

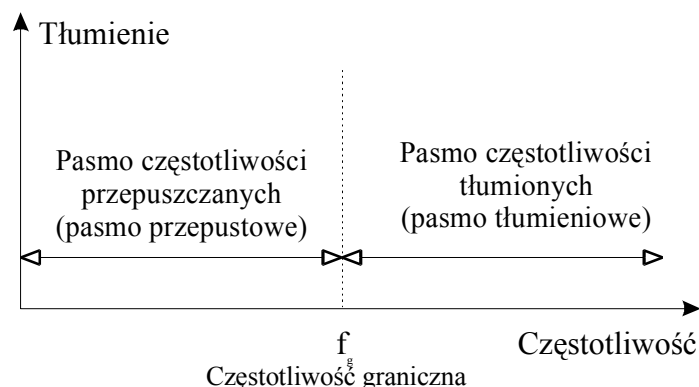
## ĆWICZENIE 5

### PASYWNE FILTRY CZĘSTOTLIWOŚCI

#### 1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

**Filtrem częstotliwości** nazywamy układ o strukturze czwórnika (czwórnik to układ mający cztery zaciski – jedna z par zacisków pełni rolę wejścia, zaś druga wyjścia), który przepuszcza bez tłumienia lub z małym tłumieniem napięcia i prądy o określonym paśmie częstotliwości, a tłumia napięcia i prądy leżące poza tym pasmem. Filtry częstotliwości mają głównie zastosowanie w urządzeniach elektronicznych i energetycznych. Umieszczone pomiędzy źródłem sygnału a odbiornikiem powodują, że do odbiornika dostaje się sygnał o pożądanym widmie częstotliwości, co oznacza, że z sygnału dostarczanego przez źródło został wyeliminowany sygnał o częstotliwości mieszczącej się w paśmie tłumieniowym.

Pasmo częstotliwości, które filtr przepuszcza bez tłumienia (lub z małym tłumieniem) nosi nazwę **pasma przepustowego**, zaś pasmo, w którym napięcia i prądy podlegają tłumieniu nosi nazwę **pasma tłumieniowego**. Częstotliwość, która stanowi granicę pomiędzy pasmem przepustowym a pasmem tłumienia, nazywana jest **częstotliwością graniczną**. Filtr może mieć kilka częstotliwości granicznych. Częstotliwość graniczna  $f_g$  wyrażana w Hz może być również opisana za pomocą pulsacji granicznej  $\omega_g$ , której jednostką jest rad/s. Wartość częstotliwości granicznej filtru może być wyznaczana zarówno w oparciu o wartości elementów, z których zbudowany jest filtr jak i z częstotliwościowej charakterystyki napięciowej ( $U_{wy}=f(U_{we})$ ) lub prądowej filtru.



Rys. 5.1. Przykładowa charakterystyka sposobu tłumienia filtru dolnoprzepustowego

W zależności od **położenia pasma przepustowego** wyróżnia się grupy filtrów:

- dolnoprzepustowe – pasmo przepustowe od częstotliwości  $f=0$  Hz do częstotliwości granicznej  $f_g$ ,
- górnoprzepustowe – pasmo przepustowe od częstotliwości granicznej  $f_g$  do nieskończoności,
- środkowoprzepustowe (pasmowe) – pasmo przepustowe od częstotliwości granicznej  $f_{g1}$  do częstotliwości granicznej  $f_{g2}$ ,
- środkowozaporowe (zaporowe) – pasmo tłumieniowe od częstotliwości granicznej  $f_{g1}$  do częstotliwości granicznej  $f_{g2}$ .

W zależności od **elementów wykorzystanych do budowy** wyróżnia się grupy filtrów:

- filtry aktywne – w przypadku wykorzystania w układzie filtru elementów aktywnych (wzmacniaczy) takich jak np. wzmacniacze operacyjne. Dzięki temu istnieje możliwość zaprojektowania filtru o dowolnej charakterystyce częstotliwościowej. Filtry aktywne mają taką zaletę, że nie posiadają cewek (indukcyjności). Wadami stosowania indukcyjności są trudności

uzyskania w technice scalonej dużych wartości indukcyjności, ponieważ trzeba w takich przypadkach stosować rdzenie ferromagnetyczne, występowanie w cewkach rezystancji szeregowej, pojemności międzyzwojowych oraz wrażliwość na zakłócenia magnetyczne,

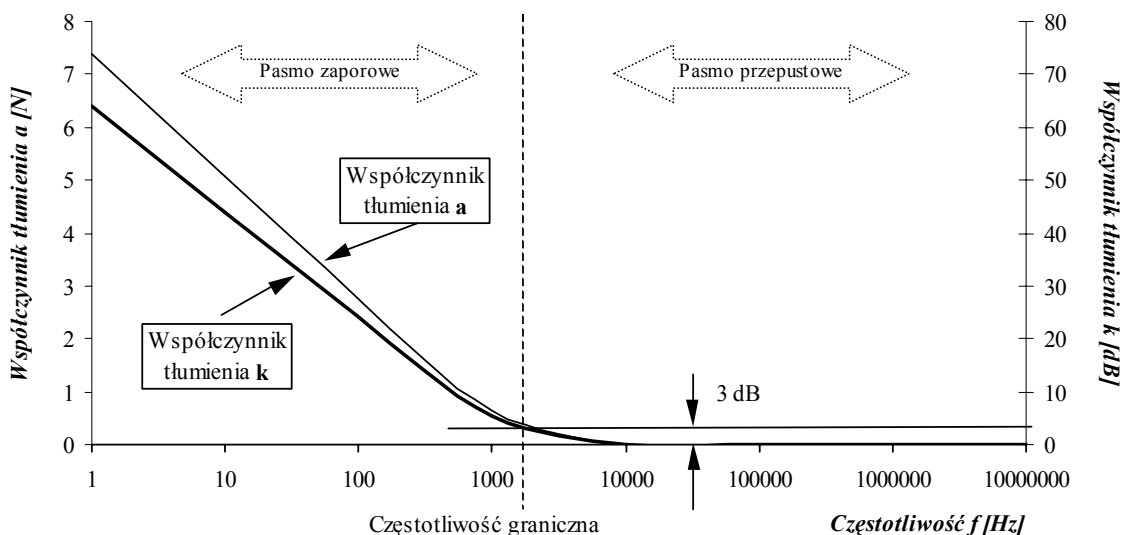
- filtry pasywne – zbudowane z samych elementów pasywnych:
  - filtry reaktancyjne L,C - zbudowane z cewek i kondensatorów,
  - filtry bezindukcyjne R,C - zbudowane z rezystorów i kondensatorów,
  - filtry piezoelektryczne – materiały piezoelektryczne charakteryzują się tym, że przy odkształceniach mechanicznych pomiędzy ich powierzchniami generowane jest napięcie. Podobnie w przypadku dołączenia do piezoelektryka napięcia, wystąpią w nim odkształcenia mechaniczne. Zamocowana w układzie mechanicznym płytka piezoelektryczna drga z częstotliwością doprowadzonego sygnału. Im bardziej częstotliwość sygnału zbliżona jest do częstotliwości rezonansowej piezoelektryka, tym większa część sygnału przedostaje się na wyjście filtra.

