4. Елементи за вођење такође морају да обезбеде и преношење хоризонталних реактивних сила и реактивних момената са самог точка на оквир, односно каросерију возила. Циљ је обезбеђење оптималног положаја пнеуматика (потребних углова постављања точкова) у односу на тло у свим условима коришћења и оптерећења, што је претпоставка адекватној и квалитетној дистрибуцији подужних сила (погон/кочење) и бочних сила (управљање/стабилност).

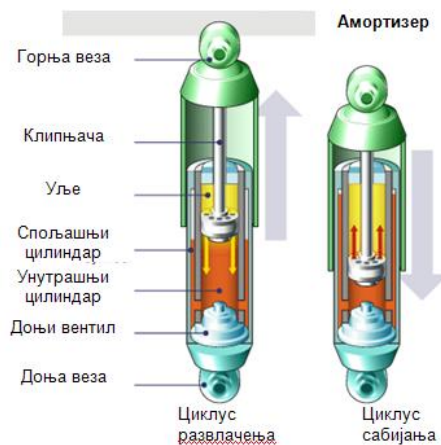


Слика 2.4. : Механизам за вођење точка

Еластични ослонци (еластични елементи) у основи имају задатак да пренесу на оквир или каросерију вертикалне реактивне силе, односно, њихов суштински задатак је да при

преношењу ових вертикалних сила обезбеде њихово што веће ублажавање, односно да се што више смање ударна оптерећења, тј. да се оствари мирнија возња.

Елементи за пригушивање (амортизери) имају основни задатак да пригушују осцилације еластичних ослонаца, односно система ослањања и возила у целини, као и смањивање ударних оптерећења. Изглед и делови пригушног елемента су илустровани на слици 2.5.



Слика 2.5. : Пригушни елементи [5]

На друмским превозним средствима, поред претходно дефинисаних механизма и елемената система ослањања, понекад се срећу и неки посебни елементи који имају за циљ обезбеђење што веће стабилности возила, при његовом кретању у кривини. Ови елементи се зову **стабилизатори**, слика 2.6.



Слика 2.6. : Елементи за обезбеђење стабилније возње [5]

Код одређеног броја система ослањања један еластични елемент може да испуни функцију и елемента за вођење точка и елемента за пригушивање осциловања. Тако, нпр. код великог броја теретних возила, уздужни лиснати гибњеви, поред своје функције еластичног елемента, одређују кинематику точкова, примају све врсте оптерећења и пригушују осцилације услед трења између листова гибња.

Код одређеног броја система ослањања сва три подсистема су изведена одвојено: еластични елементи – у виду опруга, елементи за вођење – у виду полуга, ослонаца и зглобова, а елементи за пригушење осциловања – у виду амортизера.

Основни захтеви које треба да испуни систем ослањања су:

- оптималне величине сопствених фреквенција осциловања одређених у зависности од статичког угиба;
- довољан динамички ход који искључује ударе о граничнике;
- потребне кинематске карактеристике точкова, са циљем смањења хабања пнеуматика, стабилизације управљачких точкова и побољшања

карактеристика понашања возила при кретању и оптималних величина пригушивања осциловања надградње и точкова.

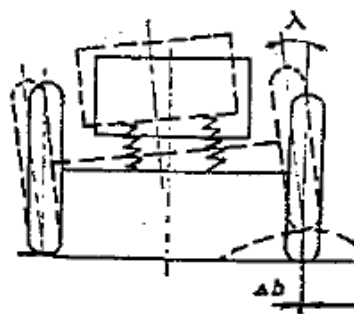
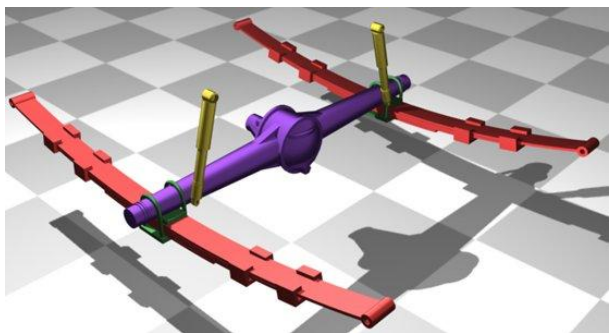
Постављени захтеви код система ослањања могу да се остваре на веома велики број начина. Разлог овако великом броју начина свакако је у чињеници да се потпуно обезбеђење постављених задатака за разне врсте моторних возила не може остварити само са једном истом конструкцијом, па чак ни решењем са истим концепцијом основама (свако решење представља компромис).

Системи ослањања могу бити и **нееластични**, где се реактивне силе и моменти, као и ударна оптерећења која се јављају при кретању по неравном тлу, у потпуности преносе на оквир или каросерију возила, без икаквог ублажавања. Код нееластичног ослањања не постоје механизми за вођење точкова, еластични ослонци, односно елементи за пригушивање. Нееластично ослањање се често примењује код радних возила (трактора).

Системи еластичног ослањања се деле на:

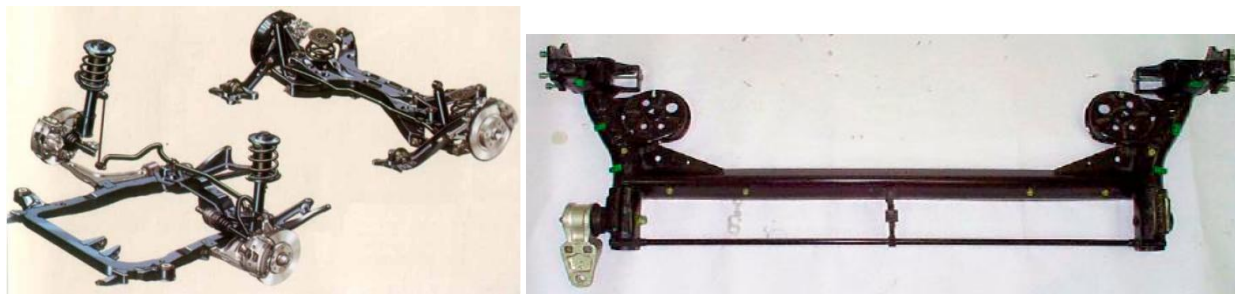
- зависне и
- независне.

Зависни системи су везани за појам крутог моста, погонског или управљачког код кога крута греда везује леви и десни точак, при чему се померање једног точка у попречној равни преноси и на други точак (слика 2.7.). Ови системи су најједноставнији, али не пружају могућности обезбеђења правилне кинематике управљања. Примењују се на управљачким мостовима теретних возила. На погонским (неуправљивим) мостовима зависни системи ослањања врло често су заступљени код путничких возила, а код теретних возила, практично, увек.



Слика 2.7. : Зависни систем еластичног ослањања [3]

Независни системи ослањања се практично обавезно примењују на управљачким мостовима путничких возила, а све више и на њиховим погонским мостовима (слика 2.8.). Између точкова једне осовине не постоји директна веза, тако да померање једног точка не проузрокује директно и обавезно померање и другог точка. Оно обезбеђује добар контакт са тлом јер се сваки точак независно од другог прилагођава неравнинама пута [3].



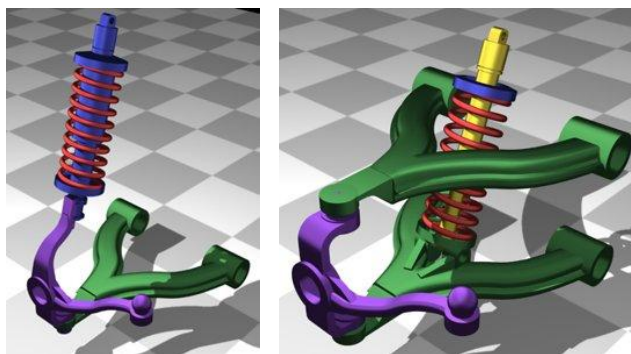
Слика 2.8. : Полузависно ослањање задње осовине [4]

У зависности од тога у којој се равни помера точкак при његовом подизању, разликују се системи независног ослањања са померањем точка у:

- попречној равни са једном или две попречне вођице;
- уздужној равни са једном или две уздужне вођице;
- уздужној и попречној равни са постављаним вођицама под одређеним углом у односу на попречну и уздужну раван;
- са вертикалним померањем преко вертикалне вођице.

Померање точкова у попречној равни

- са једном
- са две попречне вођице (једнаких или различитих дужина).



Слика 2.9. : Систем независног ослањања са померањем точкова у попречној равни, са једном и две попречне вођице [5]

Код овог типа вођења долази до промене трага што доводи до бочног клизања пнеуматика и повећаног хабања, као и до промене нагиба што доводи до жирокопских момената и „лепршања“ точкова.

1. Решење са једном вођицом даје у основи сличну кинематику точкова као и систем зависног ослањања (са знатним променама трага и угла нагиба точкова)
2. Механизам са две вођице исте дужине обезбеђује померање точкова у паралелним равнима без промене угла нагиба точка, али уз осетне промене трага точкова, што доводи до појачаног бочног клизања и брзог трошења пнеуматика.

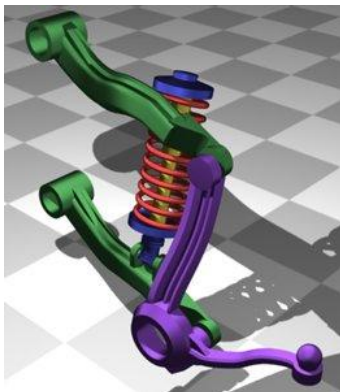
Механизам са две попречне вођице различите дужине доводи и до промене нагиба точка и до промене у трагу точкова. Погодним избором односа дужина горње и доње вођице могу се свести ове негативне појаве на умерене величине (траг точкова 4-5mm, нагиб точка 5-6°).

Решења са гибњевима као вођицама су једноставна и економична, али се примењују само код путничким малолитражних возила. Попречне вођице у облику троугла или штапа имају већу крутост од лиснате опруге. Оптерећења која се јављају у току експлоатације у тачкама ослањања точка, далеко су већа на доњим вођицама, па сегибањ обично користи као горња вођица.

Померање точкова у подужној равни

- са једном
- са две (чешће) подужне вођице.

Не изазивају промену ни трага точкова, ни нагиба точка. Мења се само међуосно растојање, што није тако велики проблем. Недостатак је неповољна бочна крутост, тј. немогућност преношења великих бочних оптерећења (само код путничких аутомобила малих запремина и релативно ограничених максималних брзина). Подужне вођице су изложене савијању и увијању. Овакав систем је релативно једноставне конструкције и често се јавља код возила са предњим погоном при ослањању задњег моста. Врло добра особина је што омогућава велики пртљажни простор.



Слика 2.10. : Систем независног ослањања са померањем точкова у подужној равни, са две подужне вођице [5]

Померање точкова у две равни

Код овог конструктивног решења вођице су под одређеним углом у односу на попречну или уздужну раван. Овим се обједињују добре стране претходно описаних механизма, како је илустровано на слици 2.10.

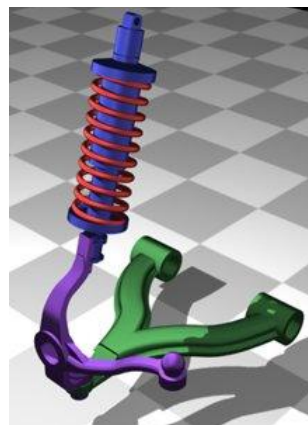
Промене у трагу и нагибу се могу у случају подесно изабраних односа дужине горње и доње вођице остварити у још мањим границама него што је то случај код попречног вођења, уз обезбеђење услова за пријем бочних оптерећења. Стављају се како на управљачке, тако и на погонске точкове. Основна предност је у врло ефикасном пријему хоризонталних реактивних сила и момената, чак и када достижу велике вредности.

