



## Ćw. 1. Badanie filtrów pasywnych

### Wprowadzenie

Filtr to układ elektroniczny o strukturze czwórnikowej, który przepuszcza bez tłumienia lub z małym tłumieniem napięcia i prądy zmienne o określonym paśmie częstotliwości, a tłumią napięcia i prądy leżące poza tym pasmem.

Pasma częstotliwości, które filtr przepuszcza bez tłumienia (lub z niewielkim tłumieniem) nosi nazwę pasma przepustowego, natomiast pasmo, w którym napięcia i prądy podlegają tłumieniu nosi nazwę pasma tłumieniowego. Filtr umieszczony pomiędzy źródłem sygnału a odbiornikiem powoduje, że do odbiornika dostaje się sygnał o pożądanym zakresie częstotliwości, co oznacza, że z sygnału dostarczanego przez źródło został wyeliminowany sygnał o częstotliwości mieszczącej się w paśmie tłumieniowym. Częstotliwość, która stanowi granicę pomiędzy pasmem przepustowym a pasmem tłumienia, nazywana jest częstotliwością graniczną  $f_g$ . Filtr może mieć kilka częstotliwości granicznych. Wartość częstotliwości granicznej filtru może być wyznaczana zarówno w oparciu o wartości elementów, z których zbudowany jest filtr, jak i z charakterystyki częstotliwościowej charakterystyki napięciowej czyli zależności napięcia wyjściowego  $U_{wy}$  od częstotliwości  $f$  napięcia podawanego na wejście układu.

### Rodzaje filtrów

W zależności od położenia pasma przepustowego wyróżnia się grupy filtrów:

- Dolnoprzepustowe (FDP) – pasmo przepustowe od częstotliwości  $f = 0$  Hz do częstotliwości granicznej  $f_g$ ,
- Górnoprzepustowe (FGP) – pasmo przepustowe od częstotliwości granicznej  $f_g$  do nieskończoności,
- Środkowoprzepustowe (pasmowoprzepustowe) (FPP) – pasmo przepustowe od częstotliwości granicznej  $f_{g1}$  do częstotliwości granicznej  $f_{g2}$ ,
- Środkowozaporowe (pasmowozaporowe) (FPZ) – pasmo tłumieniowe od częstotliwości granicznej  $f_{g1}$  do częstotliwości granicznej  $f_{g2}$

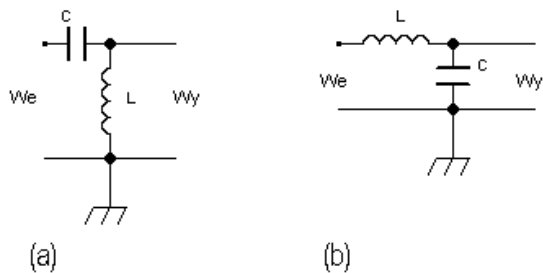
W zależności od elementów wykorzystanych do budowy wyróżnia się grupy filtrów:

1. filtry aktywne – w układzie się elementy aktywne takich jak np. wzmacniacze operacyjne.
2. filtry pasywne – zbudowane z samych elementów pasywnych, które można podzielić na
  - filtry reaktancyjne (bezstratne) L,C - zbudowane z cewek i kondensatorów,
  - filtry bezindukcyjne (stratne) R,C - zbudowane z rezystorów i kondensatorów,
  - filtry piezoelektryczne – w układzie wykorzystuje się elementy piezoelektryczne.

### Budowa i zasada działania filtru

Zasada działania filtru pasywnego oparta jest na właściwościach elementów LC (cewki i kondensatora) wykorzystanych do ich budowy. W przypadku cewki o indukcyjności  $L$  reaktancja (opór dla prądów zmiennych)  $X_L = 2\pi f L$ , zatem wzrasta wraz z częstotliwością  $f$  prądu. W przypadku kondensatora o pojemności  $C$  reaktancja,  $X_C = 1/(2\pi f C)$ , maleje wraz z częstotliwością  $f$  prądu. Zatem, jeśli kondensator  $C$  umieścimy szeregowo między wejściem a wyjściem układu filtra (Rys. 1a) to amplituda sygnału w postaci zmiennego napięcia podawanego na wejście „We” układu będzie rosła w raz z częstotliwością sygnału. Z kolei sygnał o mniejszej częstotliwości, stłumiony przez

kondensator, będzie łatwiej odprowadzany do masy przez cewkę L, co w efekcie spowoduje jeszcze silniejsze słumienie sygnału o niższej częstotliwości. Otrzymamy zatem filtr górnoprzepustowy. Na rysunku 1b sytuacja jest odwrotna, gdyż elementy LC zamieniono miejscami. W tym przypadku otrzymamy filtr dolnoprzepustowy.