### 1.1. PARAMETRY FILTRÓW PASYWNYCH

Podstawowe parametry charakteryzujące pasywny filtr częstotliwości to:

- współczynnik tłumienia filtra ( $a, k$ ),
- współczynnik przesunięcia fazowego ( $b, \beta$ ),
- częstotliwość graniczna ( $f_g$ ),
- impedancja falowa.

**Współczynnik tłumienia** (tłumienność ( $a,k$ )) - wielkość określająca, jaka część sygnału wejściowego znajdzie się przy określonej częstotliwości się na wyjściu filtra. Może on być określany na kilka sposobów: jako bezpośredni stosunek wartości napięć lub prądów (5.1), w neperach (5.2) lub decybelach (5.3). Wszystkie z wymienionych wielkości dają się wzajemnie przeliczać.



Rys. 5.2. Logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia filtra górnoprzepustowego prezentowane w neperach ( $a$ ) i decybelach ( $k$ )

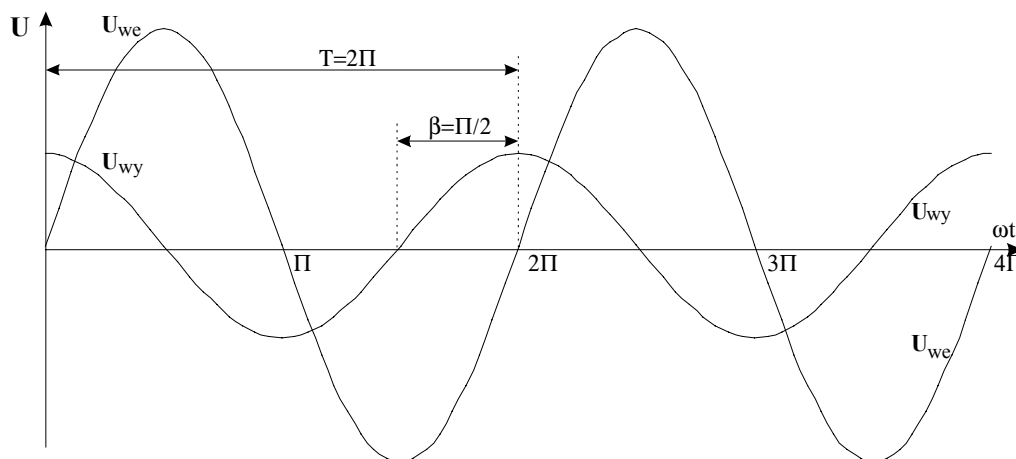
Jeżeli przy określonej częstotliwości  $f$  na wejście filtra podawany jest sygnał o amplitudzie  $U_1$ , a na jego wyjście przedostaje się sygnał o amplitudzie  $U_2$ , to współczynnik tłumienia można określić na poniższe sposoby.

$$\text{Wsp. tłumienia} = \frac{U_2}{U_1}, (-), \quad (5.1)$$

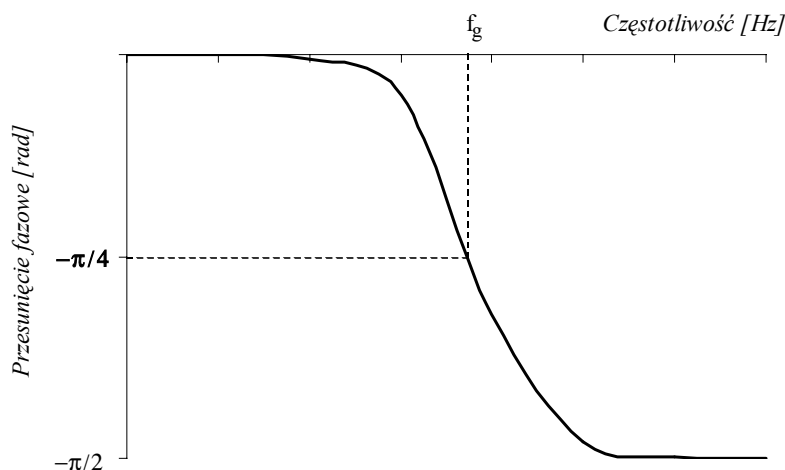
$$a = \ln \frac{U_1}{U_2}, (\text{N}), \quad (5.2)$$

$$k = -20 \log \frac{U_2}{U_1}, (\text{dB}). \quad (5.3)$$

**Współczynnik przesunięcia fazowego** (współczynnik fazowy (b,  $\beta$ )) – wyrażany w radianach lub stopniach kąt przesunięcia fazowego (wyprzedzenia lub opóźnienia) pomiędzy napięciem na wejściu a napięciem na wyjściu filtra (rys. 5.3., 5.4).



Rys. 5.3. Przebiegi czasowe napięć na wejściu i wyjściu filtra przy współczynniku przesunięcia fazowego równym  $\pi/2$



Rys. 5.4. Przykładowa logarytmiczna charakterystyka częstotliwościowa współczynnika przesunięcia filtra RC

**Impedancja falowa** – taka impedancja odbiornika dołączonego do zacisków wyjściowych filtra, przy której impedancja mierzona na wejściu czwórnik jest równa impedancji odbiornika.

**Częstotliwość graniczna ( $f_g$ )** - wartość częstotliwości oddzielająca pasmo przepustowe od pasma zaporowego. W fazie projektowania filtra ona jest określana na podstawie wartości zastosowanych w filtrze elementów oraz impedancji źródła i odbiornika. Może być również określana w oparciu o

częstotliwościową charakterystykę współczynnika tłumienia lub częstotliwościową charakterystykę współczynnika przesunięcia fazowego.

W przypadku określania częstotliwości granicznej na podstawie częstotliwościowej charakterystyki współczynnika tłumienia (rys. 5.2), za częstotliwość graniczną można przyjmować taką wartość częstotliwości, przy której tłumienie zwiększa się o 3 dB w stosunku do wartości, jaką posiada w paśmie przepustowym („3 decybelowa częstotliwość graniczna”).

