



Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica

Sprawozdanie

Techniki Pomiarowe

Badanie własności dynamicznych przetworników pomiarowych

Ćwiczenie 20+21

Borsuk Piotr

Wilczyński Gabriel

Technologie Przemysłu 4.0

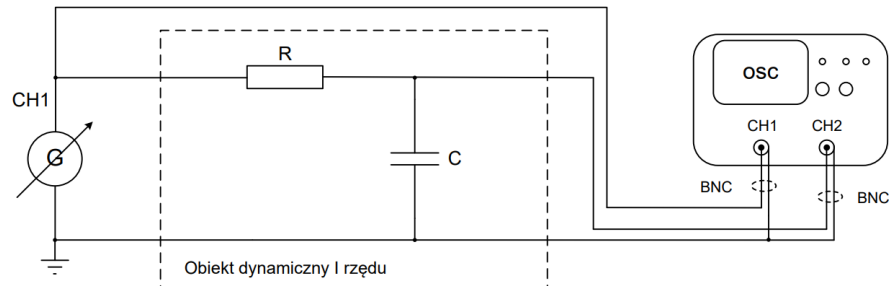
Rok 2, Semestr 4, Grupa nr. 1

Środa, godz. 8.00

Rok akademicki 2023/2024

Badanie właściwości dynamicznych obiektów I rzędu i korekcja dynamiczna, wyznaczenie stałej czasowej oraz wzmocnienia obiektu inercyjnego I rzędu

1. Wyznaczanie stałej czasowej oraz wzmocnienia obiektu inercyjnego I rzędu



Rys. 1. Schemat pomiarowy do ćwiczenia 1a

1.1 Tabela pomiarowa

	U_{we} [V]	U_{UST} [V]	U_T [V]	K [-]	T [mS]	T_{ter} [mS]
obiekt RC	5.08	5.08	3.21	1	1.43	1.5

1.2 Użyte wzory

$$K = \frac{U_{wy}}{U_{we}} - \text{Wzmocnienie obiektu}$$

$U_T = U_{wy} (t = T) = 0.632 \cdot U_{wy}$ - Wartość napięcia dla czasu równego stałej czasowej T

$$T_{er} = R \cdot C - \text{Wartość teoretyczna stałej czasowej}$$

1.3 Przykładowe obliczenia

$$U_T = U_{wy} (t = T) = 0.632 \cdot U_{wy} = 0.632 \cdot 5 = 3.16[V]$$

$$K = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{5}{5} = 1$$

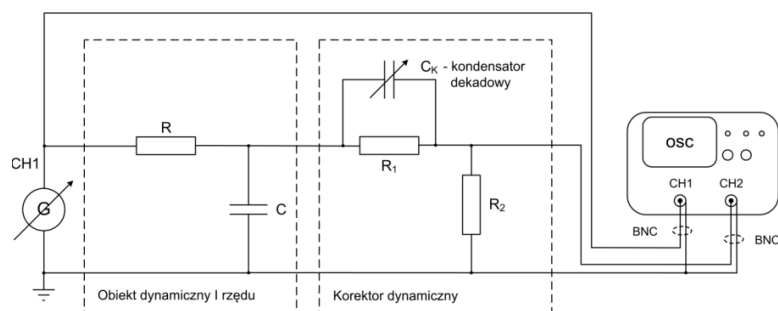
$$T_{er} = R \cdot C = 3.3[k\Omega] \cdot 1[\mu F] = 1.5[mS]$$

1.4 Obserwacje

Początkowa styczna przecina poziom stanu ustalonego po czasie równym stałej czasowej T . Wynosi ona 63,2% wartości stanu ustalonego. Dokonując transmitancji, jesteśmy w stanie zauważyć, że stała czasowa $T = RC$. Występuje zjawisko inercji, objawiające się poprzez opóźnienie w ustalaniu się sygnału wyjściowego w porównaniu do natychmiastowej stabilizacji sygnału wejściowego. Zwiększając stałą czasową, zwiększamy czas osiągnięcia stabilności przez sygnał wyjściowy. Wzmocnienie k ustalone na poziomie 1 oznacza, że amplituda sygnału wyjściowego jest taka sama jak sygnału wejściowego.

