POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

KATEDRA AUTOMATYKI I ROBOTYKI

PRACA PRZEJŚCIOWA

TEMAT: Aktywne amortyzatory drgań nadwozia samochodowego.

WYKONAWCA: Dominik Zduńczyk

PODPIS: .....

PROWADZĄCY: Zdzisław Gosiewski

PODPIS: .....

BIAŁYSTOK 2014 **ROK**

Zawartość

1. Wstęp 4

1.1 Słowa wstępu 4

2. Historia amortyzatorów 5

3. Wstęp do problematyki wibroizolacji w motoryzacji 7

3.1 Słowa wstępu 7

3.2 Układy elektromagnetyczne 9

3.3 Układy hydrauliczne 10

3.4 Układy pneumatyczne 11

3.5 Układy semi-aktywne 12

4. Model matematyczny 17

4.1 Wstęp 17

4.2 Zaawansowany model matematyczny 20

4.3 Model Binghama 21

5.Przeprowadzone badania w środowisku MatLab 23

5.1 Słowa wstępu 23

5.2 Modele 23

5.3 Wyniki symulacji 25

6. Model amortyzatora w programie Solid Works i badania 27

6.1 Wstęp 27

6.2 Model amortyzatora VW Buggy 28

6.3 Wyniki przeprowadzonej w pakiecie SW FlowSimulation dla amortyzatora z cieczą magnetoreologiczną 29

6.4 Wyniki przeprowadzonej w pakiecie SW Motion dla amortyzatora z cieczą magneto reologiczną 31

7. Sensoryka i układ sterowania amortyzatora 32

7.1 Wstęp 32

7.2 Układ sterowania amortyzatora MR 33

7.3 Sterowanie amortyzatorem hydraulicznym 33

8. Podsumowanie 34

9. Bibliografia 35

1. Wstęp

1.1 Słowa wstępu

W dzisiejszych czasach , maszyny zaczynają nas wspomagać a nawet wyręczać w wielu dziedzinach naszego życia , a rozwój technologiczny zachodzi niezwykle gwałtownie. Otwiera nam to możliwości jakich jeszcze współczesna technika nie widziała na oczy. Poszerzona wiedza z zakresu automatyki i teorii sterowania , umożliwia wykonanie wielu ciekawych systemów.

Chciałbym w swojej pracy ograniczyć się jedynie do opracowanych systemów dla samochodów osobowych. Mianowicie rodzaje , zasada działania , przykładowy projekt modelu aktywnego amortyzatora tłumiącego drgania w samochodzie osobowym.

2. Historia amortyzatorów

Współczesny samochód ma zawieszenie, w skład którego wchodzą trzy główne elementy: opona, resor i amortyzator. Każdy z tych elementów jest ważny ze względu na bezpieczeństwo jazdy. Nie zawsze docenianym jest amortyzator, bez którego przecież trudno byłoby sobie wyobrazić nie tylko bezpieczną, ale i wygodną jazdę.

W pierwszym okresie istnienia samochodów były one wyposażone w takie same resory, jakie stosowano w pojazdach konnych i oczywiście nie miały zastosowanych amortyzatorów.

Twardość i tarcie piór resorów neutralizowały tylko najbardziej dokuczliwe podskoki pojazdu podczas jazdy. Kiedy jednak resory stawały się coraz.bardziej sprężyste ,.zaszła potrzeba wyposażenia.samochodów w.amortyzatory zdolne tłumić.wahania wywołane uginaniem się resorów, jak i ich rozprężaniem. Niemal przełom nastąpił wtedy , gdy resory piórowe zaczęły być wypierane przez resory sprężynowe, czyli śrubowe sprężyny resorowe,

jeszcze bardziej sprężyste, powodujące dłużej trwające.bujanie pojazdu pokonującego nierówności drogi. Wtedy to amortyzatory zyskały.znaczenie podstawowe.

Pierwsze amortyzatory [1] były urządzeniami wykorzystującymi tarcie, budową przypominały cyrkiel, którego jedno ramię łączyło się z osią kół jezdnych, drugie z nadwoziem. Podczas sprężynowania resoru tarły o specjalne tarcze pokryte materiałem ciernym, tłumiąc w ten sposób bujanie zawieszenia. Były to urządzenia mało skuteczne w działaniu, np. traciły swe zalety, kiedy zaczynały się rozgrzewać i pracowały identycznie zarówno podczas sprężania, jak i rozprężania się resorów.

Sytuacja poprawiła się dopiero po skonstruowaniu amortyzatorów hydraulicznych. Najpierw w fabryce zlokalizowanej w amerykańskiej miejscowości Monroe (stąd nazwa znanego producenta amortyzatorów) koło Detroit powstał pierwszy na świecie dźwignicowy

amortyzator dwustronnego działania, a 6 lat później, w 1932 r . skonstruowano tam pierwszy teleskopowy amortyzator dwustronnego działania. Typowy nowoczesny amortyzator, tak naprawdę tylko detalami różni się od pierwszego teleskopowego amortyzatora sprzed prawie 70 lat. W dalszym ciągu składa się z dwóch rur: wewnętrznej, w której umieszczono zanurzony w oleju tłok, poruszający się w górę i w dół oraz zewnętrznej rury będącej jednocześnie osłoną i zbiornikiem nadmiaru oleju wyciskanego przez pracujący tłok. Górny koniec tłoczyska jest przymocowany do nadwozia samochodu, a dolna część amortyzatora powiązana jest z kołem jezdnym.

Rura, w której tłok pracuje i sam tłok poruszają się w przeciwnych kierunkach, a system zaworów w tłoku umożliwia przeciskanie się oleju pomiędzy dwiema częściami amortyzatora.

W sposób uproszczony opisano działanie amortyzatora, którego zadaniem jest kontrolowanie ruchów koła, aby nie podskakiwało zbyt szybko i zbyt długo przy pokonywaniu nierówności.

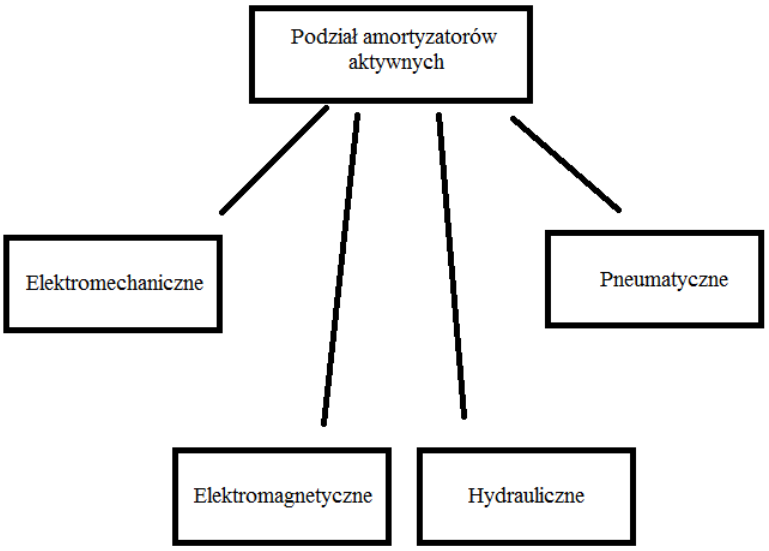
Nowoczesnym amortyzatorom samochodowym stawia się wysokie wymagania[6], które można sprowadzić do dwóch podstawowych punktów. Po pierwsze muszą precyzyjnie i szybko reagować na nierówności drogi, po której jedzie pojazd i stale utrzymywać kontakt koła z nawierzchnią. Po drugie - być wytrzymałe i trwałe, zdolne do wykonania milionów cykli ugięcia i odbicia. Wymagania te udaje się już spełnić wielu producentom amortyzatorów, ale firma Monroe udoskonaliła te niezbędne urządzenia, wprowadzając nowe rozwiązania. Kilka lat temu pojawił się amortyzator o zmiennej charakterystyce tłumienia, przez Monroe nazwany Sensa - Trac. Zastosowano w nim nowatorski system PSD (Position Sensitive Damping - czyt. tłumienie zależne od położenia), który powoduje, że amortyzatory w każdym momencie dostosowują odpowiednią siłę tłumienia do zmieniających się warunków jazdy.