Померање точкова у вертикалној равни

Остварује се помоћу вертикалне вођице, а одликује се у погледу кинематике точкова врло добрим карактеристикама тј. врло малим, чак никаквим променама нагиба точка и трага точкова. Недостатак је што се тешко конструктивно решавају, а не понашају се добро при дејству бочних сила.



Слика 2.11. : Систем са померањем точка у две равни [5]



Слика 2.12. : Mc Pherson систем независног ослањања [5]

Mc Pherson систем

Код Мек Ферсон (енг. *McPherson*) система ослањања вертикална вођица је тако изведена да обавља и функцију еластичног ослонаца-пошто је на њој са горње стране монтирана опруга, као пригушни елемент пошто је у њеној унутрашњости смештен амортизер, слика 2.12. Највећа предност се огледа у релативно малом броју зглобова, односно места која су изложена хабању, једноставној монтажи и демонтажи. Недостатак је недовољна бочна крутост, што захтева појачану доњу вођицу.

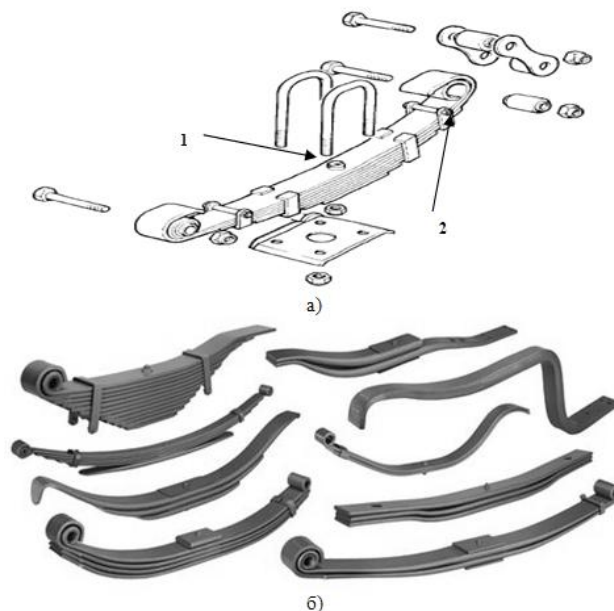
2.3. Еластични елементи система ослањања

Код возила, за постизање што веће осцилаторне удобности и безбедности у вожњи, користе су сви системи познати у машинству (лиснате, спиралне, торзионе опруге, гумени или гумо-метални еластични елементи, хидраулично, ваздушно и хидро - пнеуматске опруге).

Лиснати гибњеви

Лиснате опруге представљају један од најраспрострањенијих и у конструкцијама возила најдуже коришћен тип еластичних ослонаца.

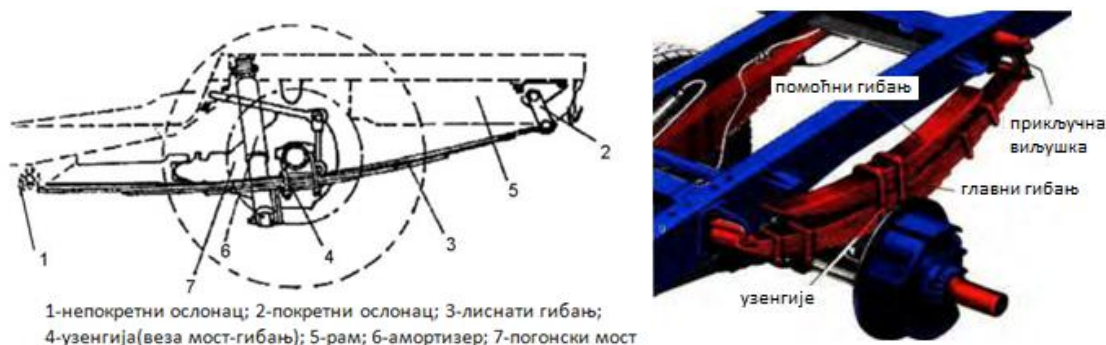
Лиснати гибњеви спадају у еластичне елементе који се под дејством силе савијају. Обично се употребљавају код система зависног ослањања. На слици 3.11. су приказане неке од врста гибњева као и њихов изглед склопљеног стања.



Слика 2.13. : Врсте гибњева [5]

Гибњеви су састављени од подужних, појединачних ваљаних или вучених челичних трака, правоугаоног или елипсастог облика, међусобно наслаганих једна на другу по дужини, тако да образују полуелипсу. Листови гибња због оптерећења на савијање имају и различите радијусе кривине. По средини сви листови гибња су спојени једним централним завртњем (позиција 1, слика 2.13) ради спречавања међусобног подужног померања листова. Такође, листови су по дужини чврсто спојени симетрично постављеним стегима (2), чиме се спречава међусобно бочно померање листова.

Да би гигањ могао предавати и примати уздужне силе, мора бити са рамом или каросеријом везан преко једног крутог и једног помоћног ослонаца (обично преко полуге која је са једне стране зглобно везана за рам, а са друге за гигањ). Да би лиснати гигањ задржао мост од окретања око своје осовине мора бити са њим круто везан. Начин везивања лиснатог гигања за осовину и рам дат је на слици 2.14.



Слика 2.14. : Везивање лиснатог гигања на возилу [9]

Предности ослонаца изведених у виду гибњева огледају се у чињеници да се гибњем може остварити не само еластично ослањање тачкова, већ он преузима и функције механизма за вођење тачка, па чак и функцију пригушивача осцилација. Дакле, овим еластичним

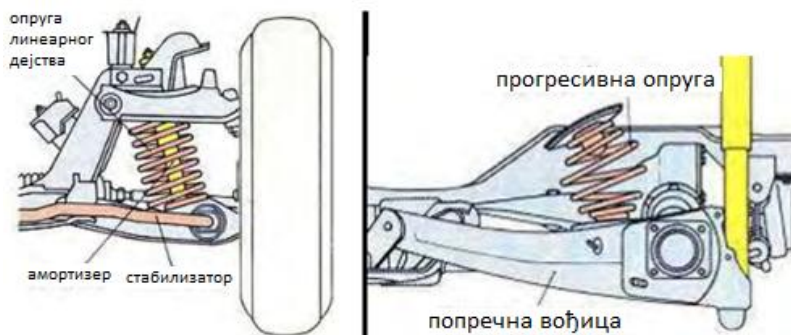
елементима се могу на рам возила пренети све подужне силе (погонска или кочна сила на точковима), а врло добро подносе и бочна оптерећења, једном речју, омогућавају квалитетно вођење шасије.

Спиралне опруге

Завојне опруге као еластични елементи примјењују се углавном код лаких возила која имају независно ослањање. Опруге се израђују од округлог или правоугаоног профила.

Ова врста ослонаца је предодређена за примање сила искључиво у аксијалном правцу, тако да се не могу користити за примање бочних или подужних оптерећења. Из тих разлога конструкција са спиралним опругама увек садржи подужне и попречне споне, које се једним својим крајем зглобно везују за доњи ослонац опруге, а другим за каросерију. Везивањем на такав начин управо полуге примају на себе сва подужна и попречна оптерећења, растеређујући спиралне опруге.

Опруга је направљена у облику спирале од округлог опружног челика одређеног пречника, намотане по цилиндру (опруге линеарне крутости) или по елипсоиду (опруге прогресивне крутости – слика 2.15.), тако да је жица опруге напрегнута на смицање. Прогресивне опруге имају и још једну предност – ход (сабијање) је већи јер се приликом сабијања спирале слажу једна унутар друге, чиме се постиже или мања дужина опруге или већи ход при истом оптерећењу у односу на спиралне опруге. Прогресивна, односно нелинеарна крутост може да буде остварена и применом жице континуално различитог пречника, али ова врста опруга има мању примену због цене израде исте.

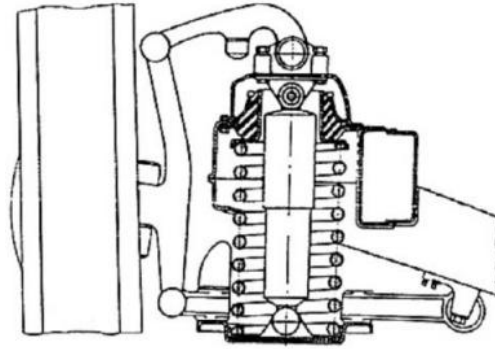


Слика 2.15. : Спиралне опруге (лево - са линеарном крутошћу; десно - са нелинеарном крутошћу) [4]

Унутар цилиндричне спиралне опруге у принципу се постављају амортизери или још једна опруга са спиралом мањег пречника, чиме се постиже повећана крутост система.

Треба истаћи и једну карактеристику спиралних опруга, а то је да под једнаким условима дебљине и квалитета жице, већу крутост имају опруге намотане у спиралу мањег пречника од опруга са спиралом већег пречника. [4]

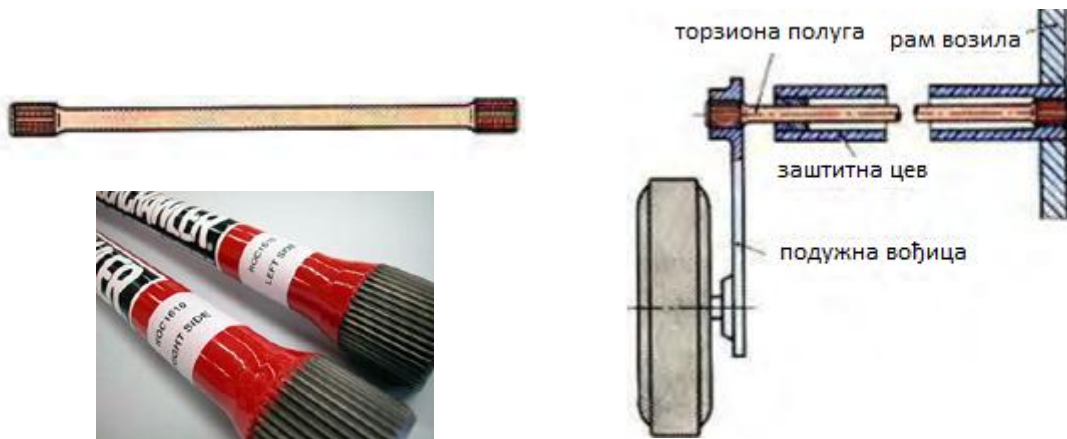
Често се у цилиндричном шупљем простору опруге уграђује телескопски амортизер, као што је ради илустрације приказано на слици 2.16. Опруге се постављају на возило са одређеним преднапоном. Тежина завојне опруге је мања од тежине еквивалентног лиснатог гибња. Завојне опруге се често примјењују заједно са лиснатим гибњевима, те им на тај начин поправљају карактеристику.



Слика 2.16. - Систем независног вешања предње управљачке осовине [2]

Торзионе опруге

Код ових врста опруга полуга израђена од опружног челика напреже се на увијање под дејством силе на крај једне једнокраке полуге за коју је фиксирана главчина точка. Торзионе полуге су различитих конструкција: користе се пуни кружни или квадратни профили, цеви са разрезаним зидовима, пакети пласнатих четвороугаоних полуга, мада је најчешћа примена – опружни челик са пуним кружним профилем.



Слика 2.17. : Челичне торзионе опруге



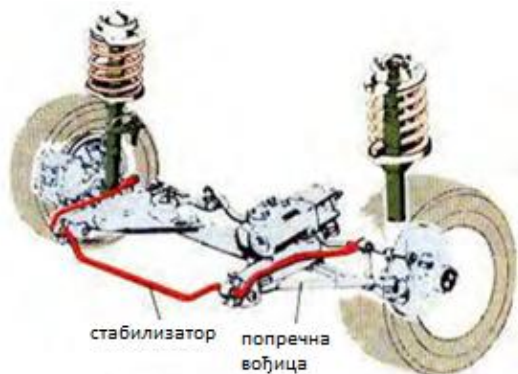
Слика 2.18. : Торзиона опруга са гуменим елементом [9]

Уколико је торзиона полуга кружног профила, на крајевима се налази ожлебљење чиме се иста фиксира једним крајем за рам или каросерију, а на другом крају је једнокрака полуга везана за конструкцију која носи точак (чешће названа ленкер).