2. Korekcja dynamiczna obiektu I rzędu

2.1 Schemat pomiarowy



Rys. 3. Schemat pomiarowy

2.2 Tabela pomiarowa

	U_{we} [V]	U_{UST}^K [V]	U_T^K [V]	K^K [-]	T^K [μ S]	T_{ter}^K [μ S]	a^K [-]	C^K [nF]
objekt RC z korektorem	5.08	5.08	0.612	0.19	278	274	0.19	37,7

2.3 Użyte wzory

$$K = \frac{U_{wy}}{U_{we}} - \text{Wzmocnienie obiektu}$$

$$U_T = U_{wy}(t = T) = 0.632 \cdot U_{wy} - \text{Wartość napięcia dla czasu równego stałej czasowej } T$$

$$\alpha^k = \frac{T^k}{T} - \text{Wartość przyspieszenia korektora}$$

2.4 Przykładowe obliczenia

$$U_T = U_{wy}(t = T) = 0.632 \cdot U_{wy} = 0.632 \cdot 1 = 0.632[V]$$

$$K = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{1}{5.08} = 0.19$$

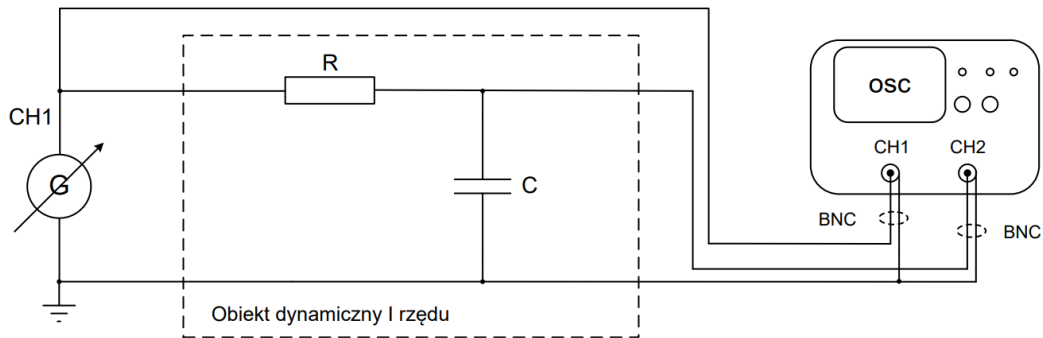
$$\alpha^k = \frac{T^k}{T} = \frac{274}{1430} = 0.19$$

2.5 Obserwacje

Przyspieszamy stabilizację sygnału wyjściowego poprzez korekcje dynamiczną, która jest ukierunkowana na zmniejszenie stałej czasowej. Ich efektywność zależy od wartości rezystancji i pojemności. Po wprowadzeniu korekty dynamicznej reakcja układu uległa znacznej poprawie przy zachowaniu oryginalnych charakterystyk. Zmiana częstotliwości sygnału wejściowego (np. z 40 Hz na 350 Hz) może mieć znaczący wpływ na charakterystykę dynamiczną, co wynika ze zmiany pojemności wraz ze zmianą częstotliwości. Korektor pełni funkcję różnicującą i zmniejsza opóźnienie reakcji systemu, co wpływa na jego lepszą dynamikę.

