Ćw. 4. Badanie filtrów pasywnych

Wprowadzenie

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

Pasmo 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

Wzależności 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 (pasmowo przepustowe) (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}.

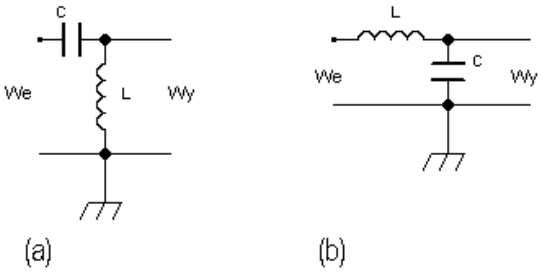
W zależności od elementów wykorzystanych do budowy wyróżnia się grupy filtrów:

- filtry aktywne – w układzie się elementy aktywne takich jak np. wzmacniacze operacyjne,
- 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 miedzy 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 stłumienie 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.



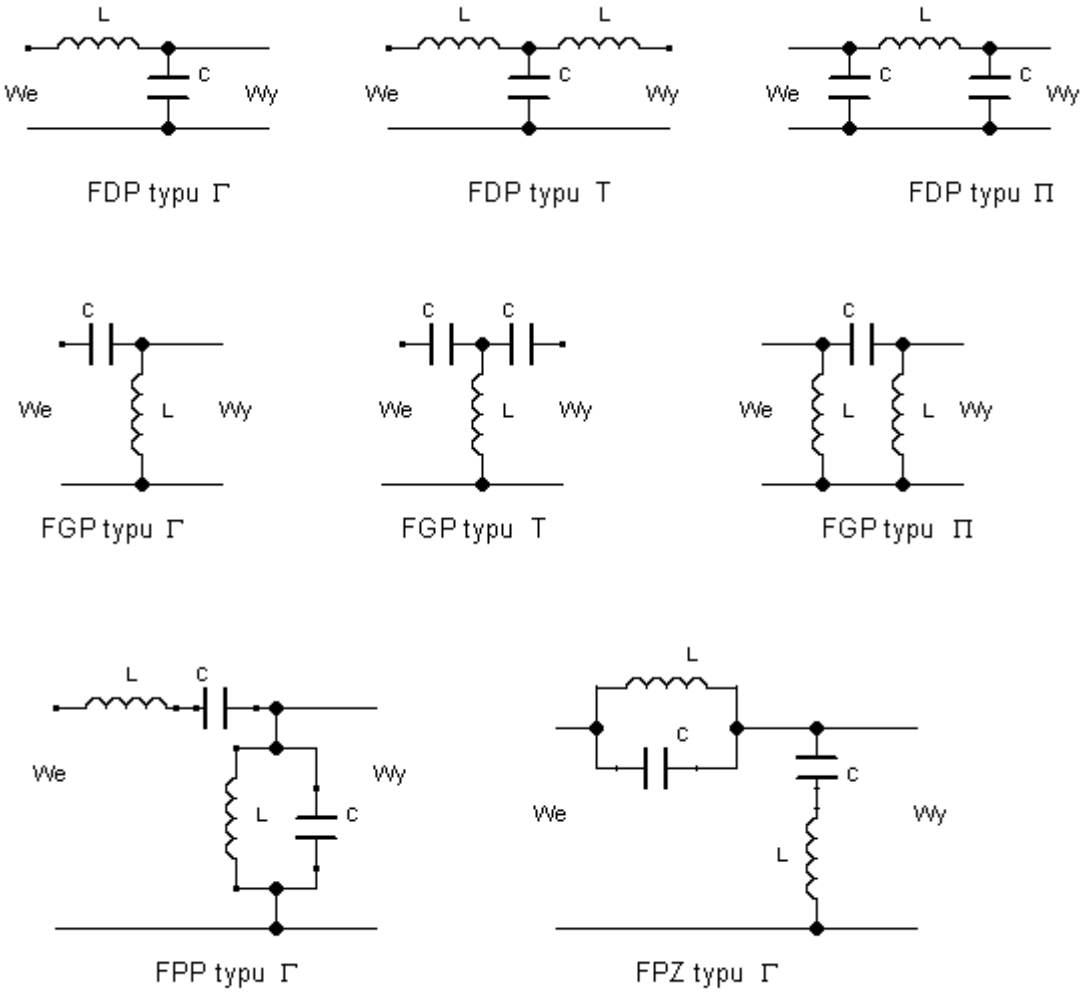
Rys. 1. Przykłady filtrów LC: (a) górnoprzepustowy, (b) dolnoprzepustowy.

Na rysunku 1a sygnał o zmiennej wartości napięcia podawany na wejście filtra

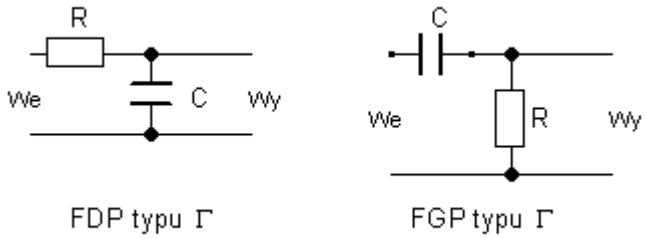
W celu uproszczenia konstrukcji filtrów kosztem jego parametrów, w miejsce cewek L montuje się rezystory R otrzymując filtr stratny. Łącząc elementy RLC w różne konfiguracje można kształtować charakterystyki częstotliwościowe filtrów.

Przykłady różnych układów filtrów przedstawione są na rysunku 2.