3. Wstęp do problematyki wibroizolacji w motoryzacji

3.1 Słowa wstępu

Współcześnie przemysł motoryzacyjny nastawia się głównie na stosowanie maszyn o wysokich wydajnościach i dużych sprawnościach [1]. Napędy stosowane wytwarzają wysokie momenty obrotowe. Wymusza to na konstruktorach stosowania co raz to wymyślnych elementów , modułów , bądź systemów. Przyczyną pośrednią jest zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu jazdy.

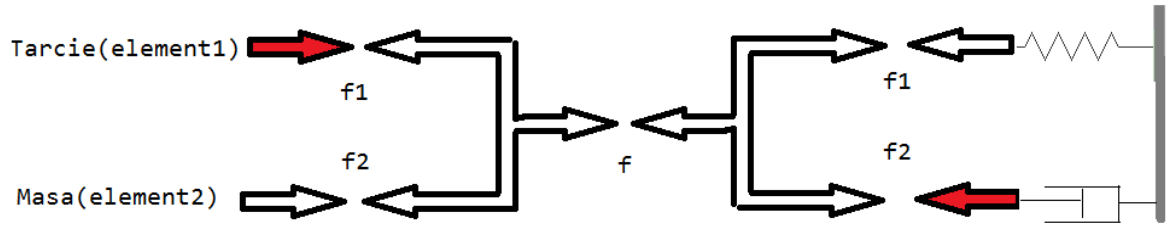
Jednym z takich systemów jest aktywny amortyzator. Jednak rodzaje i sposoby wykonania są tak samo zmyślne jak bardzo rozwiniętą wyobraźnie i instynkt techniczny ma konstruktor takiego elementu (rys3.1). Różnią się one jakością regulacji amortyzacji drgań. Zauważmy , że amortyzator aktywny pneumatyczny będzie się różnił jakością regulacji od tego z cieczą ferromagnetyczną. W poniższych podrozdziałach opiszę i rozwinę to zagadnienie.



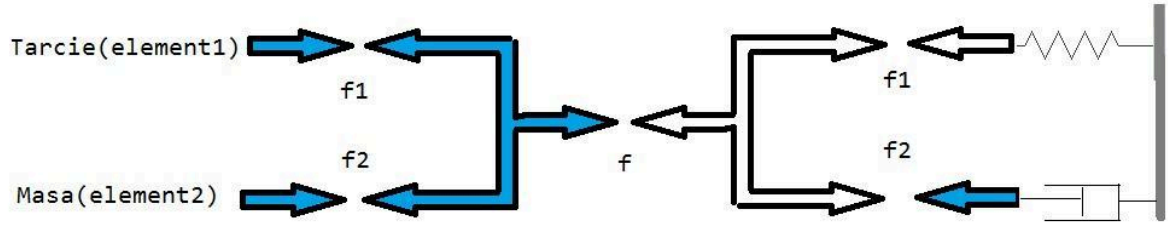
Rysunek 3.3.1 Klasyfikacja amortyzatorów aktywnych [2]

Zacznijmy wpierw od tego czym sam w sobie jest aktywny amortyzator. Jest to taki amortyzator w , którym jesteśmy w stanie regulować sztywność. W standardowych amortyzatorach (rys3.2) , konstrukcja nie pozwalała na pogodzenie ze sobą sztywności amortyzatora (zapewniającego zwiększone bezpieczeństwo) z komfortem jazdy.

Za pomocą aktywnych amortyzatorów pozbyliśmy się tego problemu (rys3.3) gdzie kierujący pojazdem dostosowuje sztywność układu do komfortu jazdy. Z badań wynika , że przy jeździe na bezdrożach bardziej miękkie amortyzatory zapewniają większy komfort jazdy oraz przyczepność kół do podłoża , a przy wyższych prędkościach na asfalcie wymagane są jak najsztywniejsze amortyzatory. Celowo amortyzatory stosowane w pojazdach rajdowych są jak najsztywniejsze. Komfort jazdy w tym przypadku jest zbędny. Najmniejsza niedoskonałość jezdni powoduje niebezpieczną sytuację , w której miękkie amortyzatory powodują gwałtowny spadek przyczepności kół co przyczyną są wypadki samochodowe. Również podczas skręcania pojazdu działają na niego siły bezwładności oraz wzdłużne na ramę projektując amortyzator musimy uwzględnić także te aspekty.



Rysunek 3.2 Schemat problemu standardowego amortyzatora



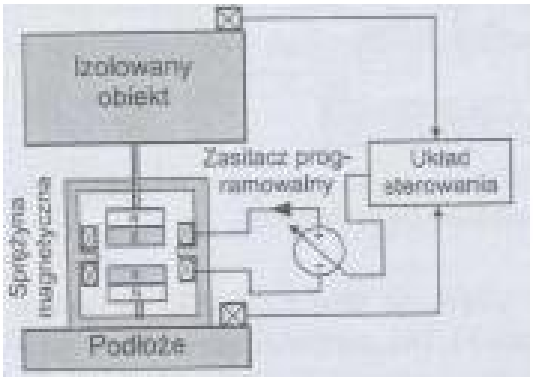
Rysunek 3.3 Rozwiązanie problemu dzięki aktywnemu amortyzatorowi [2]

3.2 Układy elektromagnetyczne

Zawory elektromagnetyczne w amortyzatorach są tak sterowane, aby wybór kierownicy mógł być możliwie najpełniej uwzględniony , równocześnie jednak zagwarantowane było jak największe bezpieczeństwo jazdy. Chwilowe parametry dynamiki ruchu są obliczane na podstawie informacji o prędkości jazdy oraz przyspieszeniu poziomym i pionowym nadwozia. Przyspieszenie poziome jest mierzone za pomocą czujników przyspieszenia wzdłużnego i poprzecznego , a przyspieszenie pionowe (wynikające z nierówności nawierzchni) – za pomocą czujników przyspieszenia, odrębnie na przedniej i na tylnej osi. Dotyczy to także, identycznie zbudowanych i działających, czujników przyspieszenia pionowego. Jeden z nich jest umieszczany na osi przedniej, drugi na tylniej . Na podstawie ich sygnałów urządzenie sterujące mierzy przyspieszenie pionowe, spowodowane nierównościami drogi oraz wynikające z tego ruchy nadwozia i następuje regulacja amortyzatorów z zadaniem utrzymania częstości i amplitudy ruchów nadwozia w takich granicach, żeby silne uderzenia nie były przenoszone na nadwozie.

Zawory elektromagnetyczne w amortyzatorach są sterowane impulsami prądu stałego.

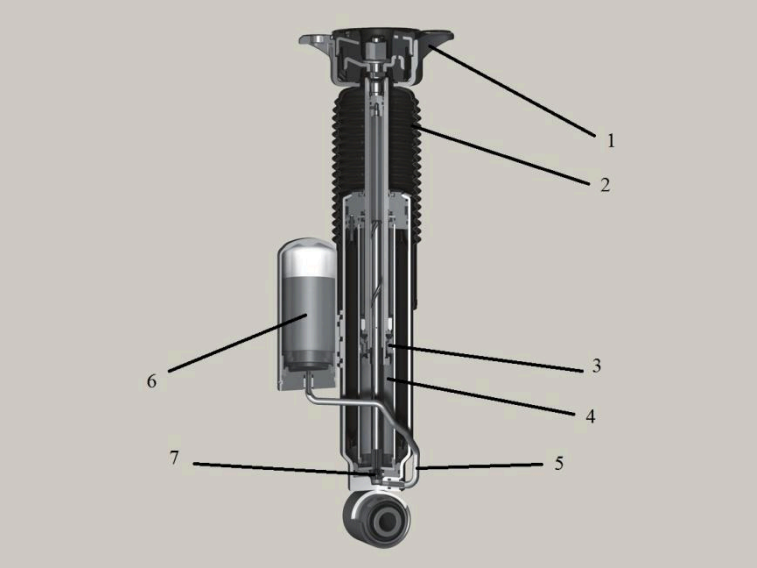
Zasilane są bezpośrednio z urządzenia sterującego. Zmiana położenia zaworów jest osiągana dzięki zmianie natężenia prądu. Może to nastąpić w ciągu zaledwie 20 ms. Bez zasilania prądem zawory są zamykane mechanicznie pod naciskiem sprężyny. Odpowiada to „twardemu" (nazywanemu też „sportowym") ustawieniu amortyzatorów , co umożliwia zagwarantowanie bezpieczeństwa jazdy także w razie usterki układu.



