

Ćwiczenie 2

Analiza właściwości filtra selektywnego

Program ćwiczenia

1. Zapoznanie się z przykładową strukturą filtra selektywnego 2 rzędu i zakresami jego parametrów.
2. Analiza widma sygnału prostokątnego.
3. Zaprojektowanie i realizacja filtra selektywnego o zadanych (wybranych) parametrach.
4. Budowa modelu filtra i analiza jego charakterystyk przy pomocy programu Microcap.
5. Jakościowa ocena właściwości zaprojektowanego filtra.
6. Wyznaczenie charakterystyk amplitudowo i fazowo częstotliwościowych filtra.

Zakres wymaganych wiadomości

Pojęcie sygnału, sygnał mono i poliharmoniczny, pojęcie widma sygnału, pojęcie filtra, rodzaje i zadania filtrów, parametry opisujące filtry (częstotliwość graniczna, pasmo, itp.), charakterystyki opisujące filtry (charakterystyki częstotliwościowe, opóźnienie grupowe).

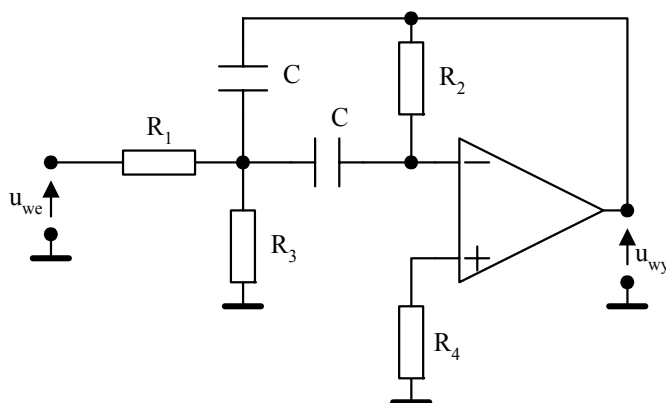
Literatura

- [1] Titze U., Schenk Ch.: *Układy półprzewodnikowe*. WNT, Warszawa 1996
- [2] Kulka Z., Nadachowski M.: *Zastosowania wzmacniaczy operacyjnych*. WNT, Warszawa 1986
- [3] Horowitz P., Hill W.: *Sztuka elektroniki*. WKŁ, Warszawa 1996
- [4] Dołączone do instrukcji dane katalogowe wybranych urządzeń i elementów.

Instrukcja wykonania ćwiczenia

Ad. 1. Zapoznanie się z przykładową strukturą filtra selektywnego i zakresami jego parametrów

Przykładową strukturę filtra selektywnego (filtr z wielokrotnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym) przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykładowa struktura filtra selektywnego

Przyjęto następujące wartości elementów:

$$C = 100nF$$

R_1, R_2, R_3 - potencjometry o wartościach nominalnych:

$$R_1 = 50k\Omega$$

$$R_2 = 100k\Omega$$

$$R_3 = 1k\Omega$$

Wzmocnienie filtra przyjmując $k = -1$

Częstotliwość środkowa w zakresie $f_0 = 400 \div 1000 \text{ Hz}$

Dobroć $Q = 5 \div 10$

Ad. 2. Analiza widma sygnału prostokątnego

W celu obejrzenia i analizy widma sygnału prostokątnego zastosować kartę NI USB-6009. Kartę podłączyć do komputera przez port USB. Sygnał prostokątny z generatora podać na wejście AI0 karty. Częstotliwość sygnału wybrać z przedziału 50÷200 Hz.

UWAGA: Amplituda sygnału wejściowego karty nie może przekraczać 10V.

Uruchomić projekt aplikacji LabVIEW Signal Express: *Widmo.seproj* i obejrzyć oraz przeanalizować uzyskane widmo. Na podstawie przeprowadzonej analizy określić częstotliwość środkową filtra selektywnego tak, aby po filtrze pozostała jedynie wybrana harmoniczna sygnału wejściowego.

Ad. 3. Zaprojektowanie i realizacja wybranego rodzaju filtra DP o zadanych (wybranych) parametrach

Zakładamy, że nominalna wartość pojemności C jest znana (patrz pkt. 1). Dla przedstawionej na rysunku 1 struktury filtra o dobroci Q i częstotliwości środkowej f_0 obowiązują podane niżej zależności:

$$R_2 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$$

$$R_1 = -\frac{R_2}{2k}$$

$$R_3 = -\frac{kR_1}{2Q^2 + k}$$

Po wyliczeniu wartości powyższych elementów należy te wartości nastawić za pomocą potencjometrów R_1, R_2, R_3 . W tym celu należy zdjąć wszystkie zwory w układzie filtra i posługując się multimetrem nastawić odpowiednie wartości. Następnie założyć wszystkie zwory. Poprawne zestrojenie filtra można sprawdzić podając na wejście sygnał sinusoidalny o założonej częstotliwości środkowej filtra i obserwując przesunięcie fazowe między sygnałem wejściowym i wyjściowym. Powinno być ono równe zero (najlepiej posłużyć się metodą elipsy). Jeśli układ wymaga dostrojenia, należy to zrobić rezystorem R_3 .

