

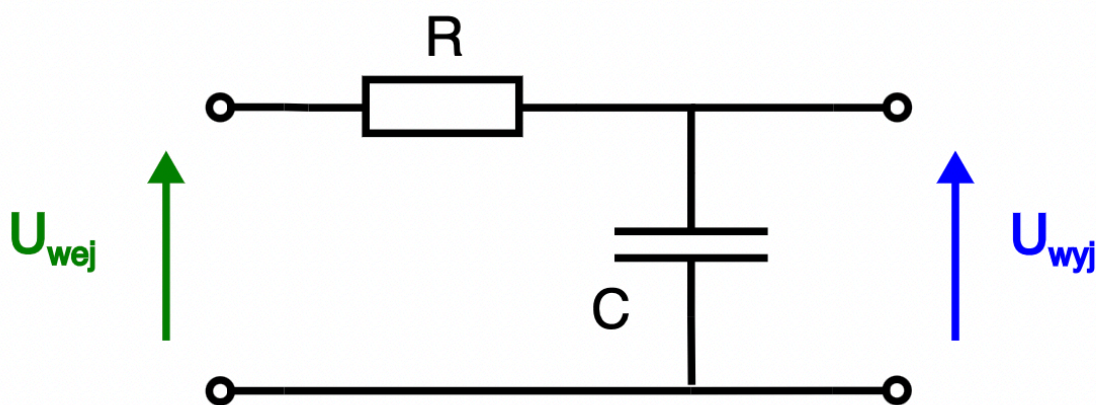
Filtry pasywne			
Patryk Łyczko Dominik Matracki Grupa 3b	22/29 III 2022	Wt 14:30	B1

1. Cel ćwiczenia

Filtrem częstotliwości nazywamy układ o strukturze czwórnik, który przepuszcza bez tłumienia lub z małym tłumieniem napięcia i prądy o określonym paśmie częstotliwości, a tłumí napięcia i prądy leżące poza tym pasmem. Filtry górno przepustowe to takie, które przepuszczają częstotliwości powyżej pewnej częstotliwości granicznej, natomiast dolno to takie które przepuszczają częstotliwości poniżej pewnej częstotliwości granicznej. Celem ćwiczenia było zapoznanie się z filtrami pasywnymi, czyli takimi, które nie zawierają aktywnych elementów. Mieliśmy za zadanie wykonać w laboratorium filtry dolno oraz górno przepustowe pierwszego rzędu oraz pasmowo przepustowe drugiego rzędu. Następnie musieliśmy wykonać serie pomiarów aby na ich podstawie zrobić charakterystyki amplitudowe oraz częstotliwościowe. Kolejno należało porównać otrzymane wykresy z wykresami teoretycznymi wyznaczonymi na podstawie transmitancji w sposób numeryczny.

2. Przebieg ćwiczenia

Filtr dolnoprzepustowy



Schemat filtra dolnoprzepustowego

Wartości teoretyczne jakie przyjęliśmy do zrealizowania ćwiczenia dla filtra dolnoprzepustowego to rezystancja 10 kΩ oraz pojemność kondensatora to 3.3 nF. Natomiast wartości odczytane przez nas to rezystancja 9.9664 kΩ oraz pojemność 3.3 nF.

```
R = 9.9664 * 1e3
C = 3.3 * 1e-9

# Czystotliwosc graniczna naszego filtra
borderFreq = 1 / (2 * np.pi * R * C)
print(f"Czystotliwosc graniczna uzytego filtra wynosi: {borderFreq}")
print(f"Czystosc graniczna uzytego filtra wynosi: {borderFreq*2*np.pi}")
```

```
Czystotliwosc graniczna uzytego filtra wynosi: 4839.136562239894
Czystosc graniczna uzytego filtra wynosi: 30405.191747301236
```

Transmitancja filtra dolnoprzepustowego

Wyznaczyliśmy transmitancję operatorową dla naszego układu na podstawie poniższych wzorów a następnie wystawiliśmy do niej odpowiednie wartości.

$$G(s) = \frac{V_c(s)}{V(s)}$$

$$v(t) = v_R(t) + v_C(t)$$

$$G(s) = \frac{1}{1 + RCs}$$

$$G(s) = \frac{1}{1 + 3.288912 \cdot 10^{-5}s}$$

Dla wyżej obliczonej transmitancji będziemy wyznaczać teoretyczną charakterystykę Bodego.

