



Politechnika Wrocławska

Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów

Sterowanie Procesami Ciągłymi

Sprawozdanie nr 1

Charakterystyki częstotliwościowe

Prowadzący:

dr hab. inż. Grzegorz Mzyk

Wykonała:

Zuzanna Mejer, 259382

Termin zajęć:

czwartek TP, 9:15

Wrocław, 15 listopada 2022r.

Spis treści

1	Cel ćwiczenia	2
2	Zależność charakterystyki czasowej układu od wartości pulsacji pobudzenia sinusoidalnego	2
2.1	Odpowiedź systemu na pobudzenie sinusoidalne, gdy pulsacja $\omega = 0,1$	2
2.2	Odpowiedź systemu na pobudzenie sinusoidalne, gdy pulsacja $\omega = 1$	3
2.3	Odpowiedź systemu na pobudzenie sinusoidalne, gdy pulsacja $\omega = 10$	5
2.4	Porównanie	5
3	Badania w dziedzinie częstotliwościowej	7
3.1	Charakterystyka amplitudowo-fazowa	7
3.2	Analiza charakterystyki częstotliwościowej układu opóźniającego z inercją	7
4	Podsumowanie i wnioski	7

1 Cel ćwiczenia

Głównymi celami ćwiczenia było: zbadanie zależności odpowiedzi systemu w dziedzinie czasu od pulsacji pobudzenia sinusoidalnego; zapoznanie się z różnymi rodzajami charakterystyk częstotliwościowych oraz zbadanie wpływu wartości parametrów układu opóźniającego z inercją na charakterystykę częstotliwościową układu.

2 Zależność charakterystyki czasowej układu od wartości pulsacji pobudzenia sinusoidalnego

Badany jest asymptotycznie stabilny układ liniowy o zadanej transmitancji:

$$K(s) = \frac{1}{s^2 + 0,1s + 1}, \quad (1)$$

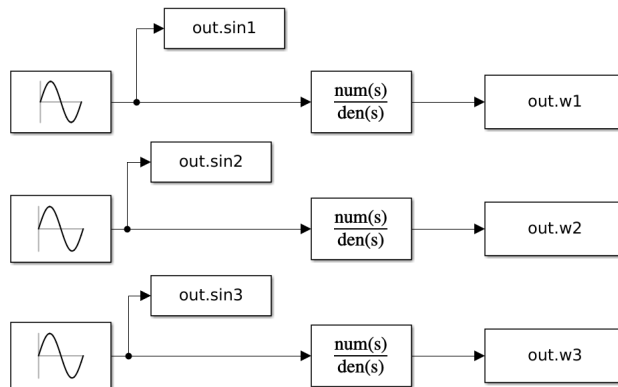
który pobudzany jest sygnałem sinusoidalnym o ogólnym wzorze:

$$u(t) = \sin(\omega t), \quad (2)$$

gdzie ω to pulsacja. Odpowiedź układu liniowego na pobudzenie sinusoidalne w stanie ustalonym ma postać:

$$y_{ust}(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi), \quad (3)$$

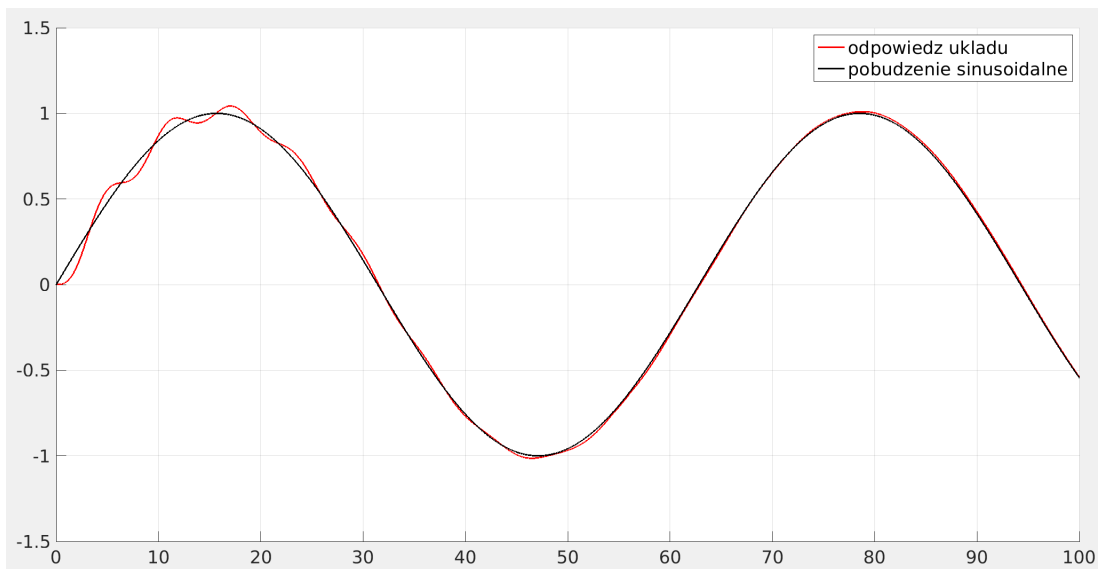
gdzie: A to amplituda, ω to pulsacja oraz φ to przesunięcie fazowe. Wiedząc, że pulsacja odpowiedzi systemu ω jest identyczna jak pulsacja sygnału wejściowego, zbadano jaka jest zależność między pulsacją sygnału wejściowego a amplitudą A i przesunięciem fazowym φ odpowiedzi systemu. Do badań przyjęto 3 wartości pulsacji: $\omega = 0,1$, $\omega = 1$, $\omega = 10$, co oznacza, że układ o transmitancji 1 pobudzono kolejno: $u_1(t) = \sin(0,1t)$, $u_2(t) = \sin(1t)$ oraz $u_3(t) = \sin(10t)$. Zbudowano następujący schemat w Simulinku:



Rysunek 1: Schemat w Simulinku do badania odpowiedzi układu na pobudzenie sinusoidalne

2.1 Odpowiedź systemu na pobudzenie sinusoidalne, gdy pulsacja $\omega = 0,1$

Pobudzono układ sygnałem $u_1(t) = \sin(0,1t)$. Poniżej przedstawiono porównanie pobudzenia sinusoidalnego (kolor czarny na wykresie) z odpowiedzią systemu (kolor czerwony na wykresie).

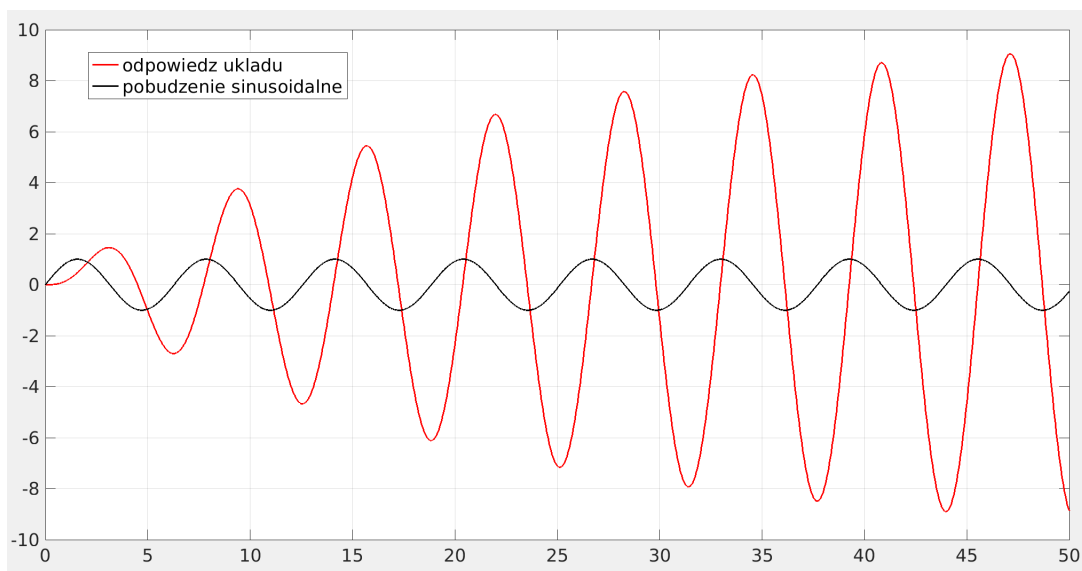


Rysunek 2: Odpowiedź systemu o transmitancji $K(s)$ na pobudzenie $u_1(t) = \sin(0,1t)$