## 1.2. REALIZACJE UKŁADÓW FILTRÓW PASYWNYCH

### FILTRY REAKTANCYJNE L,C

Działanie filtrów opiera się na zależności reaktancji poszczególnych gałęzi filtrów od częstotliwości sygnału wejściowego. Jeżeli gałąź filtru zawiera pojemność  $C$ , to jego reaktancja  $X_C$  maleje wraz ze wzrostem częstotliwości  $f$  (5.4). W przypadku, kiedy w gałęzi filtru występuje indukcyjność  $L$ , to wzrostowi częstotliwości sygnału towarzyszy wzrost reaktancji indukcyjnej  $X_L$  (5.5).

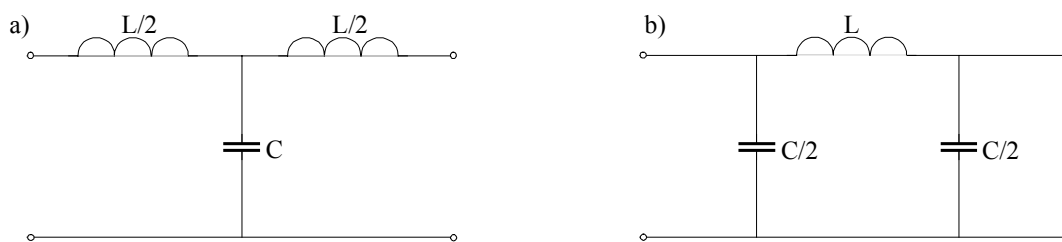
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}, (\Omega), \quad (5.4)$$

$$X_L = 2\pi f L, (\Omega). \quad (5.5)$$

Kolejną cechą filtrów reaktancyjnych, zwanych również filtry drabinkowymi, ponieważ mogą stanowić grupy połączonych czwórników typu T,  $\Pi$ ,  $\Gamma$  jest to, że iloczyn impedancji zespolonych ich gałęzi szeregowych i równoległych jest wielkością rzeczywistą większą od zera.

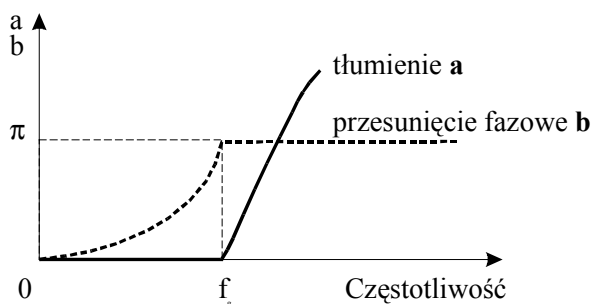
### FILTRY DOLNOPRZEPUSTOWE

W filtrach dolnoprzepustowych (rys. 5.5) elementy umieszczone w gałęziach poprzecznych (równoległych) są kondensatorami, zaś umieszczone w gałęziach podłużnych (szeregowych) cewkami.



Rys. 5.5. Filtry dolnoprzepustowe LC w układach T a) i  $\Pi$  b)

Zmiany współczynnika tłumienia a i współczynnika przesunięcia fazowego b zaprezentowano na rys. 5.6.



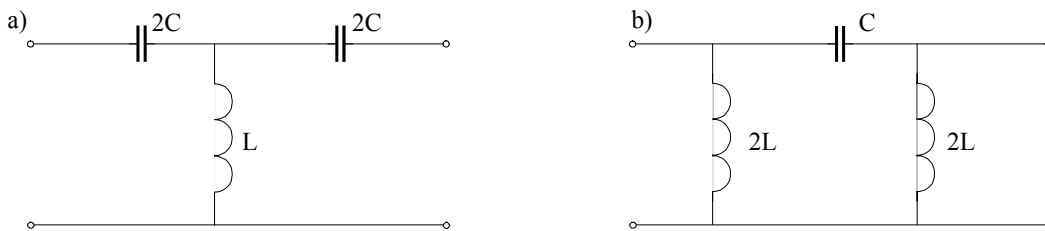
Rys. 5.6. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów dolnoprzepustowych LC

Filtr przepuszcza bez tłumienia sygnał o częstotliwości w paśmie od 0 do częstotliwości granicznej  $f_g$  (pulsacji  $\omega_g$ ), a tłumi sygnał o wyższych częstotliwościach. Częstotliwość graniczna w takim filtrze wynosi:

$$f_g = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}, \text{ (Hz)}. \quad (5.6)$$

### FILTRY GÓRNOPRZEPUSTOWE

W filtrach górnoprzepustowych (rys. 5.7) elementy umieszczone w gałęziach poprzecznych (równoległych) to indukcyjności. W gałęziach podłużnych występują kondensatory. Rolą cewek jest utworzenie gałęzi o niskiej impedancji dla sygnałów o niskiej częstotliwości. Kondensatory mają za zadanie przepuszczenie sygnałów o częstotliwościach wyższych od częstotliwości granicznej.

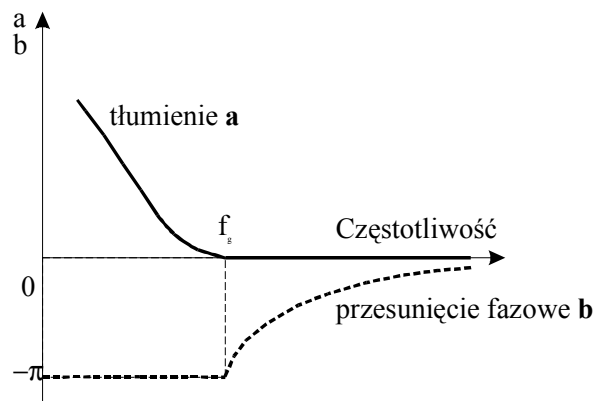


Rys. 5.7. Filtry górnoprzepustowe LC w układach T a) i Pi b)

Idealny filtr LC przepuszcza bez tłumienia sygnał o częstotliwości w paśmie od częstotliwości granicznej  $f_g$  do nieskończoności, a tłumi sygnały o niższych częstotliwościach. Częstotliwość graniczna w takim filtrze ma wartość:

$$f_g = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}, \text{ (Hz)}. \quad (5.7)$$

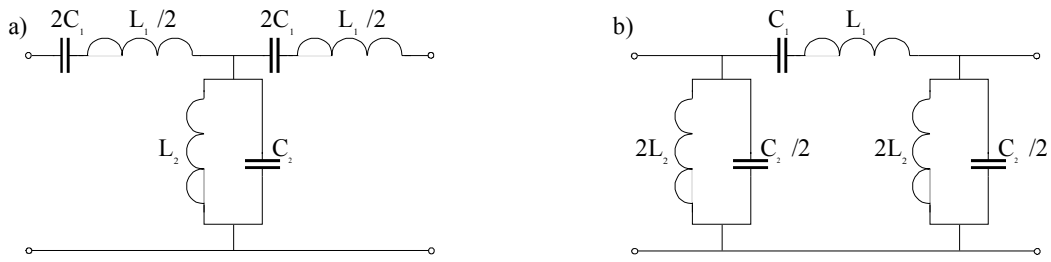
Zmiany współczynnika tłumienia  $a$  i współczynnika przesunięcia fazowego  $b$  zaprezentowano na rys. 5.8.



