



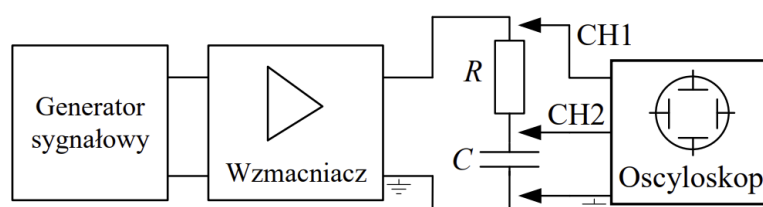
POLITECHNIKA  
LUBELSKA  
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI

Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej		Laboratorium Podstaw Elektrotechniki i Elektroniki	
Skład osobowy grupy laboratoryjnej:  <b><u>Daniel Kadej</u></b> Tomasz Okniński Nikodem Goławski Maciej Izdebski	Rok akademicki: 2025 /2026	Kierunek studiów: IIS Grupa: 3.2.4	Stanowisko nr:  <b>3</b>
	Semestr: zimowy	Data wykonania: 9.12.2025	
Temat ćwiczenia:  <b>Filtry częstotliwościowe</b>			

# 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową, zasadą działania oraz metodami pomiaru charakterystyk pasywnych filtrów: dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego. W ramach ćwiczenia, na podstawie wyników eksperymentalnych, należy obliczyć logarytmiczny współczynnik tłumienia  $A_{dB}$  oraz przesunięcie fazowe  $\varphi$ . Następnie określić charakterystyki amplitudowe i fazowe badanych filtrów oraz porównać je z charakterystykami teoretycznymi. Dodatkowo, na podstawie wyników pomiarów, wyznaczyć stromość zbocza charakterystyki amplitudowej i ocenić zgodność otrzymanych wyników z teorią.

## 2. Badanie dolnoprzepustowego filtra pasywnego RC



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do badania charakterystyk częstotliwościowych dolnoprzepustowego filtra RC (kanał CH1 – napięcie wejściowe  $U_{we}$ , kanał CH2 – napięcie wyjściowe  $U_{wy}$ )

*Tabela 1. Tabela pomiarowo-obliczeniowa do badania filtra dolnoprzepustowego RC*

$R = 68\Omega$ $C = 12\mu F$ $f_g = 195,04Hz$							
lp.	$f$		$U_{we}$	$U_{wy}$	$A_{dB}$	$t_{wy-we}$	$\varphi$
	$f_g$	Hz	V	V	dB	s	°
1	0,1	19,5	16,4	15,8	-0,3237	0,0011	-7,722
2	0,139	27,1	16,6	16	-0,3198	0,0007	-6,829
3	0,193	37,6	16,6	16	-0,3198	0,0008	-10,829
4	0,268	52,3	16,6	15,4	-0,6517	0,0008	-15,062
5	0,373	72,7	16,6	15	-0,8803	0,00068	-17,797
6	0,518	101	16,6	14,4	-1,235	0,00068	-24,725
7	0,720	140,5	16,6	13	-2,123	0,0008	-40,464
8	1	195	16,6	11,4	-3,264	0,00078	-54,756
9	1,390	271	16,6	9,2	-5,136	0,00059	-57,560
10	1,931	376,5	16,8	7,4	-7,122	0,00048	-65,059
11	2,683	523,2	16,8	5,4	-9,858	0,00039	-73,457
12	3,728	727	16,6	4	-12,36	0,00028	-73,282
13	5,180	1010	16,6	2,8	-15,46	0,00022	-79,992
14	7,197	1403,5	16,6	2,2	-17,55	0,00018	-90,947
15	10	1950	16,8	1,64	-20,21	0,00012	-84,240

