Analiza systemowa

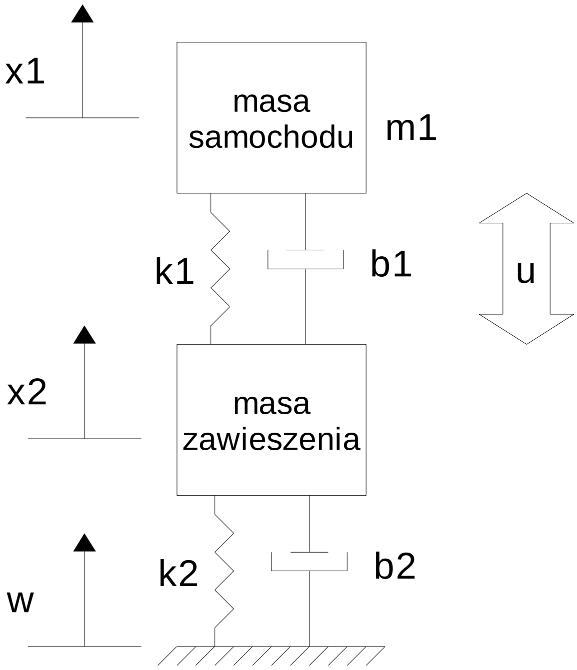
Oddziaływanie drgań na pasażera w samochodzie

Sergiusz Urbaniak, IUz-12, 2008

Treść

Wstęp

Poniższa analiza pokazuje drgania odczuwane przez pasażerów w samochodzie. Symulowany jest podskok na ulicy a następnie odczuwane drgania u pasażerów. Poniższy Rysunek przedstawia schemat blokowy modelu:



W analizie powyższego modelu są brane pod uwagę następujące składniki samochodu:

- Masa **samochodu** m_1
- Sprężystość sprężyny w samochodzie k_1
- Tłumienie amortyzatora b_1
- Podskok samochodu jest reprezentowany drogą x_1
- Masa **zawieszenia** m_2
- Sprężystość kół k_2
- Tłumienie kół b_2
- Podskok zawieszenia jest reprezentowany drogą x_2
- Uskok na **drodze** jest podany drogą w
- Odczuwane drgania opisane są drogą u

Ogólnie następujące dane są znane:

$$m_{1,} k_{1,} b_1$$
$$m_{2,} k_{2,} b_2$$
$$w$$

Szukane są następujące dane:

$$x_{1,} x_{2,} u$$

gdzie droga u określa drgania odczuwane przez pasażera. Można ją obliczyć za pomocą:

$$u = \Delta x = x1 - x2$$

Jednostki danych są następujące:

$$[u],[w],[x_n] = m$$
$$[m_n] = kg$$
$$[k_n] = \frac{N}{m}$$
$$[b_n] = \frac{Ns}{m}$$