Rys. 5.8. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów górnoprzepustowych LC

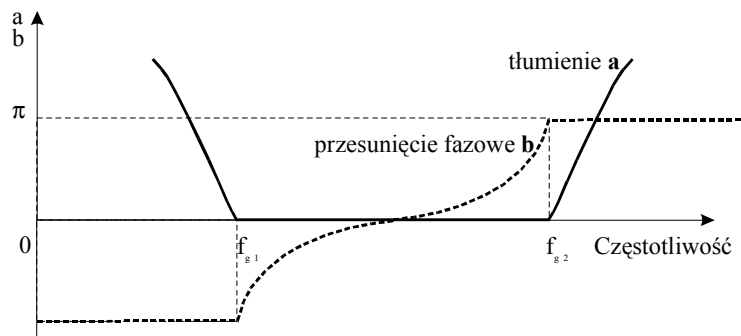
### FILTRY PASMOWY (ŚRODKOWOPRZEPUSTOWY)

Filtr środkowoprzepustowy można przedstawić jako połączenie dwóch filtrów górnoprzepustowego złożonego z pojemności  $C_1$  i indukcyjności  $L_2$  (częstotliwość graniczna  $f_{g1}$ ) i dolnoprzepustowego złożonego z pojemności  $C_2$  i indukcyjności  $L_1$  (częstotliwość graniczna  $f_{g2}$ ).



Rys. 5.9. Filtry pasmowe LC w układach T a) i Π b)

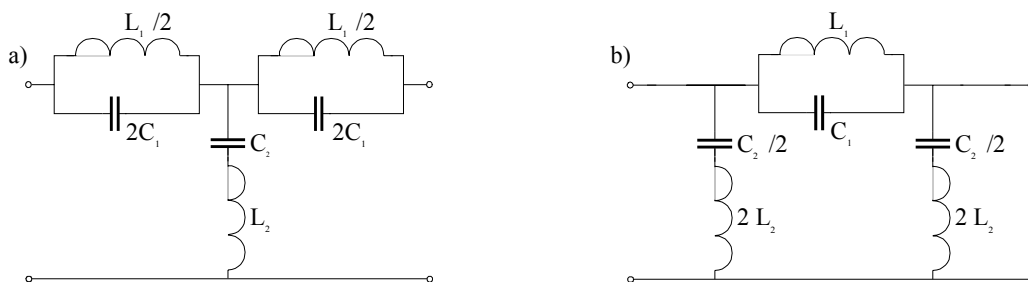
Idealny filtr pasmowy przepuszcza bez tłumienia częstotliwości w paśmie od  $f_{g1}$  do  $f_{g2}$ , zaś poza tym pasmem występuje wysokie tłumienie połączone z narastaniem przesunięcia fazowego pomiędzy sygnałami wejściowym i wyjściowym. Średnia geometryczna częstotliwości granicznych ( $f_0 = (f_{g1} \cdot f_{g2})^{1/2}$ ) nosi nazwę częstotliwości rezonansowej  $f_0$ . Innym parametrem filtrów pasmowych jest szerokość pasma przepustowego definiowana jako różnica pomiędzy górną i dolną częstotliwością graniczną.



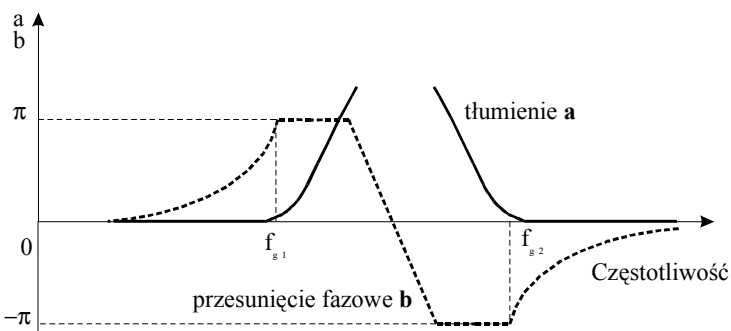
Rys. 5.10. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów pasmowych LC

### FILTRY ZAPOROWY (ŚRODKOWOZAPOROWY)

Filtr zaporowy (rys. 5.11) jest połączeniem dwóch filtru górnoprzepustowego złożonego z pojemności  $C_1$  i indukcyjności  $L_2$  (częstotliwość graniczna  $f_{g2}$ ) i dolnoprzepustowego złożonego z pojemności  $C_2$  i indukcyjności  $L_1$  (częstotliwość graniczna  $f_{g1}$ ). Pasma zaporowe znajduje się pomiędzy częstotliwościami granicznymi  $f_{g1}$  i  $f_{g2}$ .



Rys. 5.11. Filtry zaporowe LC w układach T a) i Π b)

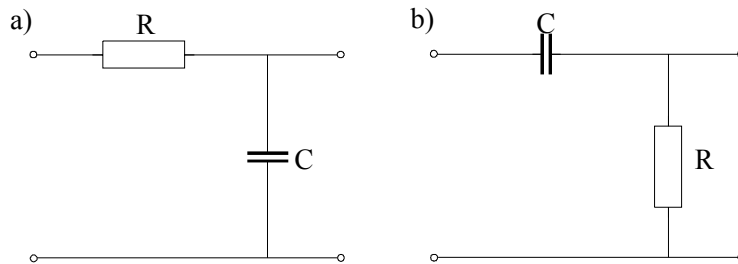


Rys. 5.12. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów zaporowych LC

## FILTRY R,C

Mimo dobrych własności tłumieniowych filtrów LC, to w ich przypadku problemy związane są z elementami indukcyjnymi. Cewki nie mogą być bezpośrednio realizowane w technice scalonej. Uzyskanie dużych wartości indukcyjności pociąga za sobą konieczność stosowania cewek z rdzeniem ferromagnetycznym. Poza tym każda cewka oprócz indukcyjności wprowadza do układu rezystancję uzwojenia.