3. Obserwacja odpowiedzi na wymuszenie skokiem jednostkowym samego korektora

3.1 Schemat pomiarowy



Rys. 6 Schemat pomiarowy

3.2 Tabela pomiarowa

f [Hz]	Obiekt inercyjny				Obiekt inercyjny z korektorem				sam korektor			
	U _{we_pp} [V]	U _{wy_pp} [V]	K [$\frac{V}{V}$]	k [dB]	U _{we_pp} [V]	U _{wy_pp} [V]	K [$\frac{V}{V}$]	k [dB]	U _{we_pp} [V]	U _{wy_pp} [V]	K [$\frac{V}{V}$]	k [dB]
5	10,2	10,1	0,99	-0,09	10,2	1,96	0,192	-14,327	10,2	2,02	0,198	-14,06
10	10,2	10,1	0,99	-0,09	10,2	1,94	0,190	-14,416	10,2	2,02	0,198	-14,06
20	10,2	9,92	0,97	-0,24	10,2	1,94	0,190	-14,416	10,2	2,04	0,200	-13,98
30	10,2	9,76	0,96	-0,38	10,2	1,94	0,190	-14,416	10,2	2,08	0,204	-13,81
50	10,2	9,2	0,90	-0,90	10,2	1,94	0,190	-14,416	10,2	2,18	0,214	-13,40
80	10,2	8,16	0,80	-1,94	10,2	1,94	0,190	-14,416	10,2	2,50	0,245	-12,21
90	10,2	7,92	0,78	-2,20	10,2	1,92	0,188	-14,506	10,2	2,62	0,257	-11,81
100	10,2	7,52	0,74	-2,65	10,2	1,92	0,188	-14,506	10,2	2,72	0,267	-11,48
150	10,2	6,08	0,60	-4,49	10,2	1,88	0,184	-14,689	10,2	3,30	0,324	-9,80
200	10,2	4,96	0,49	-6,26	10,2	1,84	0,180	-14,876	10,2	3,92	0,384	-8,31
300	10,2	3,6	0,35	-9,05	10,2	1,72	0,169	-15,461	10,2	5,12	0,502	-5,99
400	10,2	2,72	0,27	-11,48	10,2	1,58	0,155	-16,199	10,2	6,16	0,604	-4,38
500	10,2	2,32	0,23	-12,86	10,2	1,43	0,140	-17,065	10,2	7,04	0,690	-3,22
600	10,2	1,92	0,19	-14,51	10,2	1,31	0,128	-17,827	10,2	7,6	0,745	-2,56
800	10,2	1,44	0,14	-17,00	10,2	1,11	0,109	-19,266	10,2	8,40	0,824	-1,69
1000	10,2	1,28	0,13	-18,03	10,2	0,952	0,093	-20,599	10,2	8,96	0,878	-1,13
1500	10,2	0,88	0,09	-21,28	10,2	0,688	0,067	-23,420	10,2	9,52	0,933	-0,60
2000	10,2	0,55	0,05	-25,36	10,2	0,540	0,053	-25,524	10,2	9,76	0,957	-0,38
4000	10,2	0,28	0,03	-31,23	10,2	0,276	0,027	-31,354	10,2	10	0,980	-0,17
1000 0	10,2	0,12	0,01	-38,59	10,2	0,110	0,011	-39,344	10,2	10,1	0,990	-0,09

3.3 Użyte wzory

$$K = \frac{U_{wy_pp}}{U_{we_pp}} \quad \left[\frac{V}{V} \right]$$

$$k[\text{dB}] = 20 \log_{10} \left(\frac{U_{wy_pp}}{U_{we_pp}} \right) \quad [\text{dB}]$$

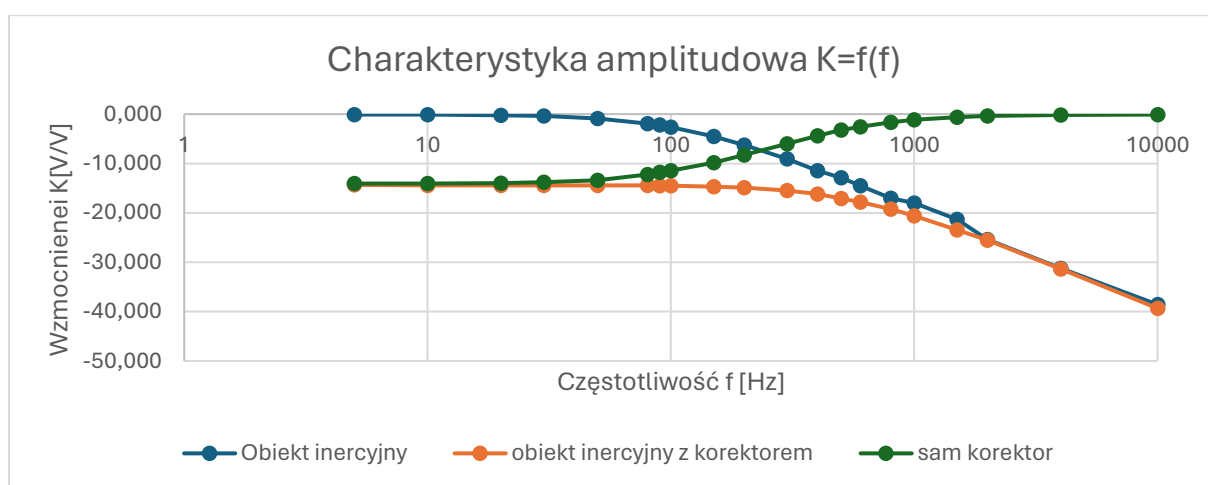
3.4 Przykładowe obliczenia

$$K = \frac{U_{wy_pp}}{U_{we_pp}} = \frac{7,52}{10,2} = 0,74 \left[\frac{V}{V} \right]$$