Ad. 4. Budowa modelu filtra i analiza jego charakterystyk przy pomocy programu Microcap

Przedstawioną w punkcie 1 strukturę filtra, o parametrach wyznaczonych w punkcie 3, zamodelować w programie Microcap. Wyznaczyć charakterystyki: amplitudowo i fazowoczęstotliwościową. Sprawdzić wpływ zmian wartości parametrów elementów filtra na kształt i położenie jego charakterystyk.

Ad. 5. Jakościowa ocena właściwości zaprojektowanego filtra

W celu jakościowej oceny właściwości zaprojektowanego filtra, należy na jego wejście podać sygnał prostokątny o takich samych parametrach, jakie przyjęto w punkcie 2. Sygnały wejściowy i wyjściowy filtra obejrzyć na oscyloskopie. Następnie oba sygnały

podać na wejścia AI0 oraz AI1 karty NI USB-6009 i obejrzeć oraz porównać ich widma. Sprawdzić czy wybrana harmoniczna sygnału wejściowego pojawia się na wyjściu filtra i czy jest prawidłowo przenoszona (bez tłumienia), co będzie świadczyło o poprawnym zestrojeniu filtra.

Ad. 6. Wyznaczenie charakterystyk amplitudowo i fazowo częstotliwościowych filtra

W celu wyznaczenia charakterystyk amplitudowo i fazowo częstotliwościowej filtra, na jego wejście należy podać z generatora sygnał sinusoidalny o ustalonej amplitudzie i nastawianej częstotliwości. Posługując się np. oscyloskopem należy mierzyć amplitudy sygnału wyjściowego i wejściowego. Stosunek tych amplitud w funkcji częstotliwości pozwala wykreślić charakterystykę amplitudową. Często stosunek ten wyrażany jest w mierze logarytmicznej (jednostką jest wówczas decybel) zgodnie ze wzorem:

$$K_u = 20 \log \frac{U_{wy}}{U_{we}} [dB]$$

Często również oś częstotliwości przedstawia się w skali logarytmicznej.

Przesunięcie fazowe (możliwe do pomiaru np. metodą elipsy) między tymi sygnałami w funkcji częstotliwości określa charakterystykę fazowo-częstotliwościową. Przy pomiarze tych charakterystyk należy częstotliwość zmieniać ze stałym interwałem (np. co 50 lub co 100 Hz), ułatwi to późniejsze obliczenia.

Na podstawie uzyskanych charakterystyk określić częstotliwość środkową, pasmo 3 dB i wzmocnienie filtra oraz porównać je z wartościami założonymi przy projektowaniu. Teoretyczną szerokość pasma projektowanego filtra można wyliczyć z zależności:

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q}$$

Jakość filtra określa również tzw. współczynnik prostokątności, mówiący o stromości zboczach filtra. Do jego wyznaczenia konieczne jest określenie pasma 20dB. Wówczas:

$$k_p = \frac{\Delta f_{3dB}}{\Delta f_{20dB}}$$

Maksymalna wartość tego współczynnika może wynosić 1, dla filtra o nieskończenie stromych zboczach.

Parametry wyznaczone dla charakterystyk uzyskanych z pomiarów porównać z wartościami założonymi parametrów filtra (pasmo, dobroć itp.)

Korzystając z danych dla charakterystyki fazowej można również wyznaczyć charakterystykę opóźnienia grupowego t_{gr} filtra. Opóźnienie grupowe można wyznaczyć na podstawie zależności:

$$t_{gr} = \frac{\partial \varphi}{\partial \omega} = \frac{1}{2\pi} \frac{\partial \varphi}{\partial f} \approx \frac{1}{2\pi} \frac{\Delta \varphi}{\Delta f}$$

Jeśli faza mierzona jest w stopniach, to:

$$t_{gr} = \frac{1}{360} \frac{\Delta \varphi}{\Delta f} [s]$$

Wykaz aparatury

1. Płytką ze strukturą filtra,
2. Generator sygnałów,
3. Multimetr,
4. Zasilacz uniwersalny: ± 15 V ,
5. Oscyloskop cyfrowy,
6. Karta NI USB-6009,
7. Komputer z odpowiednim oprogramowaniem,