

	<p style="text-align: center;">Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki</p> <p style="text-align: center;">Katedra Robotyki i Mechatroniki</p>	
<p style="text-align: center;">Identyfikacja Układów Mechatronicznych</p> <p style="text-align: center;">Sprawozdanie</p>		
<p>Laboratorium 9: Analiza modalna - eksperyment</p>		
<p>Imię i Nazwisko: Jakub Nowak, Maciej Mazurkiewicz</p>		
<p>Nr grupy: 2</p>		

Estymacja postaci drgań własnych na podstawie danych laboratoryjnych

Celem laboratorium było zbadanie własności dynamicznych aluminiowej płyty, na której wykonano analizę modalną. Do wymuszenia zastosowano wzbudnik modalny, do pomiaru drgań płyty wibrometr laserowy, a do pomiary wymuszenia (siły) głowicę impedancyjną.

W wyniku analizy modalnej, dzięki uzyskanej widmowej funkcji przejścia uzyskano:

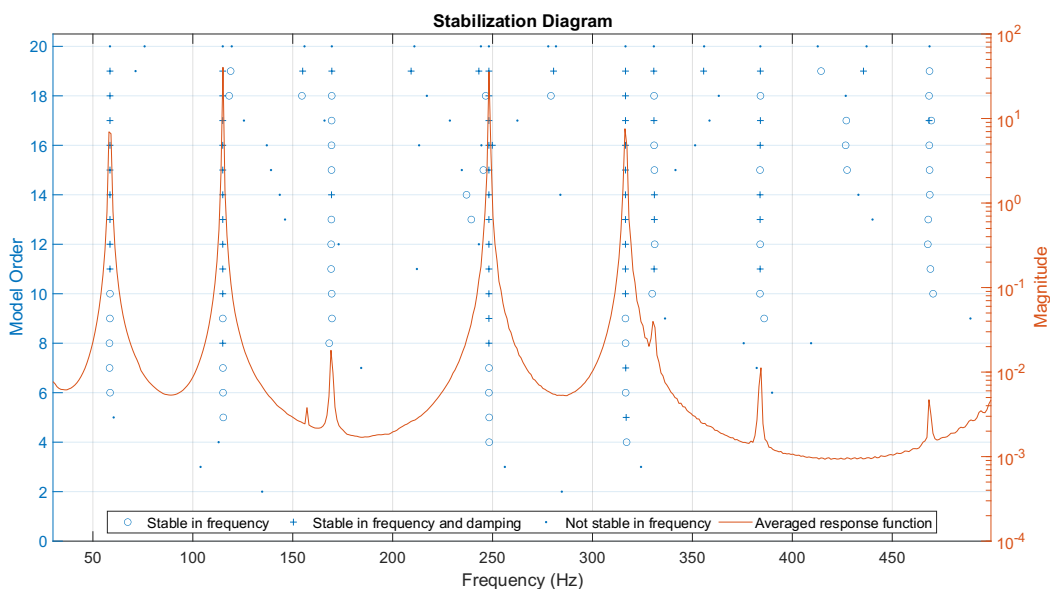
- częstotliwości drgań własnych,
- postacie drgań,
- współczynniki tłumienia

Rozpoczęto od wczytania danych pomiarowych zawierających przebiegi czasowe o długości 1 sekundy, które mierzone były w 117 punktach na powierzchni płyty. Założona częstotliwość próbkowania to 1280 Hz. Następnie oszacowano widmowe funkcje przejścia poprzez podzielenie przez siebie zgodnie z definicją:

$$H(\omega) = \frac{V(\omega)}{F(\omega)}$$

gdzie $V(\omega)$ to transformata Fouriera sygnału prędkości, a $F(\omega)$ to transformata Fouriera sygnału wymuszenia.

Kolejnym krokiem było wyznaczenie częstotliwości drgań własnych w zakresie od 30 do 500 Hz. Zgodnie z instrukcją, dolne ograniczenie wynika z faktu powiązania tych częstotliwości z warunkami brzegowymi. W tym celu skorzystano z funkcji *modalsd*. W rezultacie uzyskano diagram stabilizacyjny służący do oceny czy piki na wykresie widma posiadają stabilność częstotliwość i tłumienie. Uzyskany diagram przedstawiono na **Rysunku 1**.