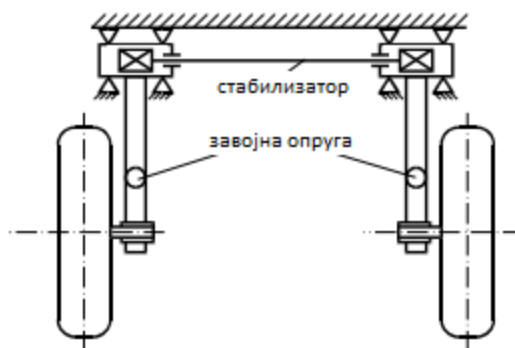
Торзионе опруге налазе примену како код теретних тако и код путничких возила. Код примене на тешким теретним возилима (камион Татра) или на тенковима (домаћи тенк Т

55; T 85), торзионе опруге се пре уградње испитују на увијање, чиме им се век трајања знатно продужава.

Стабилизатори спадају у специјални вид торзионих опруга, којима се спречава превелико нагињање возила. Направљени су од опружног челика пуног кружног профила, тако да имају облик латиничног слова U. Својим средњим делом обртно се спајају са каросеријом, а крајевима за главчине или „виљушке“ точкова једне осовине. Стабилизатор торзионо реагује једино у случају када се само један од точкова на истој осовини угиба или када се каросерија возила нагиње око своје подужне осе. С обзиром да ли средина стабилизатора има мале ротације, а и крајеви угаоно померање (горе-доле), сходно померању точка, са носећим елементима се спајају гумено - металним чаурама.



Слика 2.19. : Стабилизатор као специјални вид торзионе опруге [9]



Слика 2.20. : Шема стабилизатора [2]

Стабилизатори се користе код свих врста возила и у комбинацији са свим видовима ослањања, изузевгибајућих и лебдећих осовина.

Пнеуматске (гасне) опруге

Ове опруге су затворени гумени елементи, испуњени најчешће ваздухом а ређе азотом, при чему се у сврху еластичности користи стишљивост затвореног гаса. За ове елементе се у пракси и литератури среће назив и ваздушни јастуци.

Гасне опруге се користе најчешће као помоћне опруге уз спиралне, а налазе примену и као самостални еластични елементи ослањања.

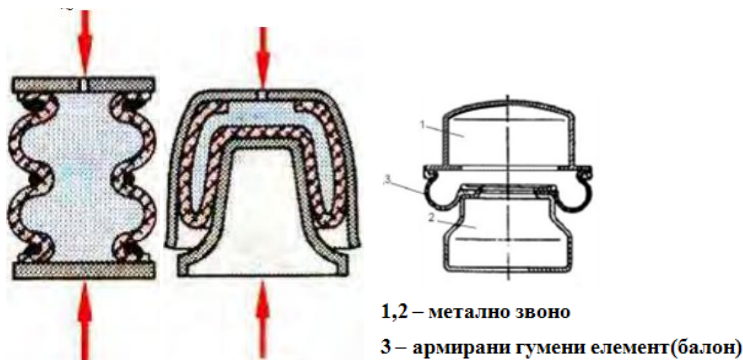
Посебан случај гасних опруга су гумени елементи отворени са једне стране, непропусно спојени на носачу, који се напајају ваздухом из ваздушног система возила. Овакав систем се већ назива ваздушно ослањање возила.

Ови еластични елементи се употребљавају код возила чије се оптерећење мења у широком дијапазону (аутобуси, тешки камиони и приколице) и код путничких возила високе класе код којих се жели обезбедити што је могуће већи комфор (Мерцедес, Цитроен, Остин итд.). Користе се и код система зависног и код система независног ослањања.

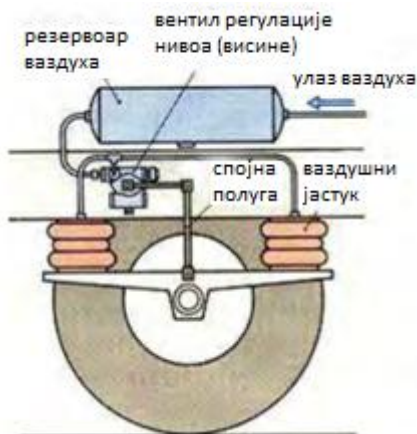
Пнеуматски еластични елементи изведени су од гуме ојачане челичним влакнима, као што је илустровано на слици 2.21. Путем промене притиска ваздуха који се налази унутар елемента аутоматски се регулише његова крутост.

Пнеуматске опруге отвореног или затвореног типа имају прогресивну линију сабијања (нелинеарну крутост), али и добро изражену способност самопригушивања осцилација и звука.

Овакав систем опруга има велику предност у односу на остале тиме што има квалитетну карактеристику за различита оптерећења и лако може да се прилагоди сваком оптерећењу променом притиска у тзв. јастуцима.



Слика 2.21. : Облици пнеуматских еластичних елемената [9]

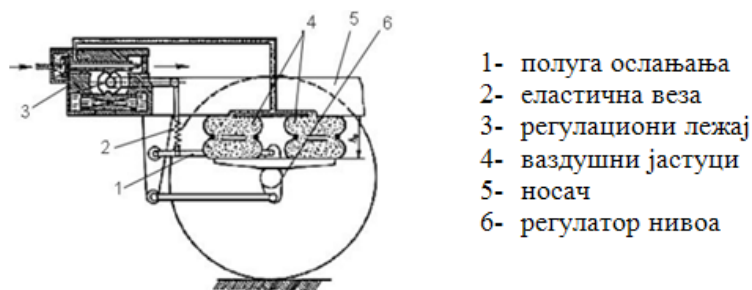


Слика 2.22. : Ваздушно ослањање [9]



Слика 2.23. : Практична изведба гасне опруге [5]

Систем ваздушног ослањања има веома практичну и скоро обавезну примену код система где је потребно регулисати и одржати ниво или ублажити нагињање возила, на пример код аутобуса. У том случају је у систем уграђен и један вентил – регулатор нивоа (нивостат), којим се у гасну опругу упушта ваздух када је ниво испод предвиђеног (веће оптерећење), односно испушта код мањег оптерећења. Другим речима гасне опруге су под променљивим притиском. Исто тако и сам вентил за регулацију нивоа мора да буде конструисан са променљивим пригушењем како се не би активирао код сваке ударне рупе на путу.

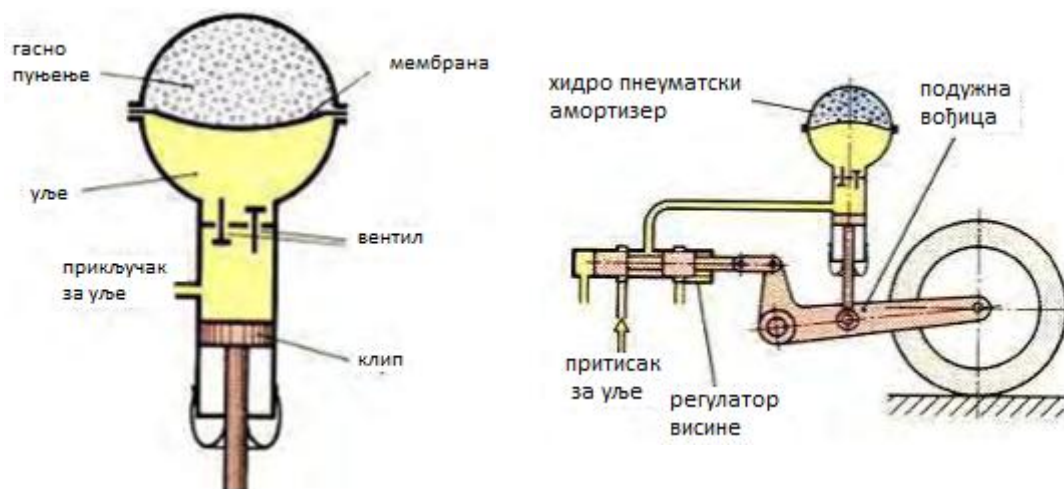


Слика 2.24. - Аутоматска регулација положаја ваздушног еластичног елемента [6]

Овакав вид ослањања предвиђен је само за аксијална – вертикална оптерећења, тако да није у стању да поднесе никакве подужне и попречне силе возила, због чега мора да буде снабдевен и одговарајућим крутим полуама које се постављају у правцу деловања сила. Међутим посебно постављене гумене опруге (чешће названи гумени јастуци), са бочно постављеним ослоњцима могу да послуже и као елементи за примање и пренос подужних или попречних сила, чиме се као помоћ пнеуматцима, постиже побољшано попречно огибљење [6].

Хидропнеуматске опруге

Комбинацијом два различита флуида, нестишљиве течности - уља и стишљивог гаса, најчешће азота, добио се хидро-пнеуматски еластични елемент. Свако померање точка преноси се на течност, а преко ње на мембрану изнад које се налази гас, и на тај начин изазива сабијање гаса на основу чега се добија дејство еквивалентно дејству пнеуматског еластичног елемента. Флуиди у коморама се налазе под притиском између 100 до 200 bar, а међусобно су одвојене гуменом мембраном.

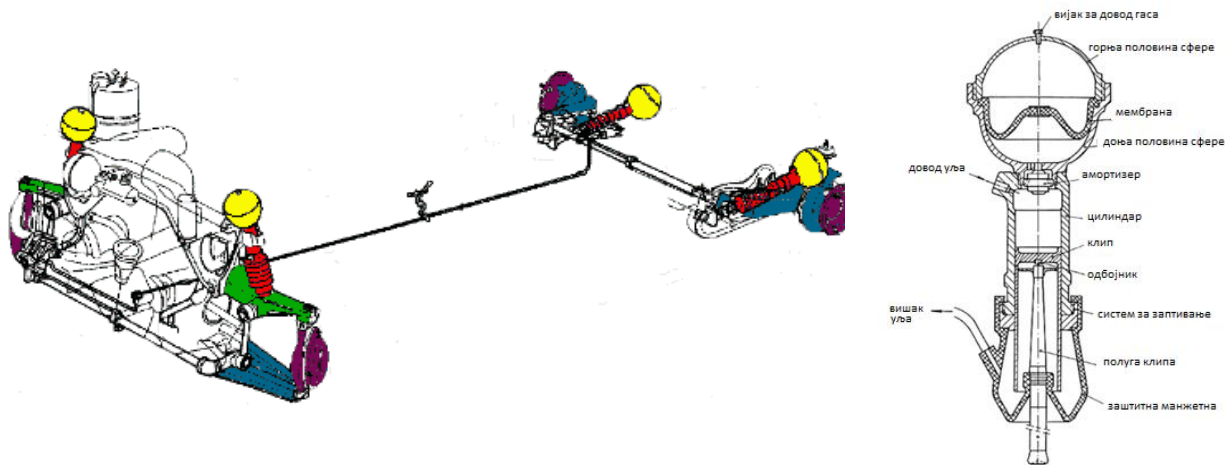


Хидропнеуматска опруга

Скица склопа хидропнеуматског огибљења

Слика 2.25. : Систем хидропнеуматског ослањања [3]

Пример хидропнеуматског елемента ослањања који је користио Цитроен приказан је са свим детаљима на слици 2.26.



Слика 2.26. : Хидропнеуматски ослонац возила Citroen DS-19 [3]

Код хидропнеуматских система еластичног ослањања, као и код пнеуматских система ослањања, примењују се регулатори положаја надградње и регулатори крутости система ослањања. Такав један регулатор са хидропнеуматским еластичним елементом дат је на слици 2.27.



Слика 2.27. : Регулатор хидропнеуматског система еластичног ослањања [6]

Ова врста еластичних елемената такође може квалитетно да послужи као амортизер али и регулатор нивоа, тиме што се количина уља у систему може променити зависно од оптерећења, путем посебног система са пумпом високог притиска [6,7].