## Przykładowe obliczenia:

Wzory użyte do obliczeń:

$$A_{dB} = 20 \log \left( \frac{U_{wy}}{U_{we}} \right)$$

Obliczenia dla pomiaru nr. 4:

$$U_{wy} = 15,4$$

$$U_{we} = 16,6$$

$$A_{dB} = 20 \log \left( \frac{15,4}{16,6} \right)$$

$$A_{dB} = 20 \log(0,9277)$$

$$A_{dB} = 20 * (-0,0327)$$

$$A_{dB} = -0,65 \text{ dB}$$

Wzory użyte do obliczeń:

$$\varphi = 2\pi * \frac{t_{wy} - t_{we}}{T}$$

$$\varphi = 2\pi * t_{wy} - t_{we} * f$$

Obliczenia dla pomiaru nr. 4:

$$t_{wy} - t_{we} = 0,0008 \text{ s}$$

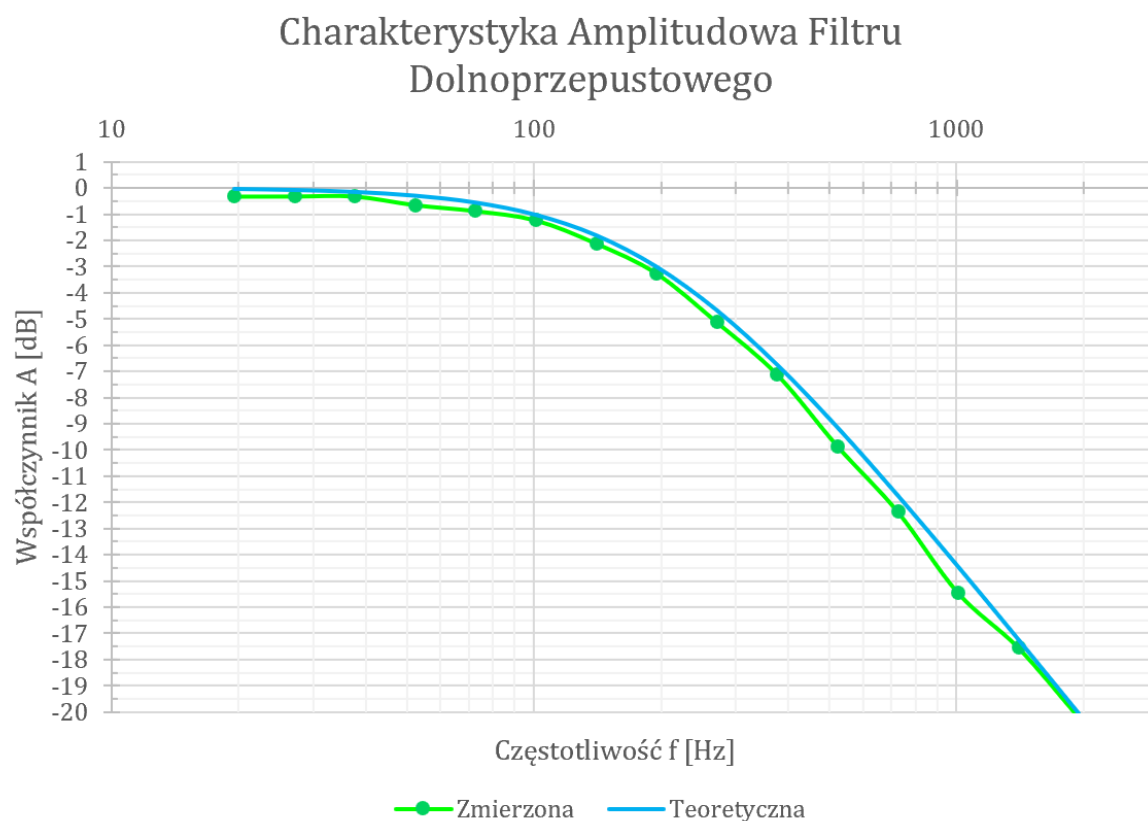
$$f = 52,3 \text{ Hz}$$

$$\varphi = 2\pi * 0,0008 \text{ s} * 52,3$$

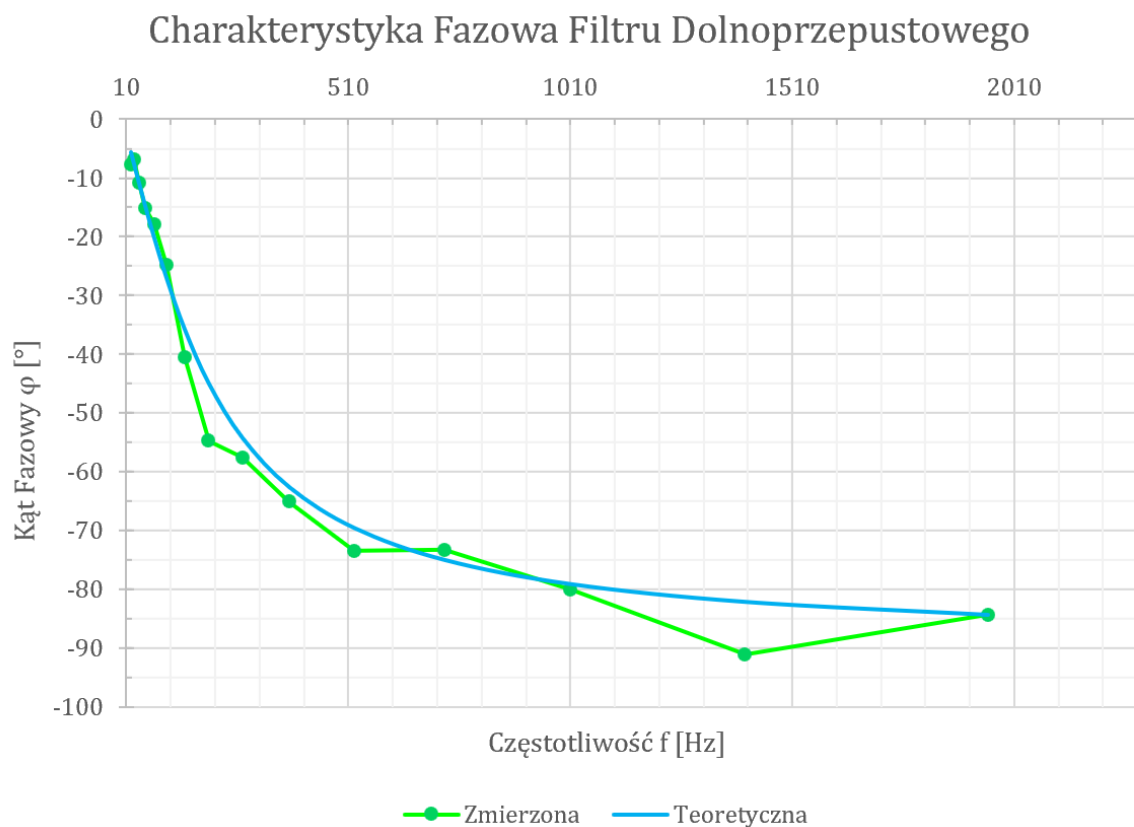
$$\varphi \approx 0,2629 \text{ rad}$$

$$\varphi \approx 15,06^\circ$$

Rys. 1 Wykres charakterystyki amplitudowej filtru dolnoprzepustowego



Rys. 2 Wykres charakterystyki fazowej filtru dolnoprzepustowego



## Obliczenia stromości zbocza:

Wzory użyte do obliczeń:

$$\Delta \log f = \log_{10} \left( \frac{f_2}{f_1} \right)$$

$$\Delta A = A_{dB2} - A_{dB1}$$

Stromość zbocza charakterystyki amplitudowej:

$$S = \frac{\Delta A}{\Delta \log f}$$

Dane pomiarowe:

$$f_1 = 523,2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 1950,0 \text{ Hz}$$

$$A_{dB1} = -9,858 \text{ dB}$$

$$A_{dB2} = -20,209 \text{ dB}$$

Obliczenia stromości zbocza:

*(zakres pomiarów 11-15)*

$$\Delta \log f = \log_{10} \left( \frac{1950,0}{523,2} \right)$$

$$\Delta \log f = \log_{10}(3,73)$$

$$\Delta \log f \approx 0,572$$

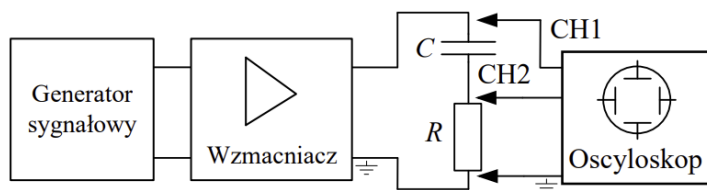
$$\Delta A = (-20,209) - (-9,858)$$

$$\Delta A = -10,351 \text{ dB}$$

$$S = \frac{-10,351}{0,572}$$

$$S \approx -18,1 \text{ dB/dekadę}$$

### 3. Badanie dolnoprzepustowego filtra pasywnego RC



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do badania charakterystyk częstotliwościowych górnoprzepustowego filtra RC (kanał CH1 – napięcie wejściowe  $U_{we}$ , kanał CH2 – napięcie wyjściowe  $U_{wy}$ )

Tabela 2. Tabela pomiarowo-obliczeniowa do badania filtra górnoprzepustowego RC

$R = 68 \, \Omega$		$C = 12 \, \mu F$		$f_g = 195,04 \, Hz$			
lp.	$f$		$U_{we}$	$U_{wy}$	$A_{dB}$	$t_{wy-we}$	$\varphi$
	$f_g$	Hz	V	V	dB	s	°
1	0,1	19,5	16,2	1,6	-20,108	0,013	-97,227
2	0,139	27,1	16,4	2	-18,276	0,009	-94,243
3	0,193	37,6	16,6	2,8	-15,459	0,006	-90,624
4	0,268	52,3	16,6	4	-12,361	0,004	-85,856
5	0,373	72,7	16,4	5,4	-9,649	0,003	-79,301
6	0,518	101	16,6	7,2	-7,256	0,0017	-71,993
7	0,720	140,5	16,6	9,4	-4,940	0,0011	-62,213
8	1	195	16,6	11,4	-3,264	0,0007	-51,737
9	1,390	271	16,6	13,2	-1,991	0,00036	-41,170
10	1,931	376,5	16,8	14,4	-1,339	0,0002	-31,581
11	2,683	523,2	16,6	15,2	-0,765	0,00012	-23,544
12	3,728	727	16,8	15,6	-0,644	0,0006	-17,274
13	5,180	1010	16,6	15,8	-0,429	0,0004	-12,362
14	7,197	1403,5	16,6	15,8	-0,429	0,00016	-9,095
15	10	1950	16,8	16,2	-0,316	0,00007	-6,318

## Przykładowe obliczenia:

Wzory użyte do obliczeń:

$$A_{dB} = 20 \log \left( \frac{U_{wy}}{U_{we}} \right)$$

Obliczenia dla pomiaru nr 4:

$$U_{wy} = 4$$

$$U_{we} = 16,6$$

$$A_{dB} = 20 \log \left( \frac{4}{16,6} \right)$$

$$A_{dB} = 20 \log (0,2410)$$

$$A_{dB} = 20 \cdot (-0,6180)$$

$$A_{dB} = -12,36 \text{ dB}$$

Wzory użyte do obliczeń:

$$\varphi = 2\pi \cdot \frac{t_{wy} - t_{we}}{T}$$

$$\varphi = 2\pi \cdot (t_{wy} - t_{we}) \cdot f$$

Obliczenia dla pomiaru nr 4:

$$t_{wy} - t_{we} = 0,004 \text{ s}$$

$$f = 52,3 \text{ Hz}$$

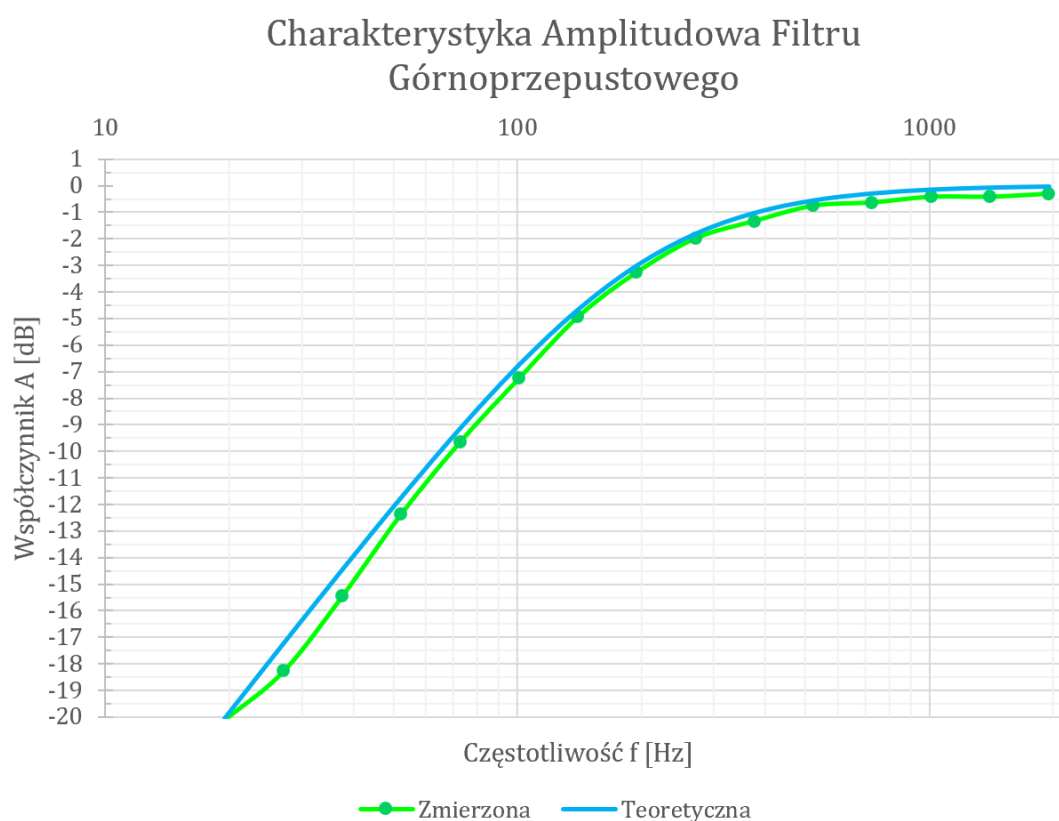
$$\varphi = 2\pi \cdot 0,004 \cdot 52,3$$