Powyższych wad nie mają filtry złożone z rezystancji i pojemności – filtry RC. Ich działanie opiera się na zależności impedancji kondensatora od częstotliwości. W przypadku wzrostu częstotliwości maleje impedancja gałęzi, w której występuje pojemność.

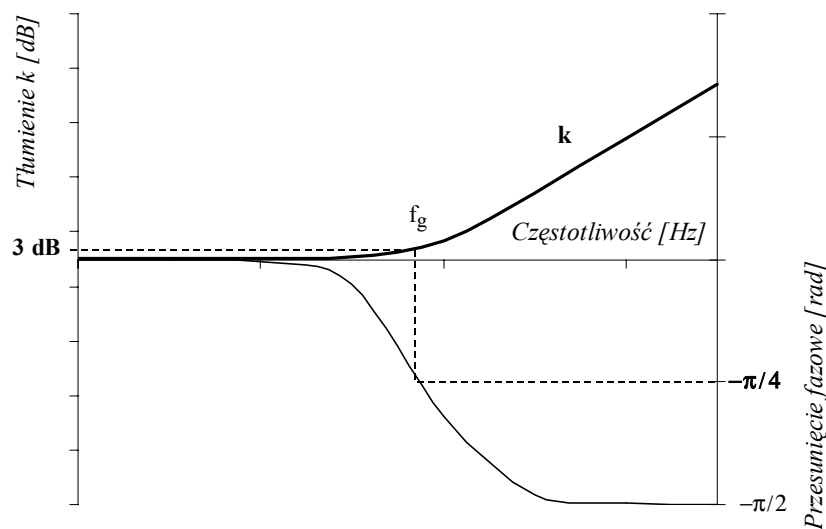


Rys. 5.13. Filtry pasywne RC: a) dolnoprzepustowy, b) górnoprzepustowy

W literaturze można spotkać się z określeniem filtrów RC jako dzielników napięcia. Poprzez odpowiednie dobranie wartości pojemności i rezystancji filtrów można uzyskać filtry dolnoprzepustowe (rys. 5.13 a) i górnoprzepustowe (rys. 5.13 b) o częstotliwościach granicznych (3-decybelowych) określonych taką samą zależnością (5.8).

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}, \text{ (Hz)}. \quad (5.8)$$

### FILTR DOLNOPRZEPUSTOWY RC



Rys. 5.14. Logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia i współczynnika przesunięcia fazowego filtra dolnoprzepustowego RC

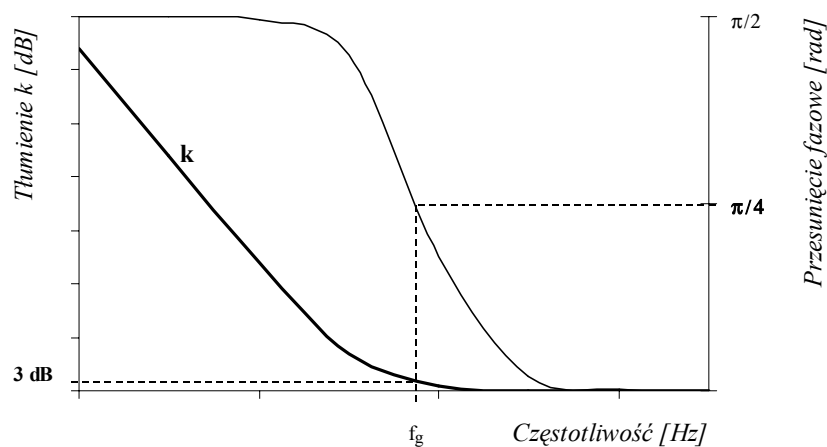
Jeżeli filtr dolnoprzepustowy RC, przedstawiony na rys. 5.13 a), dołączony jest do idealnego źródła sygnału (idealne źródło sygnału to takie, które posiada zerową impedancję wewnętrzną) dla niskich wartości częstotliwości sygnału, filtr może być traktowany jako źródło sygnału o rezystancji R (R – wartość rezystancji w szeregowej gałęzi filtru). Sygnał o częstotliwości wyższej od częstotliwości

granicznej nie wydostaje się na wyjście filtru, ponieważ jest zwierany przez kondensator. Rys. 5.14 pokazuje zmiany tłumienia i przesunięcia fazowego w zależności od częstotliwości sygnału wejściowego. Należy pamiętać o tym, że na wykresie oś częstotliwości wykreślono w skali logarytmicznej.

### FILTR GÓRNOPRZEPUSTOWY

Jeżeli na wejście filtru górnoprzepustowego RC, przedstawionego na rys. 5.13 b), wprowadzi się sygnał o wysokiej częstotliwości, to na jego wyjściu pojawi się sygnał o napięciu w przybliżeniu równym napięciu wejściowemu. Spowodowane jest to, niską wartością impedancji gałęzi szeregowej dla sygnałów o wysokiej częstotliwości.

Rys. 5.15 pokazuje zmiany tłumienia i przesunięcia fazowego w zależności od częstotliwości sygnału wejściowego.



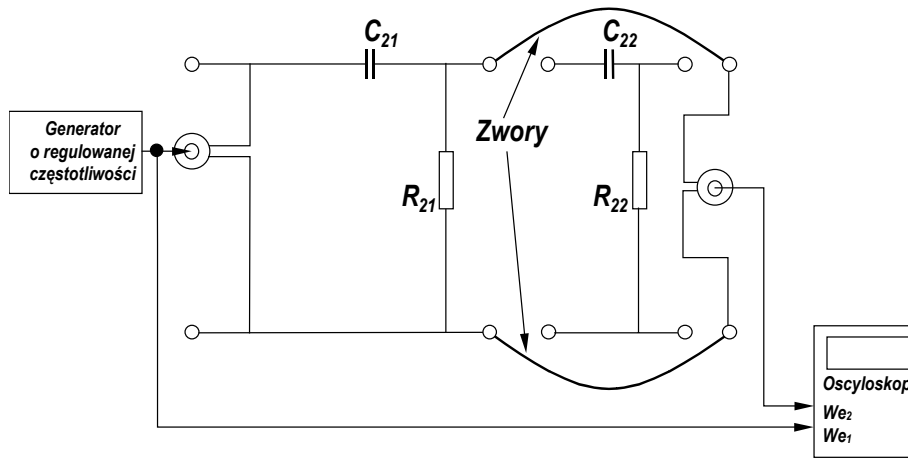
Rys. 5.15. Logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia i współczynnika przesunięcia fazowego filtra górnoprzepustowego RC