Rysunek 3.4 Schemat aktywnego układu redukcji drgań (elektromagnetyczny) [3]

3.3 Układy hydrauliczne

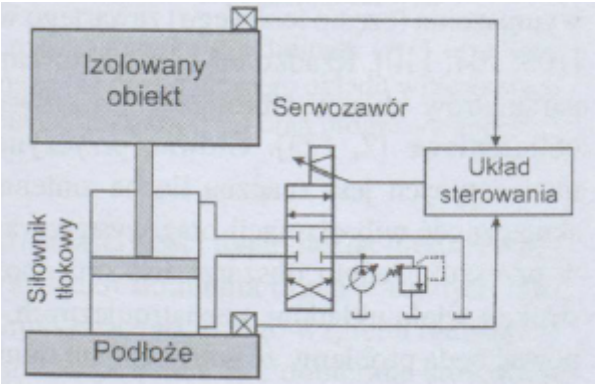
Amortyzator hydrauliczny o zmiennej sile tłumienia ma zawór, który zamyka lub otwiera dodatkowy przepływ oleju. Otwarcie lub zamknięcie zaworu sterowane jest elektronicznie, w zależności od aktualnych warunków drogowych i prędkości jazdy.



Rysunek 3.5 Schemat amortyzatora hydraulicznego (1- pierścień mocujący 2 – ogumienie 3 – tłoczysko 4 – zbiornik amortyzatora 5 – przewód zbiornika 6 – zbiornik z cieczą wspomagającą amortyzację 7 – zawór sterujący) [5]

Otwarcie lub zamknięcie zaworu sterowane jest mikroprocesorem odbierającym sygnały z licznych czujników, np. czujnika kąta skrętu kierownicy, prędkości jazdy czy wielkości momentu obrotowego silnika. W rozbudowanych układach, np. w nowym [illegible], siłę tłumienia można zmieniać indywidualnie dla każdego z czterech amortyzatorów umieszczonych przy każdym kole. W Porsche 911 jest też możliwość zmiany siły tłumienia przyciskiem umieszczonym na tablicy przyrządów. Istnieją dwa stany działania: normalny i sportowy. Podczas jazdy Porsche w trybie sportowym niemiecka autostrada staje się tak nierówna jak polskie drogi, a samochód tak twardy, jakby zgubił zawieszenie. Ale to oczywiście ekstremalny przypadek.

Na razie zawieszenie aktywne stosowane jest w drogich samochodach, lecz z pewnością będzie się rozpowszechniać.



Rysunek 3.6 Schemat układu hydraulicznego [3]

3.4 Układy pneumatyczne

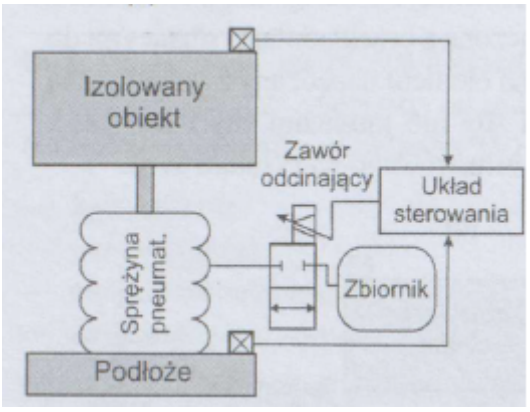
Tradycyjne układy zawieszeń są dobrze znane i z biegiem lat coraz trudniej wymyślić przełomowe rozwiązanie w tej dziedzinie. Dlatego pojawiła się koncepcja, aby niektóre funkcje zawieszenia powierzyć **układom pneumatycznym**. Jak to wygląda od strony użytkowej? Jak realizowane jest od strony technicznej i jakie generuje koszty w razie zużycia lub awarii?

Układy pneumatyczne od lat są projektowane przez konstruktorów maszyn. Realizują wiele ruchów roboczych koparek, ładowarek i innych maszyn roboczych. Ponad 30 lat temu konstruktorzy aut po raz pierwszy użyli układów pneumatycznych także do tłumienia nierówności.

Zawieszenia pneumatyczne z założenia mają **poprawiać parametry trakcyjne samochodu**. Takie rozwiązanie zapewnia optymalną redukcję drgań i wstrząsów. Poprawiają zatem komfort jazdy. Dzieje się tak, ponieważ sprężony azot w elementach tłumiących jest skuteczniejszy w pochłanianiu nierówności nawierzchni niż rozwiązania z tradycyjnego amortyzatora.

Niezaprzeczalną zaletą zastosowania układu pneumatycznego jest **stały prześwit samochodu, niezależny od obciążenia**. To sprawia, że rozwiązanie to jest szczególnie chętnie używane w autach typu kombi. Stały prześwit pozwala na bardziej przewidywalne zachowanie auta na zakrętach i mniejszy wpływ obciążenia na bezpieczeństwo jazdy.

Poprawia to także aspekt wizualny użytkowania samochodu. Załadowane auto z przysiadającym tyłem wygląda mało atrakcyjnie – zawieszenie z elementami pneumatyki pozwala tego uniknąć.



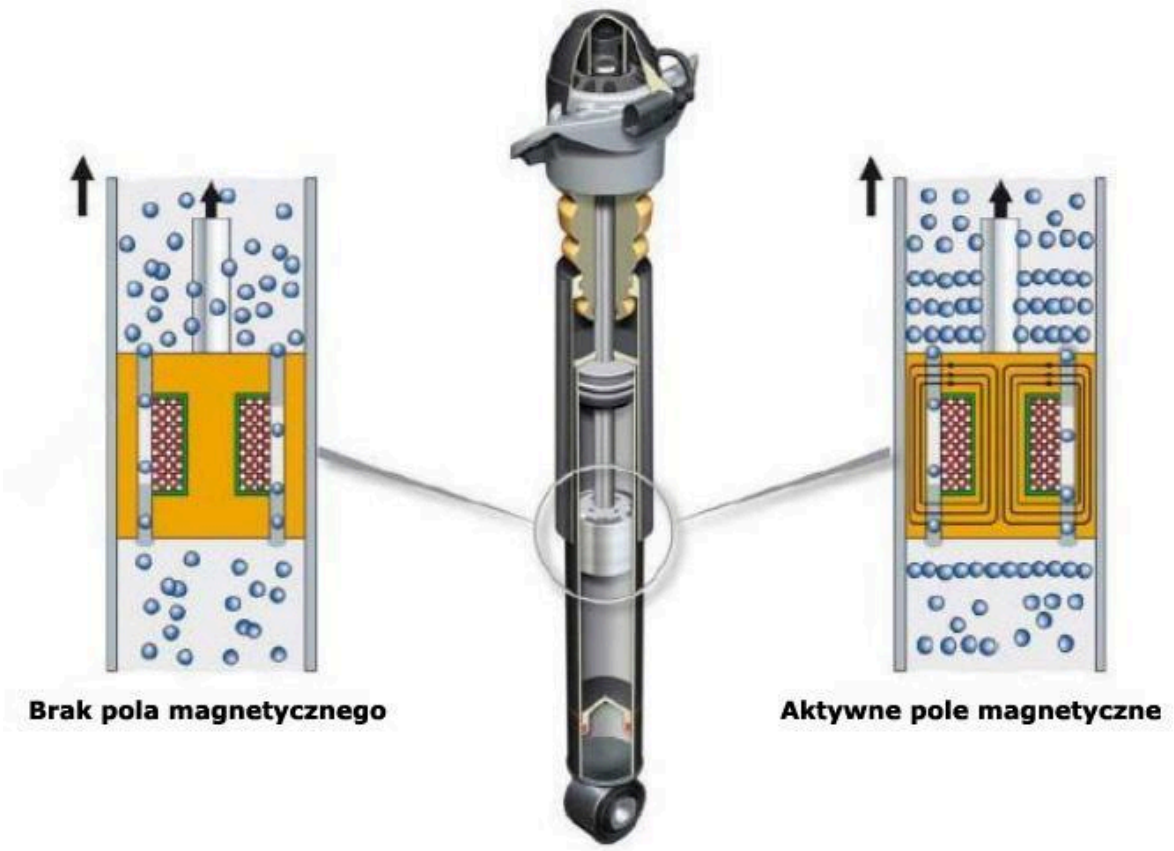
Rysunek 3.7 Schemat układu pneumatycznego [3]