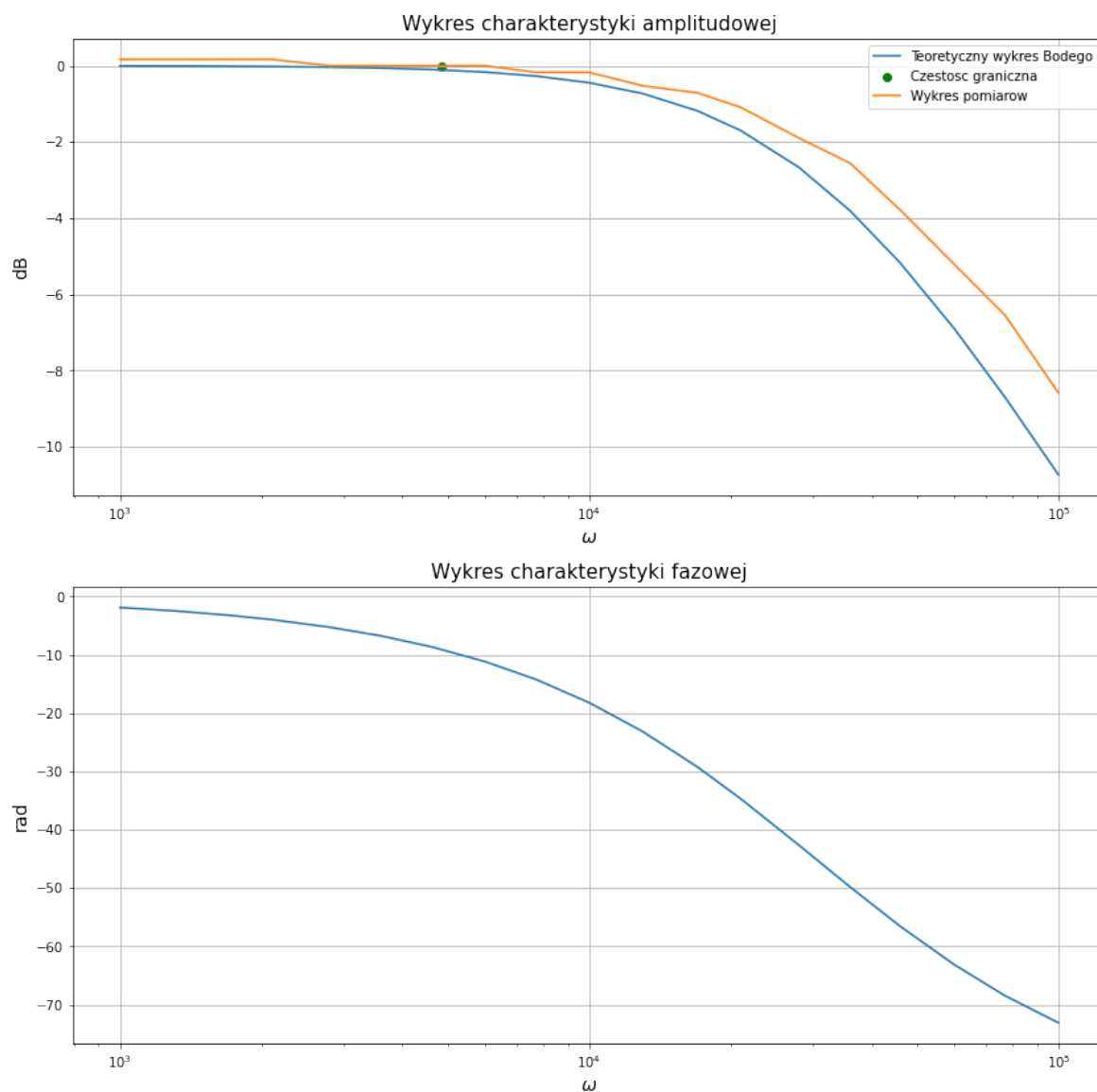
Tabela zawierająca uzyskane pomiary oraz obliczone wzmocnienie G[db]. Kolejno zwiększając częstotliwość na wartości podane w instrukcji odczytywaliśmy wartości. Następnie wyliczyliśmy wzmocnienie z poniższego wzoru:

$$G = 20 \log \frac{U_{wyj}}{U_{wej}}$$

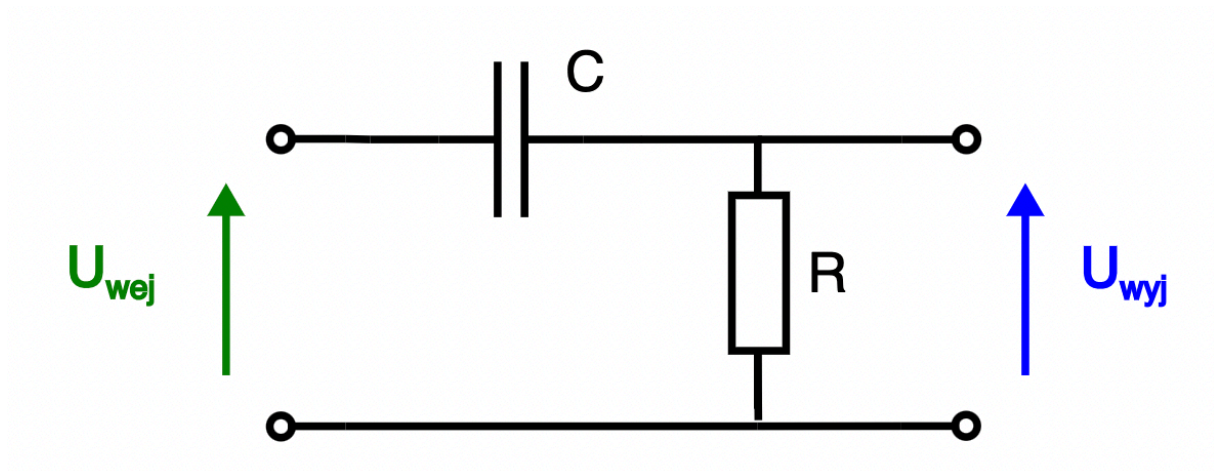
	Vpp_wyj	Vpp_wej	Freq	G[db]
0	1.04	1.02	1.0	0.168663
1	1.04	1.02	1.3	0.168663
2	1.04	1.02	1.7	0.168663
3	1.04	1.02	2.1	0.168663
4	1.02	1.02	2.8	0.000000
5	1.02	1.02	3.6	0.000000
6	1.02	1.02	4.6	0.000000
7	1.02	1.02	6.0	0.000000
8	1.00	1.02	7.7	-0.172003
9	1.00	1.02	10.0	-0.172003
10	0.96	1.02	13.0	-0.526579
11	0.94	1.02	17.0	-0.709446
12	0.90	1.02	21.0	-1.087153
13	0.82	1.02	28.0	-1.895726
14	0.76	1.02	36.0	-2.555732
15	0.66	1.02	46.0	-3.781125
16	0.56	1.02	60.0	-5.208243
17	0.48	1.02	77.0	-6.547179
18	0.38	1.02	100.0	-8.576332

Porównanie teoretycznej charakterystyki amplitudowej oraz rzeczywistej charakterystyki zmierzonej w laboratorium.

Charakterystyka Bodego



Filtr górnoprzepustowy



Schemat filtra górnoprzepustowego

Wartości teoretyczne jakie przyjęliśmy do zrealizowania ćwiczenia dla filtra górnoprzepustowego to rezystancja $9\text{ k}\Omega$ oraz pojemność kondensatora to 1 nF . Natomiast wartości odczytane przez nas to rezystancja $9.06\text{ k}\Omega$ oraz pojemność 1.134 nF . Poniżej obliczona częstotliwość graniczna.

```
R = 9.06 * 1e3
C = 1.134 * 1e-9

# Czestotliwosc graniczna naszego filtra
borderFreq = 1 / (2 * np.pi * R * C)
print(f"Czestotliwosc graniczna uzytego filtra gorno przepustowego wynosi: {borderFreq}")
print(f"Czestosc graniczna uzytego filtra gornoprzepustowego wynosi: {borderFreq*2*np.pi}
```

```
Czestotliwosc graniczna uzytego filtra gorno przepustowego wynosi: 15490.979506785583
Czestosc graniczna uzytego filtra gornoprzepustowego wynosi: 97332.69483085525
```