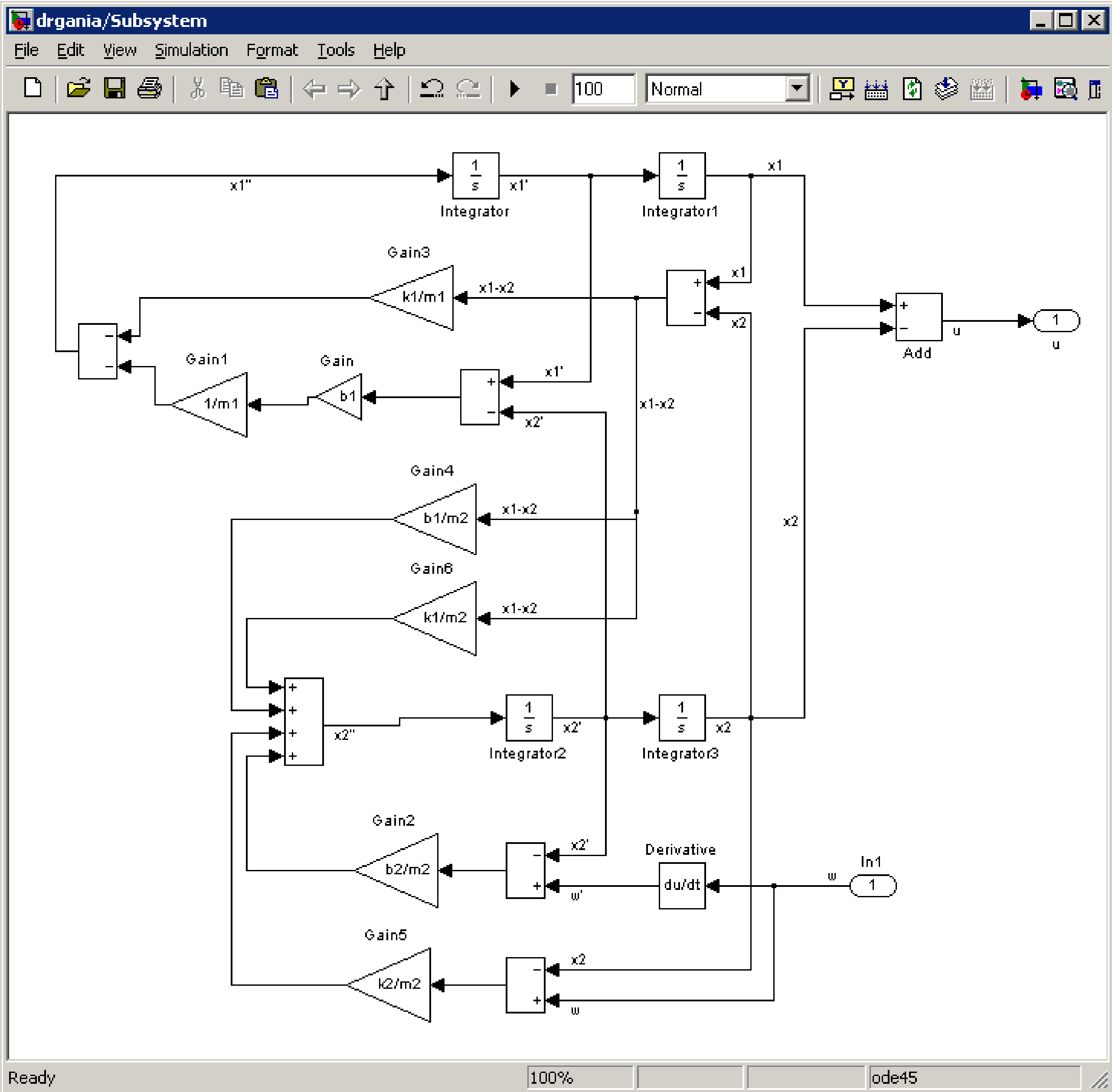
Model

Powyżej przedstawiany model blokowy może być określany za pomocą następujących równań różniczkowych:

$$\ddot{x}_1 = -\frac{b_1}{m_1}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - \frac{k_1}{m_1}(x_1 - x_2)$$
$$\ddot{x}_2 = \frac{b_1}{m_2}(x_1 - x_2) + \frac{k_1}{m_2}(x_1 - x_2) + \frac{b_2}{m_2}(\dot{w} - \dot{x}_2) + \frac{k_2}{m_2}(w - x_2)$$

Pochodne dróg $u \rightarrow \dot{u}, w \rightarrow \dot{w}, x_n \rightarrow \dot{x}_n$ określają prędkość. Drugie pochodne danych $\dot{u} \rightarrow \ddot{u}, \dot{w} \rightarrow \ddot{w}, \dot{x}_n \rightarrow \ddot{x}_n$ określają przyspieszenie. Ponieważ w wzorach są wyliczane tylko przyspieszenia dróg $x_{1,} x_2$, trzeba korzystać z integratorów w symulacji powyższego modelu aby odzyskać absolutne wartości dróg.