$$\varphi \approx 1,498 \text{ rad}$$

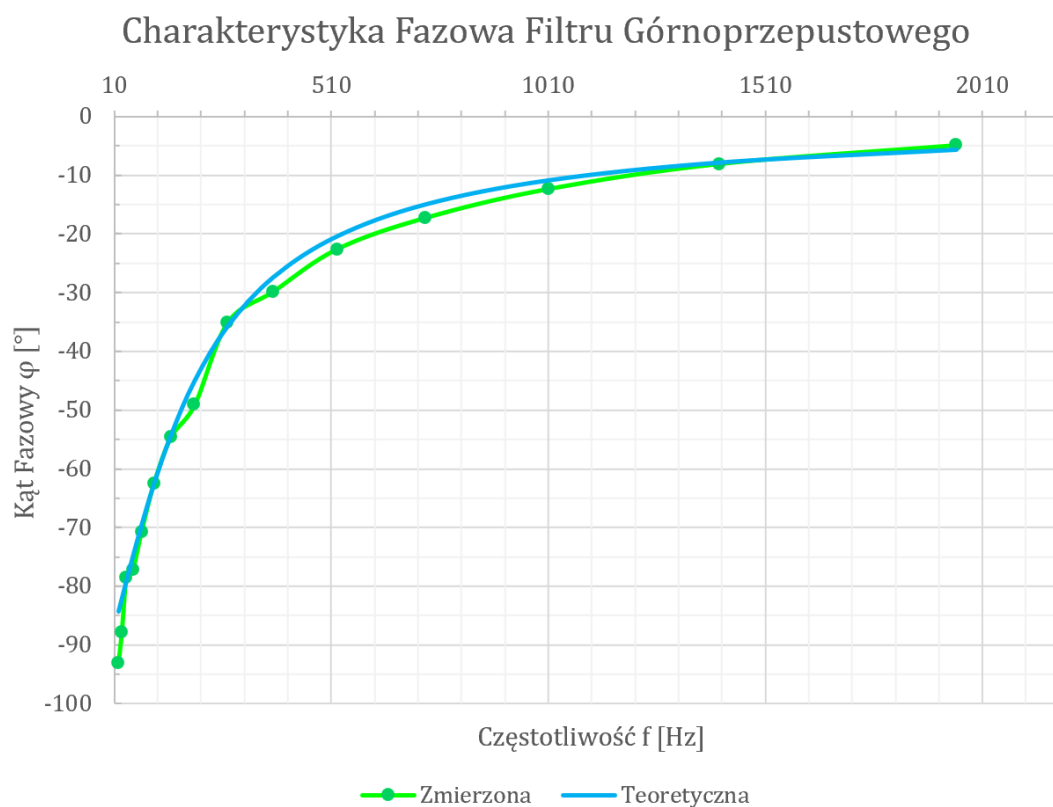
$$\varphi \approx 85,86^\circ$$



Rys. 3 Wykres charakterystyki amplitudowej filtru górnoprzepustowego



Rys. 4 Wykres charakterystyki fazowej filtru górnoprzepustowego



## Obliczenia stromości zbocza:

Wzory użyte do obliczeń

$$\Delta \log f = \log_{10} \left( \frac{f_2}{f_1} \right)$$

$$\Delta A = A_{dB2} - A_{dB1}$$

Stromość zbocza charakterystyki amplitudowej:

$$S = \frac{\Delta A}{\Delta \log f}$$

Dane pomiarowe

$$f_1 = 19,5 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 72,7 \text{ Hz}$$

$$A_{dB1} = -20,108 \text{ dB}$$

$$A_{dB2} = -9,649 \text{ dB}$$

Obliczenia stromości zbocza

*(zakres pomiarów 1-5)*

$$\Delta \log f = \log_{10} \left( \frac{72,7}{19,5} \right)$$

$$\Delta \log f = \log_{10}(3,73)$$

$$\Delta \log f \approx 0,572$$

$$\Delta A = (-9,649) - (-20,108)$$

$$\Delta A = 10,459 \text{ dB}$$

$$S = \frac{10,459}{0,572}$$

$$S \approx 18,3 \text{ dB/dekadę}$$

## 4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów oraz wykonanych obliczeń charakterystyk amplitudowych i fazowych filtrów dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego stwierdzono dobrą zgodność wyników pomiarowych z wartościami teoretycznymi. Wartości wzmocnienia  $A_{dB}$  obliczone ze stosunku napięć  $U_{wy}/U_{we}$  wykazują ten sam przebieg co charakterystyki teoretyczne, a różnice pomiędzy nimi mieszczą się w granicach błędu pomiarowego.

Dla filtru dolnoprzepustowego obliczone wartości wzmocnienia dla niskich częstotliwości są zbliżone do 0 dB, natomiast wraz ze wzrostem częstotliwości następuje systematyczny spadek  $A_{dB}$ , zgodny z teoretyczną stromością zbocza wynoszącą około  $-20$  dB/dekadę. Wyznaczona z pomiarów stromość zbocza była nieco mniejsza od wartości teoretycznej co może wynikać z niedokładności odczytów napięć.

W przypadku filtru górnoprzepustowego obliczone wartości wzmocnienia dla niskich częstotliwości przyjmują wartości silnie ujemne, natomiast dla wyższych częstotliwości zbliżają się do 0 dB, co jest zgodne z obliczeniami teoretycznymi. Również charakterystyka fazowa, wyznaczona na podstawie zmierzonego opóźnienia czasowego, wykazuje zgodność z teorią — przesunięcie fazowe dąży odpowiednio do około  $-90^\circ$  lub  $0^\circ$  w zależności od rodzaju filtru.

Niewielkie rozbieżności pomiędzy wartościami teoretycznymi a wynikami pomiarów wynikają głównie ograniczonej dokładności pomiaru czasu i napięcia. Ostatecznie uzyskane wyniki potwierdzają poprawność zarówno przeprowadzonych obliczeń, jak i prawidłowe działanie badanych filtrów.