3. Приказати развој појединих карактеристичних решења који су имали утицај на развој

3.1 Активни систем еластичног ослањања

Под управљањем системом за ослањање аутомобила се подразумева додавање одређених уређаја систему, који ће бити у стању да реагују брзо, тачно и поуздано у сваком тренутку, дајући при томе оптималне тражене перформансе система.

Активни СЕО се генерално могу поделити на два основна типа:

- потпуно активни систем и
- полуактивни систем.

Уколико се код система за ослањање може постићи промена карактеристика опруге, или чешће, пригушног елемента, при свакој промени стања, ради се о **полуактивном СЕО**.

Прва регулација карактеристика пригушивача била је механичка: код ње се карактеристика мењала ручно, подешавањем вентила током хода сабијања преко клипњаче.

Други покушаји су били променом протока уља, постављањем електричних склопки које отварају или затварају отворе за протицање уља.

Систем ослањања, коме се додаје генератор активне силе (уређај који може у сваком тренутку генерисати силу зависно од информација о стању система), представља **потпуно активни систем еластичног ослањања**.

3.2. Регулисање у процесима вертикале динамике

У овом домену процеса регулисања и управљања моторним возилом регулише се вертикални ход СЕО. Примарни разлози за увођење полуактивног или активног система ослањања су повећање осцилаторне удобности и минимизирање промене динамичких реакција тла. Конструктори су дуго радили на развијању СЕО код кога одређена комбинација карактеристика крутости и пригушења доводи до „компромиса“ између стабилности и удобности.

Активни системи еластичног ослањања захтевају ангажовање одређене снаге (бар неколико kW). Полуактивни системи су по питању додатне снаге много мање захтевни. И једни и други имају ограничен радни опсег, тј. подручје у коме је могуће вршити контролу и регулисање. И за једне и за друге основни проблем представља регулисање ходова елемената система у области виших фреквенци, тј. у области сопствене учестаности и неослоњене масе и виших вредности.

Регулисање хода СЕО обично подразумева промену карактеристике амортизера. Ова, пригушна карактеристика, се мења у одређеном дијапазону. Најједноставнија су извођења активног СЕО прве генерације где се укључивањем електромотора мења карактеристика амортизера. Затим долази друга генерација – електромагнетни системи који су у стању да брже мењају пригушну карактеристику амортизера (дискретна, ступњевита промена). Код активних СЕО треће генерације се примењују пропорционални пригушни вентили који

доносе достигнућа најсавременије електронике и сензорских система. О овим конструктивним решењима СЕО ће бити више речи у остатку семинарског рада.

Важно је рећи да између улазне и излазне функције постоји одређена фазна разлика коју дефинише преносна функција система. Такође је битно знати фазу преносне функције и извести промену егулисане величине у интервалу фазног кашњења одзива.

Како реагује активан СЕО на неравнину на путу? При наиласку на рупу, да не би дошло до губљења контакта између точка и подлоге, пнеуматик треба да буде потиснут наниже. При наиласку на избочину (брег), да не би дошло до ударног оптерећења, треба да буде потиснут навише. Да би ово било омогућено, амортизер треба да генерише пригушну силу у облику:

$$F_a = kv_{rel} + k_a v ,$$

где су:

k – пригушна карактеристика конвенционалног амортизера, тј. пасивно деловање амортизера, константа,

v_{rel} – релативна брзина између ослоњене и неослоњене масе; при чему неослоњена маса обухвата масу точкава и половину масе СЕО, а ослоњена маса половину СЕО и масу возача,

k_a – пригушна карактеристика активног деловања амортизера, променљива која се регулише,

v – брзина ослоњене масе.

Вредност коефицијента k_a највише зависи од смера брзине v_{rel} .

Примена адаптивног полуактивног система нема велике захтеве у погледу снаге мотора нити технолошке сложености регулационог система.

Величине k и k_a су међусобно зависне, па један од могућих аналитичких облика за пригушну силу у полуактивном систему изгледа овако:

$$F = 1 - p \ k_a z_2 + p k (z_2 - z_1) .$$

Дакле, полуактивни систем регулише релативну брзину између ослоњене и неослоњене масе, а активни брзину ослоњене масе. Величина p се креће у интервалу (0,1). Када је приоритет комфор, p треба да има вредности које су ближе нули, а када је приоритет стабилност (брзи, спортски аутомобили) p узима вредности ближе јединици.

У току вожње, вредности за p из одређеног интервала бира адаптивни контролер. За његов рад је потребно да постоји информација о промени динамичке силе. Регулисати промену динамичке силе није једноставно. У последње време све више се користе неуронске мреже, тзв. неуро-фази моделирање (енг. *neuro-fuzzy*), чиме се постиже најједноставнији математички модел, односно ефикасније решавање проблема.

У проблемима осцилација аутомобила доминирају сопствене фреквенце ослоњене масе (ред величине 1 Hz) и неослоњене масе (ред величине 10 Hz). Пожељно је да разлика између ових сопствених фреквенци буде што већа како би изолованост осциловања маса

била већа. При математичком моделирању карактеристика пригушења, посебну пажњу треба посветити опсегу фреквенца изнад 10 Hz. Ово се практично своди на проблем одређивања режима рада актуатора, ознака А на слици 4.1., елемента који примајући споља енергију и тоса регулисаним прихваћеним нивоом, компензује разлику улазне – побудне и жељене – излазне вредности. О конструкцији и начину функционисања актуатора више у поглављу 6 овог семинарског рада [1].

3.3 Полуактивни СЕО

Омогућава управљање над појединим елементима СЕО. Полуактивни пригушни елемент или опруга представља постојећи (пасивни) пригушивач или опругу код којих се карактеристика може мењати зависно од стања система, жељеног начина управљања и експлоатационих услова кретања.

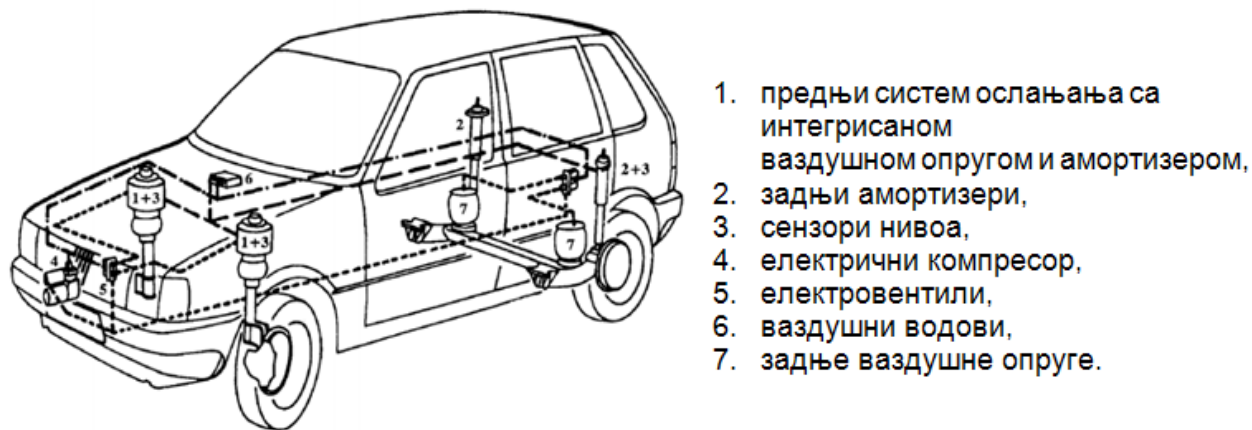
За разлику од активног, полуактивни пригушни елемент или опруга изискује мању снагу за снабдевање. То је један од основних разлога због којих је систем препоручљивији од активног.

Утолико пре, јер су резултати добијени са полуактивним задовољавајући и указују на то да се они сасвим добро, по карактеристикама, приближавају активним СЕО.

У пракси постоји више решења, а ради илустрације, на слици 3.1. је приказан је полуактивни СЕО аутомобила Уно - Монрое, код кога се регулација врши променом карактеристика ваздушних опруга.

Приказани систем врши самонивелацију каросерије после 45 s, а активира се после 3 s од стартовања мотора. Он за исто толико времена реагује и на промену оптерећења.

Испитивања су показала да су сензори на бази фототранзистора и индуктивности поузданији у раду од раније коришћених оптичких.



Слика 3.1. : Полуактивно ослањање возила Уно-Монрое [3]

Полуактивни СЕО само могу да утичу на промену вискозни коефицијент пригушења радног флуида у пригушном елементу (амортизеру), и немају могућност додавања енергије систему ослањања. Иако ограничени у свом функционисању (нпр. сила уравнотежења висине возила никада не може имати супротан смер од тренутног вектора

брзине ослањања), полуактивни СЕО су јефтинији и користе далеко мање енергије, што директно утиче на економичност потрошње горива. У новије време, истраживања полуактивних СЕО су наставила да напредују у правцу побољшања њихових карактеристика, умањујући на тај начин различитости између ових и потпуно активних система еластичног ослањања. [3]

Савремени полуактивни системи еластичног ослањања се изводе као:

1.) Дисипативни – најчешће са регулацијом пригушења у амортизерима, а они садрже сензоре за:

- заокретање аутомобила,
- кочење (педала кочнице),
- убрзавање (педала команде за довод горива),
- брзину (излазно вратило мењача),
- бочно и подужно убрзање,
- релативно померање точкова у односу на каросерију,
- вертикално убрзање каросерије изнад сваког точка,
- вертикално убрзање точкова,
- висину каросерије од тла у карактеристичним тачкама итд.

2.) Спороактивни

Садрже електро или хидрауличке актуаторе редно везане са опругама. Фреквентна област им је око 3 Hz. Карактеристика пригушења и/или крутости се може дискретно бирати између више нивоа у зависности од услова пута.

3.) Са нискофреквентним радним опсегом

Крутост опруге и/или пригушење се непрекидно модулирају као одговор на нискофреквентно кретање ослоњене масе (1 - 3 Hz).

4.) Са високофреквентним радним опсегом

Крутост опруге и/или пригушење се непрекидно модулирају као одговор на нискофреквентно кретање ослоњене масе (1 - 3 Hz) и високофреквентно кретање неослоњених маса (10 - 15 Hz).

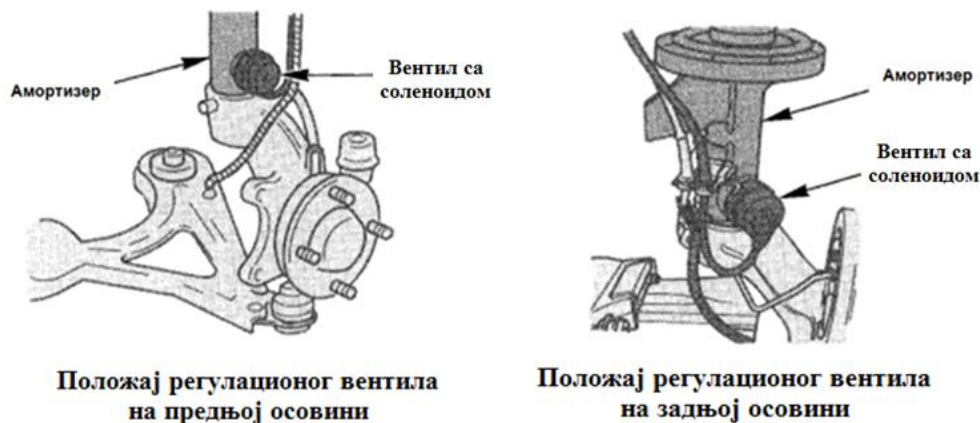
5.) Адаптивни

Код њих се параметри система аутоматски подешавају у зависности од услова експлоатације, чиме је омогућено да се параметри опруга и пригушних елемената бирају у зависности од врсте пута.