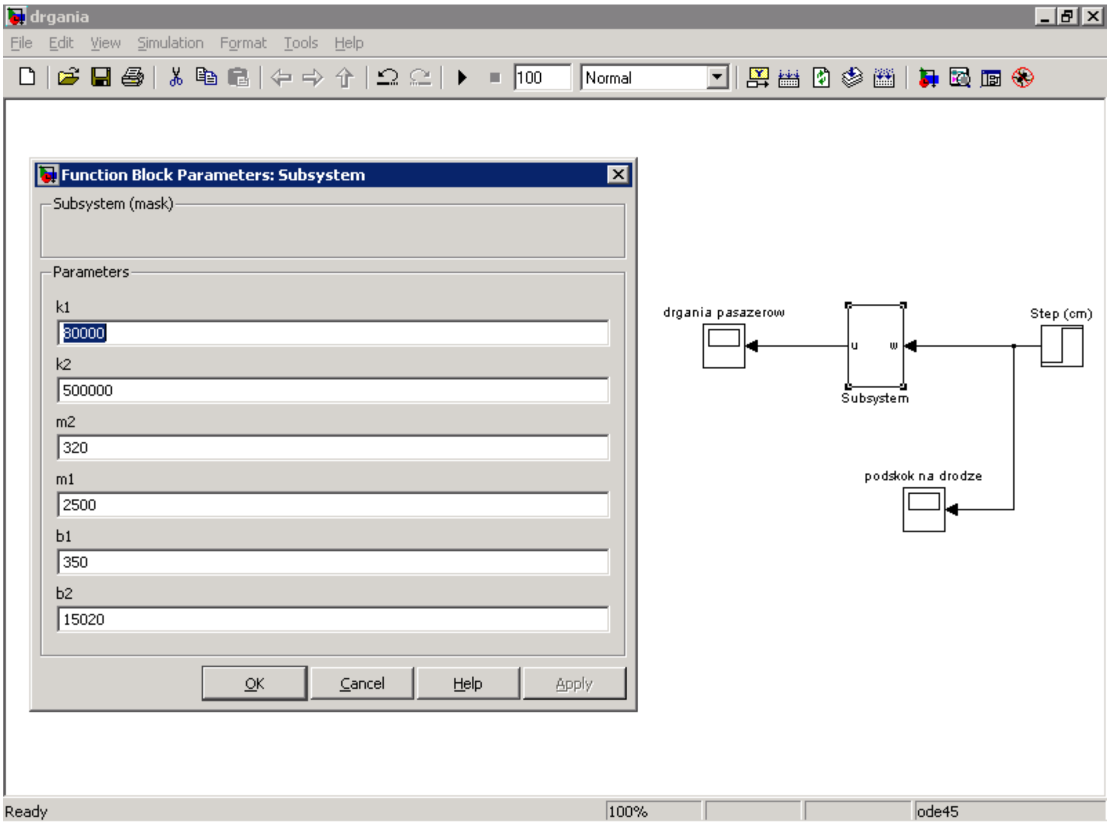
Model w Simulinku jest podany poniżej. Reprezentuję on powyżej podane wzory dla $\ddot{x}_{1,}\ddot{x}_2$ wraz z integratorami do obliczenia $x_{1,}x_2$. Sumatorem te dwa atrybuty są łączone aby obliczyć u . Model jest realizowany jako podsystem Simulinka.



Obliczana droga u jest definiowana jako wyjście. Podskok drogi w jest definiowany jako wejście.

Następujące parametry samochodu oraz zawieszenia są definiowane jako parametry subsystemu:

$$m_{1,} k_{1,} b_1$$
$$m_{2,} k_{2,} b_2$$



Cel

Celem niniejszej analizy jest badanie wpływu zmian danych $m_{1,} k_{1,} b_1$, czyli zmian parametrów samochodu na drgania odczuwane przez pasażerów reprezentowane przez drogę (przesunięcie) u .

Symulacja

Wartości stałe

Parametry zawieszenia są stałe i zawierają następujące dane:

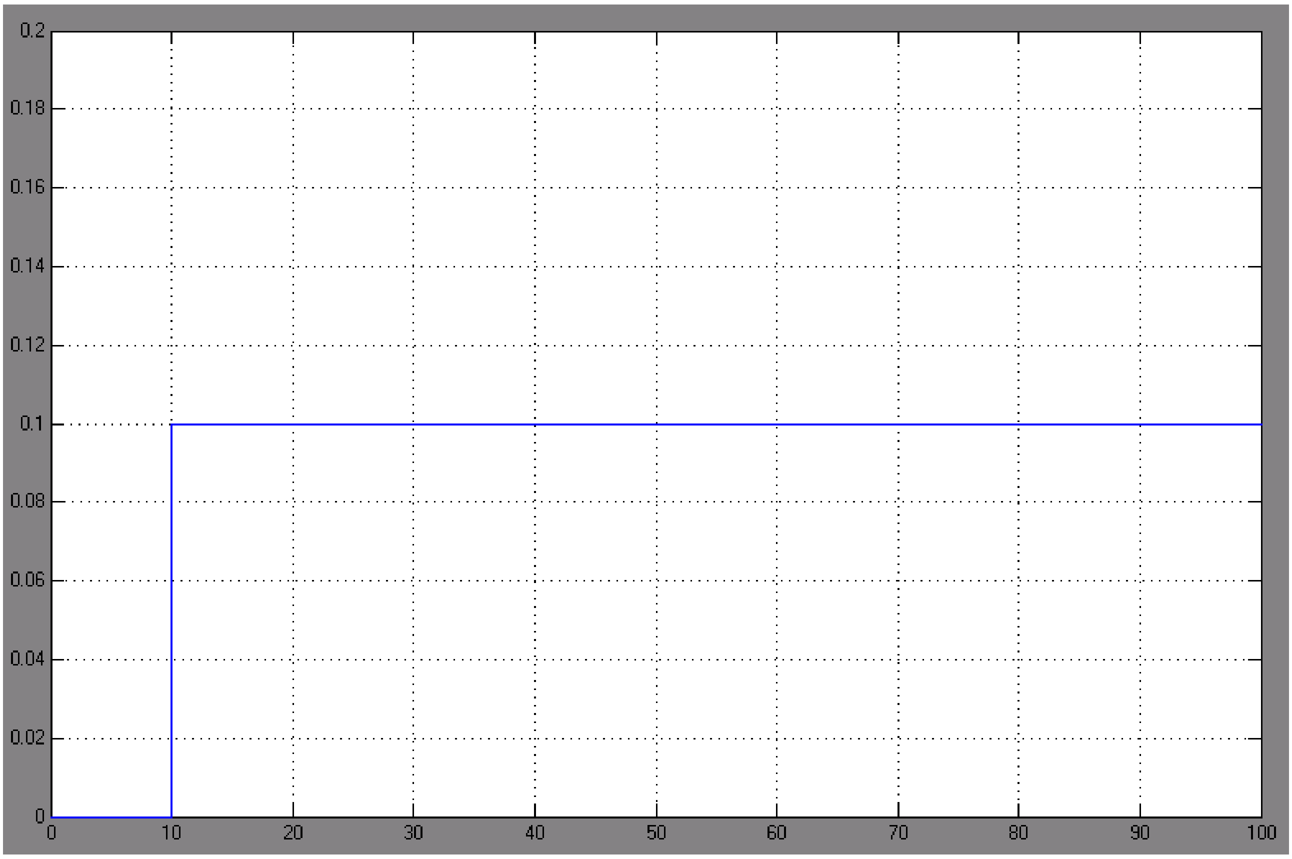
$$m2 = 320\,kg$$

$$b2 = 15020\,\frac{Ns}{m}$$

$$k2 = 500000\,\frac{N}{m}$$

Wymuszenie na wejściu (podskok)

Symulowany podskok, wyrażony zmienną w, występuję po dziesięciu sekundach i posiada wysokość 10 cm:



Analiza

Wartości początkowe

Początkowe parametry samochodu są następujące:

$$m1=2500\,kg$$

$$b1=350\,\frac{Ns}{m}$$

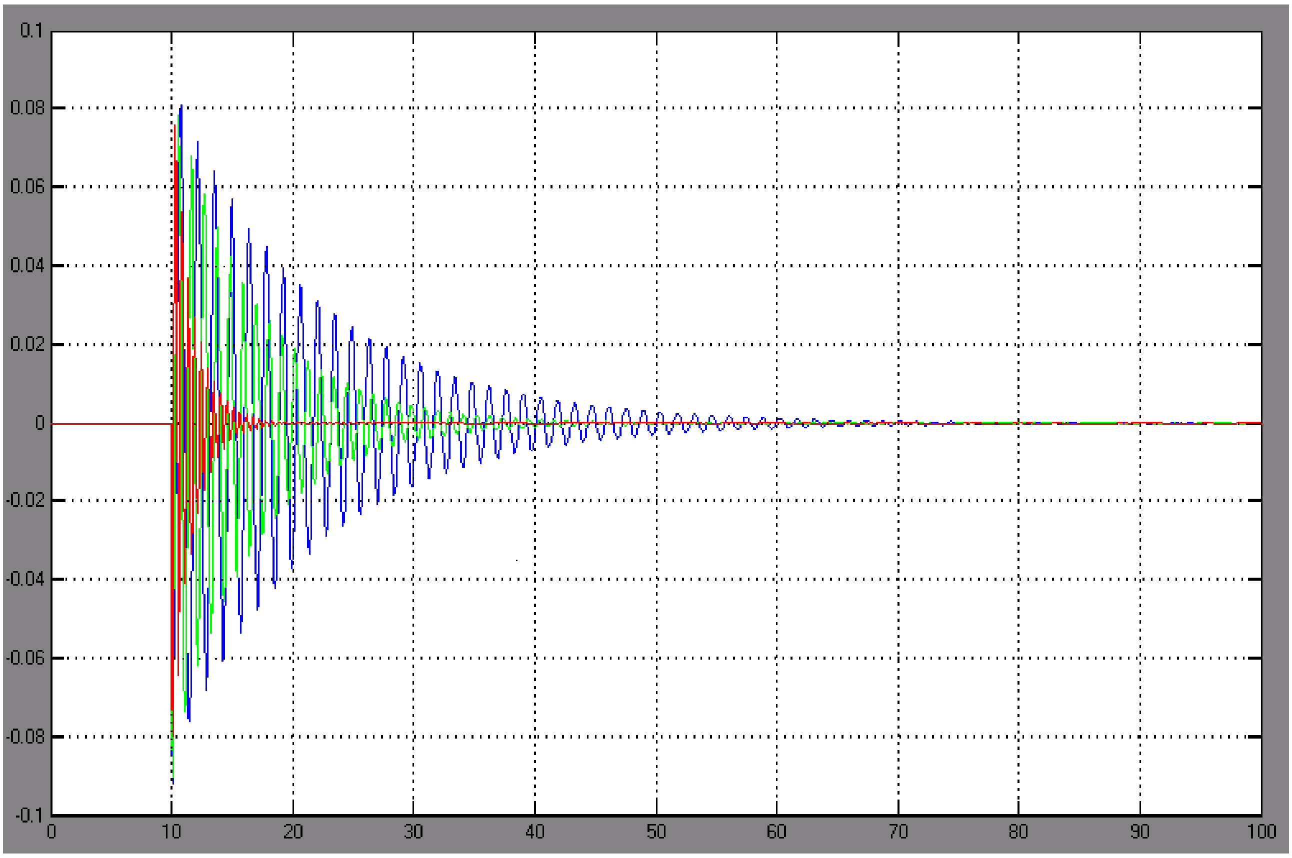
$$k1=80000\,\frac{N}{m}$$

Zmiana masy

$$b1=350\,\frac{Ns}{m}$$

$$k1=80000\,\frac{N}{m}$$

Analizowane zostały różne masy samochodu a następnie spisane długości trwania drgań