Transmitancja filtra gornoprzepustowego

Analogicznie do filtra dolnoprzepustowego wyznaczyliśmy transmitancje operatorowa dla naszego układu na podstawie poniższych wzorów a następnie wystawiliśmy do niej odpowiednie wartości.

$$G(s) = \frac{V_c(s)}{V(s)}$$

$$v(t) = v_R(t) + v_C(t)$$

$$G(s) = \frac{RC}{RC \cdot s + 1}$$

$$G(s) = \frac{1.027404 \cdot 10^{-5}}{1.027404 \cdot 10^{-5} \cdot s + 1}$$

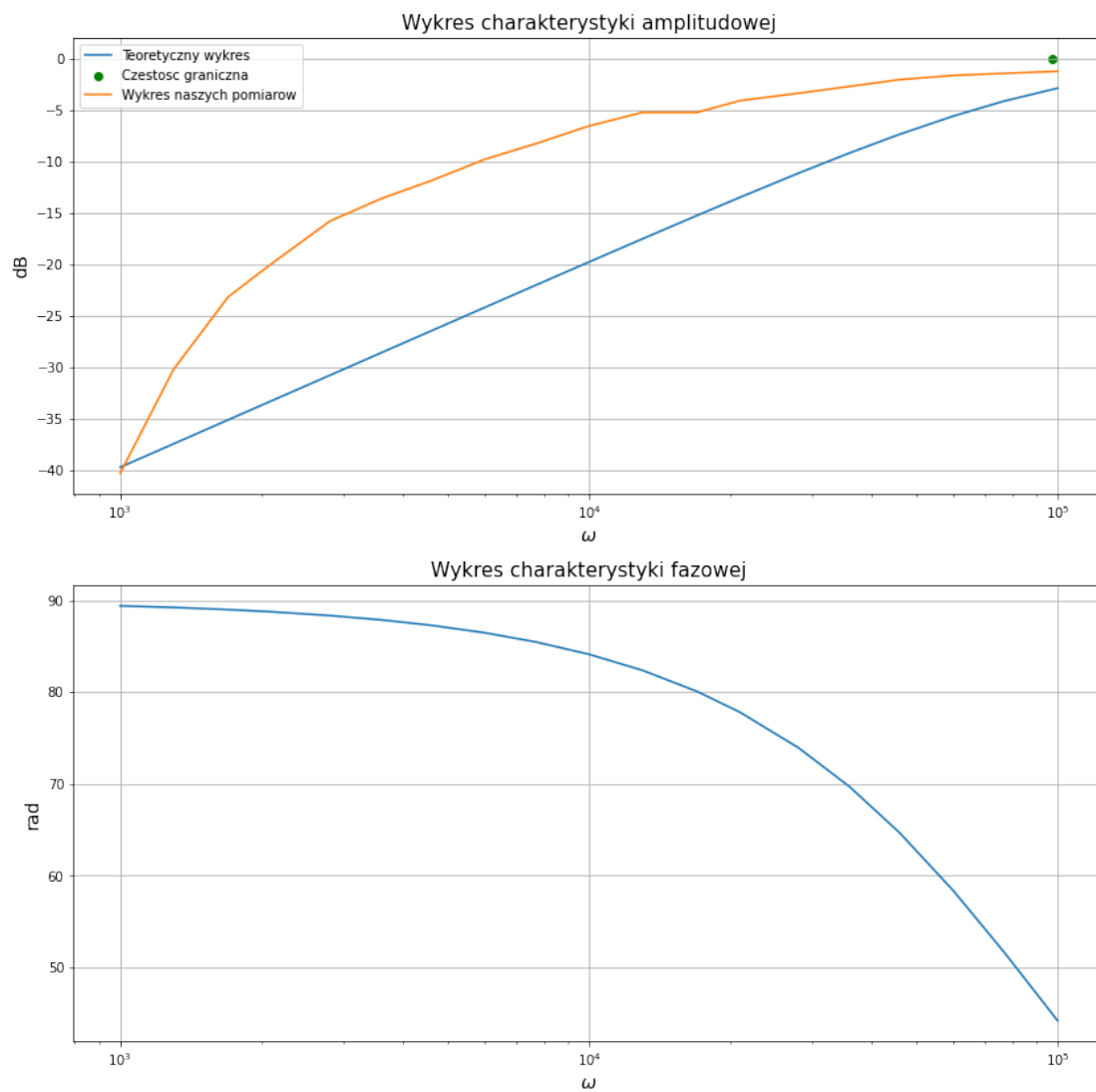
Ponizej tabela naszych pomiarów wraz z obliczonym wzmocnieniem w decybelach na podstawie poniższego wzoru:

$$G = 20 \log \frac{U_{wyj}}{U_{wej}}$$

	Vpp_wyj	Vpp_wej	Freq	G[db]
0	0.010	1.04	1000.0	-40.340667
1	0.032	1.04	1300.0	-30.237667
2	0.072	1.04	1700.0	-23.194017
3	0.104	1.04	2100.0	-20.000000
4	0.168	1.04	2800.0	-15.834481
5	0.216	1.04	3600.0	-13.651592
6	0.264	1.04	4600.0	-11.908588
7	0.336	1.04	6000.0	-9.813881
8	0.400	1.04	7700.0	-8.299467
9	0.488	1.04	10000.0	-6.572270
10	0.568	1.04	13000.0	-5.253700
11	0.568	1.04	17000.0	-5.253700
12	0.648	1.04	21000.0	-4.109167
13	0.704	1.04	28000.0	-3.389214
14	0.760	1.04	36000.0	-2.724395
15	0.820	1.04	46000.0	-2.064390
16	0.860	1.04	60000.0	-1.650698
17	0.880	1.04	77000.0	-1.451013
18	0.900	1.04	100000.0	-1.255817

Porównanie teoretycznej charakterystyki amplitudowej oraz rzeczywistej charakterystyki zmierzonej w laboratorium. Jak widzimy poniżej wykresy są dość rozbieżne, ale punkt ich przecięcia na wykresie się pokrywa.

Charakterystyka Bodego



Filtr pasmowoprzepustowy

W pierwszej kolejności zlokalizowaliśmy na płytce laboratoryjnej rezystory oraz kondensatory potrzebne do wykonania obserwacji, zestawione dane zestawiliśmy w tabeli.

	Wartość teoretyczne	Wartości rzeczywiste
R1	2 kΩ	1977 Ω
C1	10 nF	11,24 nF
R2	9 kΩ	9950 Ω
C2	1 nF	1,17 nF

Posiadając parametry byliśmy w stanie wyliczyć parametry filtra pasmowoprzepustowego:

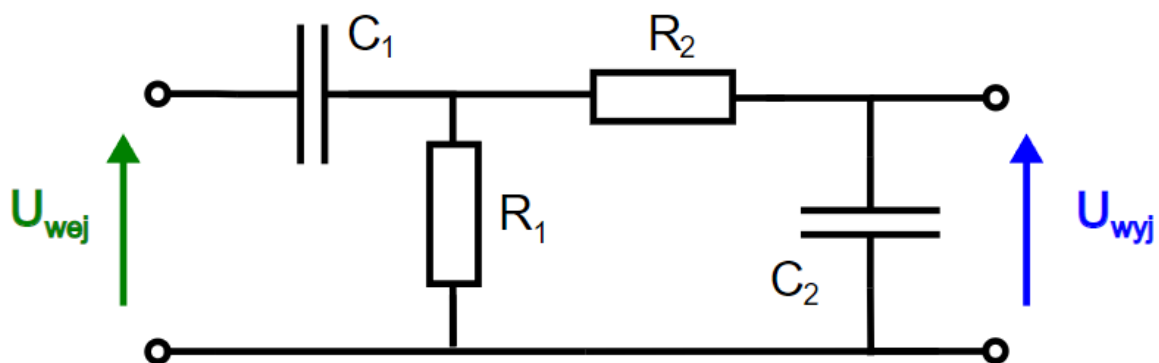
- zakres częstotliwości: $f = \frac{1}{2 * \pi * R * C}$, gdzie R i C odpowiednio dla górno- i dolnoprzepustowego,