## 2. WYKONANIE ĆWICZENIA

### 2.1. FILTR GÓRNOPRZEPUSTOWY

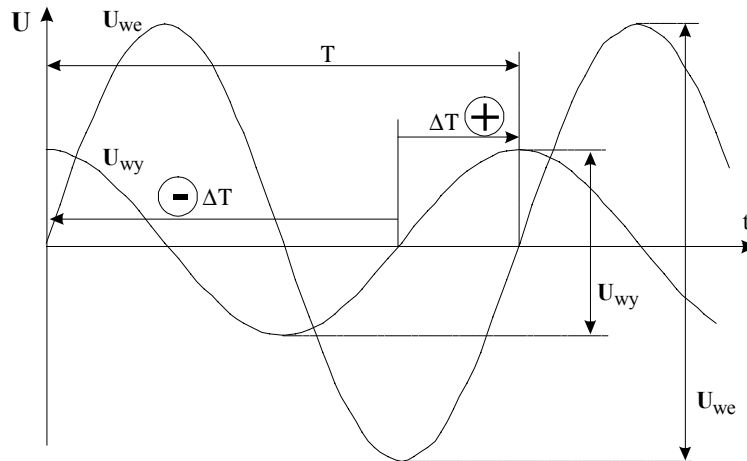
- a) Zanotować wartości elementów wykorzystanych do budowy filtru (tab. 5.1). Dokonać połączenia filtru górnoprzepustowego RC i układu pomiarowego zgodnie z rys. 5.16. Przy stałej amplitudzie sygnału wejściowego, zmieniając częstotliwość sygnału wejściowego z generatora w zakresie  $100 \text{ Hz} \div 1 \text{ MHz}$ , obserwować i notować wartość amplitudy sygnału wyjściowego oraz przesunięcie pomiędzy sygnałami wejściowym i wyjściowym. Wyniki zestawić w tabeli 5.2.





Rys. 5. 16. Układ do badania filtra górnoprzepustowego RC

W przypadku badania filtrów górnoprzepustowych wartość przesunięcia fazowego  $\Delta T$  pomiędzy sygnałem wyjściowym a wejściowym należy przyjmować ze znakiem dodatnim (rys. 5.17).



Rys. 5. 17. Przebiegi czasowe filtra górnoprzepustowego RC

Tab. 5 .1

Dane elementów filtra górnoprzepustowego		
$R_{21}$	$\Omega$	
$R_{22}$	$\Omega$	
$C_{21}$	$\mu F$	
$C_{22}$	$\mu F$	

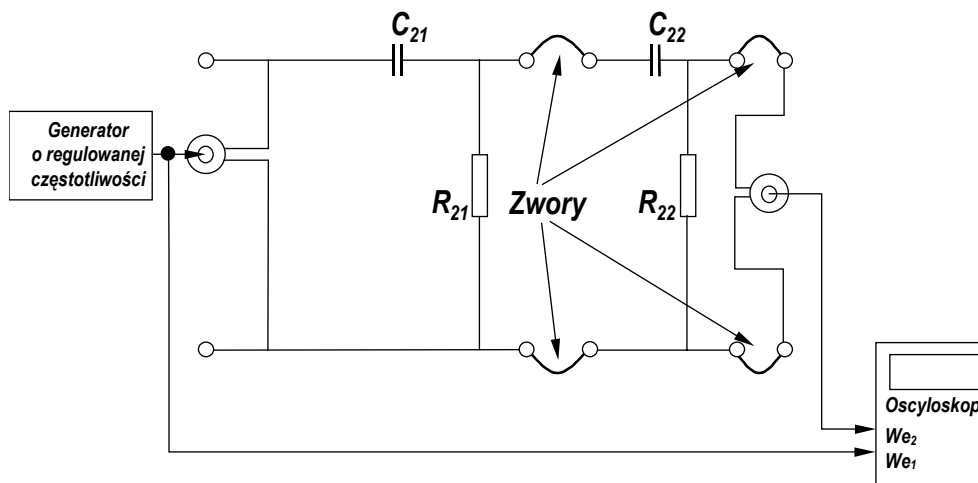
Tab. 5 .2

Lp.	Pomiary					Obliczenia	
	f	$U_{we}$	$U_{wy}$	$\Delta T$	T	k	b
	Hz	V	V	cm	cm	dB	rad
1.							
...							
5.							

- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika tłumienia (5.3).
- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika przesunięcia fazowego, korzystając przy tym z poniższej zależności:

$$b = \frac{\Delta T}{T} 2\pi, \text{ (rad)}, \quad (5.9)$$

- Na podstawie pomiarów, na tym samym wykresie, wykreślić logarymiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia ( $k = f(f)$ ) i współczynnika przesunięcia fazowego ( $b = f(f)$ ) filtra górnoprzepustowego.
  - W oparciu o charakterystykę współczynnika tłumienia określić częstotliwość graniczną i porównać ją z częstotliwością wyliczoną (5.8) na podstawie wartości elementów zastosowanych w układzie.
- b) Dokonać szeregowego połączenia dwóch filtrów górnoprzepustowych RC i układu pomiarowego zgodnie z rys. 5. 18. Przy stałej amplitudzie sygnału wejściowego, zmieniając częstotliwość sygnału wejściowego z generatora w zakresie 100 Hz ÷ 1 MHz, obserwować i notować wartość amplitudy sygnału wyjściowego oraz przesunięcie pomiędzy sygnałami wejściowym i wyjściowym. Wyniki zestawić w tabeli 5.3.



