

Laboratorium Wentylacji i Klimatyzacji
Ćwiczenie nr 18
Wibroizolacja bierna (Matlab)

Politechnika Wrocławska

13 kwietnia 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?	2
2	Realizacja ćwiczenia	3
2.1	Problem do rozwiązania	3
2.2	Co należy zrobić?	3
2.3	Jak przygotować symulację?	3
2.4	Jak wprowadzić równania do komputera?	4
2.5	Ostrzeżenia	5
2.6	Jak przygotować wnioski?	5

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 symulacji i modelowania: MATLAB, SciLab lub Octave.

1.2 Cel ćwiczenia

Przeprowadzenie ćwiczenia wiąże się z realizacją następujących celów:

1. ugruntowanie wiedzy dotyczącej zagadnień ograniczania drgań;
2. nabycie praktyki w korzystaniu z programów symulacyjnych (np. MATLAB, SciLab, Octave).

1.3 Problematyka, przebieg ćwiczenia

Ćwiczenie polega na rozwiązaniu problemu nadmiernych drgań w miejscu pracy. Uczestnicy mają dobrać odpowiednie krzeselka (krzeselka z *amortyzacją*), aby szkodliwe drgania podłoża nie wpływały negatywnie na człowieka.

Ważne

Ćwiczenie laboratoryjne dotyka aspektów omawianych podczas wykładu oraz podczas ćwiczeń audytoryjnych z przedmiotu **Hałas i Wibracje**. Warto zajrzeć do własnych notatek i przypomnieć sobie materiał z już odbytych zajęć. Tylko wtedy wiedza uczestników studiów będzie systematycznie się powiększała.

1.4 Jak się przygotować do ćwiczenia?

Warto zapoznać się z dalszą częścią instrukcji, choć najpierw poleca się przejrzeć pozostałe instrukcje do laboratoriów z zakresu 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 Problem do rozwiązania

W pewnym zakładzie pracownicy nieustannie skarżyli się na dolegliwości zdrowotne. Wewnętrzna kontrola wykazała, że prawdopodobnie problem tkwi w zbyt „mocnych” drganiach, na które narażeni są pracownicy. Okazało się, że na jednym z przebadanych stanowisk pracy podłoga drga z amplitudą 0,1 mm, przy częstotliwości 8 Hz. Szybko podjęto decyzję, że należy ograniczyć amplitudę drgań, którym poddawany jest pracownik na tym stanowisku. Ustalono (z wykresu odczuwalności drgań podłoża¹), że najwyższa akceptowalna amplituda to 0,01 mm. Postanowiono zastosować fotel z wibroizolacją, którego masa to 100 kg. Istnieje możliwość wyboru wibroizatorów, które zostały zebrane w tabeli 1.

Tablica 1: Przykładowe opcje konfiguracyjne wibroizatorów kompatybilnych z krzesłem operatorskim 100 kg.

Oznaczenie	$k \text{ N/m}$	$c \text{ (N} \cdot \text{s)/m}$
A	15665,04	623,292
B	15665,04	311,646
C	24476,62	389,5575
D	43513,99	259,705
E	31969,46	222,6043

2.2 Co należy zrobić?

Należy sprawdzić, które wibroizatory będą dobrze spełniały swoje zadanie, a które w ogóle nie mogą być brane pod uwagę. Sprawdzenia należy dokonać przy założeniu, że fotel będzie obsługiwała naprzemiennie osoba o masie 55 kg lub 80 kg. W ramach procedury sprawdzania należy wypełnić tabelę 2. W razie potrzeby, we własnym zakresie, można przygotować dodatkowe tabele pomocnicze.

2.3 Jak przygotować symulację?

Należy wprowadzić równanie różniczkowe opisujące układ wibroizacji do programu symulacyjnego. Sam układ drgającej masy (drgającego krzesła)

¹Wykres był omawiany na wykładzie i podczas ćwiczeń.

może być opisany równaniem 1, gdzie $y(t)$ to przemieszczenie krzeselka w czasie. Jest to równanie jednorodne, to znaczy nie działa żadna zewnętrzna siła wymuszająca (po prawej stronie jest przyrównanie do zera). Równanie w takiej postaci powinno być w notatkach uczestników wcześniejszych zajęć.

