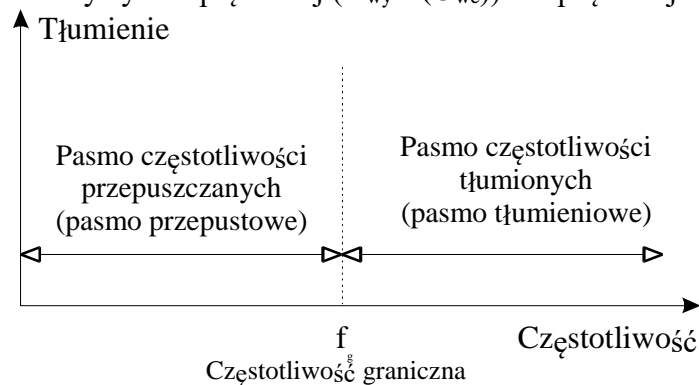


Temat: PARAMETRY FILTRÓW CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH

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 tłumić 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 ω_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. Przykładowa charakterystyka sposobu tłumienia filtra 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 szeregowych, pojemności międzyzwojowych oraz wrażliwość na zakłócenia magnetyczne, - filtry pasywne – zbudowane z samych elementów pasywnych:

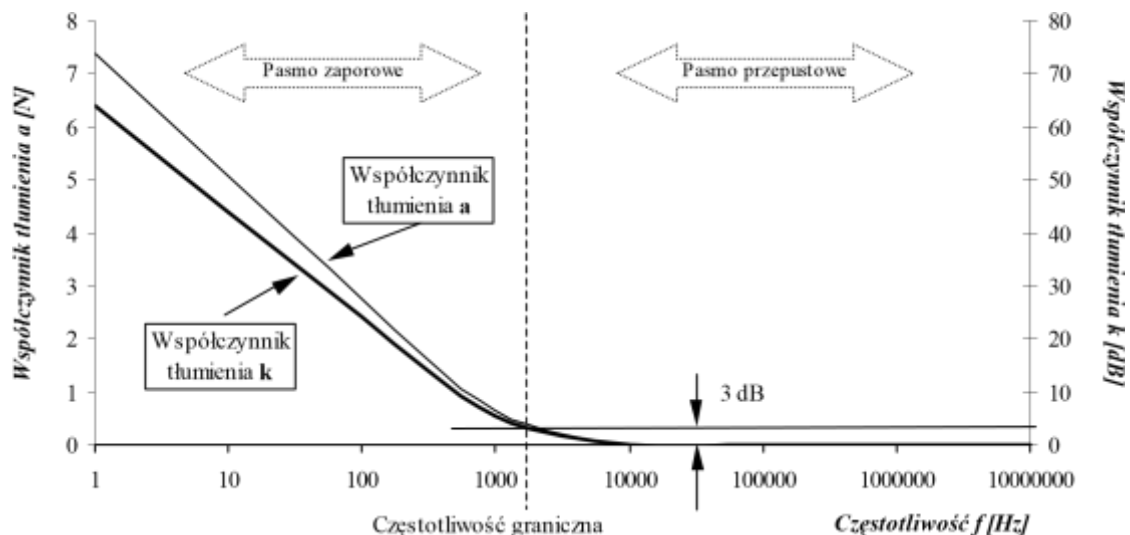
- filtry reaktancyjne L,C - zbudowane z cewek i kondensatorów,
- filtry bezindukcyjne R,C - zbudowane z rezystorów i kondensatorów,
- filtry piezoelektryczne – materiały piezoelektryczne charakteryzują się tym, że przy odkształceniach mechanicznych pomiędzy ich powierzchniami generowane jest napięcie. 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 filtru.

2. PARAMETRY FILTRÓW PASYWNYCH

Podstawowe parametry charakteryzujące pasywny filtr częstotliwości to:

- współczynnik tłumienia filtru (a, k),
- współczynnik przesunięcia fazowego (b, β),
- 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 filtru. Może on być określany na kilka sposobów: jako bezpośredni stosunek wartości napięć lub prądów, w neperach lub decybelach. Wszystkie z wymienionych wielkości dają się wzajemnie przeliczać.



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

Jeżeli przy określonej częstotliwości f na wejście filtru 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.

