

Laboratorium Wentylacji i Klimatyzacji
Ćwiczenie nr 1
Wibroizolacja – Badanie dynamiki układu
(Matlab / Scilab)

Politechnika Wrocławska

15 listopada 2021



Spis treści

1	Informacje podstawowe	2
1.1	Sprzęt i narzędzia wykorzystywane podczas ćwiczenia	2
1.2	Cel ćwiczenia	2
1.3	Problematyka, przebieg ćwiczenia	2
1.4	Jak się przygotować do ćwiczenia?	3
2	Realizacja ćwiczenia	4
2.1	Czym jest układ wibroizolacji?	4
2.2	Jakie równania są związane z układem wibroizolacji?	4
2.3	Jakie są przykładowe wartości współczynników równania różniczkowego układu wibroizolacji?	4
2.4	Przebieg ćwiczenia	5
2.5	Przygotowanie sprawozdania	6
3	Oznaczenia	7

1 Informacje podstawowe

W sekcji *informacje podstawowe* zebrano wyłącznie najważniejsze i bardzo skondensowane informacje dotyczące ćwiczenia. Warto bardzo dokładnie zapoznać się z tym krótkim fragmentem tekstu.

1.1 Sprzęt i narzędzia wykorzystywane podczas ćwiczenia

Podczas ćwiczenia studenci będą pracowali z oprogramowaniem do przeprowadzania symulacji komputerowych Matlab lub Scilab.

1.2 Cel ćwiczenia

Przeprowadzenie ćwiczenia wiąże się z realizacją następujących celów:

1. ugruntowanie wiedzy dotyczącej drgań i wibroizolacji;
2. nabycie praktyki w korzystaniu z profesjonalnego oprogramowania do symulacji komputerowych i inżynierskich;
3. zdobycie rozeznania w tematyce modelowania.

1.3 Problematyka, przebieg ćwiczenia

Uczestnicy laboratorium, na wczesnym etapie edukacji, uczyli się rozwiązywać równania różniczkowe metodami analizy matematycznej. Dzięki umiejętności rozwiązywania równań różniczkowych można przewidywać wiele zjawisk fizycznych. Jeżeli pewne zjawiska można przewidzieć przy pomocy matematyki, to często można zaoszczędzić ogromne kwoty na niepotrzebne próby i testy.

Podczas zajęć studenci zbudują narzędzie do precyzyjnego przewidywania, jak będzie zachowywał się układ wibroizolacji. Co ważne, uczestnicy zajęć będą pracowali z równaniem różniczkowym, ale tak naprawdę z pominięciem skomplikowanych operacji matematycznych. Będzie to możliwe dzięki zastosowaniu technik symulacji komputerowych.

Ważne

Symulacje komputerowe pozwalają inżynierom przewidywać skomplikowane procesy fizyczne. Czy projektowane urządzenie będzie bezpieczne? Czy spełni oczekiwania klienta? Inżynier może sprawdzić, jak będzie działało urządzenie, zanim jeszcze powstanie.

1.4 Jak się przygotować do ćwiczenia?

Warto zapoznać się z dalszą częścią instrukcji, w szczególności należałoby przed ćwiczeniem przemyśleć i zgłębić kilka zagadnień:

- Czym jest rezonans?
- Co w rzeczywistości określa współczynnik sprężystości k ?
- Jakie parametry mierzą podstawowe czujniki drgań dostępne w sprzedaży? Ile kosztują mierniki drgań?
- Po co mierzy się drgania maszyn? Co oznacza pojęcie „predictive maintenance”?

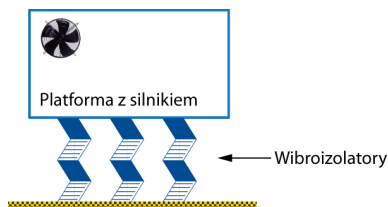
Chcąc uzupełnić wiedzę można zapoznać się z instrukcjami do innych ćwiczeń dotyczących wibroizolacji.

2 Realizacja ćwiczenia

W sekcji *realizacja ćwiczenia* opisano bardziej szczegółowo kluczowe kwestie związane z przeprowadzaniem ćwiczenia. Część tekstu powstała w oparciu o doświadczenia uczestników poprzednich edycji ćwiczeń, aby eliminować najczęstsze błędy popełniane podczas realizacji ćwiczenia.

2.1 Czym jest układ wibroizolacji?

W najprostszym ujęciu, układ wibroizolacji to maszyna/urządzenie posadzone na wibroizolatorach. Wibroizolator to element posiadający właściwości sprężyste i tłumiące. Właściwości sprężyste są charakteryzowane przez parametr k , natomiast właściwości tłumiące przez parametr c . Na rysunku 1 zamieszczono poglądowy schemat układu wibroizolacji.



Rysunek 1: Poglądowy schemat układu wibroizolacji.

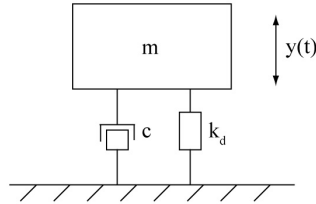
2.2 Jakie równania są związane z układem wibroizolacji?