Bezstratne



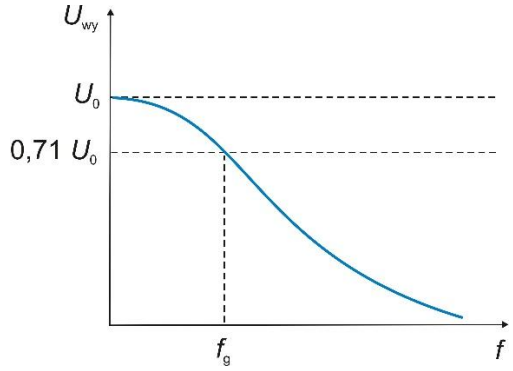
Stratne



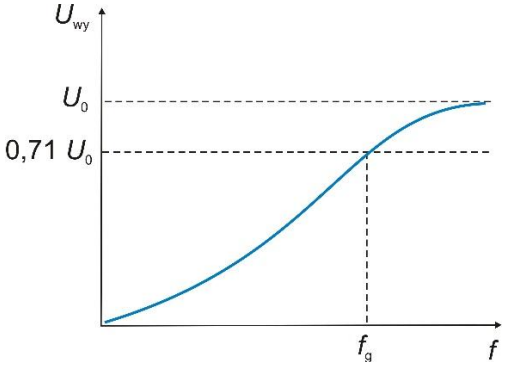
Rys. 2. Podstawowe układy filtrów pasywnych.

Podstawowe parametry filtrów

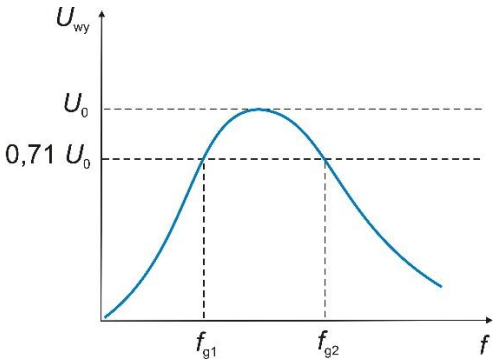
Każdy z filtrów cechuje tzw. charakterystyka częstotliwościowa, czyli zależność wielkości sygnału (np. napięcia *U*) na wyjściu filtra od częstotliwości tego sygnału.



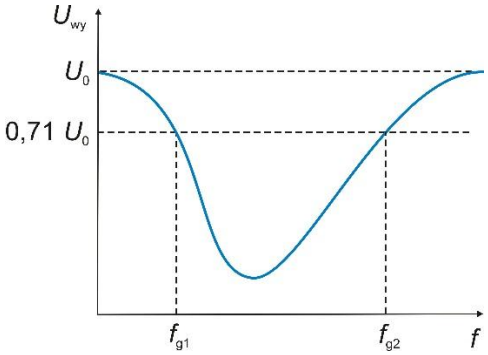
Filtr dolnoprzepustowy (FDP)



Filtr górnoprzepustowy (FGP)



Filtr pasmowoprzepustowy (FPP)



Filtr pasmowozaporowy (FPZ)

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

Współczynnik tłumienia k określa się wzorem

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

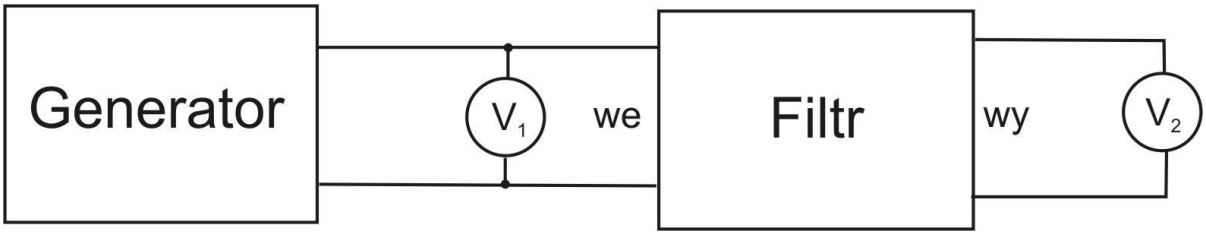
gdzie U_{wy} i U_{we} to odpowiednio napięcie na wyjściu i na wejściu filtra.

Częstotliwość graniczna f_g to wartość częstotliwości oddzielająca pasmo przepustowe od pasma zaporowego. W fazie projektowania filtru 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.

Metoda pomiaru

W celu wykonania charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych należy połączyć filtr wg schematu przedstawionego na Rys. 4.



Rys. 4. Schemat układu do badania charakterystyki filtru.

Układ zasilany jest napięciem sinusoidalnym generatora o zmiennej częstotliwości f i danej wartości napięcia, mierzonego woltomierzem V_1. Regulując wartość f odczytujemy wartości napięcia wyjściowego przy pomocy woltomierza V_2. Zamiast woltomierza można użyć oscyloskopu.

Wykonanie zadania

Wykonanie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych

1. Połączyć układ pomiarowy wg schematu z rys. 4. Filtr należy połączyć wg. wybranego schematu z rys. 2. (rodzaj filtru podaje prowadzący).

2. Ustawić na generatorze napięcie wejściowe (podaje prowadzący).

   Zmieniając częstotliwość (zakres podaje prowadzący), odczytujemy wartości napięcia wyjściowego U_{wy} za pomocą woltomierza V_2 lub, opcjonalnie, oscyloskopu. Wyniki pomiarów i obliczeń należy zapisać w tabeli.

Opracowanie wyników:

Sporządzić wykresy $U_{wy} = f(f)$ i na ich podstawie znaleźć częstotliwość (częstotliwości) progową.

Zagadnienia do kolokwium:

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

Literatura:

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

Opiekun ćwiczenia: Jarosław Borc