Rys. 5. 18. Układ do badania połączenia szeregowego filtrów górnoprzepustowych RC

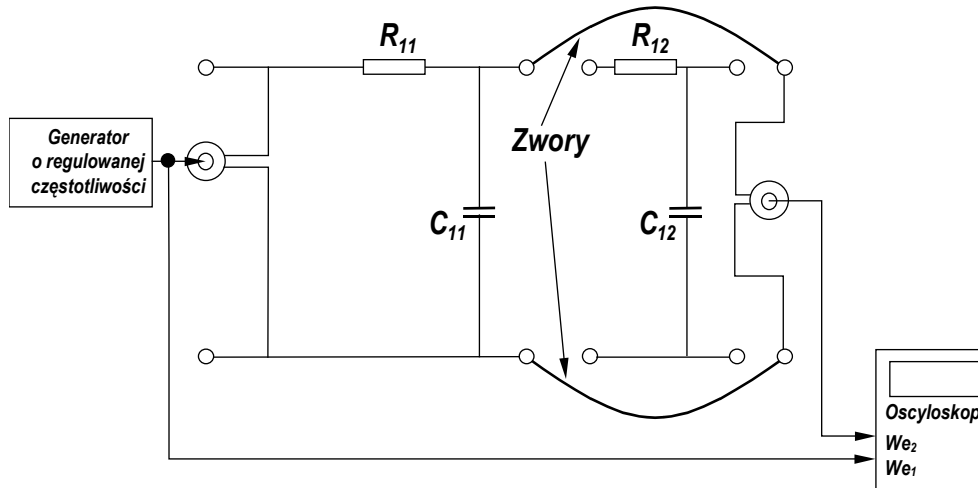
Tab. 5 .3

Lp.	Pomiary					Obliczenia	
	f	$U_{we}$	$U_{wy}$	$\Delta T$	T	k	b
	Hz	V	V	cm	cm	dB	rad
1.							
...							
5.							

- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika tłumienia (5.3).
- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika przesunięcia fazowego, korzystając przy tym z zależności (5.9). W przypadku badania filtrów górnoprzepustowych wartość przesunięcia fazowego  $\Delta T$  pomiędzy sygnałem wyjściowym a wejściowym należy przyjmować ze znakiem dodatnim (rys. 5.17).
- Na podstawie pomiarów, na tym samym wykresie, wykreślić logarymiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia ( $k = f(f)$ ) i współczynnika przesunięcia fazowego ( $b = f(f)$ ) filtra górnoprzepustowego.
- W oparciu o charakterystykę współczynnika tłumienia określić częstotliwość graniczną

## 2.2. FILTR DOLNOPRZEPUSTOWY

- a) Zanotować wartości elementów wykorzystanych do budowy filtra (tab. 5.4). Dokonać połączenia filtra dolnoprzepustowego RC i układu pomiarowego zgodnie z rys. 5.19. Przy stałej amplitudzie sygnału wejściowego, zmieniając częstotliwość sygnału wejściowego z generatora w zakresie  $10 \text{ Hz} \div 1 \text{ MHz}$ , obserwować i notować wartość amplitudy sygnału wyjściowego oraz przesunięcie pomiędzy sygnałami wejściowym i wyjściowym. Wyniki zestawzić w tabeli 5.5.



Rys. 5.19. Układ do badania filtra dolnoprzepustowego RC

W przypadku badania filtrów górnoprzepustowych wartość przesunięcia fazowego  $\Delta T$  pomiędzy sygnałem wyjściowym a wejściowym należy przyjmować ze znakiem ujemnym (rys. 5.17).

Tab. 5.4

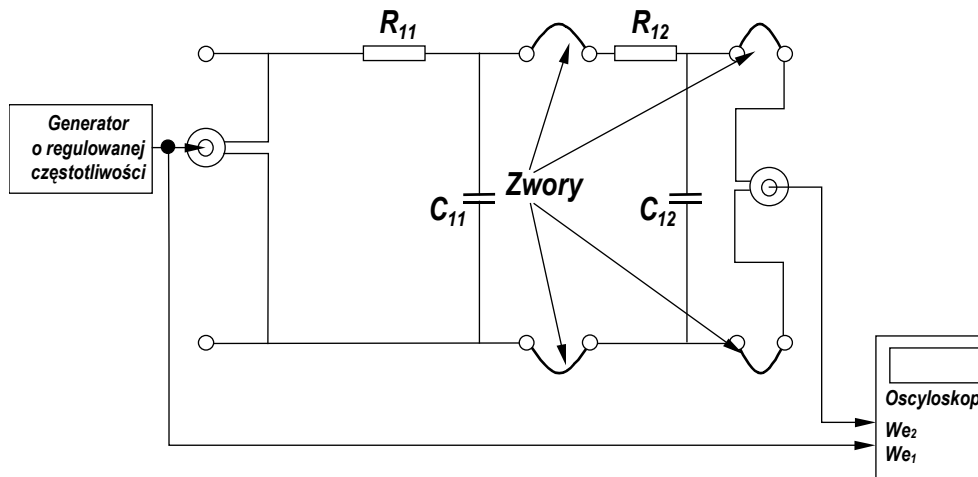
Dane elementów filtra górnoprzepustowego		
$R_{11}$	$\Omega$	
$R_{12}$	$\Omega$	
$C_{11}$	$\mu\text{F}$	
$C_{12}$	$\mu\text{F}$	

Tab. 5.5

Lp.	Pomiary					Obliczenia	
	f	$U_{we}$	$U_{wy}$	$\Delta T$	T	k	b
	Hz	V	V	cm	cm	dB	rad
1.							
...							
6.							

- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika tłumienia (5.3).
- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika przesunięcia fazowego, korzystając przy tym z zależności (5.9). Należy przy tym pamiętać o ujemnej wartości przesunięcia fazowego.
- Na podstawie pomiarów, na tym samym wykresie, wykreślić logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia ( $k = f(f)$ ) i współczynnika przesunięcia fazowego ( $b = f(f)$ ) filtra dolnoprzepustowego.

- W oparciu o charakterystykę współczynnika tłumienia określić częstotliwość graniczną i porównać ją z częstotliwością wyliczoną (5.8) na podstawie wartości elementów zastosowanych w układzie.
- b) Dokonać szeregowego połączenia dwóch filtrów dolnoprzepustowych RC i układu pomiarowego zgodnie z rys. 5. 20. Przy stałej amplitudzie sygnału wejściowego, zmieniając częstotliwość sygnału wejściowego z generatora w zakresie 10 Hz ÷ 1 MHz, obserwować i notować wartość amplitudy sygnału wyjściowego oraz przesunięcie pomiędzy sygnałami wejściowym i wyjściowym. Wyniki zestawić w tabeli 5.6.