3.3.1. Соленоидни/вентилски активирани полуактивни СЕО

Соленоидни (електромагнетни) тип полуактивних СЕО је најјекономичнији тип ових система ослањања. Састоји се од соленоидног вентила који мења ток радног флуида унутар цилиндра пригушног елемента, и на тај начин мења пригушне карактеристике еластичне конструкције. Соленоиди су повезани са контролним рачунаром, који шаље команде у зависности од контролног алгоритма. Сабијање, односно кретање радног флуида (уља) кроз отворе је најчешће коришћени метод за остваривање пригушења у систему ослањања возила. Вредност примењене силе пригушења, између осталог, зависи

од димензија отвора, односно шупљина кроз које се флуид креће под дејством силе која настаје дејством пригушних елемената. Дакле, сила пригушења се може мењати ако се мењају величине шупљина кроз које се креће и/или димензује других делова пригушног елемента. У пракси ово може бити постигнуто применом вентила које контролише компјутерска јединица (енг. Electronic Control Module - ECM) и који имају могућност да по потреби мењају величину отвора, тј. да обезбеде „чвршће“ или „мекше“ пригушивање. На слици 3.2. је приказан положај пригушног вентила који је управљан преко електромагнета (соленоида). Управљање соленоидом се врши преко адаптивног компјутера пригушног елемента, а соленоид обезбеђује два степена, односно стања пригушења - „чврсто“ и „мекко“. Степен пригушења система ослањања варира у зависности од услова вожње, као што су убрзавање, кочење, односно успоравање, скретање, вожња по неравном путу и сл. У циљу обезбеђивања траженог пригушења за различите услове вожње компјутер прикупља информације преко низа сензора. Улазни подаци се потом упоређују са познатим, односно фабричким вредностима у ROM меморији компјутера и на основу тога процесор одлучује о потребном степену пригушења. Ова техника преношења и обраде података се најчешће назива „Техника небеске удице“ (енг. Sky-Hook technique). Овај вид електронске контроле се користи код система ослањања који се назива „Кадилакова компјутерски контролисана вожња“ (енг. Cadillac's Computer Command Ride - CCR). Кадилаков систем са у групу система код који стање амортизера зависи од брзине кретања возила (енг. Speed Depend Damper Control - SD²C). Код овог система еластични ослонци су учвршћени при брзини од 40 km/h и опет при брзини од 97 km/h. Чврсти ослонци су такође били коришћени при поласку возила из места, до постизања брзине од 8 km/h.



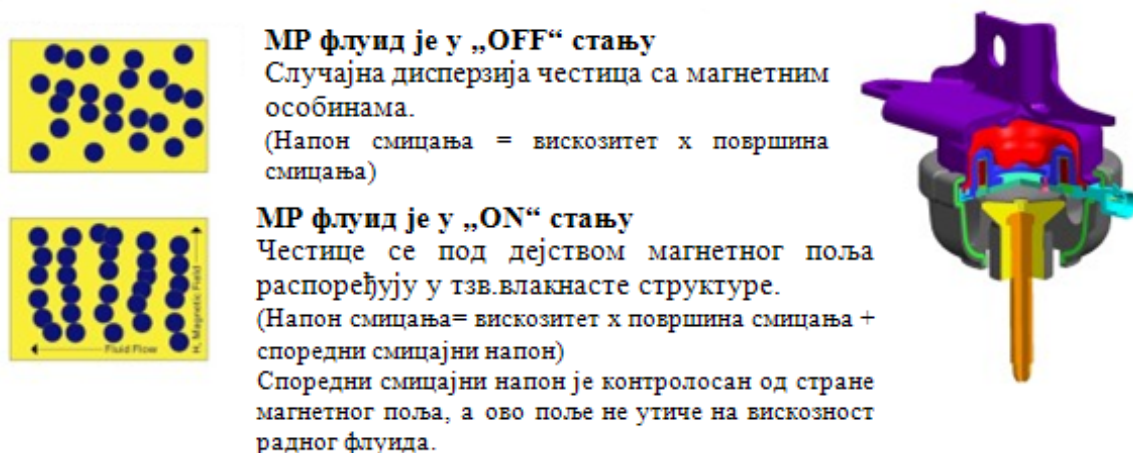
Слика 3.2. : Адаптивни пругушни соленоидни вентил [3]

3.2.2. Магнетно реолошки пригушни елементи

Реолошке особине изражавају зависност спољних оптерећења и деформисања материјала, тј. под дејством спољашње силе честице мењају своју структуру и оријентишу се у правцу деловања силе. Ове особине су нарочито важне код одређених материја који се налазе у течном агрегатном стању.

Још један метод полуактивног еластичног ослањања новијег датума укључује магнетно реолошке пригушне елементе (енг. Magneto rheological damper) који долазе од произвођача MagneRide. Првобитно је био развијен од стране Делфи Корпорације (енг. Delphi Corporation) за потребе Џенерал Моторса (енг. General Motors) и био је стандардни систем, као и многе друге нове технологије, за модел Cadillac Seville STS из 2002. године, као и за још неке ЦМ модел возила из 2003. Ово је била надградња за полуактивне системе CEO произвођача ЦМ, тзв. ослањање на основу аутоматског снимања услова пута помоћу система сензора на сваком точку. Овај метод ослањања омогућава, заједно са интегрисаним рачунарима велике брзине, независно мењање крутости еластичног ослањања точкова. У овом систему, који се развија већ 25 година, радни флуид пригушног елемента садржи металне честице. Преко интегрисаног рачунара, усклађеност карактеристика пригушних елемената је контролисана коришћењем електромагнета. У суштини, повећавајући проток кроз цилиндар пригушног елемента повећава се корак сабијања/издуживања, док пад протока ублажава ефекат пригушивања. Брза реакција система омогућава, на пример, да један точак „мекше“ пређе преко неравнине на путу, односно да се реакције тла мање преносе на каросерију возила [8]. Објашњење рада овог метода CEO је дато на слици 3.3.

Магнетно-реолошки (МР) метод ослањања: пригушење магнетних честица у синтетичком угљоводоничном флуиду



Слика 3.3. : MagneRide систем еластичног ослањања [9]

3.4. Активни CEO

Представља аутоматско управљање CEO и остварује се на тај начин што се систему додаје генератор активне силе (уређај који може у сваком тренутку да на основу добијене информације о стању система генерише силу са било којом величином и знаком). Овај уређај може бити брзи хидраулички, хидропнеуматски, електро хидраулични, или неки други. Уређај мора имати спољашњи извор енергије.

Принцип рада је следећи: при кретању аутомобила по неравнинама, преко CEO се преносе осцилације и побуде. Побуде изазивају осциловање система. Сензори мере величине динамичких сила, оптерећења и угиба, заокретања точкова као и брзине и убрзања

аутомобила, ваљање и галопирање ослоњене масе. Ове вредности се преносе у микрорачунар, а одавде се као излаз добија информација о величини потребне силе којом је потребно да одговори СЕО на побудну силу. Цео систем је изузетно брз (око 10 ms).

Такође је важно напоменути да систем делује независно на све тачкове, па су тиме готово потпуно избегнуте (анулиране) осцилације каросерије аутомобила. Дакле, активни СЕО користи посебне актуаторе који могу да изврше независну силу на СЕО како би се побољшали услови вожње. Савремени СЕО аутомобила са пасивним компонентама константних коефицијената крутости и пригушења могу да понуде само компромис између три конфликтна критеријума: доброг „држања пута“, поузданог превоза терета и комфора путника.

Мишелинов Активни точак (енг. Michelin's Active Wheel) поседује електромотор који има функцију ослањања, а који се налази у склопу самог точка и контролише дистрибуцију обртног момента, стабилност, маневре скретања, ваљање, галопирање и вертикално померање тог точка.

Спортски аутомобили обично имају круте, грубе СЕО са лошим возним карактеристикама, док луксузни седани имају еластичније ослањање, али лошу управљивост. Због захтева економичности погона и смањења емисије штетних гасова, путничка и доставна возила постају све лакша. Разлика између масе потпуно оптерећеног и неоптерећеног возила постаје тако велика, да садашњи системи ослањања не могу да издрже опсег оптерећења на ефикасан начин. Ова неефикасност изазива озбиљно погоршање квалитета вожње, руковања теретом и управљања аутомобилом. Зато се развијају активни системи ослањања који треба да обезбеде различите карактеристике понашања возила у зависности од услова пута и то без прекорачења максималног хода СЕО.

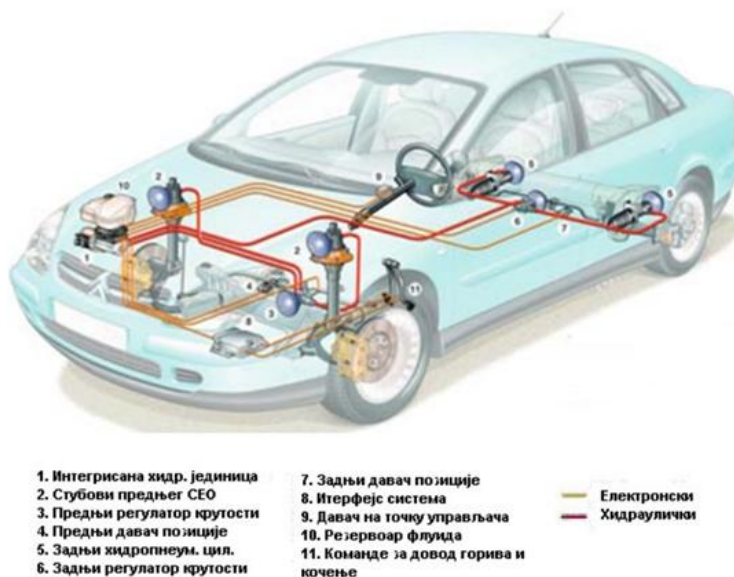
Активни СЕО има способност да се континуално прилагођава променама у условима пута. Уз напредне даваче и микропроцесоре који стално обезбеђују информације, он адаптивно проширује скуп параметара конструкције система сталним праћењем и самоприлагођавањем, континуирано мењајући свој карактер. Промена сопствених карактеристика, као одговор на промене услова пута, омогућава активном СЕО да обезбеди: одличну управљивост, боље „праћење“ пута, добар одзив аутомобила и већу безбедност. Неки активни СЕО, тзв. системи са предвиђањем (енг. preview) користе ласерске системе за мерење неравнина пута испред аутомобила, систем повратне спреге информација и претходну информацију давача да би се остварио адекватан одзив возила.

3.4.1. Хидраулични активни СЕО

Рад хидрауличних активних СЕО се налази под контролом хидрауличних серво механизма. Хидраулични притисак на серво се добија од радијалне клипне пумпе високог притиска. Сензори континуално прате кретање и ниво возила у вожњи, непрекидно снабдевајући рачунар новим подацима.

Када рачунар прими и обради податке, истовремено се даје команда хидрауличним серво моторима, који су монтирани поред сваког точка. Готово одмах, серво-регулисано ослањање ствара контра силе које обезбеђују нагињање, вертикално спуштање или вертикално подизање возила.

Фирма Citroen први пут је, крајем осамдесетих година прошлог века, применила хидро-активни систем CEO (Hydroactive), на свом серијском аутомобилу Citroen XM. Сматра се да је то први серијски аутомобил у свету који је имао интелигентни хидраулични CEO. Побољшана верзија, Hydroactive II, појавила се неколико година касније на аутомобилу Citroen Xantia, док се активни хидраулични CEO треће генерације, Hydroactive III, данас налази на аутомобилу Citroen C5, који је приказан на слици 3.4.



Слика 3.4. : Систем активног ослањања аутомобила Citroen C5 [17]

На аутомобилима марке Cadillac, активни CEO појавили су се 1996. године. То је систем који континуално прати услове пута (енг. Continously Variable Road-Sensing Suspension - CVRSS), користи низ давача који активирају хидрауличне амортизере на сва четири точка. Систем се прилагођава условима пута у делићу секунде.