3.5 Układy semi-aktywne

Ta grupa amortyzatorów wykorzystuje zmienne w zależności od natężenia pola magnetycznego własności reologiczne specjalnych cieczy stosowanych w amortyzatorach zamiast standardowego oleju. **W tym podrozdziale zajmę się opisem rozwiązania drugiego typu, które zostało rozpowszechnione przez firmę Delphi.** Ciecz do amortyzatorów MagneRide, bo taką właśnie noszą nazwę, dostarcza amerykańska firma Lord Corp., a jej dokładny skład jest ściśle chroniony. W przeciwieństwie do wspomnianych rozwiązań pierwszego typu w budowie amortyzatorów MagneRide nie występują żadne zaworki przelewowe, tylko odpowiedniej średnicy kanały, przez które przetłaczana jest ciecz magnetoreologiczna. Ciecz ta jest syntetycznym olejem z zawieszonymi w nim ferromagnetycznymi cząstkami (mogą być nimi np. żelazo). Na skutek działania pola magnetycznego zmienia one swoje właściwości fizyczne. **I tak jeśli ciecz nie jest poddania działaniu pola magnetycznego, zachowuje się jak normalny olej.** Z kolei w polu magnetycznym wykazuje właściwości charakterystyczne dla cieczy plastyczno-lepkiej. W jaki sposób wykorzystana jest ona w amortyzatorach MagneRide?

Głównym elementem budowy amortyzatorów MagneRide jest tłok z kanałami o stałej

średnicy [6] – brak tutaj jakichkolwiek elementów ruchomych, a więc ograniczono też liczbę części, jaka może się zepsuć. Między kanałami wbudowana jest cewka, która emituje pole magnetyczne. Wraz ze wzrostem natężenia pola magnetycznego opór hydrauliczny płynu magnetoreologicznego również rośnie, a tym samym zmienia się charakterystyka amortyzatora. Przepływ nie jest zatem dławiony za pomocą zaworów, tylko dzięki zmianom właściwości płynu roboczego. **Zmiana właściwości cieczy następuje w czasie poniżej 0,1 ms!** W skrajnych przypadkach, kiedy wymagane jest przejście z minimalnej siły tłumienia do maksymalnej (lub na odwrót), pożądaną charakterystykę uzyskuje się w maksymalnie kilka milisekund.

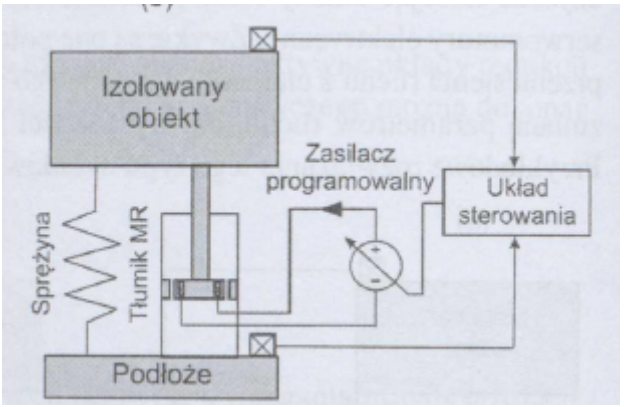


Rysunek 3.8 Schemat opisujący układanie się cząstek aktywnych w cieczy MR z i bez pola magnetycznego [6]

Zależność pomiędzy siłą tłumienia a wartością natężenia prądu, który generuje pole magnetyczne, jest właściwie liniowa, co ułatwia sterowanie pracą amortyzatora. **Zakres**

możliwych do uzyskania wartości sił tłumienia jest dosyć szeroki. Maksymalna siła tłumienia przy danym natężeniu pola magnetycznego może być nawet 14 razy większa niż siła generowana przy nieobecności pola.

Natężenie pola magnetycznego jest sterowane za pomocą odpowiedniego sterownika, który otrzymuje sygnały z dziesiątek czujników w całym samochodzie. W przypadku MagneRide w skład układu zawieszenia wchodzą cztery dodatkowe czujniki ugięcia zawieszenia. Sygnały odczytywane są także z czujników przyspieszeń, prędkości, kąta obrotu kierownicy, układu napędowego, układu hamulcowego i systemów wspomagających oraz kontrolujących jazdę, jak np. ESP, ABS itp.



Rysunek 3.9 Schemat układu MR [2]

s – zmienna operatorowa

T – współczynnik przenoszenia drgań

t - czas

u - wektor sterowań

W - macierz transmisji

W - transmitancja operatorowa

x - przemieszczenie w kierunku osi x

z - przemieszczenie w kierunku osi y

α - współczynnik poprawkowy Wahla

β - wielkość stała

γ - współczynnik lepkości

δ - stosunek częstości drgań

ε - przyspieszenie kątowe

φ - kąt przesunięcia fazowego

ν - współczynnik dynamiczny

ω - częstość drgań

4. Model matematyczny

4.1 Wstęp

Tworząc odpowiedni model matematyczny całego systemu jak w każdym przypadku należy podpatrzeć naturę. Sposób poruszania się jest idealny w tym przypadku gdyż , na jego ciało nie działają żadne drgania , więc górna część jego odnóży pracuje jako amortyzatory



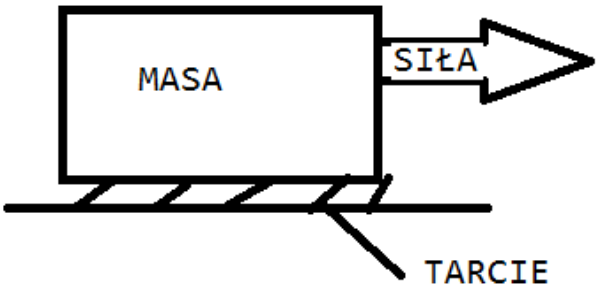
Zdjęcie 4.1 Gepard w biegu

Najprostszym modelem przedstawiającym problem jest pewien obiekt M (rys 4.1) w naszym przypadku jest to samochód , działają na niego wszystkie siły wypadkowe f (3), istnieje również tarcie pomiędzy oponami a podłożem , μ

$$f_1 = \mu \cdot x \ (1)$$

$$f_2 = M \cdot \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

$$f = f_2 + f_1 = \mu \cdot x + M \cdot \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

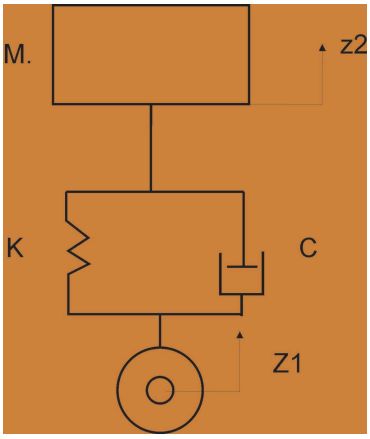


Rysunek 4.1 Model matematyczny

Jak możemy zauważyć wypadkowa siła jest sumą dwóch członów całkującego i proporcjonalnego. Siła f_2 będzie redukowana przez współczynnik ugięcia sprężyny my zaś zajmiemy się regulacją siły tłumienia amortyzatorów. Nie możemy jednak zapominać o bezwładności pojazdu wywołanej aktualną jego prędkością. Wszelkie wychylenia pojazdu wywołane siłami zewnętrznymi są rejestrowane przez odpowiednie czujniki pomiarowe.

Poprzez zmianę charakterystyk możemy sterować kołysaniem poprzecznym , wahaniami wzdłużnymi oraz ruchem nadwozia w kierunku pionowym.

