

Wybrane zagadnienia z teorii przetwarzania sygnałów **- laboratorium.**

Ćwiczenie nr 5: „Filtry cyfrowe”.

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie zagadnień związanych z filtrami cyfrowymi oraz ich implementacją w postaci filtrów o skończonej i nieskończonej odpowiedzi impulsowej z wykorzystaniem środowiska MATLAB/Simulink.

2. Zagadnienia do przygotowania

- Próbkowanie sygnałów ciągłych – twierdzenie o próbkowaniu.
- Wyznaczanie odpowiedzi układu cyfrowego za pomocą równania różnicowego w postaci rekurencyjnej.
- Równania różnicowe określające zależność pomiędzy sygnałem wejściowym, a wyjściowym w filtrach cyfrowych FIR i IIR.
- Projektowanie filtrów cyfrowych IIR na podstawie filtrów analogowych.
- Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych filtrów cyfrowych przy znajomości współczynników filtru.

3. Program ćwiczenia

Zaprojektować filtry FIR i IIR według wytycznych:

- a) Zaprojektować filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej $f_g = 8 \text{ kHz}$ i częstotliwości próbkowania $f_p = 22 \text{ kHz}$, ustalając rząd filtru na $N = 16$ i wybierając metodę projektowania *Equiripple* dla FIR oraz *Butterworth* dla IIR. Przetestować zaprojektowany filtr dwoma sygnałami sinusoidalnymi jednym z pasma przepuszczenia, a drugim z pasma zaporowego. Na podstawie charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz otrzymanych przebiegów sporządzić wnioski.

Następnie należy zrezygnować z ustalonej wartości rzędu dla filtru wybierając opcję: zaprojektowania filtru minimalnego rzędu o tłumieniu 80dB w paśmie zaporowym. Przetestować zaprojektowane filtry dwoma sygnałami

sinusoidalnymi jednym z pasma przepuszczenia, a drugim z pasma zaporowego. Na podstawie charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz otrzymanych przebiegów sporządzić wnioski.

Dodatkowo należy zbadać wpływ „metody projektowania filtru”.

- b) Zaprojektować filtr pasmowo-przepustowy o częstotliwościach granicznych $f_d = 1 \text{ kHz}$ i $f_g = 6 \text{ kHz}$ i częstotliwości próbkowania $f_p = 20 \text{ kHz}$, ustalając rząd filtru na $N = 20$ i wybierając metodę projektowania *Equiripple* dla FIR oraz *Butterworth* dla IIR. Przetestować zaprojektowany filtr trzema sygnałami sinusoidalnymi jednym z pasma przepuszczenia, i dwoma z pasma zaporowego. Na podstawie charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz otrzymanych przebiegów sporządzić wnioski.

Następnie należy zrezygnować z ustalonej wartości rzędu dla filtru wybierając opcję: zaprojektowania filtru minimalnego rzędu o tłumieniu 80 dB w paśmie zaporowym. Przetestować zaprojektowany filtr trzema sygnałami sinusoidalnymi jednym z pasma przepuszczenia, i dwoma z pasma zaporowego. Na podstawie charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz otrzymanych przebiegów sporządzić wnioski.

Dodatkowo należy zbadać wpływ „metody projektowania filtru”.

- c) Zaprojektować filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej $f_g = 2 \text{ kHz}$ i częstotliwości próbkowania $f_p = 16 \text{ kHz}$, ustalając rząd filtru na $N = 8$ i wybierając metodę projektowania *Equiripple* dla FIR oraz *Butterworth* dla IIR. Przetestować zaprojektowany filtr dwoma sygnałami sinusoidalnymi jednym z pasma przepuszczenia, a drugim z pasma zaporowego. Na podstawie charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz otrzymanych przebiegów sporządzić wnioski.

Następnie należy zrezygnować z ustalonej wartości rzędu dla filtru wybierając opcję: zaprojektowania filtru minimalnego rzędu o tłumieniu 70 dB w paśmie zaporowym. Przetestować zaprojektowane filtry dwoma sygnałami sinusoidalnymi jednym z pasma przepuszczenia, a drugim z pasma zaporowego.

Na podstawie charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz otrzymanych przebiegów sporządzić wnioski.

Dodatkowo należy zbadać wpływ „metody projektowania filtru”.

4. Wskazówki do ćwiczenia

Wykorzystać model znajdujący się w pliku *TPS7.mdl* oraz narzędzie *Digital Filter Design*.

5. Opracowanie wyników

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać następujące elementy:

- uzyskane charakterystyki częstotliwościowe (amplitudowe i fazowe) badanych filtrów,
- analizy porównawcze otrzymanych charakterystyk, tj. porównanie charakterystyk dwóch filtrów tego samego typu lecz różnych rzędów oraz filtrów tego samego rzędu lecz różnych typów,
- przebiegi sygnałów przed i po filtracji oraz ich widma,
- analizy porównawcze otrzymanych sygnałów,
- analizę poprawności przeprowadzonej filtracji w oparciu o dziedzinę częstotliwości poprzez wyznaczenie widma sygnału wyjściowego na podstawie widma sygnału wejściowego i charakterystyki amplitudowej zastosowanego filtru i porównanie z widmem sygnału uzyskanego po filtracji.

Na końcową ocenę z ćwiczenia mają przede wszystkim wpływ rzeczowe wnioski oraz terminowe oddanie sprawozdania.

6. Literatura

- [1] Borodziej W., Jaszczak K.: „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów – wybrane zagadnienia”. WNT, Warszawa 1987.
- [2] Bolikowski J.: „Podstawy projektowania inteligentnych przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych”. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej, Zielona Góra 1993.
- [3] Dąbrowski A.: „Przetwarzanie sygnałów przy użyciu procesorów sygnałowych”. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2000.

- [4] Lyons R.G.: „Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów”. WKŁ,
Warszawa 1999.
- [5] Oppenheim V, Schaffer R.W.: „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów”. WKŁ,
Warszawa 1979.
- [6] Zieliński T.P.: „Od teorii do cyfrowego przetwarzania sygnałów”. Wydział EAIiE
AGH Kraków 2002
- [7] Stabrowski M.: „Miernictwo elektryczne. Cyfrowa technika pomiarowa”. Oficyna
Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1994.