

Ćwiczenie nr 11

Projektowanie sekcji bikwadratowej filtrów aktywnych

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowymi filtrami elektrycznymi o charakterystyce dolno-, środkowo- i górnoprzepustowej, charakterystykami częstotliwościowymi filtrów, projektowaniem filtrów w strukturze KHN o zadanych parametrach częstotliwościowych, pomiarem dobroci i częstotliwości charakterystycznej (tj. częstotliwości granicznej pasma lub częstotliwości środkowej filtru).

2. Program badań

Należy wyliczyć odpowiednie wartości rezystorów R_f , R_g i R_Q dla parametrów filtru zadanych przez prowadzącego ćwiczenie. Należy zbadać charakterystyki częstotliwościowe filtrów dolno-, środkowo- i górnoprzepustowego .

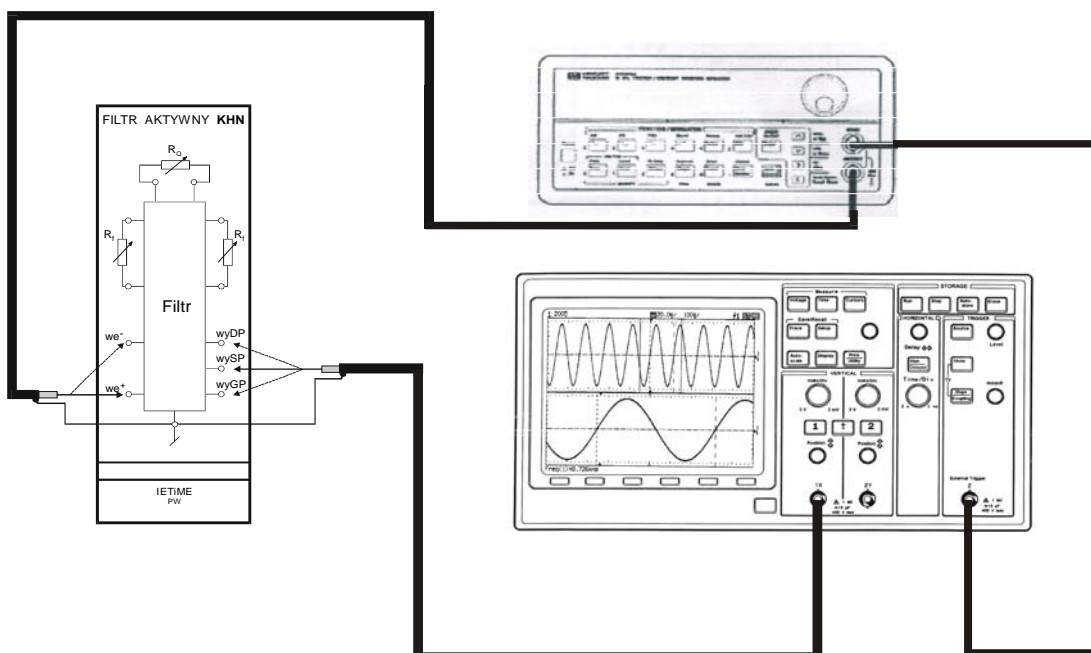
2.1. Stosowane panele i przyrządy pomiarowe.

- Filtr aktywny KHN
- Zasilacz stabilizowany napięcia stałego
- oporniki dekadowe
- rezystory 10 k Ω i 20 k Ω
- generator funkcji HP 33120A
- oscyloskop HP 54603B

2.2. Układ pomiarowy do wyznaczania charakterystyk amplitudowych

Na rysunkach 11.4 i 11.5 przedstawiono schemat połączeń filtru KHN na panelu. Realizacja zadanego filtru odbywa się poprzez dobór wartości rezystorów i pojemności (możliwy jest dobór $C=1$ nF lub $C=11$ nF zgodnie ze wzorami podanymi wcześniej). Określone rezystory: R_f , R_g i R_Q można włączyć bezpośrednio do panelu lub na jego płytę czołową.

