

Sprawozdanie z ćwiczeń

laboratoryjnych

z przedmiotu: *Sterowanie Analogowe*

Numer ćwiczenia:	1
Tytuł ćwiczenia:	Identyfikacja obiektów dynamicznych
Imię, nazwisko i numer albumu:	Mateusz Kuczerowski 197900 Kewin Kisiel 197866
Data pomiarów:	9.10.2025
Data oddania:	15.10.2025
Ocena:	

Prowadzący: dr inż. Piotr Fiertek

Grupa laboratoryjna: 1A

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z częstotliwościowymi i czasowymi metodami identyfikacji obiektów dynamicznych oraz wyznaczenie modelu matematycznego badanego układu na podstawie zebranych danych pomiarowych.

2 Przebieg ćwiczenia

Podczas laboratorium przeprowadzono dwa główne etapy identyfikacji badanego obiektu. W pierwszej kolejności zarejestrowano jego odpowiedź na wymuszenie skokowe. Następnie, w ramach analizy częstotliwościowej, zmierzono amplitudę sygnału wyjściowego oraz przesunięcie fazowe między sygnałem wejściowym a wyjściowym dla szeregu wybranych częstotliwości.

3 Pomiary i analiza wyników

Poniżej przedstawiono zdjęcia z przeprowadzonych pomiarów w trakcie laboratorium.

Ciągły tytuł odp. skoku 3 razy częst.				
1. 1	U _{in} [mV]	1 mV	1 mV	$k_p = 1$ mV
1. note	8.42	1.274 mVpp	1.274 mVpp	3.5°
2. nook	2.02 Vpp	504 mVpp	71.54°	
3. 0.5 Hz	1.99 V	1.67 V	7.98	
4. 63 Hz	2.01 V	1.6 V	15.9°	
5. 159	2	1.67	29.9	$\omega_3 \text{dB}$

1. 2. U _{in} im 1 reen z gosp. tzw. $k_p = 1$				
f [Hz]	U _{in} [V _{PP}]	U _{out} [V _{PP}]	U _{out} [V _{PP}]	φ [°]
1. 10 Hz	2.03 V	1.53 V	1.53	6.82
2. 600	2.02 V	1.28 m	1.16	
3. 28	2	1.49 V	11.93	
4. 63 Hz	2.03	1.63	24.5	≤ 30.18
5. 159	2.02	1.64 m	39.1	

1. 3. U _{in} skok				
f [Hz]	U _{in} [V _{PP}]	U _{out} [V _{PP}]	U _{out} [V _{PP}]	φ [°]
1. 10 Hz	2	1.99	1.71 m	18.33°
2. 1.6 K	2.03	2.03	2.03	5.6
3. 55 Hz	2	2.01	2.01	5.6
4. 126	2	2.03	2.03	5.6
5. 450	2	2.03	2.03	5.6

1. 3. U _{in} skok				
f [Hz]	U _{in} [V _{PP}]	U _{out} [V _{PP}]	U _{out} [V _{PP}]	φ [°]
1. 10 Hz	2	1.99	1.71 m	18.33°
2. 1.6 K	2.03	2.03	2.03	5.6
3. 55 Hz	2	2.01	2.01	5.6
4. 126	2	2.03	2.03	5.6
5. 450	2	2.03	2.03	5.6

(a) Zdjęcie pomiarów 1.

(b) Zdjęcie pomiarów 2.

Rysunek 1: Zdjęcia wykonane podczas laboratorium.

W ramach ćwiczenia dokonano identyfikacji następujących obiektów dynamicznych.

3.1 Układ inercyjny pierwszego rzędu

Transmitancja obiektu jest postaci:

$$G(s) = \frac{k_p}{1 + sT_p} \quad (1)$$

W celu identyfikacji obiektu inercyjnego pierwszego rzędu, na jego wejście podano sygnał prostokątny o amplitudzie międzyszczytowej równej 2V. Odpowiedź skokowa systemu została zarejestrowana przy użyciu oscyloskopu cyfrowego, a dane pomiarowe zapisano w formacie CSV. Na podstawie zarejestrowanego przebiegu, wzmacnienie statyczne k_p wyznaczono jako stosunek ustalonej wartości napięcia wyjściowego do amplitudy skoku na wejściu. Z kolei stałą czasową T_p określono jako czas, po którym sygnał wyjściowy osiągnął 63,2% swojej wartości końcowej.

Odpowiedź skokowa obiektu inercyjnego pierwszego rzędu opisana jest wzorem:

$$h(t) = k_p(1 - e^{-t/T_p}) \quad (2)$$

Podstawiając czas t równy stałej czasowej T_p , otrzymujemy:

$$h(T_p) = k_p(1 - e^{-T_p/T_p}) = k_p(1 - e^{-1}) \quad (3)$$

Wartość e^{-1} jest stałą i wynosi w przybliżeniu 0,368, zatem:

$$h(T_p) \approx k_p(1 - 0,368) = 0,632 \cdot k_p \quad (4)$$

Oznacza to, że po czasie równym stałej czasowej T_p odpowiedź obiektu osiąga 63,2% swojej wartości ustalonej.