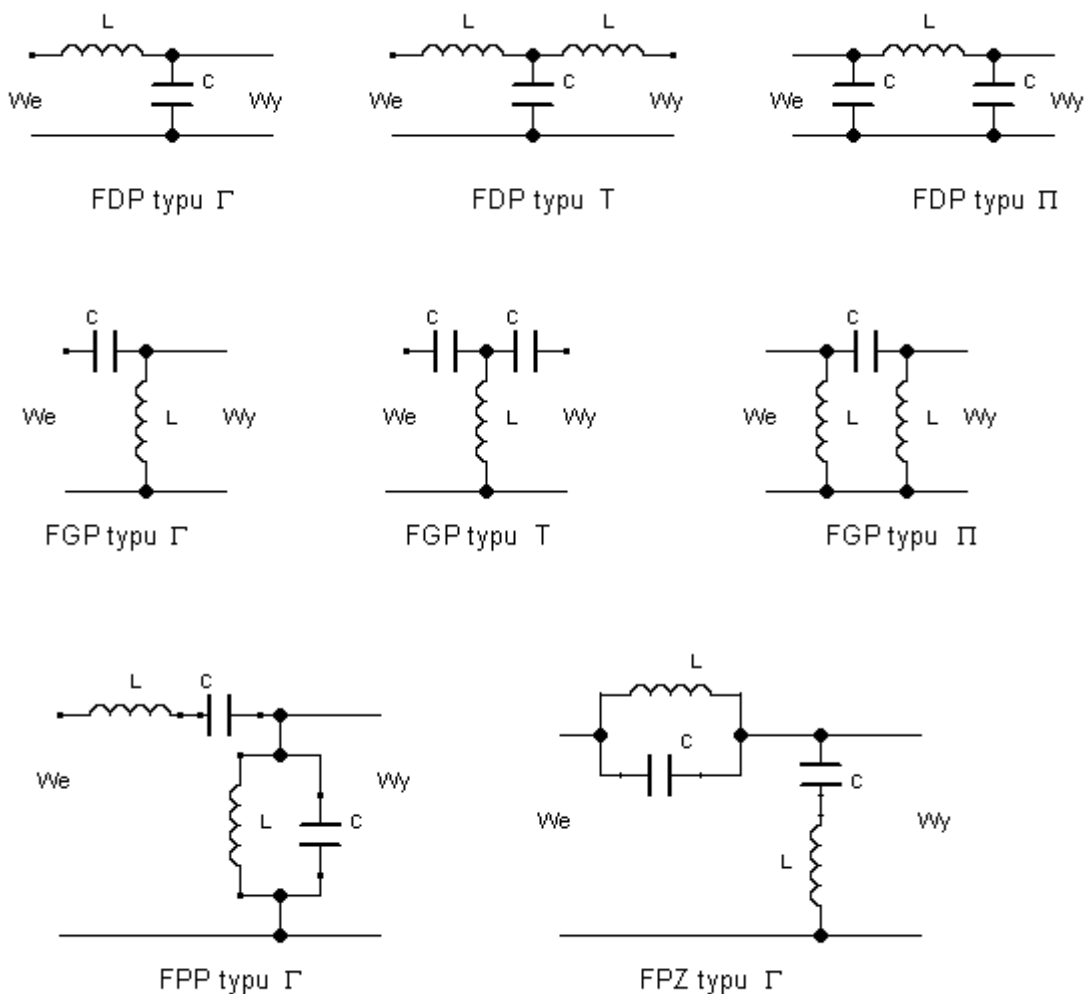


Rys. 1. Przykłady filtrów LC: (a) górnoprzepustowy, (b) dolnoprzepustowy.  
Na rysunku 1a sygnał o zmiennej wartości napięcia podawany na wejście filtra

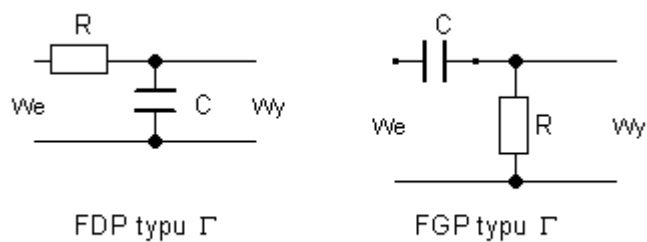
W celu uproszczenia konstrukcji filtrów kosztem jego parametrów, w miejsce cewek L montuje się rezystory R otrzymując filtr stratny. Łącząc elementy RLC w różne konfiguracje można kształtować charakterystyki częstotliwościowe filtrów.

Przykłady różnych układów filtrów przedstawione są na rysunku 2.