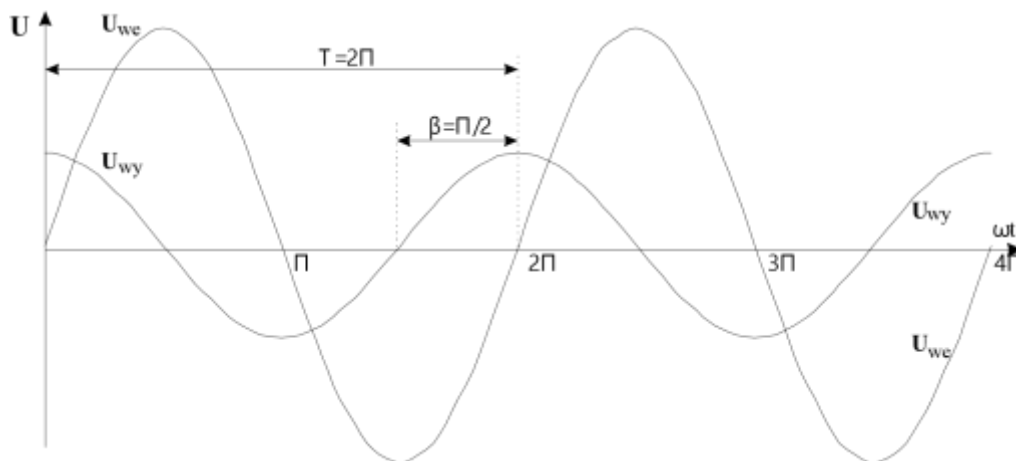
- wyrażony w neperach

$$a = -\ln \frac{U_{WY}}{U_{WE}} [N],$$

- wyrażony w decybelach

$$k = -20 \log \left| \frac{U_{WY}}{U_{WE}} \right| [dB],$$

Współczynnik przesunięcia fazowego (współczynnik fazowy (b, β)) – wyrażany w radianach lub stopniach kąt przesunięcia fazowego (wyprzedzenia lub opóźnienia) pomiędzy napięciem na wejściu a napięciem na wyjściu filtru.



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

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

Częstotliwość graniczna (f_g) - 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.

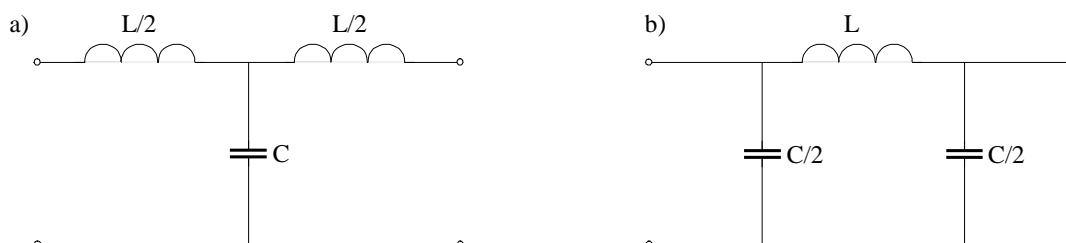
W przypadku określania częstotliwości granicznej na podstawie częstotliwościowej charakterystyki współczynnika tłumienia, za częstotliwość graniczną można przyjmować taką wartość częstotliwości, przy której tłumienie zwiększa się o 3 dB w stosunku do wartości, jaką posiada w paśmie przepustowym („3 decybelowa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

1.2. REALIZACJE UKŁADÓW FILTRÓW PASYWNYCH

FILTRY REAKTANCYJNE L,C

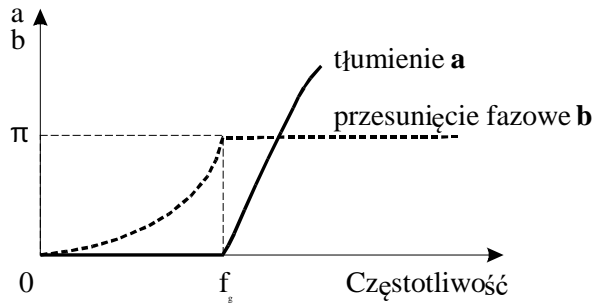
FILTRY DOLNOPRZEPUSTOWE

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



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

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



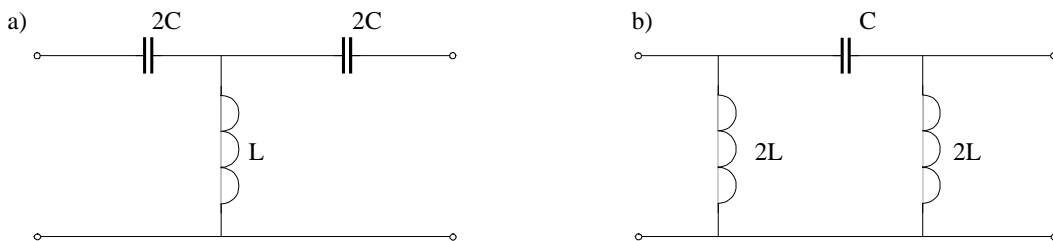
Rys. Charakterystyki częstotliwościowe filtrów dolnoprzepustowych LC

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

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

FILTRY GÓRNOPRZEPUSTOWE

W filtrach górnoprzepustowych 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. Filtry górnoprzepustowe LC w układach T a) i Π b)

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

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

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