Układ do obserwacji charakterystyk częstotliwościowych na ekranie oscyloskopu przedstawiono na rys. 11.9.



Rys. 11.1. Układ pomiarowy do wyznaczania charakterystyk amplitudowych

2.3. Badanie wpływu niewielkich zmian parametrów R_{f1} , R_{f2} , oraz R_Q , R_G na zmiany dobroci Q i częstotliwości granicznej f_0

Zaobserwować wpływ niewielkich zmian (do 10%) parametrów R_{f1} , R_{f2} , oraz R_Q , R_G na zmiany dobroci Q i częstotliwości granicznej f_0 . Wyniki obserwacji zamieścić w tabeli pomiarowej 11.1.

Tabela 11.1

Reakcje filtrów na zmiany parametrów R_{f1} , R_{f2} , R_Q :										
Dane filtru		$A=4.6 [\frac{V}{V}]$			$f_0=266 [Hz]$			$Q=5$		
Parametr ulegający zmianie		Filtr dolnoprzepustowy			Filtr środkowoprzepustowy			Filtr górnoprzepustowy		
		A_{max}	f_0	Q	A_{max}	f_0	Q	A_{max}	f_0	Q
R_{f1}	↗	↘	↘	↘	b.z.	↘	b.z.	↘	↘	↘
	↘	↗	↗	↗	b.z.	↗	b.z.	↗	↗	↗
R_{f2}	↗	↗	↘	↗	↘	↘	↘	↗	↘	↗
	↘	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↘
R_Q	↗	↘	b.z.	↘	↘	b.z.	↘	↘	b.z.	↘
	↘	↘	b.z.	↘	↘	b.z.	↘	↘	b.z.	↘