**Bezstratne**



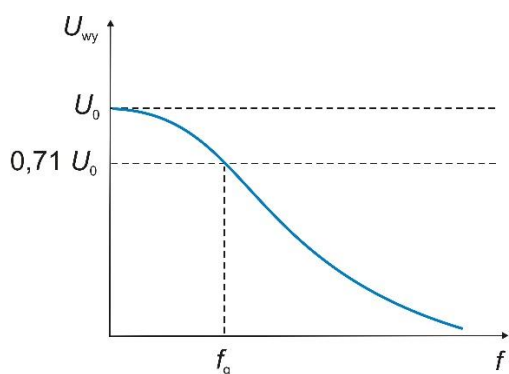
### Stratne



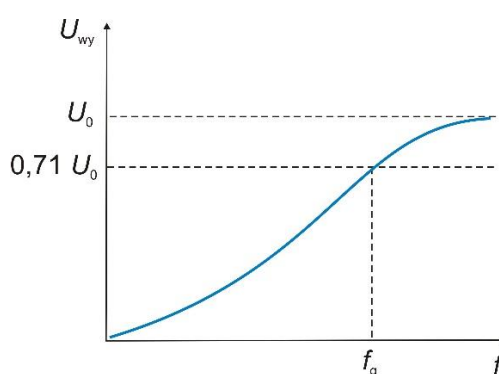
Rys. 2. Podstawowe układy filtrów pasywnych

### Podstawowe parametry filtrów

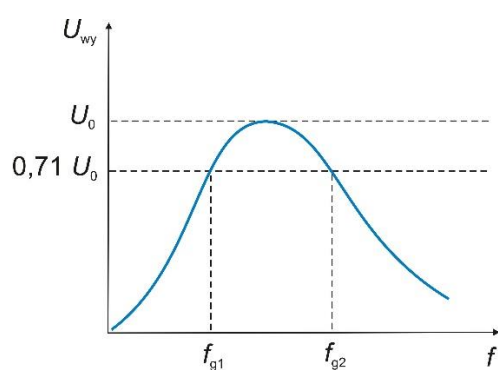
Każdy z filtrów cechuje tzw. charakterystyka częstotliwościowa, czyli zależność wielkości sygnału (np. napięcia  $U$ ) na wyjściu filtra od częstotliwości tego sygnału.



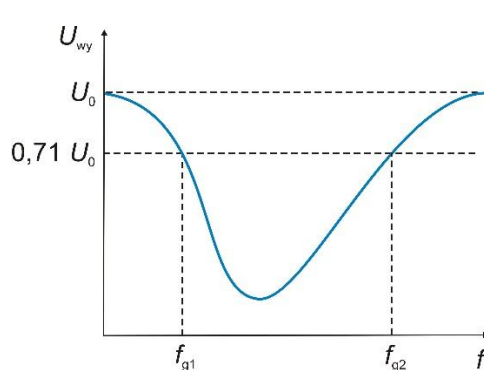
Filtr dolnoprzepustowy (FDP)



Filtr górnoprzepustowy (FGP)



Filtr pasmowoprzepustowy (FPP)



Filtr pasmowozaporowy (FPZ)

Rys. 3. Przykłady charakterystyki częstotliwościowych dla wybranych typów filtrów.

Współczynnik tłumienia  $k$  określa się wzorem

$$k = 20 \log \frac{U_{wy}}{U_{we}}, \quad (1)$$

gdzie  $U_{wy}$  i  $U_{we}$  to odpowiednio napięcie na wyjściu i na wejściu filtra.

Częstotliwość graniczna  $f_g$  to 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. Zazwyczaj, za częstotliwość graniczną przyjmuje się taką wartość częstotliwości, przy której tłumienie wzrasta o 3 dB w stosunku do minimum tłumienia w paśmie przepustowym (tzw. „3-decybelowa częstotliwość graniczna”). Zgodnie ze wzorem (1) wzrost tłumienia o 3 dB odpowiada zmniejszeniu się wartości stosunku  $U_{wy}/U_{we}$  do  $1/\sqrt{2} = 0,707$  maksymalnej wartości w paśmie przepustowym.

Celem ćwiczenia jest wykonanie i analiza charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych filtrów oraz na ich podstawie określenia częstotliwości granicznych.

### **Zagadnienia do kolokwium:**

1. Pojemność i indukcyjność elektryczna.
2. Cewka i kondensator w obwodzie prądu zmiennego.
3. Rodzaje filtrów elektronicznych.
4. Budowa i charakterystyki filtrów pasywnych.

### **Literatura:**

W. Pietrzyk (red), *Laboratorium z elektrotechniki*, Wydawnictwa Uczelniane PL, 2003