Podstawowy układ wibroizolacji jest opisany równaniem różniczkowym 1. Każdy parametr w równaniu odpowiada za matematyczny opis konkretnych właściwości fizycznych. Podstawowe parametry równania różniczkowego zostały oznaczone na rysunku 2.

$$F_0 \sin(\omega t) = m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c \frac{dy(t)}{dt} + ky(t) \quad (1)$$

2.3 Jakie są przykładowe wartości współczynników równania różniczkowego układu wibroizolacji?

W tabeli 1 przedstawiono parametry rzeczywistego układu wibroizolacji, którego badania odbywały się na Politechnice Wrocławskiej. Przebadano dwukrotnie tę samą platformę z silnikiem, ale przy różnych wibroizolatorach. Dzięki temu zebrano materiały do wykonywania analizy porównawczej między wibroizolatorami sprężynowymi i gumowymi.



Rysunek 2: Schemat układu wibroizolacji z naniesionymi głównymi parametrami, które występują w równaniu różniczkowym.

Tablica 1: Parametry platformy wibracyjnej w dwóch wariantach wibroizolacji.

	k	c	m
	$\frac{N}{m}$	$\frac{N}{kg}$	kg
Wibr. gumowy	$1,3 \times 10^6$	$2,5 \times 10^3$	242,4
Wibr. sprężynowy	$0,2 \times 10^6$	$0,8 \times 10^3$	242,4

2.4 Przebieg ćwiczenia

Podczas ćwiczenia należy zrealizować następujący zestaw czynności:

1. Przepisz równanie różniczkowe układu wibroizolacji na swoją kartkę (do swojego sprawozdania). Przygotuj legendę, gdzie zamieścisz opis każdego parametru występującego w równaniach. Jeżeli to możliwe podaj w legendzie wartości każdego parametru. Prowadzący może zalecić, aby uwzględnić parametry z tabeli 1.
2. Oblicz f_r [Hz] (częstotliwość drgań swobodnych/własnych, tj. częstotliwość rezonansową) układu wibroizolacji, którego parametry zostały określone w poprzednim kroku.
3. W programie Matlab Simulink wykonaj model układu wibroizolacji opisanego równaniem jednorodnym (korzystając z równania 1). Po uruchomieniu symulacji, wszystkie parametry ruchu (przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie) powinny mieć wartość zero.
4. Dodaj masę obciążającą o wartości 100 kg, która zaczyna obciążać układ wibroizolacji w 1 sekundzie. Dzięki temu na wszystkich wykresach przez pierwszą sekundę będzie można obserwować układ bez wymuszenia (brak ruchu).

2.5 Przygotowanie sprawozdania

Poprawnie przeprowadzona symulacja komputerowa pozwala na wyciąganie szczegółowych wniosków, dotyczących działania rzeczywistego układu wibroizolacji. Wykorzystując **wyniki symulacji** oraz **własną wiedzę** każdy uczestnik zajęć powinien odpowiedzieć na poniższe pytania. Pamiętaj, że odpowiedzi na pytania możesz ilustrować własnoręcznie przerysowanymi wykresami (widok okienka scope).

Ważne

Wyniki symulacji powinny potwierdzać **własną wiedzę** uczestników zajęć. Laboratorium jest dobrą okazją do zweryfikowania i utrwalenia posiadanej przez siebie wiedzy.

1. Oblicz na kartce (bez komputera, bez analizowania wyników symulacji) jak bardzo ugnie się układ pod wpływem obciążenia go dodatkową masą?
2. Czy przemieszczenie w stanie ustalonym (chodzi o stan ustalony po obciążeniu dodatkową masą) jest równe obliczonemu ugięciu?
3. Odczytaj z wykresów, z jaką częstotliwością oscylują parametry ruchu układu? Parametry ruchu to: przemieszczenie, prędkość i przyspieszenie. Nie rozpatruj czasu symulacji, w którym drgania nie występują.
4. Czy odczytane z wykresu częstotliwości są równe obliczonej w punkcie 2 (sekcja 2.4) częstotliwości drgań własnych układu?
5. Odczytaj z wykresów, jaki jest okres drgań parametrów ruchu układu? Nie rozpatruj czasu symulacji, w którym drgania nie występują.
6. Czy częstotliwości drgań wszystkich parametrów ruchu są sobie równe? Czy możesz to wyjaśnić?
7. Czy można częstotliwości drgań parametrów ruchu wyliczyć? Jeżeli tak to oblicz te częstotliwości drgań, napisz wszystkie wzory i podaj konkretne wartości liczbowe wraz z jednostkami.
8. Jakie zależności fazowe (przesunięcie w fazie) między przemieszczeniem, prędkością i przyspieszeniem można odczytać z wykresów? W praktyce najczęściej podaje się dwa przesunięcia w fazie:
 - (a) Jak prędkość jest przesunięta względem przemieszczenia?
 - (b) Jak przyspieszenie jest przesunięte względem prędkości?
9. W której chwili czasowej (po jakim czasie) można uznać, że układ jest w stanie ustalonym?

3 Oznaczenia

c - stała tłumienia

f - częstotliwość drgań, s^{-1}

f_R - częstotliwość rezonansowa, s^{-1}

ω - częstość drgań, rad/s

F - siła, N

F_0 - amplituda drgań siły wymuszającej, N

k - współczynnik sprężystości, $N m^{-1}$

m - masa, kg

$M_w R_m$ - iloczyn masy wirującej i promienia mimośrodowości, $kg m$

t - czas, s

y - amplituda drgań, m