Wynik obliczeń: [7162, 13613] Hz

- częstotliwość rezonansowa: $f = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{R1 * R2 * C1 * C2}}$

Wynik obliczeń: 9874 Hz

Po przeprowadzeniu rozpoznania wymaganych elementów, zbudowaliśmy podany na rys 1 układ elektryczny, który został podpięty do oscyloskopu

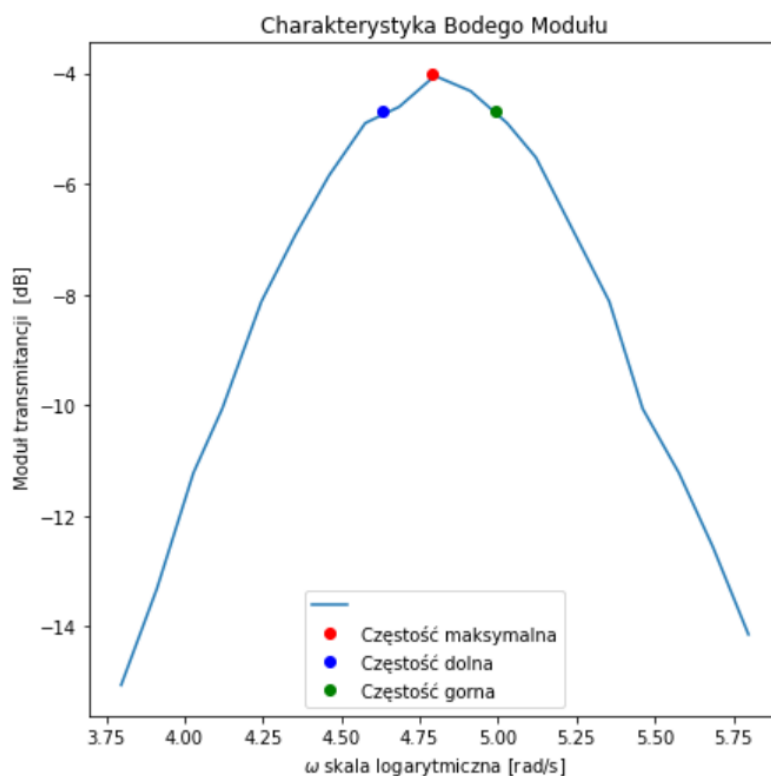


Rysunek 1 Układ filtra pasmowoprzepustowego

Zmieniając częstotliwość podawanego na wejściu napięcia obserwowaliśmy odpowiedź układu, głównym celem obserwacji była obserwacja jak układ tłumi określone częstotliwości. Otrzymane wyniki zestawiliśmy w tabeli poniżej

Częstotliwość	Vpp wejścia [V]	Vpp wyjścia [V]	G [dB]
1 kHz	1,02	0,18	-15,06
1,3 kHz	1,02	0,22	-13,31
1,7 kHz	1,02	0,28	-11,23
2,1 kHz	1,02	0,32	-10,07
2,8 kHz	1,02	0,4	-8,13
3,6 kHz	1,02	0,46	-6,92
4,6 kHz	1,02	0,52	-5,85
6 kHz	1,02	0,58	-4,9
7,7 kHz	1,02	0,6	-4,61
10 kHz	1,02	0,64	-4,05
13 kHz	1,02	0,62	-4,32
17 kHz	1,02	0,58	-4,9
21 kHz	1,02	0,54	-5,52
28 kHz	1,02	0,46	-6,92
36 kHz	1,02	0,4	-8,12
46 kHz	1,02	0,32	-10,06
60 kHz	1,02	0,28	-11,23
77 kHz	1,02	0,24	-12,57
100 kHz	1,02	0,2	-14,15

Po uzyskaniu przedstawionych w tabeli pomiarów oraz obliczeń utworzyliśmy wykres Bodego dla modułu transmitancji, rys 2