Rysunek 1 – Wykres diagramu stabilizacyjnego

Z diagramu, można odczytać stabilne częstotliwości własne wyznaczone przez użytą funkcję. Przedstawiono je w tabeli Poniżej:

L.p.	1	2	3	4	5	6	7
Częstotliwość [Hz]	58,045	115,090	169,132	248,194	316,247	385,300	468,366

Otrzymane częstotliwości wykorzystane zostały do estymacji kształtu postaci drgań z użyciem funkcji *modalfit*, która dopasowuje model numeryczny do danych eksperymentalnych wyznaczonych przez widmową funkcję przejścia dla wskazanych częstotliwości własnych. W wyniku jej wywołania otrzymano:

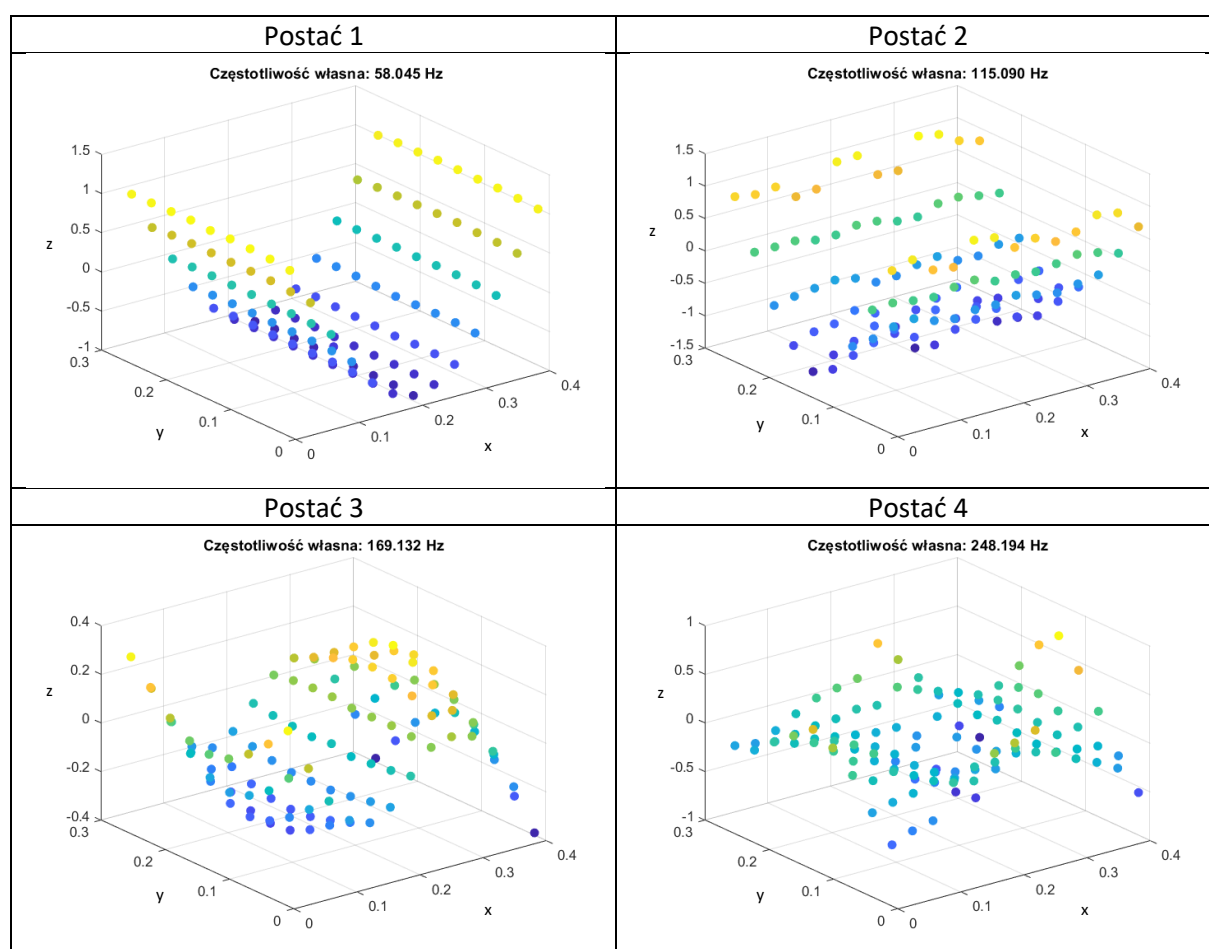
- częstotliwości drgań otrzymane w wyniku dopasowania modelu,
- współczynniki tłumienia,
- postacie drgań.