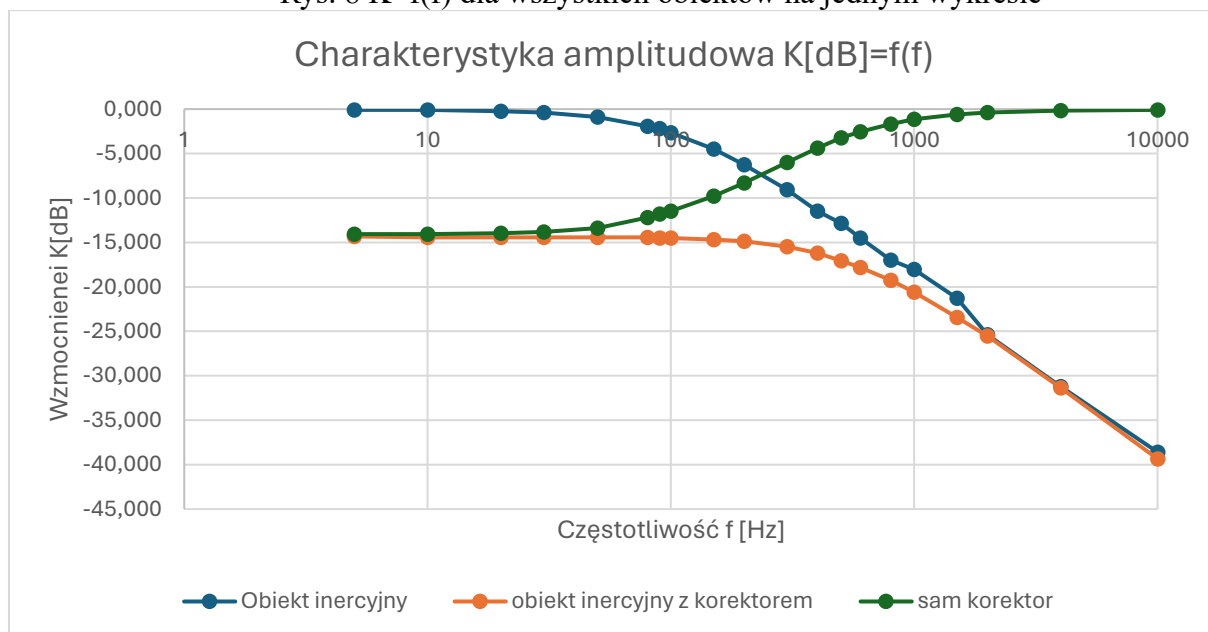
$$k[\text{dB}] = 20 \log_{10} \left(\frac{U_{wy_pp}}{U_{we_pp}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{7,52}{10,2} \right) = - 2,65 \text{ [dB]}$$

3.5 Obserwacje

Analiza trzech układów dynamicznych wykazała, że im wyższa częstotliwość sygnału wejściowego, tym niższe wzmocnienie. W przypadku obiektu inercyjnego obserwujemy spadek wzmocnienia wraz ze wzrostem częstotliwości, co skutkuje zmniejszeniem amplitudy sygnału wyjściowego. Możemy postrzegać ten obiekt jako filtr, który przepuszcza niższe częstotliwości i tłumi te wyższe - działa zatem jak filtr dolnoprzepustowy. W obiektach inercyjnych z korektorem oraz samym korektorem, ich działanie przypomina filtry górnoprzepustowe, tłumiąc sygnały o niższych częstotliwościach i przepuszczając te o wyższych. Głównym celem korektora jest kompensacja inercji filtrów dolnoprzepustowych oraz przyspieszenie osiągnięcia stabilności przez sygnał wyjściowy - to właśnie potwierdza jego różniczkujący charakter.



Rys. 8 $K=f(f)$ dla wszystkich obiektów na jednym wykresie

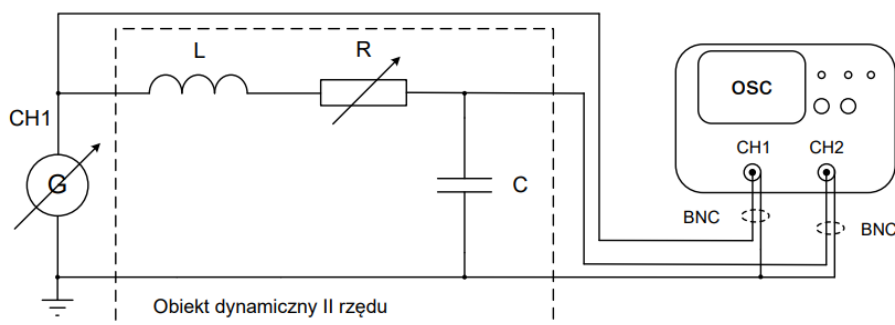


Rys. 9 $K[\text{dB}]=f(f)$ dla wszystkich obiektów na jednym wykresie

Badanie właściwości dynamicznych obiektów II rzędu

4. Obserwacja charakteru odpowiedzi obiektu dynamicznego II rzędu w zależności od współczynnika tłumienia przy pobudzeniu sygnałem prostokątnym