Czerwony: 500kg

Zielony: $2.000\,kg$

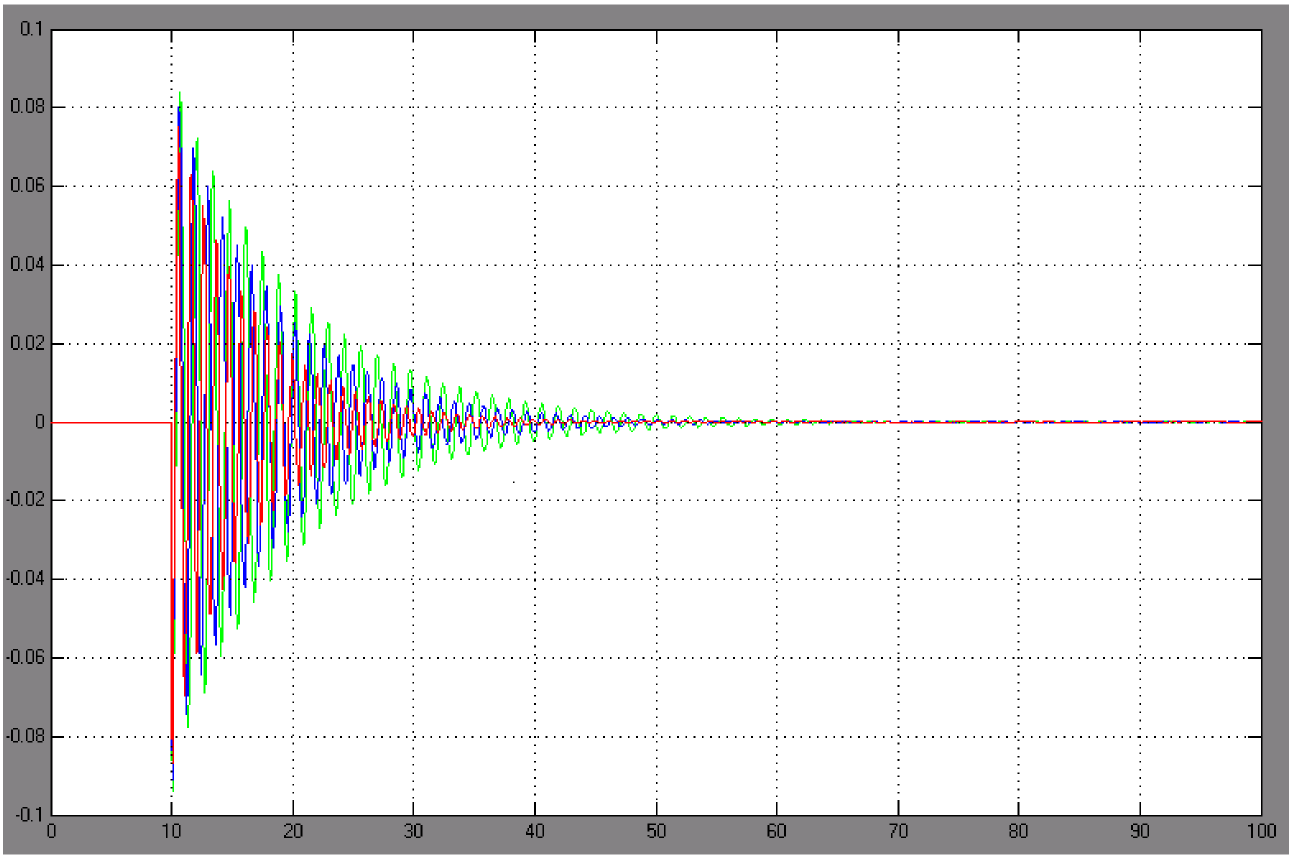
Niebieski: $3.500\,kg$

m1 [kg]	***Czas drgania [s]***
3500	70
3000	60
2500	50
1500	30
1000	20
500	10

Można zaobserwować że masa samochodu ma linearny wpływ na czas trwania drgań. Im większą masę samochód posiada, tym dłużej trwają drgania. Masa ma również wpływ na amplitudę dalszych podskoków. Im mniejsza masa, tym mniejsze podskoki.