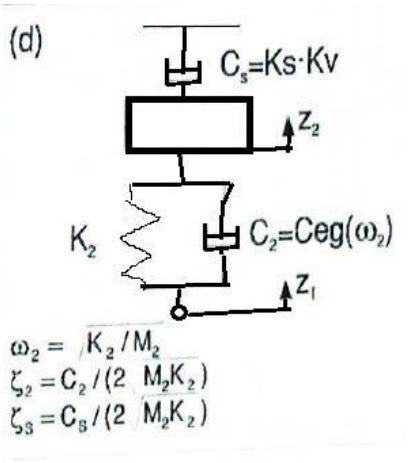
Jeżeli chodzi o standardowe amortyzatory nie mogąc regulować sztywnością amortyzatora , czyli masa działająca na amortyzator jest wartością stałą to możemy taki model opisać jako masa , podłoże , sprężyna i tłumik. Rozrysowując odpowiednio reakcje otrzymujemy coś takiego (Rys 4.2)



Rysunek 4.2 Uproszczony model amortyzatora standardowego

Równanie tego amortyzatora wygląda następująco. W tym modelu rozpatrujemy tłumienie tylko w jednej osi z_2

$$M\frac{dz^2}{d^2t} + C\frac{dz}{dt} + Kz = 0 \ (4)$$



Rysunek 4.3 Uproszczony model amortyzatora aktywnego [2]

Mając powyższy model możemy zapisać równanie modelów jako

$$M_2\frac{dz^2}{d^2t} + C_2\left(\frac{dz_1}{dt} - \frac{dz_2}{dt}\right) + K_2(z_1 - z_2) = 0 \ (5)$$

Gdzie:

C – Współczynnik nacisku reduktora

K - współczynnik ugięcia sprężyny

M – masa izolowanego obiektu

Zauważmy jednak , że przy modelu amortyzatora aktywnego posiadamy dodatkowy tłumik C_s tzw. „wiszący tłumik”. Realizowany jest w postaci zmiennej siły tłumiącej , zależnej od bezwzględnej prędkości drgań pojazdu , całka z wartości przyspieszenia. Dzięki tej wartości możemy regulować wartość tłumienia w amortyzatorze.

Po przekształceniu tego modelu do postaci operatorowej uzyskujemy następujące równanie.

$$W(s) = \frac{z_2(s)}{z_1(s)} = \frac{C_2 s + K_2}{M_2 s^2 + (C_s + C_2)s + K_2} \quad (6)$$

4.2 Zaawansowany model matematyczny

Powyższy model jest dobry jednak zbyt uproszczony (4). Przemieszczenie uwzględnione tam jest jedynie w osi Y. Zgłębiając problem bardziej zaawansowanymi metodami musimy podpatrzeć świat nas otaczający. Wiemy , że będziemy pracować z szybkimi i zwrotnymi pojazdami. Najszybszym zwierzęciem w naturze jest gepard. Sposób poruszania się jest idealny w tym przypadku gdyż , na jego ciało nie działają żadne drgania , więc górna część jego odnóży pracuje jako amortyzatory. Uwzględniając te aspekty model możemy pokazać jako równanie macierzowe (6). Podobnie jak przy obliczeniach kinematyki odwrotnej przy czym nie będziemy musieli uwzględniać orientacji.

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = P \quad (7)$$

x - wektor n współrzędnych globalnych

C – jest macierzą tłumienia P – n-wymiarowy wektor sił globalnych.

W swojej pracy posłużę się modelem uproszczonym. Ten podpunkt jest jedynie pokazany w celach poglądowych.

4.3 Model Binghama

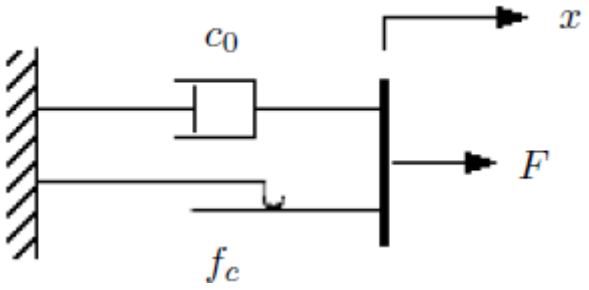
Najczęściej zachowanie się amortyzatorów MR płynów jest opisany przez model Bingham. Idealny model zachowuje się jako ciało stałe, aż do osiągnięcia minimalnej granicy plastyczności i jeśli jest przekroczona, wówczas wykazuje liniową zależność między

naporem i szybkością ścinania lub deformacji. W związku z tym naprężenie ścinające τ (7) rozwinięte w płynie podaje

$$\tau = \tau_y \cdot sgn(\dot{\tau}) + \dot{\tau}\eta \quad (8)$$

gdzie

$\dot{\tau}$ jest ścinaniem , szybkością odkształcania η - oznacza lepkość plastycznego płynu, lepkość w zerowego pola [4]



Rysunek 4.4 Model Birghama[4]

W celu scharakteryzowania tłumiącego ER zaproponowano model mechaniczny powszechnie stosowanym dalej wzorem Bingham'a takim , że połączenie lepkości i kulombowskie tarcia oraz tłumika c_0

Element cierno-lepki wywołujący tarcie oraz równoległy do niego tłumik, jest pokazany na rysunku. 4.4. W tym modelu, siła F generowane przez urządzenie ER lub ciecz MR jest podana przez wzór

$$F = f_c \cdot sgn(\dot{x}) + c_0 \dot{x} \quad (9)$$

Gdzie

$\dot{x}$ - oznacza prędkość nadana pobudzenia zewnętrznego, c_0 - współczynnik tłumienia

siła tarcia - f_c są związane z lepkością cieczy i pola zależne od granicy plastyczności

Model Bingham stanowi podstawę do tłumika elektromagnetycznego oraz magneto reologicznego amortyzatora poprzez zachowanie się płynu w pełni rozwiniętego przepływu płynu lub dostatecznie wysokich szybkościach ścinania. Jednakże przyjmuje się, że ciecz pozostaje sztywna

Tak więc, model Bingham'a nie opisuje właściwości elastycznych płynu pod względem małych odkształceń i niskich prędkościach ścinania, które jest niezbędne dla zastosowań dynamicznych [4].

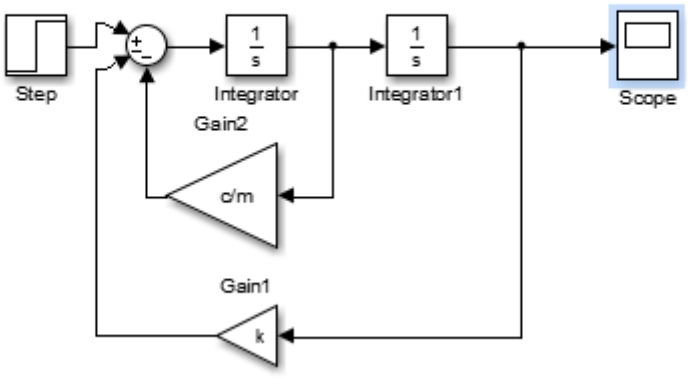
Porównanie między przewidywanym charakterystyki prędkości i siły w wyniku eksperymentów przeprowadzonych przez innych badaczy

5.Przeprowadzone badania w środowisku MatLab

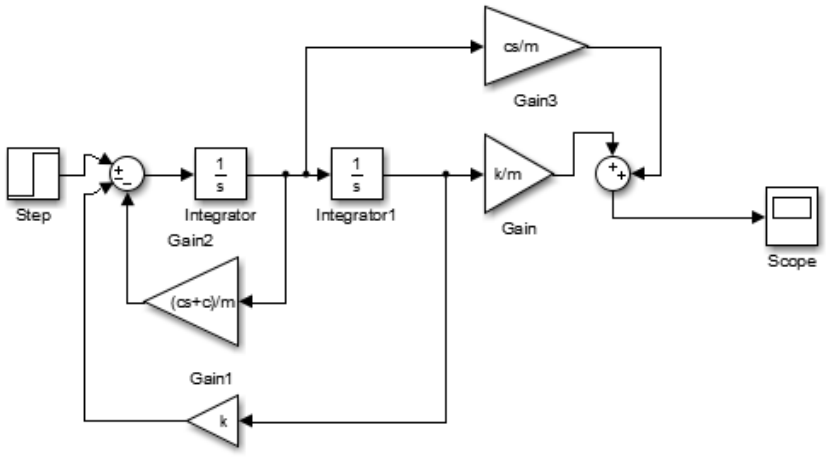
5.1 Słowa wstępu

W tym podrozdziale wykonam model amortyzatora w środowisku MatLab Simulink. Przedstawię schemat modelu amortyzatora. Mając modele matematyczne możemy brać się do pracy.