Odpowiedź układu prawie idealnie pokrywa się z pobudzeniem sinusoidalnym. Amplituda wynosi $A = 1$ oraz nie ma przesunięcia fazowego $\varphi = 0$.

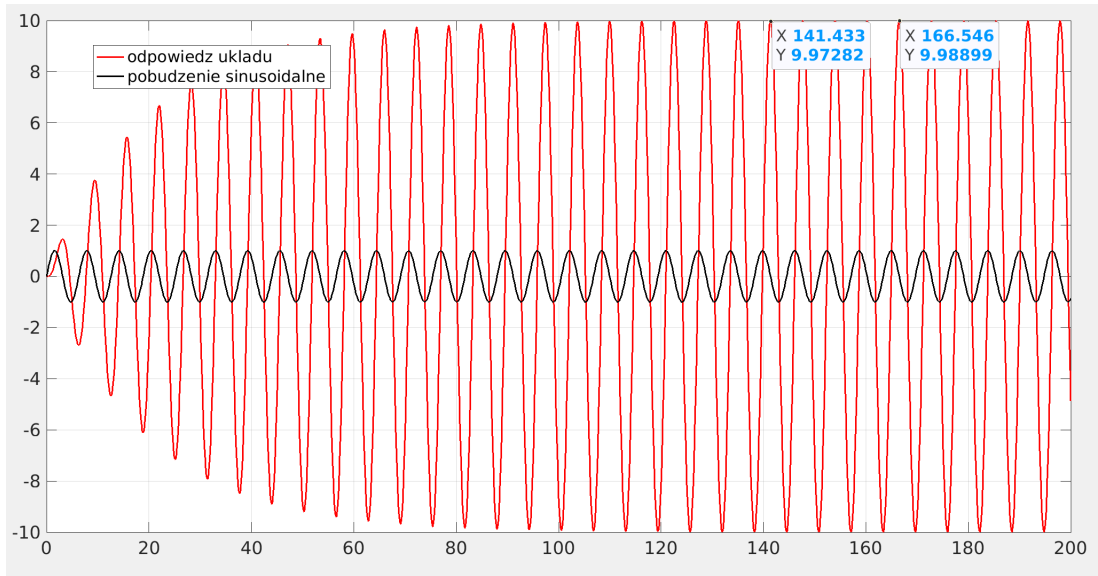
2.2 Odpowiedź systemu na pobudzenie sinusoidalne, gdy pulsacja $\omega = 1$

Pobudzono układ sygnałem $u_2(t) = \sin(1t)$. Poniżej przedstawiono porównanie pobudzenia sinusoidalnego (kolor czarny na wykresie) z odpowiedzią systemu (kolor czerwony na wykresie).



Rysunek 3: Odpowiedź systemu o transmitancji $K(s)$ na pobudzenie $u_2(t) = \sin(1t)$

Na Rysunku 3 przedstawiony został fragment odpowiedzi układu. Widać na nim, że amplituda odpowiedzi układu wzrasta. Stabilizuje się znacznie później na wartości $A \approx 10$, co przedstawia Rysunek 4:



Rysunek 4: Amplituda odpowiedzi systemu wynosi 10

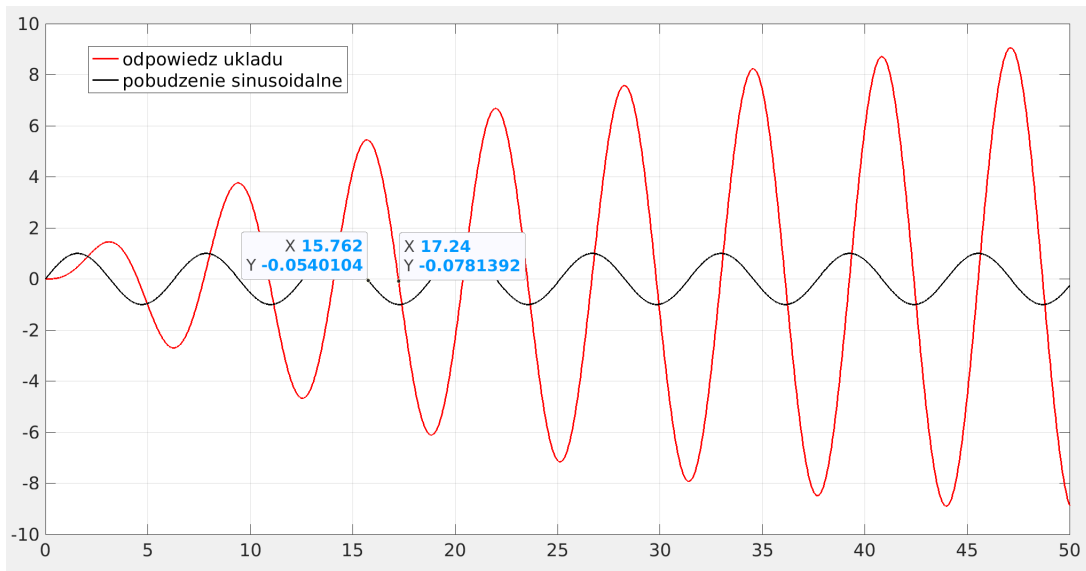
Ze względu na to, że osie na wykresie są w dziedzinie czasu, nie można bezpośrednio odczytać przesunięcia fazowego. Aby wyznaczyć przesunięcie fazowe można skorzystać ze wzoru:

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot \tau. \quad (4)$$

Wiedząc, że: $\frac{2\pi}{T} = \omega$, można zapisać ten wzór w postaci:

$$\varphi = \omega \cdot \tau, \quad (5)$$

gdzie τ to różnica wartości przecięć funkcji z osią x , czyli $\tau = x_2 - x_1$. Na Rysunku 5 wybrano punkty przecięcia dwóch funkcji z osią x . Z Rysunku można odczytać, że: $x_2 = 17,24$ oraz $x_1 = 15,762$. Ponadto, do wzoru potrzebna jest pulsacja, która jest zadana: $\omega = 1$.



Rysunek 5: Dane do wyznaczenia przesunięcia fazowego

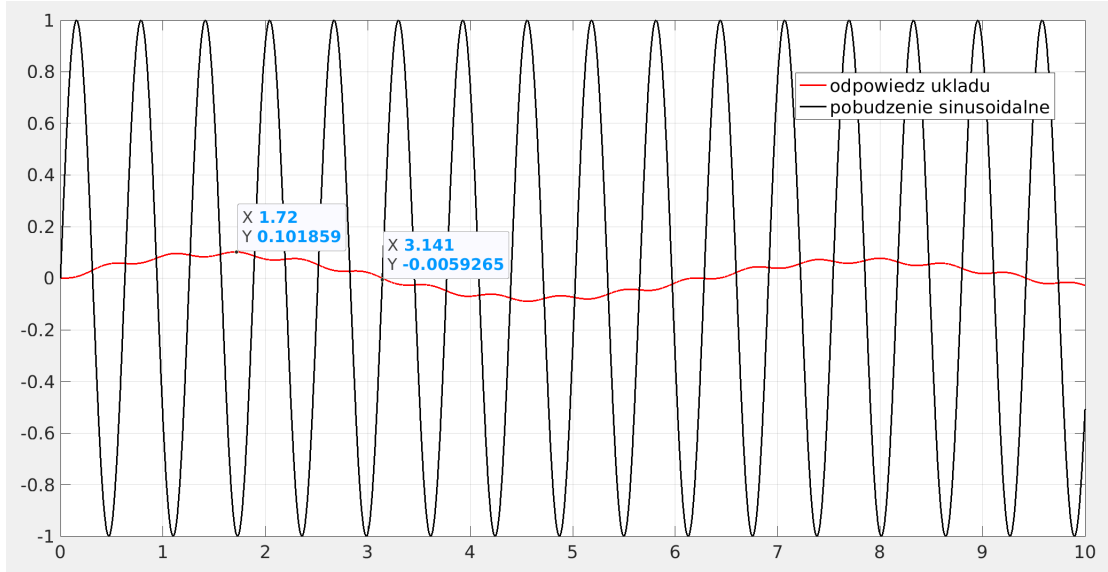
Zatem:

$$\varphi = 1 \frac{rad}{s} \cdot (17,24s - 15,762s) = 1,478rad \approx 84,68^\circ \quad (6)$$

Przesunięcie fazowe między pobudzeniem a odpowiedzią układu wynosi $\varphi \approx 84,68^\circ$.

2.3 Odpowiedź systemu na pobudzenie sinusoidalne, gdy pulsacja $\omega = 10$

Pobudzono układ sygnałem $u_3(t) = \sin(10t)$. Poniżej przedstawiono porównanie pobudzenia sinusoidalnego (kolor czarny na wykresie) z odpowiedzią systemu (kolor czerwony na wykresie).

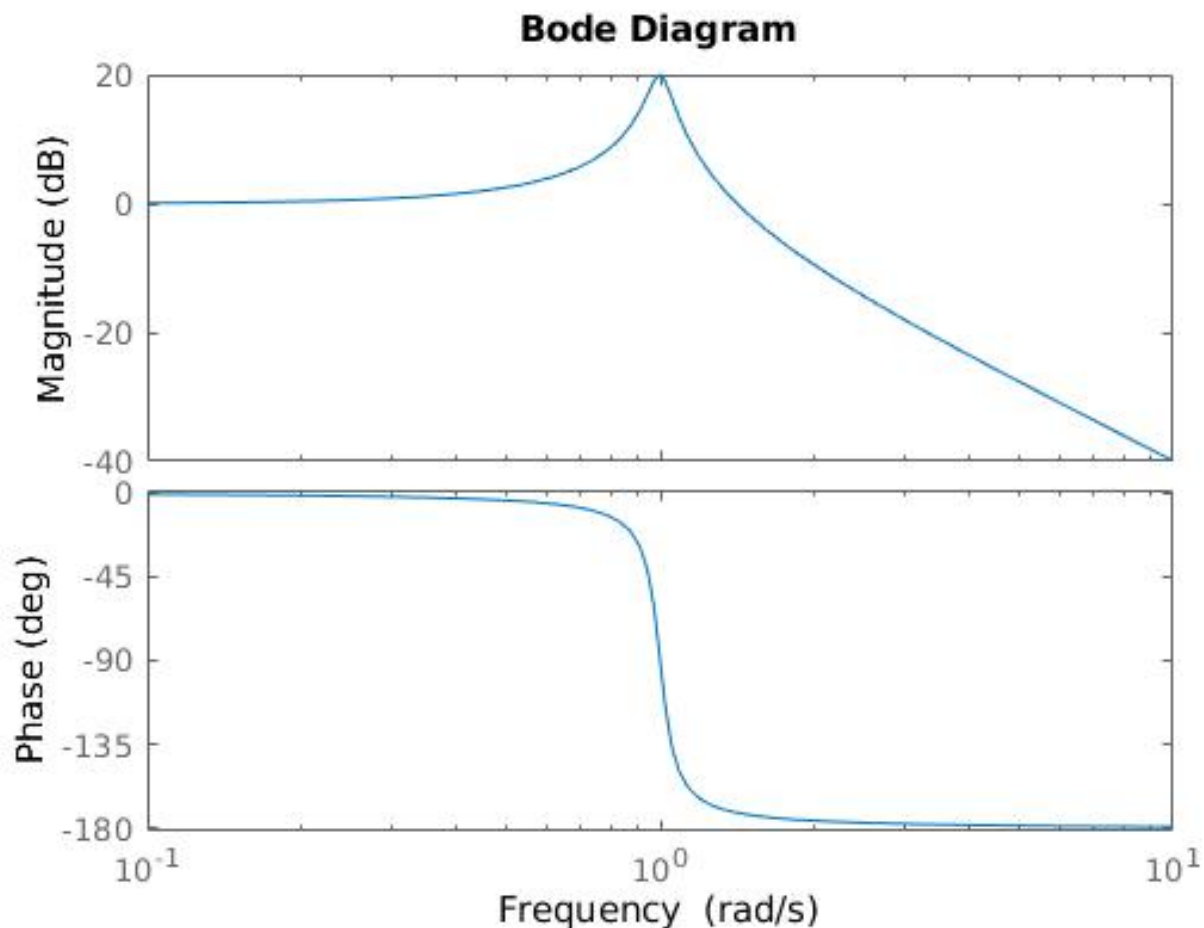


Rysunek 6: Odpowiedź systemu o transmitancji $K(s)$ na pobudzenie $u_3(t) = \sin(10t)$

Na Rysunku 6 zaznaczono najbardziej wychylony punkt, który oznacza amplitudę odpowiedzi układu: $A \approx 0.1$. Ponadto, z Rysunku 6 można odczytać przesunięcie fazowe. Obydwa wykresy przechodzą przez oś x w tych samych punktach (zaznaczono jeden taki punkt na rysunku), jednak ich przesunięcie fazowe nie jest równe 0, a 180° . Można to wywnioskować po tym, że kiedy na jednym wykresie lokalnie jest "górką", na drugim lokalnie jest "dolina". To oznacza, że są odwrócone w fazie o $\varphi = 180^\circ$.

2.4 Porównanie