Rys. 5. 20. Układ do badania połączenia szeregowego filtrów dolnoprzepustowych RC

Tab. 5 .6

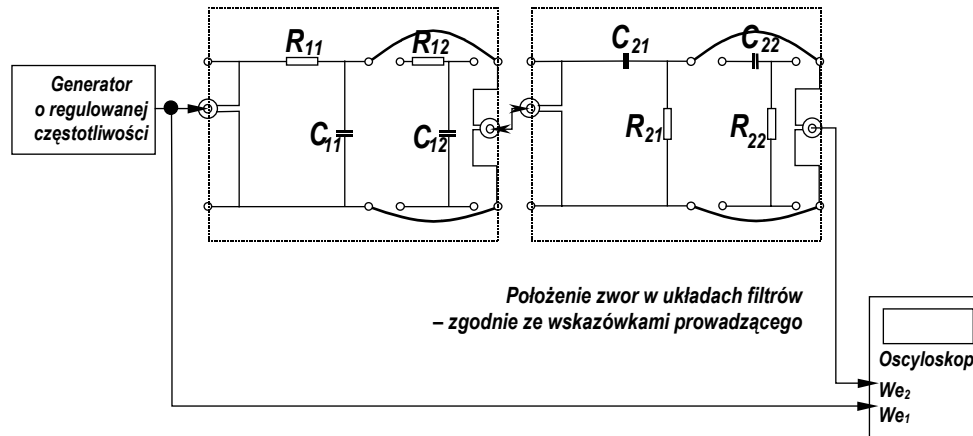
Lp.	Pomiary					Obliczenia	
	f	$U_{we}$	$U_{wy}$	$\Delta T$	T	k	b
	Hz	V	V	cm	cm	dB	rad
1.							
...							
6.							

- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika tłumienia  $k$  (5.3).
- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika przesunięcia fazowego  $b$ , korzystając przy tym z zależności (5.9). W przypadku badania filtrów górnoprzepustowych wartość przesunięcia fazowego  $\Delta T$  pomiędzy sygnałem wyjściowym a wejściowym należy przyjmować ze znakiem ujemnym (rys. 5.17).
- Na podstawie pomiarów, na tym samym wykresie, wykreślić logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia ( $k = f(f)$ ) i współczynnika przesunięcia fazowego ( $b = f(f)$ ) filtru górnoprzepustowego.
- W oparciu o charakterystykę współczynnika tłumienia określić częstotliwość graniczną

### 2.3. FILTR PASMOWY

Filtr pasmowy, który będzie poddany badaniu powinien zostać utworzony przez połączenie uprzednio badanych filtrów: dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego RC. Wewnętrzną konfigurację połączeń filtrów należy uzgodnić z prowadzącym zajęcia.

Dokonać połączeń filtrów i układu pomiarowego, tak by uzyskać konfigurację z rys. 5.21. Przy stałej amplitudzie sygnału wejściowego, zmieniając częstotliwość sygnału wejściowego z generatora w zakresie 100 Hz ÷ 1 MHz, obserwować i notować wartość amplitudy sygnału wyjściowego oraz przesunięcie pomiędzy sygnałami wejściowym i wyjściowym. Wyniki zestawić w tabeli 5.5.



Rys. 5. 21. Układ do badania połączenia szeregowego filtrów dolnoprzepustowych RC

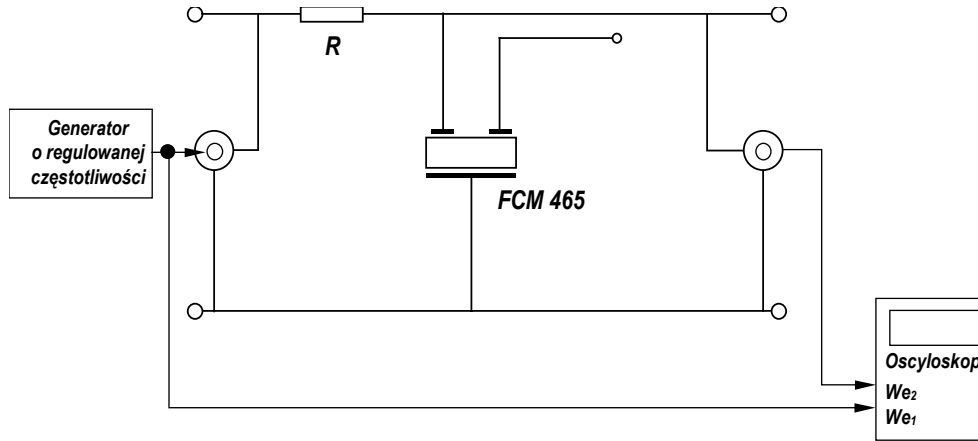
Tab. 5 .7

Lp.	Pomiary					Obliczenia	
	f	$U_{we}$	$U_{wy}$	$\Delta T$	T	k	b
	Hz	V	V	cm	cm	dB	rad
1.							
...							
5.							

- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika tłumienia  $k$  (5.3).
- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika przesunięcia fazowego  $b$ , korzystając przy tym z zależności (5.9). W zakresie większego tłumienia wprowadzanego przez filtr górnoprzepustowy wartość przesunięcia fazowego  $\Delta T$  pomiędzy sygnałem wyjściowym a wejściowym należy przyjmować ze znakiem ujemnym (rys. 5.17). W pozostałych przypadkach przesunięcie przyjmować jako dodatnie.
- Na podstawie pomiarów, na tym samym wykresie, wykreślić logarytmiczne charakterystyki częstotliwościowe współczynnika tłumienia ( $k = f(f)$ ) i współczynnika przesunięcia fazowego ( $b = f(f)$ ) filtru górnoprzepustowego.
- W oparciu o charakterystykę współczynnika tłumienia określić górną i dolną częstotliwość graniczną

## 2.4. FILTR PIEZOELEKTRYCZNY

Dokonać połączeń filtrów i układu pomiarowego, tak by uzyskać konfigurację z rys. 5.22. W zakresie częstotliwości sygnału wejściowego 100 Hz ÷ 1 MHz, odszukać 4 wartości częstotliwości, przy których występuje najmniejsze tłumienie sygnału i 4 wartości częstotliwości, przy których tłumienie jest największe. Dla odszukanych częstotliwości zanotować wartości amplitudy sygnału wejściowego i wyjściowego. Wyniki zestawić w tabeli 5.8.



Rys. 5. 22. Układ do badania filtra piezoelektrycznego

Tab. 5 .8

Lp.	Pomiary			Obliczenia
	f	$U_{we}$	$U_{wy}$	k
	Hz	V	V	dB
1.				
...				
8.				

- W każdym z punktów pomiarowych obliczyć wartość współczynnika tłumienia k.

### 3. ZAGADNIENIA DO SAMODZIELNEGO OPRACOWANIA

1. Typy filtrów.
2. Podstawowe parametry filtrów.
3. Sposoby wyznaczania współczynnika tłumienia.
4. Zastosowania filtrów częstotliwości.
5. Wady i zalety filtrów LC w stosunku do filtrów RC.