4.1 Schemat pomiarowy.



Rys. 10 Schemat elektryczny układu pomiarowego

4.2 Obserwacje

Obserwacja reakcji obiektu dynamicznego II rzędu na sygnał prostokątny dostarcza istotnych informacji o jego zachowaniu, które zależy od współczynnika tłumienia. Obiekty tego typu charakteryzują się dwoma biegunami w funkcji przenoszenia, a ich odpowiedź jest silnie uzależniona od wartości tego współczynnika, oznaczonego jako ξ .

Kiedy współczynnik tłumienia jest niski ($\xi < 1$), obserwujemy, że obiekt wykazuje oscylacyjną odpowiedź z wyraźnymi przeregulowaniami oraz długim czasem ustalania. W takim przypadku odpowiedź jest silnie oscylacyjna, co w przypadku sygnału prostokątnego może prowadzić do ciągłych przekroczeń wartości zadanej zarówno w górę, jak i w dół przed osiągnięciem stanu ustalonego.

Dla wartości współczynnika tłumienia równych 1 ($\xi = 1$), obserwujemy tzw. krytyczne tłumienie, które prowadzi do najszybszej możliwej reakcji systemu bez występowania oscylacji. W takiej sytuacji obiekt szybko osiąga wartość zadana i utrzymuje się na niej, minimalizując przeregulowania.

Natomiast przy wysokim współczynniku tłumienia ($\xi > 1$), obserwujemy aperiodyczną odpowiedź. System reaguje wolniej, ale stabilnie zbliżając się do wartości zadanej bez występowania oscylacji. Taka charakterystyka jest pożądana w aplikacjach, gdzie wymagana jest stabilność bez przeregulowań, kosztem szybkości reakcji.

4.3 Tabela pomiarowa

U_{we} [V]	Δy_{n1} [V]	Δy_{n+1} [V]	T [s]	Z	f_0 [Hz]
2	1,76	1,28	1,48	0,05	0,676

4.4 Użyte wzory

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * \pi}{\ln \frac{\Delta y_{n1}}{\Delta y_{n+1}}}\right)^2 + 1}} - \text{współczynnik tłumienia}$$

$$f_0 = \frac{1}{T\sqrt{1-Z^2}} - \text{częstotliwość drgań własnych nietłumionych}$$

4.5 Przykładowe obliczenia

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * \pi}{\ln \frac{\Delta y_{n1}}{\Delta y_{n+1}}}\right)^2 + 1}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * \pi}{\ln \frac{1,76}{1,28}}\right)^2 + 1}} = 0,05$$

$$f_0 = \frac{1}{T\sqrt{1-Z^2}} = \frac{1}{1,48\sqrt{1-0,05^2}} = 0,676 \text{ [Hz]}$$

Podsumowanie

Stała czasowa stanowi kluczowy parametr w analizie dynamiki układów, szczególnie tych zawierających kondensatory. To ona determinuje, kiedy system dochodzi do ustalonej odpowiedzi, co ma zasadnicze znaczenie przy przewidywaniu jego zachowania pod wpływem różnorodnych sygnałów wejściowych.

Rola współczynnika tłumienia jest równie istotna w kształtowaniu odpowiedzi obiektu dynamicznego II rzędu. Przy niskim tłumieniu obiekt wykazuje oscylacyjną reakcję z przeregulowaniami, natomiast przy wysokim tłumieniu system reaguje wolniej, ale stabilnie, unikając przeregulowań.

Dobór odpowiednich elementów korekcyjnych, takich jak korektory, umożliwia znaczną poprawę reakcji układu poprzez skrócenie czasu ustalania i eliminację opóźnień. Jest to szczególnie istotne w aplikacjach, które wymagają szybkiej i precyzyjnej reakcji.

Analiza zachowania obiektów w zależności od częstotliwości sygnału wejściowego ujawnia ich naturalne właściwości filtracyjne. Wykorzystanie tej cechy pozwala na efektywne projektowanie systemów, gdzie kontrola nad przenoszeniem sygnałów o różnych częstotliwościach jest kluczowa. Ponadto, umożliwia optymalne wykorzystanie zasobów i poprawę wydajności systemów.