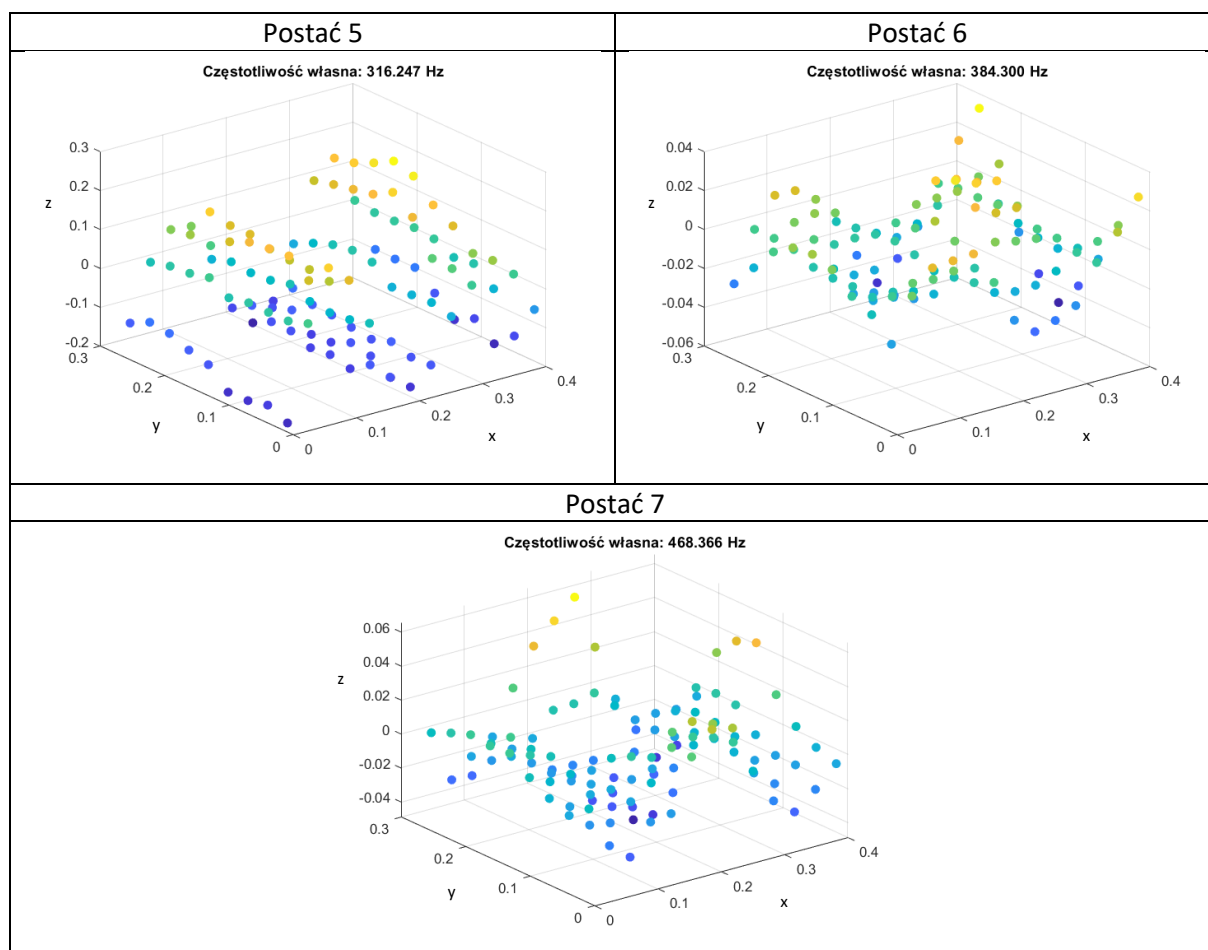
W tabeli na poniżej przedstawiono zestawienie częstotliwości własnych i odpowiadającym im tłumieniom.