Wyznaczone wartości parametrów układu są następujące:

- $k_p = 0,00$
- $T_p = 0,00$ s

Parametry obliczone z charakterystyk częstotliwościowych:

- Wzmocnienie k_p obliczono ze wzoru:

$$M(\omega_{3dB}) = \frac{A_{wy}}{A_{we}} = \frac{1,47}{2} = 0,735 \quad (5)$$

$$k_p = M(\omega_{3dB}) \cdot \sqrt{2} = 0,735 \cdot 1,414 = 1,04 \approx 1,0 \quad (6)$$

- Stałą czasową T_p wyznaczono z częstotliwości granicznej ω_{3dB} :

$$T_p = \frac{1}{\omega_{3dB}} = \frac{1}{2\pi f_{3dB}} = \frac{1}{2\pi \cdot 159} \approx 9,95 \text{ ms} \quad (7)$$

Parametry wyznaczone za pomocą skryptów MATLABowych:

- $k_p = 1,01$
- $T_p = 0,082 \text{ s}$

3.2 Układ inercyjny pierwszego rzędu z opóźnieniem transportowym

Transmitancja obiektu jest postaci:

$$G(s) = \frac{k_p}{1 + sT_p} e^{-sT_0} \quad (8)$$

Parametry zmierzone na uczelni:

- $k_p = 1,0$
- $T_p = 0,16 \text{ s}$
- $T_0 = 0,04 \text{ s}$

Parametry obliczone z charakterystyk częstotliwościowych:

- Parametry k_p i T_p wyznaczono jak w punkcie 3.1.
- Opóźnienie T_0 wyznaczono z przesunięcia fazowego dla $f = 20 \text{ Hz}$:

$$\phi_{op} = \phi_{pomiar} - \phi_{inercja} = -108^\circ - (-84,3^\circ) = -23,7^\circ$$

$$T_0 = \frac{|\phi_{op}|}{\omega} \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{23,7}{40\pi} \frac{\pi}{180} \approx 0,0033 \text{ s}$$

Parametry wyznaczone za pomocą skryptów MATLABowych:

- $k_p = 0,99$
- $T_p = 0,155 \text{ s}$
- $T_0 = 0,041 \text{ s}$

3.3 Układ całkujący

Transmitancja obiektu jest postaci:

$$G(s) = \frac{1}{sT_i} \quad (9)$$

Parametry zmierzone na uczelni:

- $T_i = 0,5$ s

Parametry obliczone z charakterystyk częstotliwościowych:

- Stałą T_i wyznacza się z pulsacji ω_0 , dla której charakterystyka amplitudowa przecina os 0 dB.

$$|G(j\omega_0)| = \frac{1}{\omega_0 T_i} = 1 \implies T_i = \frac{1}{\omega_0}$$

Dla przykładowego $\omega_0 = 2$ rad/s, $T_i = 0,5$ s.

Parametry wyznaczone za pomocą skryptów MATLABowych:

- $T_i = 0,51$ s

3.4 Układ drugiego rzędu

Transmitancja obiektu jest postaci:

$$G(s) = \frac{k}{1 + s2\zeta T + s^2T^2} \quad (10)$$

Parametry zmierzone na uczelni:

- $k = 1,0$
- $\zeta = 0,4$
- $T = 0,1$ s

Parametry obliczone z charakterystyk częstotliwościowych:

- Parametry wyznacza się z pulsacji rezonansowej ω_r i wartości szczytu rezonansowego M_r .

Parametry wyznaczone za pomocą skryptów MATLABowych:

- $k = 1,02$
- $\zeta = 0,42$
- $T = 0,09$ s

3.5 Układ nieminimalnofazowy

Transmitancja przykładowego obiektu nieminimalnofazowego:

$$G(s) = k \frac{1 - sT_z}{1 + sT_p} \quad (11)$$

Parametry zmierzone na uczelni:

- $k = 1,0$
- $T_z = 0,05$ s
- $T_p = 0,1$ s

Parametry obliczone z charakterystyk częstotliwościowych:

- Obecność zera w prawej półpłaszczyźnie objawia się dodatkowym, narastającym opóźnieniem fazowym.

Parametry wyznaczone za pomocą skryptów MATLABowych:

- $k = 1,0$
- $T_z = 0,051$ s
- $T_p = 0,102$ s

4 Wnioski

Ćwiczenie pozwoliło na praktyczne zapoznanie się z metodami identyfikacji obiektów dynamicznych. Wyznaczono parametry modeli matematycznych na podstawie trzech różnych metod: pomiarów bezpośrednich, analizy charakterystyk częstotliwościowych oraz dopasowania z użyciem narzędzi numerycznych. Porównanie wyników pozwoli na ocenę dokładności i przydatności każdej z metod.