5.2 Modele



Rysunek 5.1 Schemat zamodelowanego amortyzatora standardowego w środowisku MatLab - simulink



Rysunek 5.2 Schemat zamodelowanego amortyzatora aktywnego w środowisku MatLab – simulink

Dane jakie wykorzystałem w symulacji to :

m = 350 kg, ponieważ masa samochodu osobowego wynosi średnio około 1400 kg , a masa pojazdu rozkłada się równomiernie na cztery koła

c = 40000 $\frac{N}{m*s}$ – katalogowy zakres tłumień

c_s = 1 – 12000 $\frac{N}{m*s}$ – żądany zakres regulacji tłumienia (wiszący tłumik)

k = 120000 $\frac{N}{m}$– współczynnik sprężystości sprężyny

5.3 Wyniki symulacji

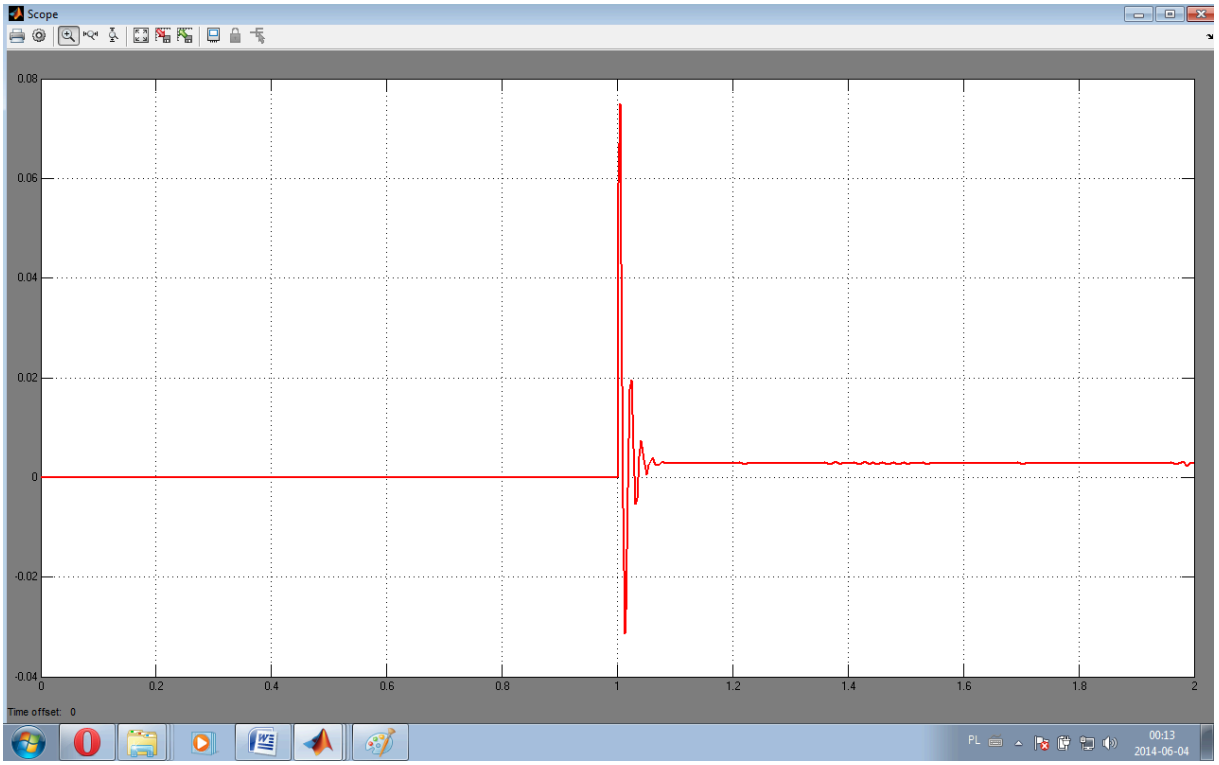


Wykres 5.1 Charakterystyka przemieszczenia amortyzatora standardowego w jednostce czasu.



Wykres 5.2 Charakterystyka przemieszczenia amortyzatora aktywnego w jednostce czasu przy najniższej

wartości regulacji.



Wykres 5.3 Charakterystyka przemieszczenia amortyzatora aktywnego w jednostce czasu przy najwyższej wartości regulacji.

Porównując trzy wykresy możemy zauważyć , że już przy zastosowaniu amortyzatora aktywnego otrzymujemy wyższą i szybszą jakość regulacji ni jeżeli , przy standardowym amortyzatorze. Przy zwiększeniu tłumienia amortyzatora zauważamy , że się staje bardziej sztywne i wywołuje mniejszą oscylacje.

6. Model amortyzatora w programie Solid Works i badania

6.1 Wstęp

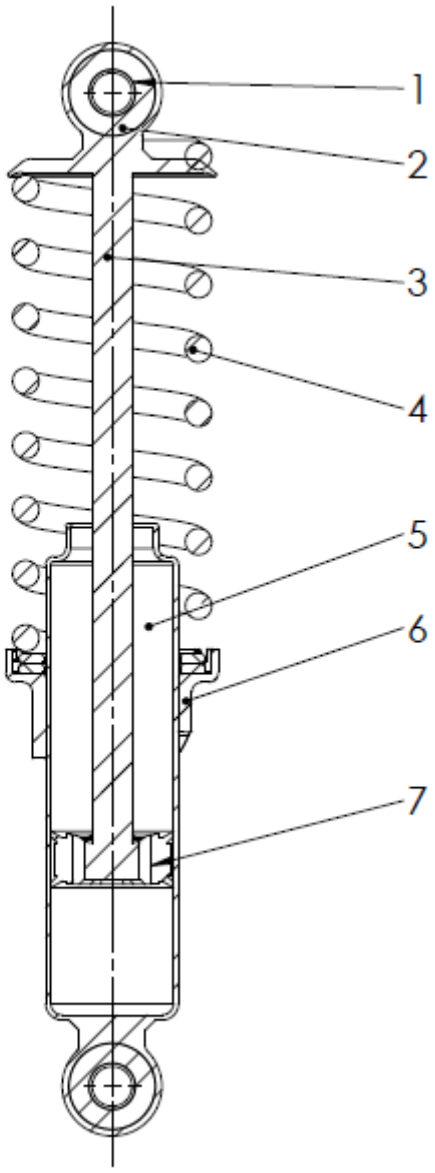
Poniższy model wykonany w programie Solid Works jest odwzorowaniem amortyzatora samochodu Volkswagen Buggy.

Skoro jest to mechanizm stosowany w przemyśle nie widzę potrzeby wykonywania i przedstawiania obliczeń wytrzymałościowych i zmęczeniowych.



Zdjęcie 6.1 Komputerowy model amortyzatora

6.2 Model amortyzatora VW Buggy

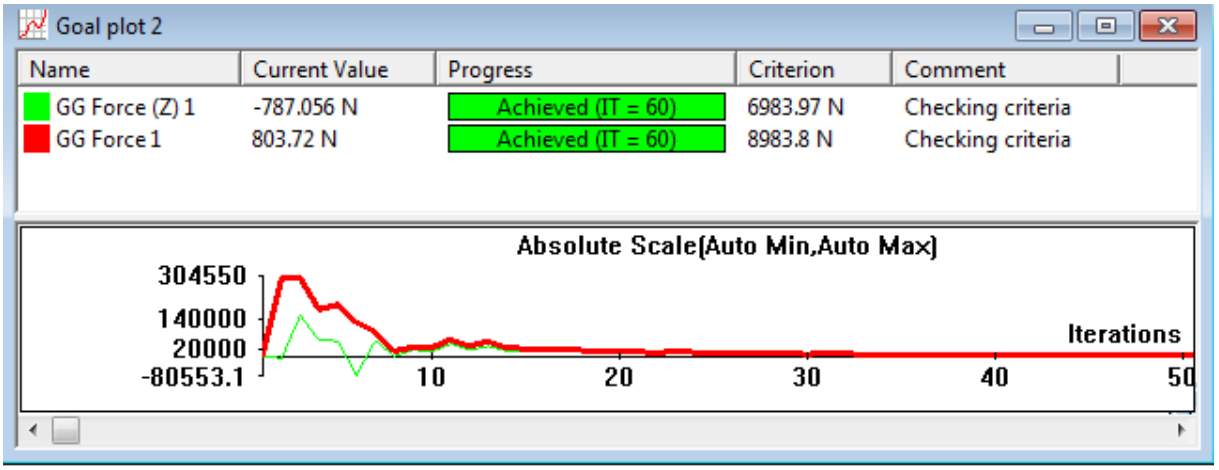


Rysunek 6.1 Amortyzator samochodowy firmy VW Buggy (1 – pierścień gumowy uszczelniający , 2- tuleja , 3 – rdzeń amortyzatora , 4 – sprężyna , 5 – cylinder , 6 – tuleja podtrzymująca , 7 – tłoczysko)