L.p.	Częstotliwość [Hz]	Współczynnik tłumienia
1	58,045	0,0021
2	115,090	0,0014
3	169,132	0,0044
4	248,194	0,0011
5	316,247	0,0010
6	385,300	0,0011
7	468,366	0,0017

Widać, że wszystkie współczynniki tłumienia posiadają ten sam rząd, i oscylują w zakresie od 0,0010 do 0,0044. Największe tłumienie występuje dla trzeciej częstotliwości, a najmniejsze dla piątej.

W celu wizualizacji otrzymanych postaci drgań własnych wyświetlono urojoną część macierzy zwracanej przez funkcję *modalfit*. Wyświetlono je w postaci chmury punktów i przedstawiono poniżej:

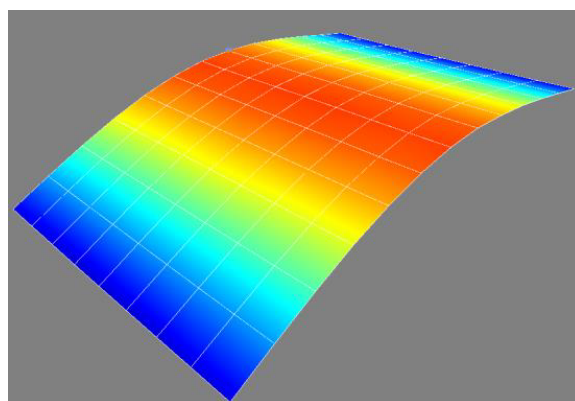
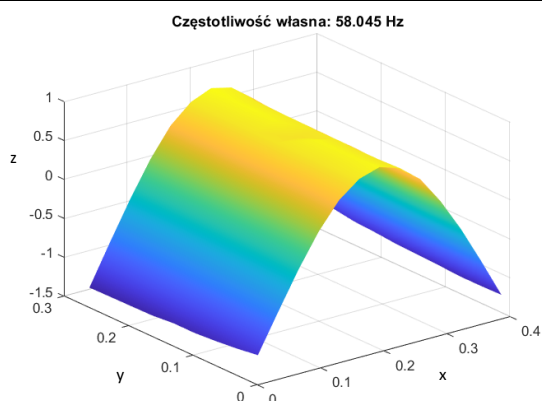




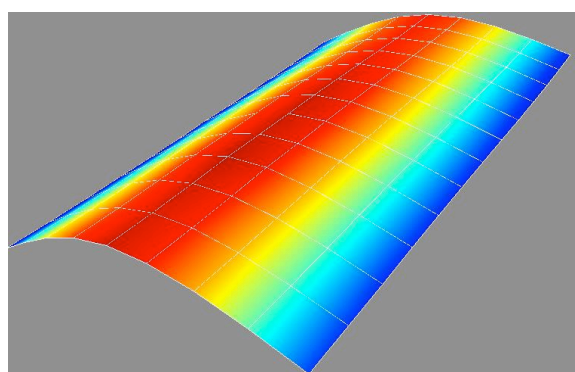
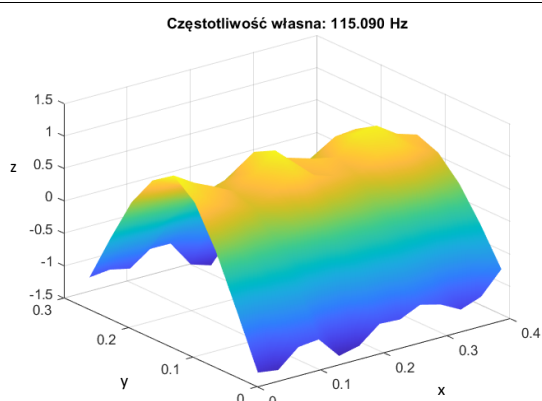
Analizując otrzymane wykresy widać rosnącą złożoność postaci wraz ze wzrostem częstotliwości. W celu możliwości wizualnego porównania otrzymanych postaci drgań z postaciami zamieszczonymi w instrukcji otrzymanymi w wyniku pomiarów FastScan z użyciem wibrometru, zastosowano funkcję *gridfit*, która dopasowuje do chmury punktów prostokątną siatkę.