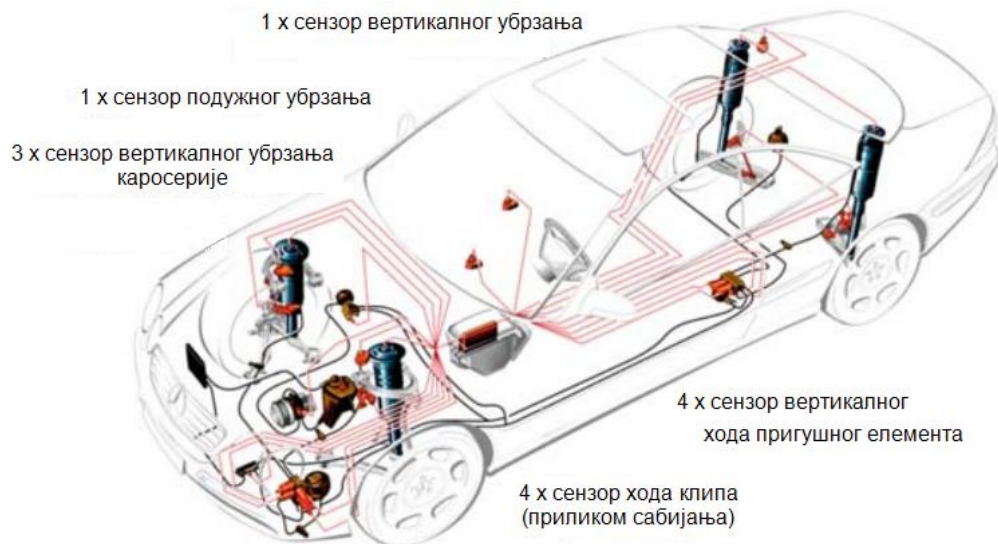
Почев од модела из 1999. године, спортски аутомобил Land Rover Discovery, серије II, садржи активни систем ослањања, тзв. систем за активно унапређење услова скретања (енг. Active Cornering Enhancement - ACE). То је први активни CEO намењен спортским аутомобилима.

Користи хидраулични систем који замењује предње и задње стабилизаторе, при чему се момент увијања на каросерију преноси преко два склопа типа полуа- клип. Систем може да се супротстави бочном убрзању од $1g \text{ m/s}^2$ у року од 250 ms.

У пракси, овкав активан CEO је увек обухватао подсистеме за ауто-регулацију нивоа ослањања (енг. Self-levelling suspension) и за прилагођавање висине ослањања (енг. Height adjustable suspension), који су битни са аспекта аеродинамичности возила, посебно у условима вожње великим брзинама када возило „урања“.

Технологија компјутерски контролисаног активног CEO (енг. Computer Active Technology Suspension - CATS) усклађује најбољи однос између квалитета вожње и управљања, а то постиже анализирањем услова пута и извршавањем до 3.000 подешавања CEO у секунди преко електронски контролисаних пригушних елемената (амортизера).

Mercedes-Benz уграђује активни CEO, тзв. систем активне контроле каросерије (енг. Active Body Control - ABC) у свој модел CL500 из 2000. године. Систем користи тринаест различитих давача који шаљу информације ка четири хидраулична серво-цилиндра постављена изнад сваке завојне опруге. Један такав систем је приказан на слици 3.5.

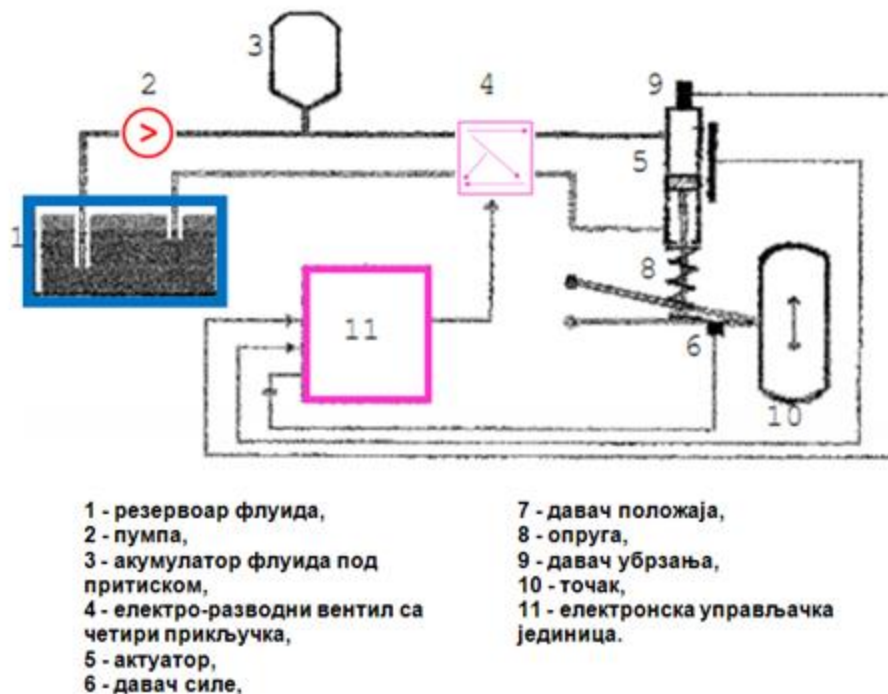


Слика 3.5. : ABC систем активног еластичног ослањања на моделу DaimlerChrysler [12]

Принцип рада електронски управљаног хидрауличног CEO

Код савремених система ослањања опруга изолује кретање точка у односу на каросерију возила, а пригушни елемент, односно амортизер пригушује осцилаторно кретање узроковано развлачењем или сабијањем опруге. Заправо, каросерија никада није апсолутно изолована од вертикалног кретања точкава. Све док компензациони уређај апсорбује и преноси кинетичку енергију на шасију, која настаје при наиласку возила на неравнине на коловозу, каросерија ће да прати вертикално кретање точкава са одређеним кашњењем и свакако са мањим померајима.

Алтернатива за такав механички, пасиван систем ослањања, јесте тзв. активни систем ослањања код којег је комбинација амортизера са опругом замењена комбинацијом хидрауличног актуатора са опругом. Као и код амортизера, цилиндар актуатора везан је за каросерију. Унутар цилиндра налази се клип везан за осцилујуће раме (спону) точка, као што је приказано на слици 3.6. Процесор електронске управљачке јединице (ECU) управља смером и брзином кретања клипа посредством електроventила са 4 прикључка. Његов управљачки алгоритам користи више улазних података ради одређивања управљачког сигнала за актуатор на сваком точку посебно.



Слика 3.6. : Систем управљања хидрауличним активним СЕО [13]

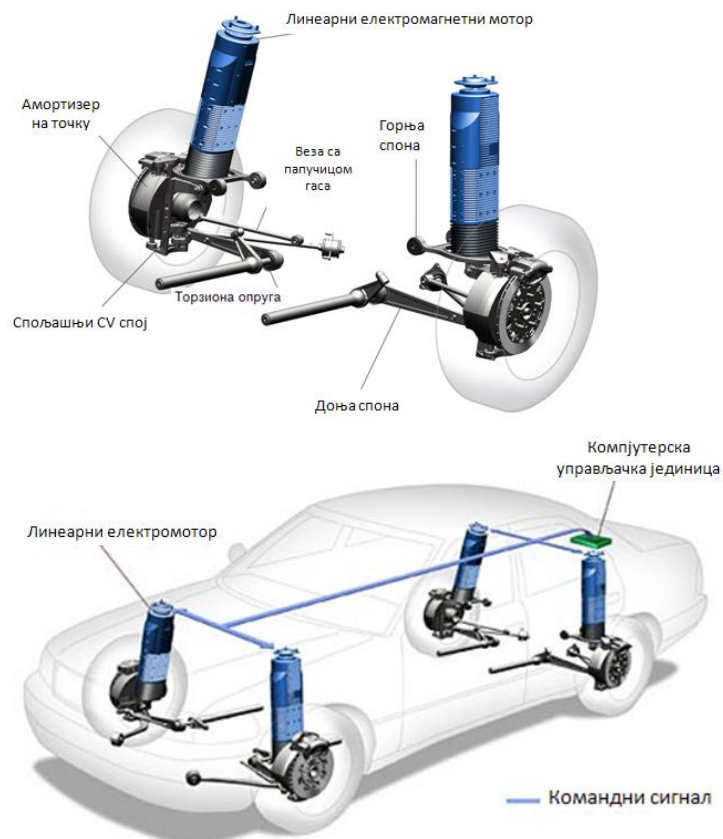
Давач силе (6) на актуатору (5) даје информацију о вредности вертикалне силе. Давач положаја (7) даје информацију о положају клипа у односу на одређени репер, а давач убрзања (9) постављен на доњој спони точка даје информацију о тренутној промени брзине вертикалног кретања. На основу тих информација процесор у електронској управљачкој јединици (11) распознаје да ли точак понире у удубљење или се подиже због избочине на подлози. Ако точак понире у удубљење, управљачки систем може да усмери флуид брзо у горњи део актуатора ради потискивања клипа са точком наниже, на тај начин одржавајући вертикални положај каросерије на непромењеном нивоу. Ако се детектује кретање точка навише ЕСУ усмерава флуид удоњи део цилиндра да увлачи клип са точком, опет одржавајући непромењен вертикални положај каросерије.

Крајњи ефекат овог управљања са праћењем је мирно кретање каросерије возила, без удара и осцилација, без обзира на неравнине на подлози. На тај начин је испуњен један од основних захтева удобне вожње.

3.4.2. Електромагнетни регенеративни активни СЕО

Овај тип активног СЕО користи електромагнетне моторе са линеарном карактеристиком који су монтирани на сваки пнеуматик. Овакав систем пружа изузетно брз одзив, и омогућава регенерацију утрошене енергије коришћењем електромотора као генератора. Овакво решење готово превазилази проблеме спорог одзива и велике потрошње енергије у хидрауличним системима, а тек недавно су ове карактеристике система доказане, на моделу фирме Боуз (енг. *Bose*). Оснивач ове компаније и проналазач овог конструктивног решења је бивши професор Ем-Ај-Ти Универзитета (MIT), где је низ година радио на развијању несвакидашњих система еластичног ослањања. Један овакав СЕО је илустрован

на слици 3.7. Технологија електронски контролисаних система активног еластичног ослањања (енг. Electronically controlled active suspension system - ECASS) је деведесетих година патентирана од стране Центра за електромеханику Универзитета у Тексасу и развијена од стране компаније Л-3 (енг. L-3 Electronic Systems), а првобитно је коришћена у војним возилима. Америчка војна возила са погоном на свим точковима (енг. The High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle – HMMWV) опремљена ECASS системом су у свим условима испитивања премашила очекивања са аспекта перформанси – снаге, стабилности и апсорбованих сила са подлоге [11].



Слика 3.7. : Електромагнетни CEO фирме BOSE (компоненте и изглед у возилу) [11]

3.5 Неке концепције предњих система еластичног ослањања

У раним данима развоја возила, предњи системи еластичног ослањања били су зависног типа (названи тако зато што су точкови једне осовине били физички повезани). У ствари, све до касних 70-их година прошлог века, већина путничких возила је још увек користила овај тип еластичног ослањања, посебно на задњој осовини. Он у основи представља круте облоге испод предњег и задњег дела возила, које држе гибњеви или завојне опруге и амортизери. Више се не користе осим код теретних возила, и то из следећих разлога:

- Пошто су точкови повезани, предња осовина може да почне да осцилује ако један точак удари о препреку, а други не. То се дешава јер се јавља жироскопски момент око осе заокретања и точкови се заокрећу лево-десно;

- Круте предње осовине су толико тешке, да су потребне велике опруге да би се точкови одржали у контакту са коловозом;
- Точкови се не могу подесити: ако се осовина благо увије, то се не може компензовати подешавањем положаја точкова.

