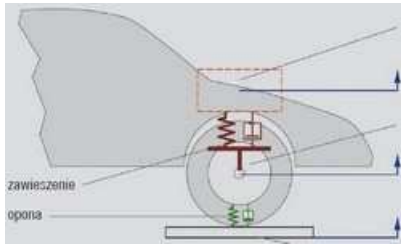


Dwa w jednym teście



Rys. Jacek Kubiś, Wimad

Schemat zawieszenia z zaznaczeniem wprowadzonych pojęć

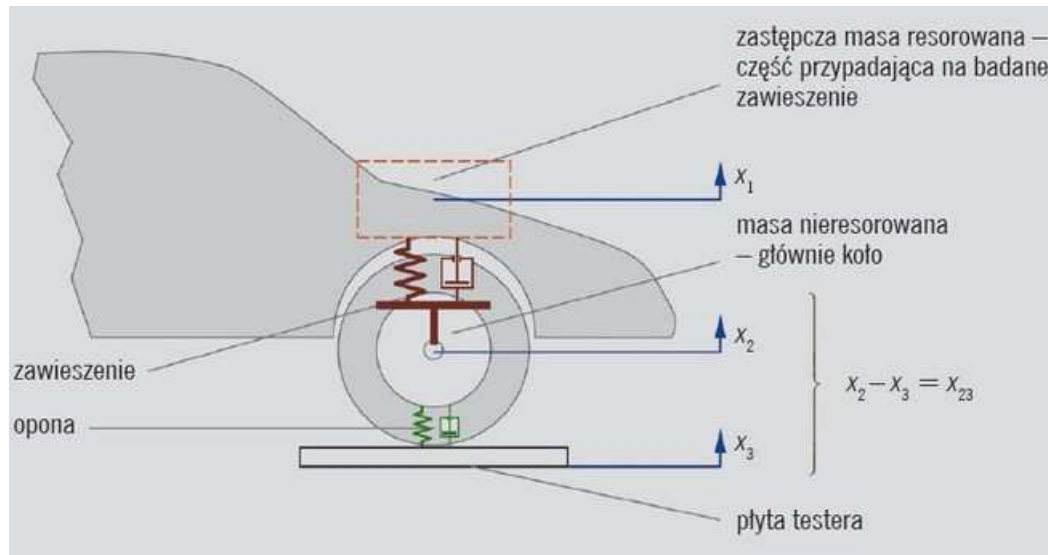
Urządzenia do kontroli zawiesznień metodą Boge badają ich działanie w przebiegach czasowych. Wyniki zależą od właściwości kompletnego zawieszenia, więc nie określają w pełni stanu samych amortyzatorów.

Podobną niedoskonałością odznaczają się alternatywne testery Eusama (działające na zasadzie pomiaru częstotliwości). Przyczyną są w obu wypadkach nieokreślone właściwości wielu elementów zawieszenia. Prezentowana niżej metoda pomiaru (a także wykorzystujący ją tester) dostarcza informacji w postaci amplitudowej (przyleganie koła do podłoża) i fazowej – rozumianej jako przesunięcie fazowe pomiędzy przebiegiem przemieszczeń koła a sinusoidą wymuszających je drgań. Wielkości te pozwalają określić wartość tłumienia w zawieszeniu. Tytuł artykułu nawiązuje właśnie do zdolności uwzględniania przez tester dwóch przeciwstawnych czynników na jednym obrazie dla całego zakresu częstotliwości pracy zawieszenia.

Badane parametry

Podczas ruchu pojazdu po nierównej powierzchni następują deformacje sprężystej opony oraz przemieszczenia elementów zawieszenia. Amortyzator zamontowany pomiędzy masą nieresorowaną i resorowaną rozprasza energię kinetyczną generowaną przez nie na skutek oddziaływania nierówności drogi. Amortyzatory zużywają się stopniowo, a oznakami zużycia mogą być: wyciek płynu, nadmierne "nurkowanie" podczas hamowania, zbyt częste ingerencje układu stabilizacji jazdy, "wynoszenie" i kołysanie pojazdu na zakrętach, zbaczanie obranego kursu pod wpływem bocznego wiatru, oślepianie jadących z przeciwka podczas jazdy po nierównej nawierzchni, nieregularne zużycie opon, drgania układu kierowniczego, zawieszenia i nadwozia.

Badanie stanu zawieszenia testerem dwufazowym trwa kilka minut i dostarcza następujących danych: przyleganie (współczynnik Eusama) - pierwsza faza, przesunięcie fazowe (tłumienie) – druga faza, różnica przesunięcia fazowego poszczególnych kół (lewe-prawe, przód-tył), komfort jazdy, sztywność dynamiczna, izolacja wibracji wysokoczęstotliwościowych.