Zmiana sprężystości

$$m1 = 2500\,kg$$
$$b1 = 350\,\frac{Ns}{m}$$



Zielony: $60.000\,\frac{N}{m}$

Niebieski: $80.000\,\frac{N}{m}$

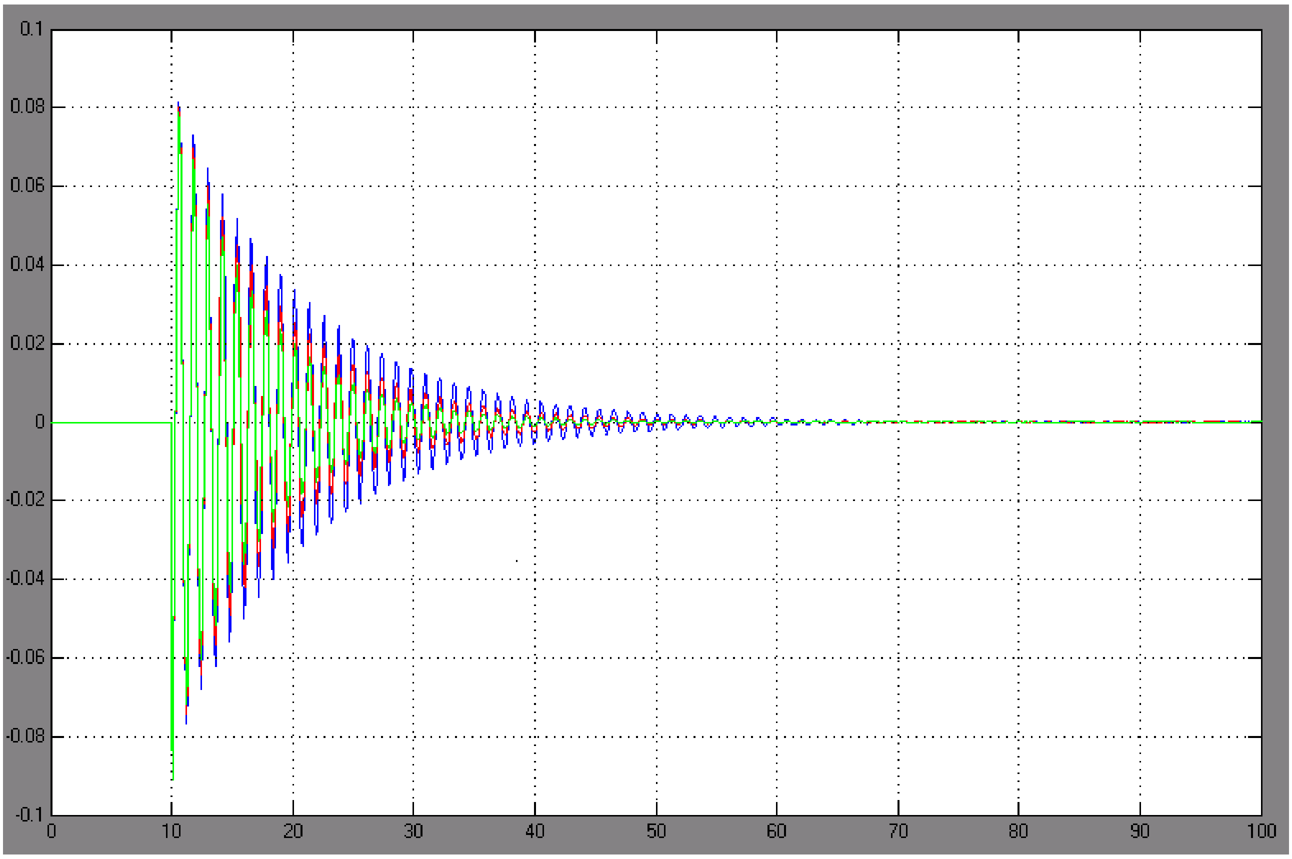
Czerwony: $100.000\,\frac{N}{m}$

Można zaobserwować że nim większa sprężystość (twardsza sprężyna) tym krótszy czas drgań odczuwanych. Również zmniejsza się wysokość odczuwanych wychyleń. Widać że częstotliwość drgań się zwiększa przy twardszej sprężynie.

Zmiana tłumienia

$$m1 = 2500\,kg$$

$$k1 = 80000\,\frac{N}{m}$$



Niebieski: $200\,\frac{Ns}{m}$

Czerwony: $350\,\frac{Ns}{m}$

Zielony: $500\,\frac{Ns}{m}$

Można podobnie jak w sprężynie zaobserwować że nim większe tłumienie tym krótszy czas drgań odczuwanych. Również zmniejsza się podobnie do zmiany parametrów sprężystości wysokość odczuwanych drgań. Jednak widać że częstotliwość drgań inaczej się zachowuje niż w sprężynie. Falę drgań są prawie idealnie w fazie a więc nie zmienia się częstotliwość odczuwanych drgań.

Podsumowanie

Masę danego samochodu można w rzeczywistości tylko minimalnie zmienić. Jednak konstrukcja samochodu ma wpływ na masę a to z kolei na czas trwania drgań odczuwanych.

Zmieniając sprężynę na twardszą wydaje się, że można byłoby zwiększyć komfort jazdy. Jednak częstotliwość drgań również by się zwiększyła co by się odbierało niekomfortem przy spotkaniu przeszkody.

Lepszym narzędziem do polepszenia komfortu jazdy jest wstawienie mocniejszego tłumika. Skraca czas tłumienia nie zmieniając częstotliwośći drgań.

Jednak żaden z analizowanych parametrów nie miał wpływ na pierwszy podskok po przejeżdżeniu przeszkody. A więc nie można letnim samochodem, twardszą sprężyną lub mocniejszym tłumikiem zapobiec wysokości wyczuwanego pierwszego „uderzenia”.

Wady modelu

Aktualny model symuluje samochód jako całość. Jednak samochód posiada więcej kół i dla każdego koła własny układ zawieszenia z różnymi parametrami sprężyn i amortyzatorów. Z tego względu w danym dokumencie opisany model nie jest w stanie sprawdzić n.p. pochylenia przód/tył/lewo/prawo odczuwalne przy podskokach na jednym lub więcej kół.