Na następnych stronach przedstawiono porównanie otrzymanych postaci drgań w wyniku dopasowania powierzchni do punktów (lewa strona), i wyników pomiarów FastScan. Poniżej tabeli zawarto komentarz do porównania i wnioski. Skala osi z została dobrana w zależności od danej postaci, aby móc dobrze określić podobieństwo.

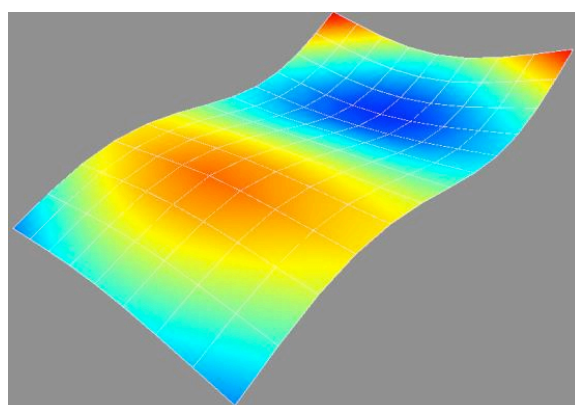
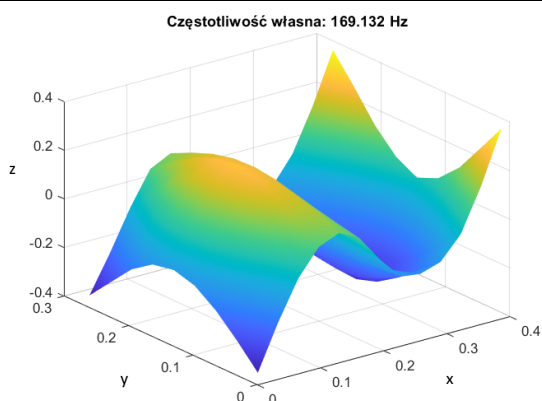
Częstotliwość własna: 58,045 Hz