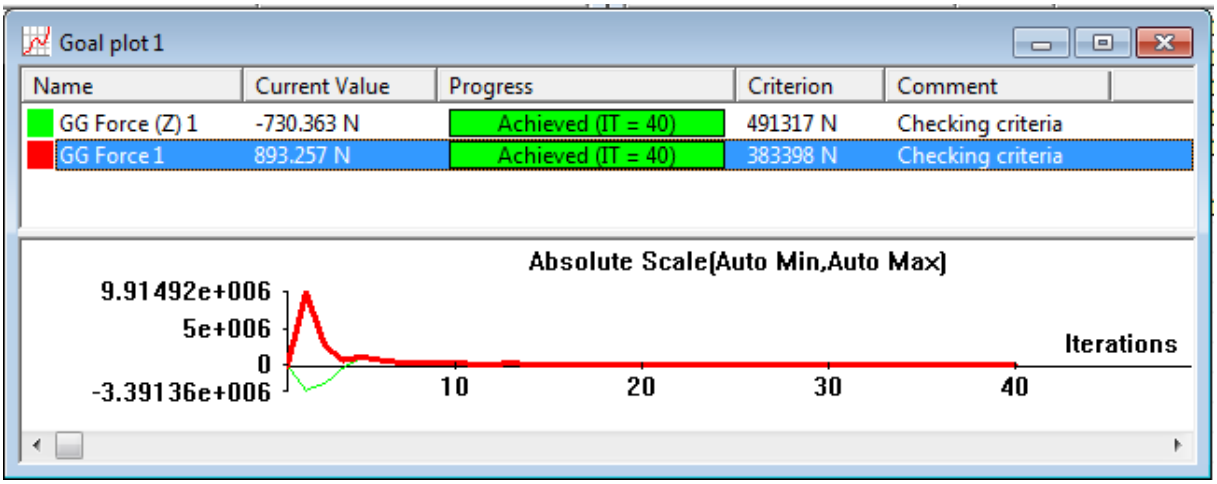
Specjalnie wybrałem spośród wielu taki amortyzator , dzięki swojej prostocie może być modyfikowany na wiele różnych sposobów. W obecnym stanie mamy do czynienia ze standardowym amortyzatorem , jednak po dodaniu zbiornika wyrównawczego i układu

sterowania zaworami (pneumatyczne) lub wykorzystaniu cieczy magnetoreuologicznej oraz układowi wzbudzającemu pole elektromagnetyczne będziemy mieli do czynienia z aktywnym amortyzatorem.

6.3 Wyniki przeprowadzonej w pakiecie SW FlowSimulation dla amortyzatora z cieczą magnetoreologiczną

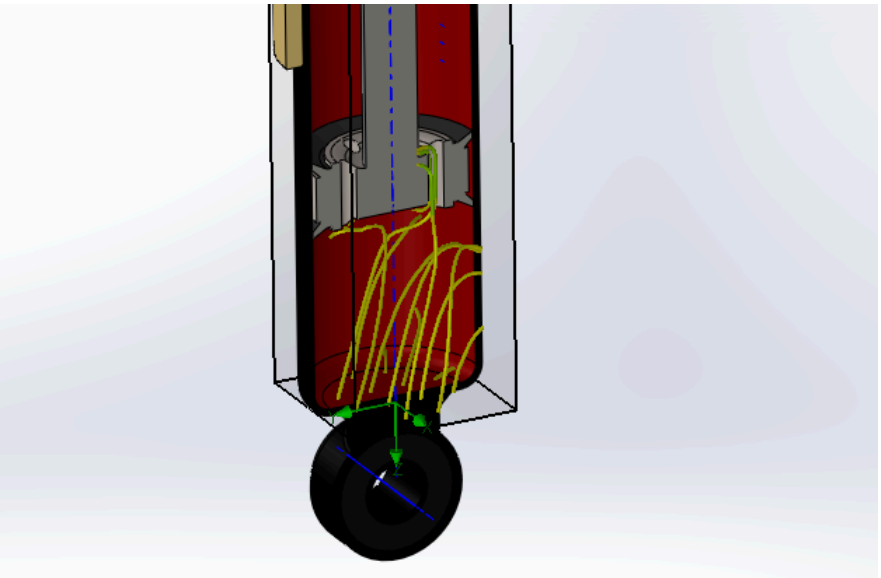


Wykres 6.1 Charakterystyka opisująca wartość siły wytłumionej w czasie bez wzbudzenia pola elektromagnetycznego

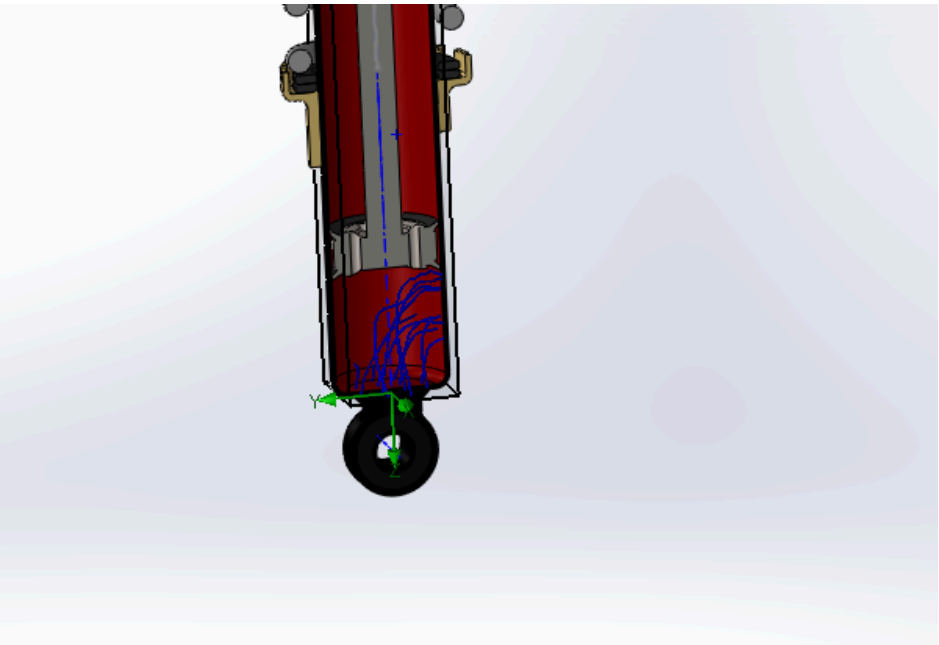


Wykres 6.2 Charakterystyka opisująca wartość siły wytłumionej w czasie z wzbudzeniem pola elektromagnetycznego

Jak możemy trafnie zauważyć jakość tłumienia amortyzatora wzrosła 3 – krotnie. Zatem co za tym idzie czas amortyzacji spadł również o taką samą wartość. Istnieje zatem zależność odwrotnie proporcjonalna między tymi dwoma wartościami. Dla celów poglądowych pokazałem również na wykresie wartość tłumienia jedynie na osi Z względem zerowego układu. Dane obrane do symulacji są identyczne takie jak w rozdziale poprzednim.