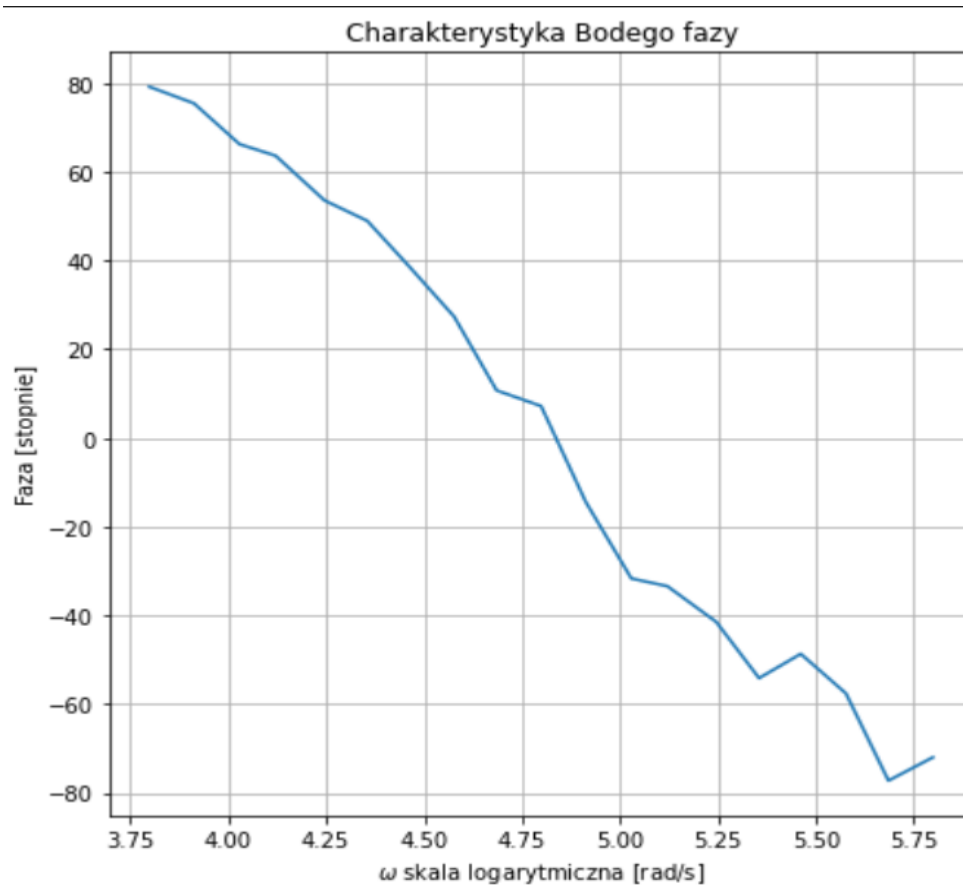
Rysunek 2 Charakterystyka amplitudowa obiektu

W kolejnym kroku zajęliśmy się odczytem różnic w fazie pomiędzy wejściem a wyjściem. Odczyt dokonywaliśmy na oscyloskopie zestawiając oba pomiary i obserwując różnice w czasie pomiędzy dwoma maximami, zmierzone wartości przedstawia tabela:

Częstotliwość	okres sygnału wejściowego T _{we} [s]	przesunięcie czasowe T _{wy} / we	przesunięcie fazowe [stopnie kątowe]
1 kHz	0,001000	0,22	79,2
1,3 kHz	0,000769	0,2096	75,456
1,7 kHz	0,000588	0,184	66,24
2,1 kHz	0,000476	0,1768	63,648
2,8 kHz	0,000357	0,1488	53,568
3,6 kHz	0,000278	0,136	48,96
4,6 kHz	0,000217	0,1076	38,736
6 kHz	0,000167	0,076	27,36
7,7 kHz	0,000130	0,0298	10,728
10 kHz	0,000100	0,02	7,2
13 kHz	0,000077	0,04	-14,4
17 kHz	0,000059	0,088	-31,68
21 kHz	0,000048	0,0928	-33,408