Независно предње ослањање (названо по томе што је кретање предњих точкова независно) појављује се око 1930 године. Најшире коришћена верзија независних предњих система класичног ослањања је McPherson – ов систем еластичног ослањања, слика 3.8.



Слика 3.8. : Систем еластичног ослањања типа McPherson [9]

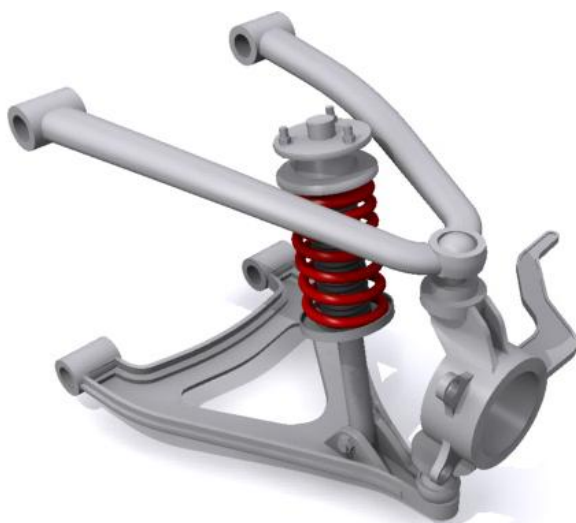
Дизајнирао га је Earl McPherson, 1940-тих година у Форду. Први пут се јавља на фордовим моделима са погоном позади из 50-тих година прошлог века, али је дуго требало да се нађе и на предњим погонским осовинама - тек 1965 на возила Peugeot 204. Од тада је постао један од доминатних система еластичног ослањања у свету, јер иако обезбеђује просечан квалитет вожње, компактан је и није скуп.

McPherson-ов систем еластичног ослањања садржи комбинацију опруге и амортизера (тзв. опружни стуб), компоненту која служи као вертикална вођица и која прихвата оптерећење уместо опруге амортизера. Да би ова комбинација могла да преноси силе, морају се знатно повећати пречници клипњаче и цеви амортизера. У неким случајевима, елементи система за управљање су повезани за доњи део кућишта амортизера и када се точкови заокрећу, релативно се увија кућиште амортизера у односу на клипњачу амортизера и завојну

опругу. Завојна опруга је смештена у специјалним шољама на врху склопа, што омогућава његово увијање.

Као основне предности система еластичног ослањања типа McPherson истичу се: смањен број зглобова и лежајева, једноставност конструкције, лака монтажа и демонтажа, економичност производње, мало заузимање простора, мале промене трага точкова и углова нагиба точкова. Недостаци овог система еластичног ослањања су: увођење сила на блатобран возила (блатобран или самоунутршњи лим морају се ојачати), потешкоће при изолацији од буке на путу, низак положај тренутног полаугаоног заокретања ослоњене масе возила око подужне осе возила, отежано постизање смањења крака котрљања при заокретању точка (само уз одговарајуће корекције у конструкцији).

Много мањи удео у конструкцији предњих система еластичног ослањања савремених путничких возила имају системи еластичног ослањања са две попречне вођице, слика 3.9. и са више вођица – multilink, слика 3.10.



Слика 3.9. : Варијанте предњег система еластичног ослањања са две попречне вођице [8] **Слика 3.10.** : multilink ослањање [8]

Multilink системи еластичног ослањања настали су као нова варијанта система еластичног ослањања са две попречне вођице. Уместо јединствених, крутих горњих и доњих вођица свака полуга вођице је израђена као посебан део. Произвођачи возила тврде да овај систем даје чак и боље резултате у држању пута, јер повећан број зглобова чини multilink систем еластичног ослањања готово безгранично подешљивим. Постоји неколико његових варијација са разликама у броју зглобова и полуга и у начину постављања основних елемената. Овај систем еластичног ослањања се користи на неким од модела возила: Audi A4 i A8, Porsche 993 i 996, Nissan SKY LINE GT-N i Honda Accord.

3.5.1. Приказ карактеристичних решења предњих система еластичног ослањања на савременим путничким возилима

Савремени произвођачи аутомобила имају сопствене стилове у дизајнирању значајних система моторних возила. Да би се стекла целовита слика о тренутном стању у погледу изведбе система за ослањање путничких возила потребно је проучити решења примењена

на путничким возилима разлитих класа, европских, америчких и јапанских класа. У овом поглављу дат је преглед карактеристичних решења система еластичног ослањања примењених на неким моделима.

Предњи систем еластичног ослањања возила BMW Mini је типа McPherson са регулацијом висине предњих крајева возила при залету и кочењу. Садржи завојне опруге и двоцевне гасне амортизере, слика 3.11.



Слика 3.11. : Систем еластичног ослањања и систем за управљање возила BMW Mini[18]

На новом возилу BMW 7 примењени су концепти система еластичног ослањања са дуплим подужним вођицама и система за управљање типа зупчаник – зупчаста летва са хидроуличним серво уређајем, слика 3.12. Све компоненте предњег система еластичног ослањања овог возила су нове: носач предње осовине, подужна вођица и лежајеви су направљени од челика и алуминијума – дакле, много су лакши него код предходних модела. Стабилизатор и попречне вођице тако су размештени да, при вертикалној и подужном осциловању точкова, возила остају неутрално заокретљива. [18]

Склоп опруга – амортизер система еластичног ослањања комплетно је израђен од алуминијума и оптимизиран по питању тежине и дужине. Употребљени су двоцевни гасни амортизери са шупљим клипњачама и клиповима са оптималним системом вентила. Дегресивна карактеристика амортизера и кинематика осовине дају побољшани комфор при угаоном заокретању ослоњене масе возила око подужне осе возила.

Та опција, предвиђено је и електронско подешавање силе пригушење амортизера тзв. EDC-K систем. Језгро EDC-K чине 4 гасна двоцевна амортизера чији су унутрашњи вентили подешљиви. Контролни вентил интегрисан је у клипу сваког амортизера. Електричне везе пролазе кроз шупље клипњаче. 3 сензора смештена на предњој и задњој осовини мере вертикално убрзање и преносе информацију ка микропроцесору који континуално мења карактеристику пригушења. Брзина возила, као и услови вожње и побуде, такође се узимају у обзир.

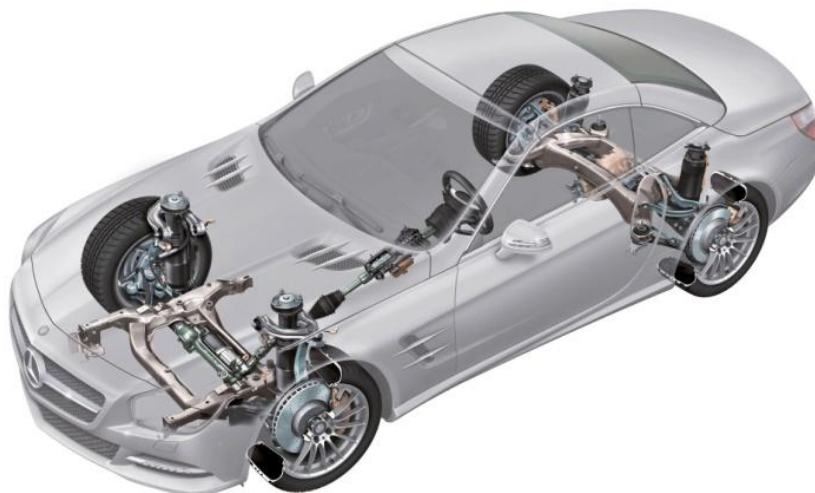
Фирма Sachs је за нову серију BMW-а направила и активне стабилизаторе (актуаторе), који садрже осцилаторне моторе на хидраулични погон. Они претварају хидраулични притисак у торзиони момент или момент стабилизације. Притисак који генерише пумпа,

регулише се помоћу два електронска управљана притисна вентила који минимизирају или елиминирају угаоно заокретање ослоњене масе око подужне осе возила у кривинама.



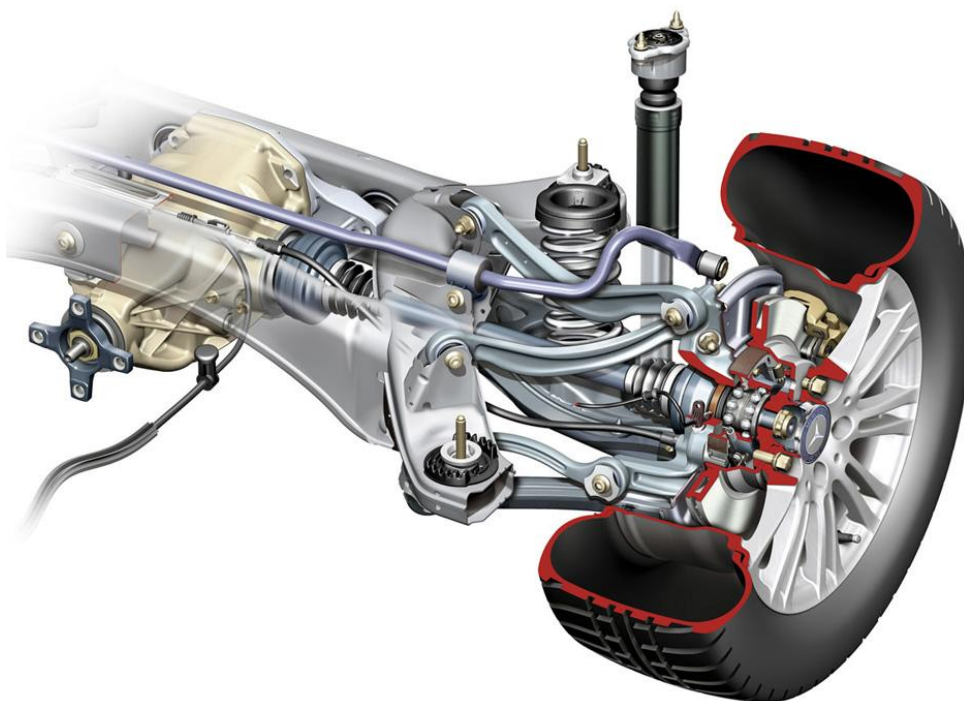
Слика 3.12. : Предњи систем еластичног ослањања и систем за управљање возила BMW 7 [12]

Mercedes-ов спортски аутомобил (roadster), SLK има предњи систем еластичног ослањања са две попречне вођице, слика 3.13. Оптимизацијом лежаја доњих попречних вођица, предња оsovина је подешена у правцу недовољне заокретљивости при дејству бочне силе. Финим подешавањем кинематике заокретања, промене конвергенције предњих точкова могу садржати веома малим. То обезбеђује прецизну праволинијску вожњу и мало бочно хабање пнеуматика, што је у међусобној вези са малим променама трага при кретању по неравном путу или наиласку на ударну препреку. [18]



Слика 3.13. : Систем еластичног ослањања и систем за управљање возила SLK [12]

Предњи систем еластичног ослањања као и код Mercedes-a Е класе садрже амортизер са дегресивном карактеристиком, због чега стоји на располагању већи потенцијал подешавања. Упркос већем ходу еластичног ослањања, склоп систем еластичног ослањања – точак је значајно крут, а тиме и спортски подешен. Како су на предњој осовини постављени амортизери и завојне опруге у спрези са дуплим попречним вођицама, при чему амортизери не преузимају улогу вођице, појачано је прецизно заокретање возила.



Слика 3.14. : Систем еластичног ослањања возила Е класе [12]

3.6. Утицај амортизера на удобност и безбедност у возилу

Кад кажемо амортизер, већина нас помисли на део аутомобила који амортизује неравнине на коловозу и тако чини да се возимо удобније и без потреса. То је само један део задатка који амортизери имају, док онај други, много важнији, често губимо из вида. Ова компонента има великог утицаја и на безбедност у вожњи, а спречава и оштећења осталих делова на возилу.