Powyższe badania potwierdziły, że wzmocnienie amplitudy A oraz przesunięcie fazowe φ są zależne od ω . Nie ma jednak jednoznacznej i uniwersalnej zależności dla każdego typu systemów jak ω wpływa na amplitudę i przesunięcie fazowe, ale można to sprawdzić na przykład za pomocą charakterystyk Bodego. Dla układu o transmitancji 1 charakterystyka Bodego wygląda następująco:



Rysunek 7: Charakterystyka Bodego dla układu o transmitancji $K(s) = \frac{1}{s^2+0,1s+1}$

Z rozważań wynikało, że:

1. kiedy $\omega = 0,1$, amplituda $A = 1$ i przesunięcie fazowe $\varphi = 0^\circ$;
2. kiedy $\omega = 1$, amplituda $A = 10$ i przesunięcie fazowe $\varphi \approx 84,68^\circ$;
3. kiedy $\omega = 10$, amplituda $A = 0,1$ i przesunięcie fazowe $\varphi = 180^\circ$.

Można zauważyć, że zgadza się to z amplitudą i przesunięciem fazowym ukazanym na charakterystyce Bodego:

1. kiedy $\omega = 0,1$, amplituda $A = 0dB = 20 \cdot \log_{10} \frac{x}{1} = 1$ i przesunięcie fazowe $\varphi = 0^\circ$;
2. kiedy $\omega = 1$, amplituda $A = 20dB = 20 \cdot \log_{10} \frac{x}{1} = 10$ i przesunięcie fazowe $\varphi \approx -90^\circ$;
3. kiedy $\omega = 10$, amplituda $A = -40dB = 20 \cdot \log_{10} \frac{x}{1} = 0,1$ i przesunięcie fazowe $\varphi = -180^\circ$.

3 Badania w dziedzinie częstotliwościowej

3.1 Charakterystyka amplitudowo-fazowa

3.2 Analiza charakterystyki częstotliwościowej układu opóźniającego z inercją

4 Podsumowanie i wnioski