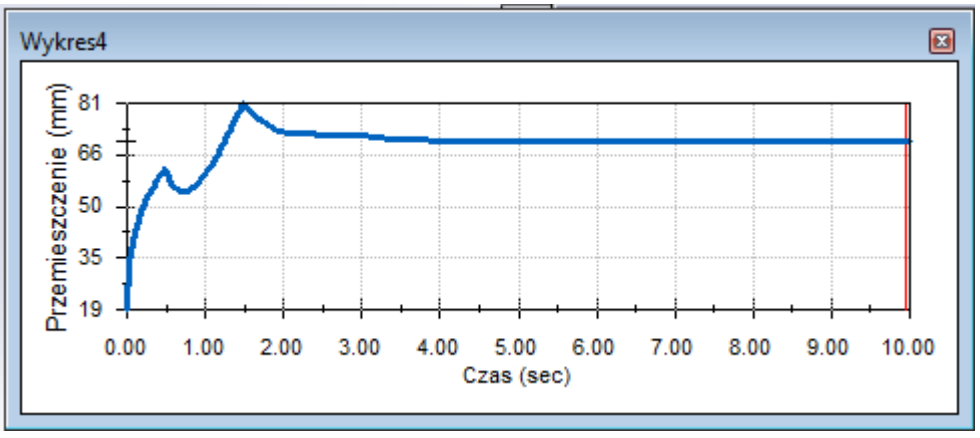
Rysunek 6.1 Zachowanie cieczy w amortyzatorze w standardowych warunkach

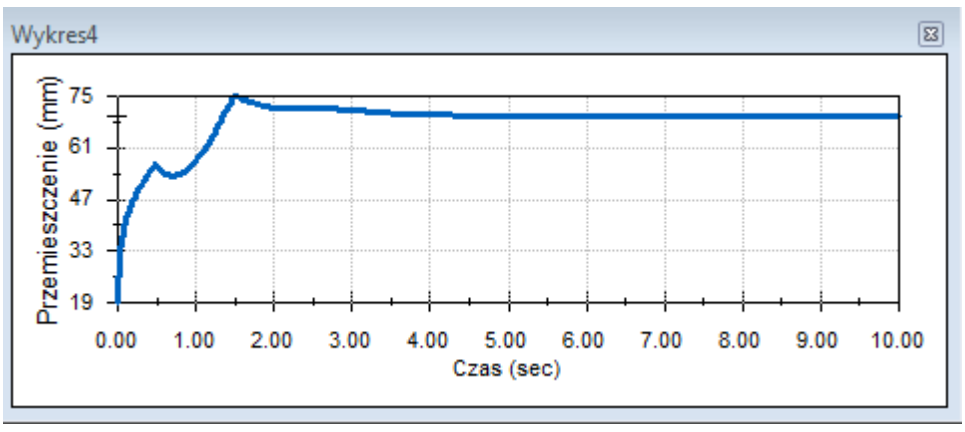


Rysunek 6.2 Zachowanie cieczy w amortyzatorze w warunkach wzbudzenia

Zachowanie się cieczy w cylindrze jest kolejnym dowodem na to , że sztywność amortyzatora wzrosła bardzo gwałtownie. Ciecz nawet nie mogła przepłynąć przez otwory w tłoczysku. Dzięki takiemu zastosowaniu dostosowujemy się do drogi w czasie rzeczywistym co jest w automatyce kluczową sprawą.

6.4 Wyniki przeprowadzonej w pakiecie SW Motion dla amortyzatora z cieczą magneto reologiczną





Porównując oba wykresy możemy zauważyć , że sztywność otrzymana podczas zmiany jakości amortyzacji tłumika wzrasta , jest to kolejne potwierdzenie tezy o przydatności cieczy MR.

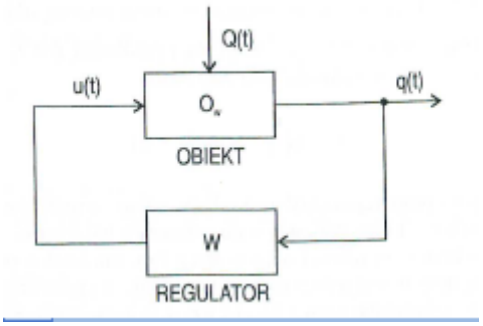
7. Sensoryka i układ sterowania amortyzatora

7.1 Wstęp

Z prowadzonych dotychczas rozważań wynika, że tradycyjne metody sterowania drganiami, z wiązane z zastosowaniem elementów pasywnych: inercyjnych i sprężystych w wielu przypadkach nie zdaje egzaminu. Układy aktywne bywają zawodne kiedy trzeba nimi sterować w czasie rzeczywistym a podłoże zmienia się dosyć często (głównie bezdroża).

Schemat postępowania przy stworzeniu odpowiedniego schematu postępowania jest następujący:

- Pierwszym krokiem jaki powinniśmy wykonać jest przedstawienie problemu w jaki sposób można sterować amortyzatorem.
- Kolejnym krokiem jest wykonanie odpowiedniego modelu schematu blokowego (Rysunek 7.1) przedstawiającego problemu i wybór regulatora (P , PI , PID).
- Projektowanie schematu elektrycznego sterownika i odpowiedni sposób wykonania płytki oraz dobranie odpowiednich czujników.
- Zaprogramowanie układu
- Implementacja i wdrożenie oraz testowanie wykonanego układu sterowania



Rysunek 7.1 Przykładowy schemat blokowy układu sterowania

Sensory stosowane w układach sterowania są: sensory przemieszczenia, nacisku i siły ,

kątu skrętu kierownicy , prędkości jazdy pojazdu , wielkości momentu obrotowego silnika.

7.2 Układ sterowania amortyzatora MR

Wzbudzanie aktywności amortyzatora powinno w tym przypadku powinno następować w bardzo krótkim czasie jak było opisane w poprzednich rozdziałach. Kierowca naciskając jeden przycisk jest w stanie zmienić twardość amortyzatora.

Zestaw czujników amortyzatora składa się z : czujnika cylindra hydraulicznego, czujnika siły i położenia liniowego.

Dane są rejestrowane i przesyłane do komputera samochodowego.

Czujnik położenia liniowego w tym przypadku został wykorzystany również jako podstawa do wzbudzenia amortyzatora MR.

7.3 Sterowanie amortyzatorem hydraulicznym

Amortyzatory hydrauliczne są nieco wolniejsze niż ich magnetoreuologiczne odpowiedniki jednak nie na tyle by kierowca odczuwał dyskomfort z jazdy.

W tym przypadku otwarcie lub zamknięcie specjalnego zaworu zwiększającego w ostateczności pojemność cylindra amortyzatora sterowane jest mikroprocesorem odbierającym sygnały z licznych czujników, np. czujnika kąta skrętu kierownicy, prędkości jazdy czy wielkości momentu obrotowego silnika

8. Podsumowanie

Amortyzatory aktywne podobnie jak łożyska elektromagnetyczne , silniki hybrydowe i inne nowoczesne mechanizmy mechatroniczne , dzięki wykorzystaniu komputerów udoskonalają do skali możliwości maksymalnych osiągów nowoczesnych samochodów nie zaniedbując przy tym komfortu i przyjemności jazdy. Postęp z dziedzin nauki mechaniki , automatyki , elektronik i robotyki zapoczątkował złotą erę motoryzacji bądź też coś nowego , innowacyjnego.

Reasumując w swojej pracy opisałem potrzebę amortyzacji i po co to się stosuje. Wymieniłem rodzaje aktywnych i semi-aktywnych amortyzatorów i wybrałem najdogodniejszy i najlepszy z nich żeby ukazać z jednej strony prostotę rozwiązania , zaś z drugiej poziom zaawansowania technicznego. Proste modele matematyczne przedstawiają charakterystykę oscylacji oraz przesunięcia i zachowania się amortyzatora.

Posiadając odpowiednie środki finansowe można zabrać się za wykonanie takiego zespołu elementów

9. Bibliografia

[1] Balkan J. Skandaliczna historia motoryzacji Pascal , Październik 2013 ISBN:

978-83-7642-225-1

[2] Kowal J. Sterowanie drganiami Gutenberg Kraków 1996 ISBN: 83-86310-06-5

[3]Maciejewski I. Kształtowanie właściwości wibroizolacyjnych układów redukcji drgań stosowanych do ochrony operatorów maszyn roboczych Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej Koszalin 2012 ISSN: 0239-7129

[4] Sapiński B. Real-Time Control of Magnetheorheological Dampers in Mechanical Systems Kraków 2008 AGH University of science ISBN: 978-83-7464-205-7

[5] Chudzikiewicz A. Simulation of Rail Vehicle Dynamics in MATLAB Environment

[6] Portal https://www.motofakty.pl

[7] Portal https://www.autokult.pl