Амортизери су делови система ослањања возила који апсорбују механичку енергију вибрација шасије и точкова, и претварају је у топлотну енергију. Кад је у питању безбедност, амортизери имају задатак да онемогуће точкове да дуго лебде у ваздуху током преласка преко неравних површина, јер када гума нема контакт са подлогом, кочење је потпуно неефикасно, тракција не постоји, а маневрисање је знатно отежано.

Када су амортизери неисправни, сваки покрет шасије проузрокован вожњом преко неравне подлоге, промена правца, кочење или убрзавање се преносе до путника потпуно 'нефилтрирани'. Амортизери значајно умањују овај ефекат и на тај начин изолују путнике од спољашњих утицаја. Осим тога, снажне вибрације шасије које настају због неправилног функционисања амортизера узрокују повећано трошење гума и компоненти шасије.

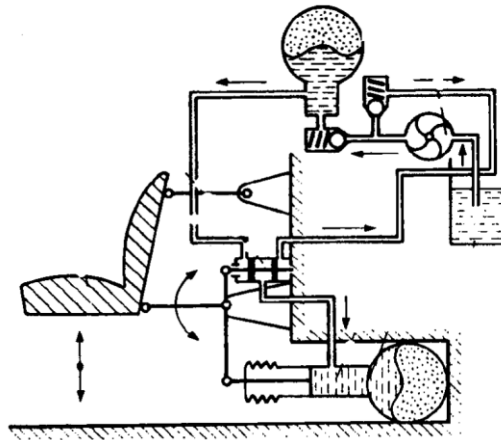
Седишта имају велики утицај на удобност и безбедност путника у возилу. Задатак седишта је да додатно изолује кориснике од вибрација које се на њих преносе са пода каросерије. Постоје више конструкција седишта, али се у принципу код савремених аутомобила сусрећу два основна типа:

- класична (пасивна седишта)
- са регулисаним карактеристикама (активна седишта)

Пасивна седишта се састоје од костура, система опруга, амортизера, сунђерастих јастушића исл. Имају двојаку улогу: да пригуше вибрације као и да обезбеде физиолошки положај човечијег тела. Неке конструкције седишта имају посебне осцилаторне системе за релаксацију возача у току пауза.

Активна седишта се појављују 70-тих година. Код њих се користи серво систем контроле. Седиште је обично опремљено давањима убрзања, брзине или померања, електронским системима које остварене величине упоређују са побудним, настојећи да њихову разлику минимизирају. Ово се остварује коришћењем повратне спреге која побуђује пнеуматски или ређе хидраулични актуатор. [3]

Ради илустрације на слици 3.15 дат је приказ једног експерименталног активног седишта



Слика 3.15. : Модел експерименталног активног седишта [3]

На крају треба истаћи да је задатак седишта да обезбеди и оптималан седећи положај корисника моторних возила. То се постиже уз помоћ механизма који омогућавају померање седишта: напред-назад, горе-доле, као и регулацију угла наслона седишта.

4. Тенденције развоја карактеристичних решења

Потпуно активни СЕО у општем случају, захтевни су у погледу погона. Пасивни системи, са друге стране, не могу да обезбеде смањено кретање ослоњене масе при резонантним фреквенцијама ослоњене масе и точкова аутомобила.

Недостаци овог дизајна су висока цена, маса, односно комплексност елемената овог система, као и потреба честог одржавања поједних делова система. Одржавање може бити проблематично, јер само овлашћени дилери имају одговарајуће механичаре и алате, тј. уређаје, јер се неки проблеми тешко могу дијагностиковати.

Активни СЕО се, за сада, појављују само на врло скупим аутомобилима. Возила Формуле 1 представљају екстремни случај примене потпуно активних СЕО са компонентама свемирске технологије и великих радних опсега.

Брзи напредак у технологији израде микропроцесора ускоро ће овакве системе приближити и другим класама аутомобила, укључујући породичне седане, мини-ванове, чак и аутомобиле компакт класе.

За све активне СЕО је значајно да су опруге замењене хидрауличким актуаторима, на сваком точку, а њима се управља аутоматски. Деле се на ниско и високофреквентне. Обезбеђују боље компромисе између параметара управљивости и удобности, али им је недостатак висока цена, па налазе примену код најскупљих аутомобила високе класе.

Од интереса је да се упоредно прикажу карактеристике до сада познатих СЕО, табела 1.

Табела 1: Упоредне карактеристике различитих врста СЕО

Тип система	Пасивни	Самонивелациони	Полуактивни	Активни
Понашање маневрисању при	Компромис	Висока	Средња	Висока
Висина аутомобила	Компромис	Висока	-	Висока
Ваљање каросерије	Компромис	-	Ниска	Висока
Галопирање убрзавању при	Компромис	-	Ниска	Висока
Галопирање при кочењу	Компромис	-	Ниска	Висока
Динамичке реакције тла	Компромис	-	Средња	Висока

Из табеле је очигледно да само активни СЕО обезбеђују задовољење свих критеријума [4].

Код возила се јављају механичке (0.5-40 Hz) и акустичне (20 Hz- 16 kHz) осцилације настале побуђивањем од мотора и од пута. Поред тога, као побуда могу деловати компоненте као што су вентилатор, зупчаница, карданско вратило, точкови и пнеуматици. Побудна фреквенција се повећава или пропорционално са бројем обртаја мотора или са брзином кретања возила. Величина побуде код ова два најважнија извора осциловања има

супротан знак: код побуде од пута се смањује са повећањем фреквенције, а код побуде мотора се повећава са повећањем фреквенције. Јасно је да због побуде широког опсега није могуће наћи област побуде која није критична за неки од појединачних делова или система. Зато сопствене фреквенције појединих система или делова треба да се налазе ван зоне резонантних области предвиђених побуда и нарочито ван интервала њихових поклапања. То се постиже и погодним пригушењем.

Осцилације система ослањања утичу на:

- Оптерећење саставних елемената,
- оптерећење путника и
- динамичко оптерећење точкова

Какав компромис ће бити постигнут између ових функција и комерцијалних захтева, зависи од циљне групе које возило намењено. На пример, опруге за брзе спортске аутомобиле ће бити другачије него за теренско возило. Наравно, нису битне само карактеристике самих опруга већ и њихова интеракција са пригушним, кинематским и масеним карактеристикама возила. У том смислу се смањује утицај саме опруге на карактер система.

За квантитативну оцену карактеристика чврстоће и безбедности, тј. за оцену динамичке чврстоће делова и у смислу века трајања и у смислу безбедности вожње, је мањи проблем него за квантитативну оцену комфора, базирану на субјективној оцени корисника. Највећа осетљивост је у области 5 Hz а код високих фреквенција изнад 10 Hz, што је последица резонантних фреквенција човечијег тела. [1]

5. Закључак

Произвођачи аутомобила, у својим конструкционим бироима, стално настоје да унапреде решења која примењују на системима нових модела возила. Тиме се практично стварају трендови у развоју појединих система возила. Пример развоја система за управљање и система еластичног ослањања возила Volkswagen Golf интересантна је илустрација која указује на неке од тенденције развоја система путничких возила. Систем еластичног ослањања Volkswagen Golf 1 имао је троугаоне вођице везане за каросерију, кратке Mc Pherson опружне стубове везане за носаче точкова и управљачки механизам типа зупчаник – зупчаста летва без серво појачања. Већ код Golf 2 прешло се на решење предњег система еластичног ослањања са помоћним рамом и за ову класу возила у то време још необично, решење система за управљање са серво уређајем.

Тренд развоја предњих система еластичног ослањања (погонских и непогонских точкова) огледа се у испуњењу захтева везани за олакшање конструкције и економичност искоришћења простора. Према овим критеријумима треба дати предност системима еластичног ослањања типа Mc Pherson са опружним стубовима.

Активни систем еластичног ослањања има способност да се континуално прилагођава променама у условима пута. Уз напредне даваче и микропроцесоре који стално обезбеђују информације, проширује скуп параметара конструкције система сталним праћењем и самоприлагођавањем, континуирано мењајући свој карактер. Промена сопствених карактеристика, као одговор на промене услова пута, омогућава активном систему ослањања да обезбеди: бољи осећај пута, добар одзив возила и већу безбедност.

Високи стандард безбедности комфора, као и велики број расположиве опреме, чине данашња возила све тежим. Повећањем масе мора се супроставити конструкција елемената возила од лакших материјала, да би се смањила потрошња погонских материјала и побољшало понашање возила у вожњи. Од посебног значаја је маса склопа систем еластичног ослањања – кочнице – точак. Зато се у концерну Volkswagen, као материјали за израду опруга система еластичног ослањања, користе обрађени, побољшани челици повећане чврстоће. Пошто опружни челици показују ограничен потенцијал даљег повећања чврстоће, значајно смањење масе код опруга система еластичног ослањања се постиже употребом алтернативног материјала – легуре титанијума. Она се препоручује због велике специфичне чврстоће и мале специфичне крутости.

Потпуно активни системи ослањања, у општем случају, захтевни су у погледу погона. Пасивни системи, са друге стране, не могу да обезбеде смањено кретање ослоњене масе при резонантним фреквенцијама ослоњене масе и точкова возила. Активни системи еластичног ослањања се, за сада, појављују само на врло скупим аутомобилима. Возила формуле 1 представљају екстремни случај примене потпуно активних система еластичног ослањања са компонентама свемирске технологије и великих радних опсега. Брзи напредак у технологији микропроцесора ускоро ће овакве системе приближити и другим класама возила, укључујући породичне седане, миниванове, чак и возила компакт класе.

6. Литература

- [1] Александра Јанковић, Динамика аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008.
- [2] А. Јанковић, Д. Лаловић, М. Ђукић, Ослањање путничких возила – квазистатички прорачун независног ослањања, ДД Застава аутомобили – Институт за аутомобиле, Крагујевац, 2000.
- [3] Мирослав Демић, Оптимизација осцилаторних система моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 1997.
- [4] Мирослав Демић, Кибернетски систем: човек – возило – окружење, Центар за научна истраживања САНУ и Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2008.
- [5] Tim Denton, Automobile electrical and electronic systems (3rd edition), Elsevier Butterworth-Heinemann, Great Britain, 2004, интернет страница: http://www.sae.org/images/books/toc_pdfs/R363.pdf
- [6] Иван Филиповић, Мотори и моторна возила, Машински факултет у Тузли, Тузла, 2006.
- [7] Јованка Лукић, Јасна Глишовић, Материјал са предавања и вежби из предмета Структура и конструкција МВ, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2010.
- [8] Active suspension, интернет страница: http://en.wikipedia.org/wiki/Active_suspension,
- [9] Интернет страница:
http://www.blogcdn.com/www.autoblog.com/media/2009/07/magneride_shocks_lead.jpg
- [10] Bose suspension system, интернет страница: <http://auto.howstuffworks.com/car-suspension9.htm>
- [11] Интернет страница: <http://www.extremetech.com/extreme/97177-bose-active-suspension-moves-toward-market/attachment/bose-active-suspension-diagram>
- [12] Bernd Heißing, Martin Ersoy, Fahrverhandbuch, ATZ/MTZ Magazine, 2007.
- [13] Драган Тарановић, Материјал са предавања и вежби из предмета Мехатроника МВМ, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац, 2011.
- [14] Sensors and actuators, Toyota Motor Sales, интернет страница: www.autoshop101.com/forms/h15.pdf
- [15] Ј. Велагић, Основе актуатора – наставни материјал, Електротехнички факултет Сарајево, Сарајево, 2009.
- [16] Peter Kjegellqvist, Experimental evaluation of an electromechanical suspension actuator for rail vehicle applications, Royal Institute of Technology Sweden
- [17] Allan W. M. Bonnick, Automotive computer controlled systems – Diagnostic tools and techniques. Oxford, 2001.
- [18] Предавања и вежбе из предмета Конструкција моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2007.