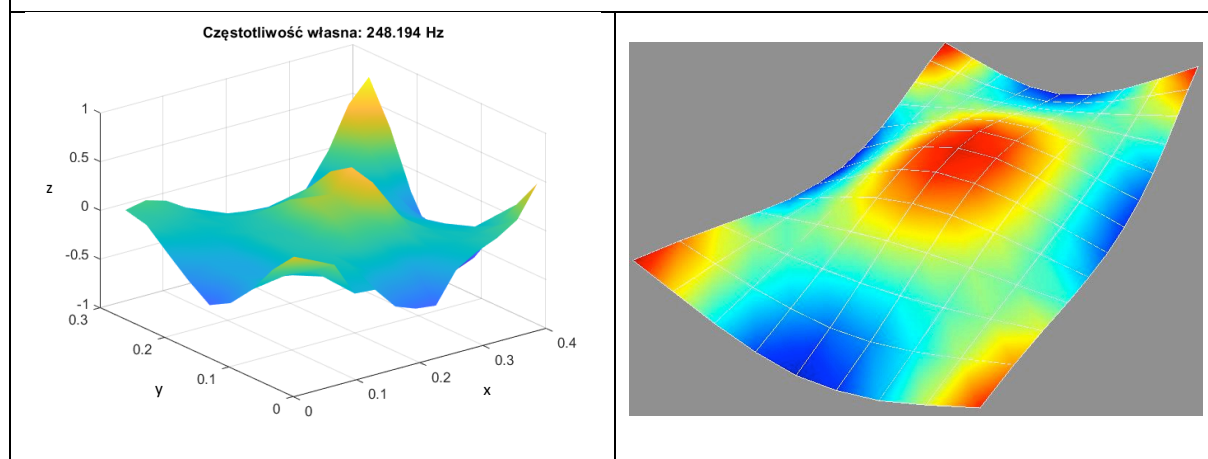
Częstotliwość własna: 115,09 Hz



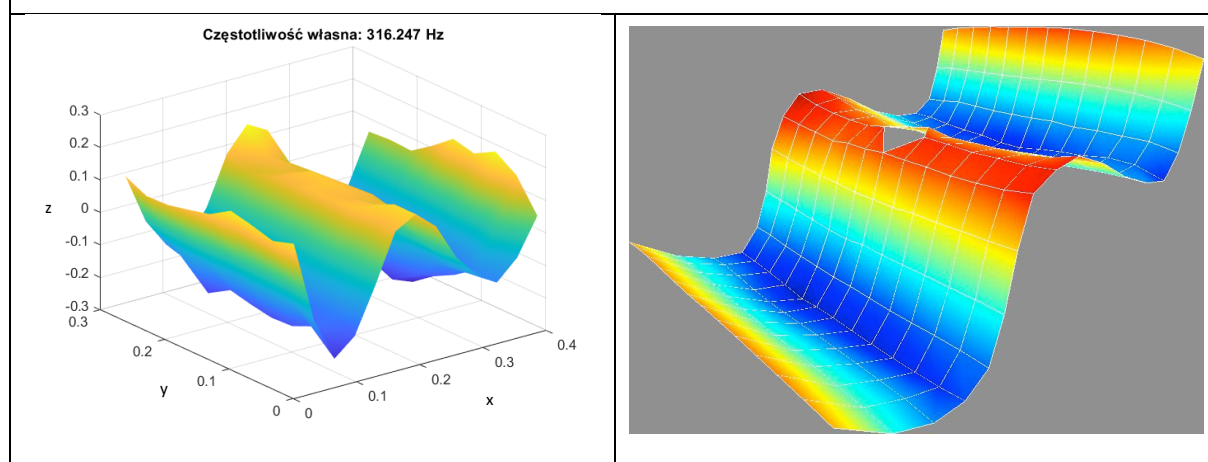
Częstotliwość własna: 169,132 Hz



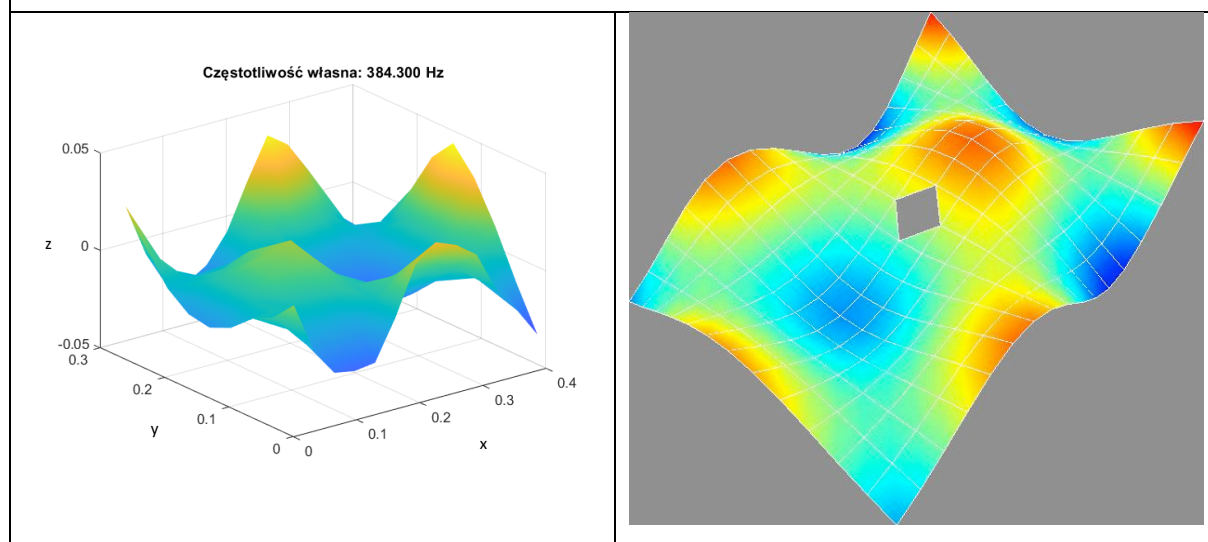
Częstotliwość własna: 248,194 Hz

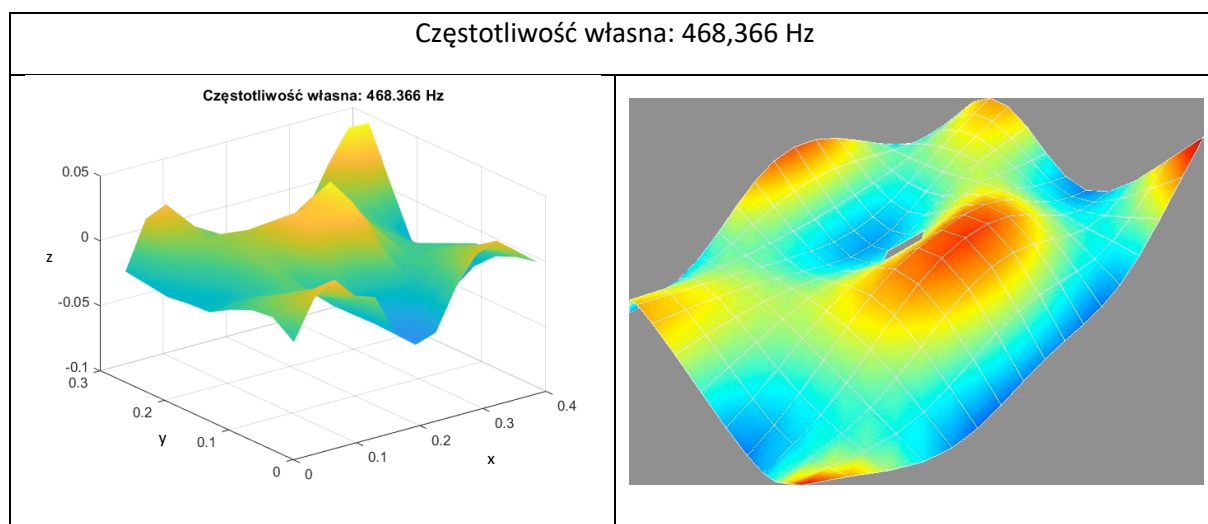


Częstotliwość własna: 316,247 Hz



Częstotliwość własna: 384,3 Hz





Pierwsza postać po lewej stronie tabeli jest dobrym odwzorowaniem postaci otrzymanej w wyniku pomiaru FastScan.

Druga postać po lewej stronie tabeli odpowiada wynikowi FastScan, jednak widoczne są różnice w postaci garbów w miejscach największej amplitudy.

Pozostałe postaci po lewej stronie tabeli są dobrym odwzorowaniem postaci otrzymanej poprzez FastScan. Dzięki odpowiedniemu doborowi skali osi z , można dobrze zauważyć podobieństwo wyników obu metod.

Podsumowując, dzięki analizie modalnej i stosunkowo niedużej ilości pomiarów, można otrzymać informację na temat własności dynamicznych układu: częstotliwości drgań własnych, postaci drgań i współczynników tłumienia. Wszystkie te własności otrzymano wykorzystując widmową funkcję przejścia.