Schemat zawieszenia z zaznaczeniem wprowadzonych pojęć

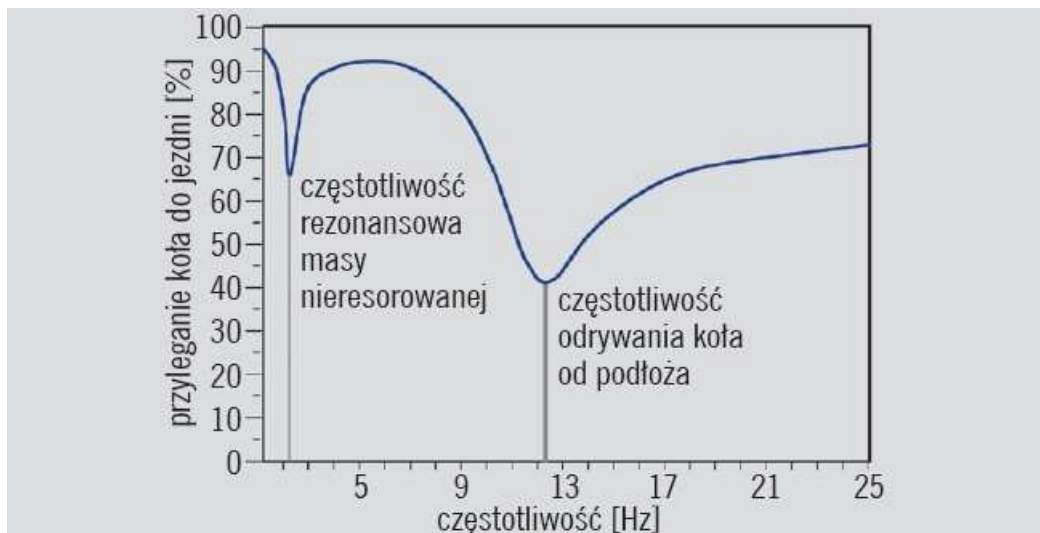
Przyleganie

Tak nazywa się minimalną siłę wywieraną przez koło na płytę testera w krytycznym momencie testu. Ta sama siła podczas jazdy zapewnia przyczepność opony do nawierzchni, a więc ma istotny wpływ na bezpieczne prowadzenie pojazdu. Amortyzatory, tłumiąc pionowe drgania kół, powinny zapewniać dobry kontakt wszystkich kół z nawierzchnią.

Podczas drgań masy nieresorowanej z częstotliwością rezonansową przemieszczenie koła względem płyty testera jest największe, a wartość przylegania osiąga minimum. Rezonans ten występuje zazwyczaj w paśmie częstotliwości 10-20 Hz i jest właściwością charakterystyczną danego zawieszenia jako układu dynamicznego. Jeżeli koło traci kontakt z płytą podczas pomiaru, wartość przylegania wynosi zero.



Graficzna interpretacja przylegania

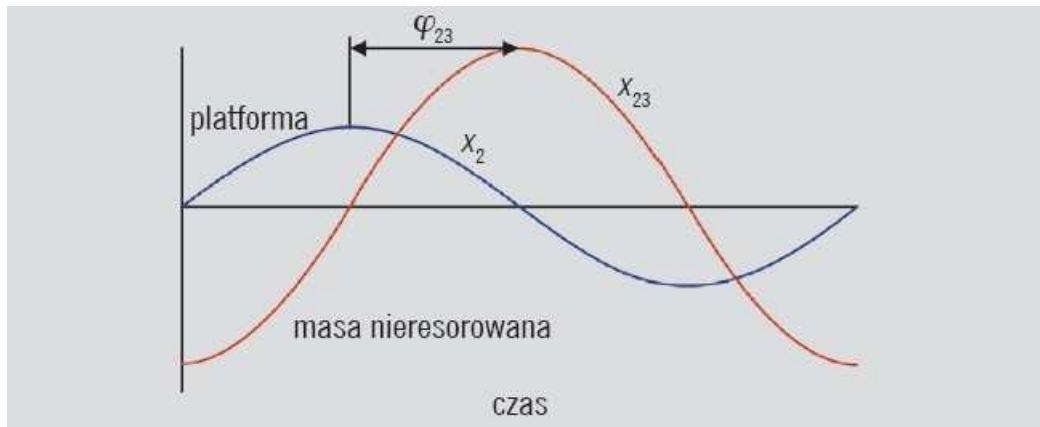


Funkcja przyczepności i częstotliwości rezonansowej

Kąt przesunięcia fazowego (tłumienie)

Jest to różnica kątowa między sinusoidalnym wykresem przemieszczeń płyty testera a sinusoidalnymi zmianami pionowej składowej siły kontaktu między oponą a płytą testera (z dokładnością uwzględniającą prędkość odkształcania się opony pod działaniem tej siły).

Przemieszczenie lub przyspieszenie masy nieresorowanej (koła) względem płyty (platformy) testera jest proporcjonalne do chwilowej wartości pionowej siły ich wzajemnego docisku. Dlatego jest ono największe, gdy przesunięcie fazowe wynosi 0° . Całkowita amplituda przemieszczenia masy nieresorowanej względem podłoża zmniejsza się wraz ze wzrostem przesunięcia fazowego, nawet jeżeli zmierzone przyleganie się nie zmienia.