↗ - wielkość rośnie

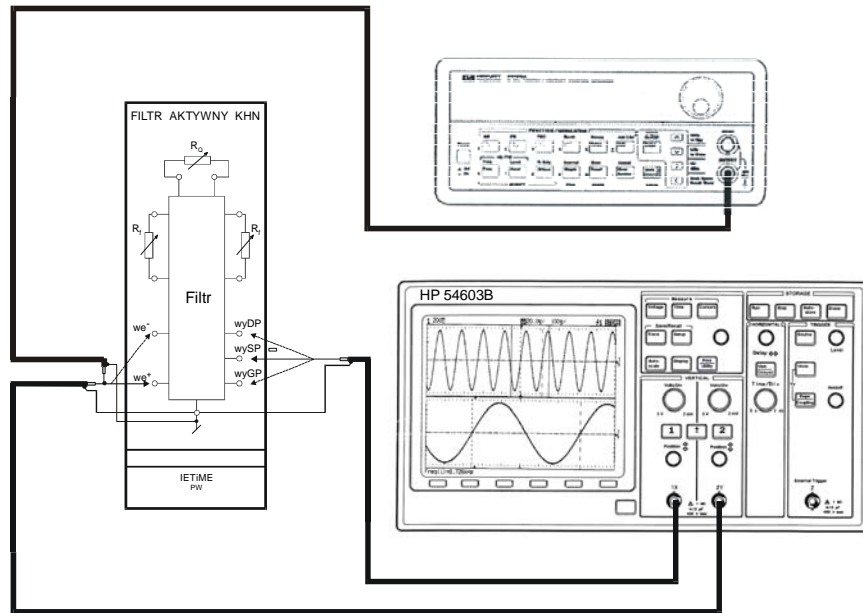
↘ - wielkość maleje

b.z. - bez zmian

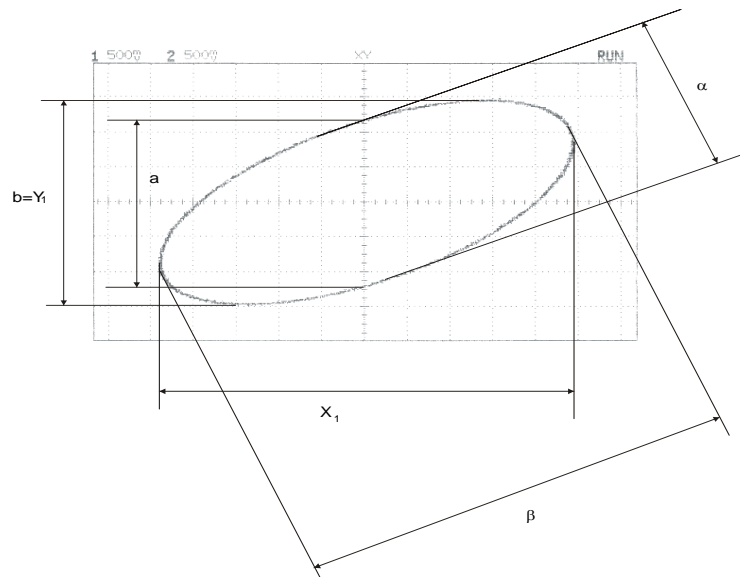
2.4. Pomiar charakterystyk fazowych filtru

Z badać charakterystyki fazowe filtru. Można tego dokonać podając na wejście X oscyloskopu sygnał wejściowy zaś na wejście Y oscyloskopu sygnał wyjściowy. Obserwując przebiegi na płaszczyźnie XY dokonać odpowiednich pomiarów przy zmianie częstotliwości. Zauważmy, że dla częstotliwości rezonansowej obserwowana krzywa staje się linią prostą.

Zasadę pomiaru przesunięcia fazowego dwu sygnałów sinusoidalnych podawanych na kanał X i Y oscyloskopu przestawiono na rys. 11.2 i rys. 11.3.



Rys. 11.2. Schemat układu pomiarowego do pomiaru przesunięcia fazowego



Rys. 11.3. Obraz obserwowany na oscyloskopie

Przesunięcie fazowe otrzymuje się mierząc a i b. Wartość kąta φ oblicza się ze wzorów:

$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$$

lub

$$- \alpha, \beta, X_1, Y_1 - \quad \varphi = \arcsin \frac{\alpha\beta}{X_1 Y_1}$$

Tabela 11.2

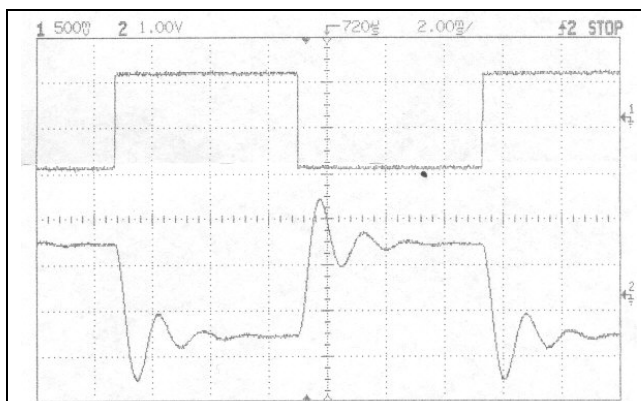
Lp.	a	b	φ

1			
2.			
3.			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

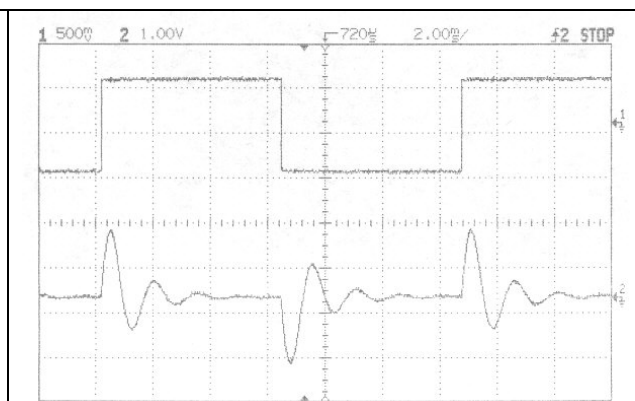
Odpowiedź układu na skok jednostkowy.

