

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

### **Ćwiczenie nr 6: „Filtry cyfrowe IIR”.**

#### **1. Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie zagadnień związanych z filtrami cyfrowymi oraz ich implementacją w postaci filtrów o 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 IIR.
- Projektowanie filtrów cyfrowych IIR na podstawie filtrów analogowych.
- Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych filtrów cyfrowych przy znajomości współczynników filtru.

#### **3. Program ćwiczenia**

Zaprojektować filtry FIR według wytycznych:

- a) Zaprojektować filtr dolnoprzepustowy o parametrach:  $N = 5$ ,  $f_d = 5$  kHz,  $f_p = 16$  kHz tętnieniach w paśmie przepustowym 3 dB, tłumieniu min. 70 dB w paśmie zaporowym. Zbadać charakterystyki częstotliwościowe filtru ze szczególnym uwzględnieniem kształtu charakterystyki fazowej. Porównać amplitudę listków bocznych, szerokość listka głównego oraz minimalne tłumienie w paśmie zaporowym dla filtrów cyfrowych powstałych na bazie filtrów: Butterworth'a, Czebyszewa (typ 1 i 2) i eliptycznego. Porównać z innymi rzędami filtru.
  - Przefiltrować opracowanym filtrem przebieg sinusoidalny o częstotliwości  $f = 4$  kHz.

- Dodać kilka składowych harmoniczných np. 50 Hz i 8000 Hz.
- b) Zaprojektować filtr pasmowo-przepustowy o częstotliwościach odcięcia  $f_d=50$  Hz i  $f_g=16$  kHz przy założonej częstotliwości próbkowania  $f_p = 44.1$  kHz. Dobrać optymalnie rząd, rodzaj filtru oraz wartość tłumienia w paśmie zaporowym. Przefiltrować sygnał zawierający kilka składowych a także składową stochastyczną. Zamieścić i skomentować jego charakterystyki.
- Przefiltrować opracowanym filtrem przebieg sinusoidalny o częstotliwości  $f=200$  Hz.
  - Do sygnału z poprzedniego punktu dodać kilka składowych harmoniczných np. 10 Hz i 17000 Hz.
- c) Wykonać sprawozdanie z wnioskami z analizy wyników. Porównać wyniki badanych filtrów IIR z wynikami z poprzedniego ćwiczenia dla filtrów FIR

#### 4. Wskazówki do ćwiczenia

Wykorzystać model znajdujący się w pliku *TPS6.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.