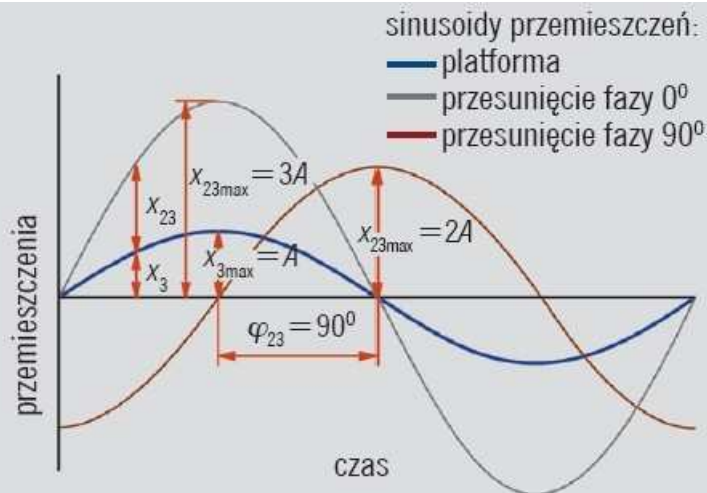
Wyjaśnienie pojęcia kąta przesunięcia fazowego

Ponieważ siła nacisku opony na płytę testera jest proporcjonalna do wzajemnego ich przemieszczenia się, kąt przesunięcia fazowego może być określony jako kątowa różnica pomiędzy sinusoidalnym przemieszczeniem pionowym płyty testera x_3 a przemieszczeniem koła względem płyty testera x_{23} . Wielkość przesunięcia fazowego dla tego samego przylegania lub przemieszczenia x_{23} znacząco wpływa na przyspieszenie masy nieresorowanej i rozproszenie energii kinetycznej przez zawieszenie.

Istotny jest tu minimalny kąt przesunięcia fazowego występujący w zakresie drgań między częstotliwościami rezonansowymi masy resorowanej i nieresorowanej. Częstotliwość rezonansowa masy resorowanej (nadwozia) mieści się w zakresie pomiędzy 1-3 Hz. Przy tej częstotliwości, jeśli tłumienie drgań zawieszenia nie występuje, to przesunięcia fazowe: $\varphi_{23} = \varphi_2 - \varphi_3 = 180^\circ$ i $\varphi_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = 0^\circ$, a przemieszczenie x_{12} masy resorowanej względem nieresorowanej (koła) jest największe. Wzrost tłumienia zmniejsza wtedy amplitudę przemieszczenia i przesunięcie fazowe φ_{23} .

Jeśli przy częstotliwości rezonansowej masy nieresorowanej (koła) 10-20 Hz tłumienie drgań zawieszenia nie występuje, to przesunięcie fazowe $\varphi_{23} = 0^\circ$, a przemieszczenie x_{23} osiąga wartość maksymalną, czyli minimalny staje się docisk koła do platformy testera. Wzrost tłumienia zmniejsza przemieszczenie i zwiększa przesunięcie fazowe (tłumienie). Poniżej częstotliwości rezonansowej brak tłumienia oznacza też oczywiście kąt przesunięcia fazowego $\varphi_{23} = 0^\circ$.

Gdy tłumienie drgań zawieszenia jest dobrane właściwie, następuje płynne opóźnianie reakcji koła na przemieszczanie się platformy testera w zakresie częstotliwości zbliżonych do rezonansowej. Wtedy minimalne przesunięcie fazowe φ_{23} ustali się powyżej 90° .



Dla $x_{23\max} = 2A$, jeśli $\varphi_{23} = 0^{\circ}$, $x_{2\max} = 3A$ Jeśli $\varphi_{23} = 90^{\circ}$, $x_{2\max} = 2A$

Amplituda całkowitego przemieszczenia względem podłoża masy nieresorowanej (koła) x_2 wynosi:

$$x_2 = x_{23} + x_3 = x_{23\max} \cos(\varphi_3 - \varphi_{23}) + A \cos(\varphi_3)$$

gdzie:

x_3 jest przemieszczeniem płyty testera

A jest amplitudą płyty testera

φ_{23} jest kątem przesunięcia fazowego między przemieszczeniem płyty testera x_3 a przemieszczeniem koła względem płyty testera x_{23}

x_{23} jest przemieszczeniem masy nieresorowanej (koła) względem płyty testera

Największy i najmniejszy kąt przesunięcia fazowego przy identycznym przyleganiu

Bezwzględny współczynnik tłumienia jest stosunkiem siły oporu amortyzatora do prędkości przemieszczenia się jego tłoka względem cylindra. Względny współczynnik tłumienia jest z kolei stosunkiem wartości rzeczywistej współczynnika bezwzględnego do jego wartości krytycznej równej 1, przy której przemieszczenie traci przebieg sinusoidalny, gdyż zawieszenie po ugięciu wraca do położenia równowagi, lecz go nie przekracza.

Izolacja wibracji wysokoczęstotliwościowych

Jest to zmierzone, wyrażone w procentach zmniejszenie wejściowych drgań płyty testera w paśmie 20-25 Hz przez ich rozpraszanie w zawieszeniu.

Materiały: Hunter Engineering Company



Zenon Majkut

Wimad Spółka Jawna