Zaobserwować i przerysować odpowiedzi układów filtrów na skok jednostkowy. W praktyce jest to odpowiedź układów na załączenie lub wyłączenie napięcia stałego. Taką sytuację można symulować obserwując odpowiedź układów na napięcie prostokątne o niskiej częstotliwości rzędu 80 Hz.

Przykładowe odpowiedzi filtrów na skok jednostkowy przedstawiono na rys. 11.4, 11.5 i 11.6.



Rys. 11.4. Odpowiedź filtru dolnoprzepustowego



Rys. 11.5. Odpowiedź filtru środkowoprzepustowego



Rys. 11.6. Odpowiedź filtru górnoprzepustowego

4. Opracowanie wyników

Wykreślić charakterystyki częstotliwościowe - amplitudową i fazową badanych w ćwiczeniu filtrów, określić ich dobroć Q i częstotliwość krytyczną f_0 . Obliczyć te same charakterystyki teoretycznie i porównać je z uzyskanymi doświadczalnie. Wykreślić takie odpowiedzi filtru na skok jednostkowy zaobserwowane doświadczalnie i uzyskane na podstawie obliczeń teoretycznych.

5. Przykładowe dane do projektowania filtru:

Filtr dolnoprzepustowy : $C_1=C_2=11\text{ nF}$

- 1) $A_{DP} = 2$, $f_0 = 400\text{ Hz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 2) $A_{DP} = 2$, $f_0 = 500\text{ Hz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 3) $A_{DP} = 2$, $f_0 = 550\text{ Hz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 4) $A_{DP} = 1$, $f_0 = 250\text{ Hz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 5) $A_{DP} = 1$, $f_0 = 450\text{ Hz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 6) $A_{DP} = 2$, $f_0 = 350\text{ Hz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,

Filtr środkowoprzepustowy : $C_1=C_2=11\text{ nF}$

- 1) $A_{SP} = 1$, $f_0 = 500\text{ Hz}$, $Q = 4$,
- 2) $A_{SP} = 2$, $f_0 = 700\text{ Hz}$, $Q = 2$,
- 3) $A_{SP} = 3$, $f_0 = 750\text{ Hz}$, $Q = 5$,
- 4) $A_{SP} = 4$, $f_0 = 600\text{ Hz}$, $Q = 3$,
- 5) $A_{SP} = 5$, $f_0 = 550\text{ Hz}$, $Q = 5$,
- 6) $A_{SP} = 6$, $f_0 = 650\text{ Hz}$, $Q = 6$,

Filtr górnoprzepustowy : $C_1=C_2=1\text{ nF}$

- 1) $A_{GP} = 2$, $f_0 = 7\text{ kHz}$, $Q = 1$,
- 2) $A_{GP} = 1,5$, $f_0 = 6,5\text{ kHz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 3) $A_{GP} = 1$, $f_0 = 6\text{ kHz}$, $Q = 3$,
- 4) $A_{GP} = 1$, $f_0 = 5\text{ kHz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 5) $A_{GP} = 3$, $f_0 = 6,5\text{ kHz}$, $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$,
- 6) $A_{GP} = 2$, $f_0 = 5\text{ kHz}$, $Q = 1$,

6. Przykładowe pytania sprawdzające:

- na podstawie charakterystyk filtru środkowoprzepustowego określić transmitancję napięciową filtru
- mając daną transmitancję napięciową filtru dolnoprzepustowego narysować charakterystyki amplitudowe i fazowe
- narysować i uzasadnić odpowiedzi filtrów na wymuszenie prostokątne
- na podstawie charakterystyk amplitudowych i fazowych filtru określić dobroć, wzmacnienie i częstotliwość charakterystyczną
- wyjaśnić zasady pomiaru kąta fazowego przy wykorzystaniu oscyloskopu
- określić które elementy filtru wpływają na wartość częstotliwości charakterystycznej oraz dobroć filtru