Wykorzystany kod:

```
clear all
close all

load("ScanChrip20_600Hz_1s.mat");

fs = 1280;
SilaF = fft(Sila,[],1);
PredF = fft(Pred,[],1);

FRF = PredF ./ SilaF;
FRF = FRF(1:1280/2,:);
FREQ = linspace(0,1280,1280);
FREQ = FREQ(1,1:length(FREQ)/2);

%% krok 2
modalsd(FRF,FREQ,fs,'FreqRange',[30, 500],'MaxModes',20,'FitMethod','lsce');
PF = [58.045, 115.09, 169.132, 248.194, 316.247, 384.3, 468.366];

%% krok 3
[FN,DR,MS] = modalfit(FRF,FREQ,fs,20,'FreqRange',[30
500],'FitMethod','lsce','PhysFreq',PF);

for i = 1:length(PF)
    ImMS = imag(MS);
    ModeSel = ImMS(:,i);
    figure (2*i)
    scatter3(X,Y,ModeSel,500,ModeSel, '.')
    title(sprintf("Częstotliwość własna: %0.3f Hz",PF(i)))

    xnodes = linspace(min(X),max(X),13);
    ynodes = linspace(min(Y),max(Y),9);
    [zgrid,xgrid,ygrid] = gridfit(X,Y,ModeSel,xnodes,ynodes);
    figure (1 + 2*i)
    surf(xgrid,ygrid,-zgrid)
    title(sprintf("Częstotliwość własna: %0.3f Hz",PF(i)))
    shading interp
end
```