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c \frac{dy(t)}{dt} + ky(t) = 0 \quad (1)$$

Równanie 1 należy wzbogacić o drgania podłoża (wprowadzić kolejny parametr, jakim jest przemieszczenie podłoża z). Podłoże może być opisane równaniem 2.

$$c \frac{dz(t)}{dt} + kz(t) = 0 \quad (2)$$

Łącząc równanie 1 i 2 można otrzymać zależność 3.

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c \frac{dy(t)}{dt} + ky(t) = c \frac{dz(t)}{dt} + kz(t) \quad (3)$$

Przekształcając zależność 3 do postaci równania jednorodnego można otrzymać wzór 4. Równanie 4 łączy przemieszczenie krzeselka y i przemieszczenie z podłoża w czasie.

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c \left(\frac{dy(t)}{dt} - \frac{dz(t)}{dt} \right) + k(y(t) - z(t)) = 0 \quad (4)$$

Przemieszczenie podłoża z jest tak naprawdę opisane zależnością 5, gdzie z_0 to amplituda drgań podłoża. Odpowiednio łącząc równania 4 i 5 można wprowadzić do komputera cały problem i oczekiwać, że maszyna rozwiąże całe zagadnienie za człowieka. A człowiek będzie jedynie obserwował jak przemieszczenie podłoża z przekłada się na przemieszczenie krzeselka y .

$$z(t) = z_0 \sin(\omega t) \quad (5)$$

2.4 Jak wprowadzić równania do komputera?

Najwygodniej wprowadzić równania w graficznej nakładce, takiej jak Simulink lub Xcos. Warto postępować według następujących kroków:

1. Przekształcić równanie 4 do takiej postaci, aby po jednej stronie mieć przyspieszenie. Nie trzeba nic liczyć, wystarczy „przerzucić” na drugą stronę.
2. Wprowadzić przekształcone równanie 4 do programu Matlab Simulink lub SciLab Xcos.
3. Jako przemieszczenie podłoża, czyli z , należy wprowadzić przy pomocy bloczków programu zależność 5.

4. Jeżeli wszystko zostało wprowadzone poprawnie, symulacja powinna już działać. W dalszej kolejności należy wprowadzać poszczególne typy wibroizolatorów (parametry k i c), aby przetestować wszystkie możliwości.

2.5 Ostrzeżenia

Warto mieć na uwadze, że:

- parametry wibroizolatorów z tabeli 1 są podane w jednostkach podstawowych i można je bezpośrednio wpisywać do odpowiedniego programu;
- parametry wibroizolatorów z tabeli 1 są podane z nadmiarową dokładnością, co jest uzasadnione celami kontrolno-dydaktycznymi;
- wyniki w tabeli 2 nie są w jednostkach podstawowych, aby były bardziej intuicyjne dla uczestników zajęć;
- wykresy generowane przez programy symulacyjne mogą mieć przez kilka pierwszych sekund pewne nieregularności, których nie należy interpretować (interpretować należy pracę w formie regularnych sinusoid).

Tablica 2: Tabela podsumowująca eksperyment

Oznaczenie	maksymalne przemieszczenie pracownika 50 kg	ugięcie statyczne krzeselka przy 50 kg	maksymalne przemieszczenie pracownika 80 kg	ugięcie statyczne krzeselka przy 80 kg
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
A				
B				
C				
D				
E				

2.6 Jak przygotować wnioski?

Zanim zostaną przygotowane jakiegokolwiek wnioski warto upewnić się, czy otrzymane wyniki są poprawne. Czy można zaobserwować jakiegokolwiek tendencje i prawidłowości w otrzymanych wynikach?

Ostatecznie należy utworzyć **listę rankingową** dla osób decyzyjnych, aby można było podjąć decyzję, które wibroizolatory najlepiej zakupić (każdy

kosztuje tyle samo). Tworząc listę rankingową należy dobrze przemyśleć zagadnienie. Amplituda drgań krzeselka jest istotna, ale duże ugięcie statyczne również może powodować dyskomfort. Ponadto częstotliwość drgań stropu jest stała, ale nie wiadomo, czy w przyszłości nie ulegnie zmianie. Zmienić mogą się również pracownicy korzystający z krzeselka. Dlatego **listę rankingową** warto uzupełnić komentarzem słownym. Osoby decyzyjne powinny otrzymać jasne wskazówki, wraz z ewentualnymi zastrzeżeniami.