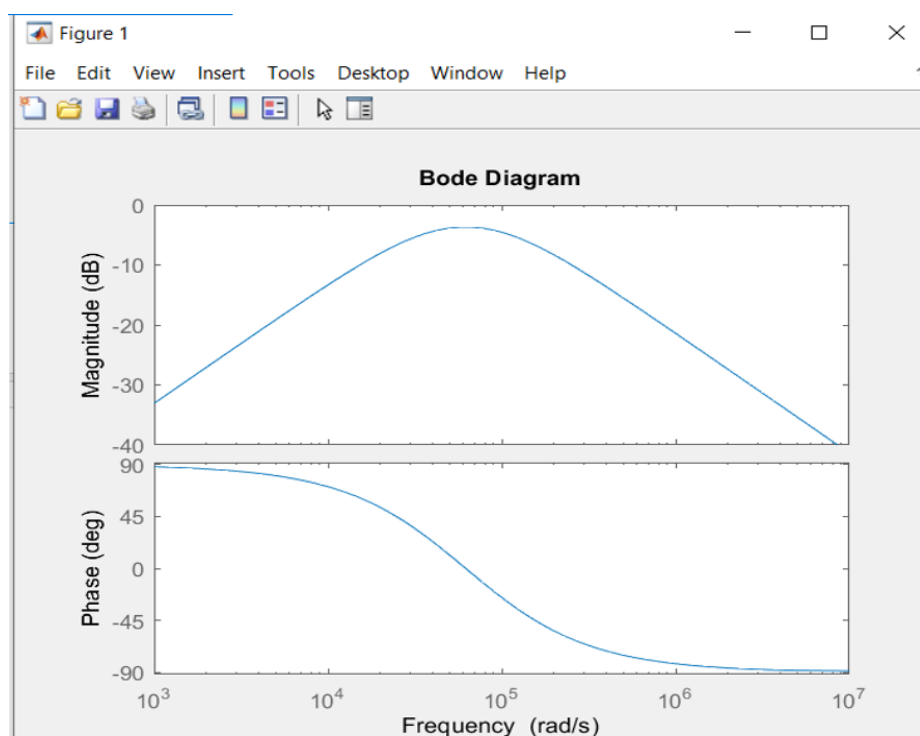
28 kHz	0,000036	0,1152	-41,472
36 kHz	0,000028	0,1504	-54,144
46 kHz	0,000022	0,1352	-48,672
60 kHz	0,000017	0,16	-57,6
77 kHz	0,000013	0,2146	-77,256
100 kHz	0,000010	0,2	-72

Dla otrzymanych danych utworzyliśmy charakterystykę fazową pokazaną na rys 3



Rysunek 3 Charakterystyka fazowa obiektu

Dane te zgadzają się w dużym stopniu z tymi które otrzymaliśmy dla zasymulowanego układu w programie Matlab, odpowiedzi przedstawione na rys 4



Rysunek 4 Wyniki obliczeń charakterystyk Bodego

Jak widzimy z teoretycznego wyliczenia charakterystyk częstotliwość rezonansowa zgadza się z rzeczywistymi obserwacjami oraz różnica pomiędzy pomiarami a teoretyczną wartością są niewielkie

Wnioski z wykonanego ćwiczenia

Podczas wykonywania ćwiczeń poznaliśmy jak działają filtry pasmowe oraz jak możemy zbudować takie filtry. Są one praktycznie wykorzystywane w różnych dziedzinach życia. Mieliśmy również okazję zaobserwować jak możemy w praktycznych zagadnieniach pokonywać wyniki do teoretycznych wyników. Pomiary dla filtra pasmowoprzepustowego zbudowanego na płytce laboratoryjnej, z elementów o pewnym błędzie wartości odwzorowały z pewnymi niewielkimi błędami wyliczone teoretycznie charakterystyki częstotliwościowe. Dla charakterystyki Bodego modułu transmitancji otrzymujemy bardzo duże tłumienie dla wartości spoza zakresu częstotliwości filtra, a dla samego zakresu tłumienie które obserwujemy występuje ale jest na niskim poziomie. Wartości zmierzone nie odbiegają od teoretycznych, błędy powstałe to głównie niewielkie zakłócenie na obiekcie i na elemencie pomiarowym. Dla charakterystyki Bodego fazy otrzymujemy płynne przejście od -80 stopni do 80 stopni, charakterystyka ta najbardziej odbiega od teoretycznej, punkty kluczowe np. dla częstotliwości granicznej zostały zachowane. Błędy wynikają z metody obliczania różnicy czasowej, z której wyliczamy przesunięcie w fazie, na oscyloskopie zaznaczaliśmy ręcznie różnice przez co błędy były znaczące.