

# PRZETWARZANIE SYGNAŁÓW W TELEKOMUNIKACJI

## Ćwiczenie 3 Filtracja cyfrowa

### Uwagi ogólne

- Program projektowania filtrów nosi nazwę `filtering.exe`. Program ten jest skompilowanym kodem Matlaba. Aby tego typu software działał na danym komputerze, niezbędne jest uruchomienie programu `MRCInstaller`, dostarczonego przez producentów Matlaba. Tę czynność wystarczy wykonać jeden raz, co zapewni możliwość korzystania ze skompilowanych kodów Matlaba. Po uruchomieniu programu `filtering.exe` pojawi się menu główne w oknie nr 1 (Figure(1)).
- Badane są następujące filtry i metody ich projektowania:
  - Filtry dolnopasmowe o skończonej odpowiedzi impulsowej (FIR) projektowane metodą próbkowania transmitancji filtru idealnego w dziedzinie częstotliwości. Odpowiedź impulsowa jest otrzymywana przez odwrotną dyskretną transformatę Fouriera (DFT).
  - Filtry dolnopasmowe o skończonej odpowiedzi impulsowej (FIR) projektowane metodą nakładania okna na odpowiedź impulsową filtru idealnego.
  - Filtry dolnopasmowe o skończonej odpowiedzi impulsowej (FIR) projektowane wg kryterium Czebyszewa
  - Filtry dolnopasmowe o nieskończonej odpowiedzi impulsowej (IIR) - tzw. filtry Butterwortha
  - Filtry dolnopasmowe o nieskończonej odpowiedzi impulsowej (IIR) - tzw. filtry eliptyczne lub Cauera
- Po wybraniu rodzaju filtru przechodzimy do obliczeń: w oknie nr 2 (Figure(2)) wpisujemy dane do projektowania. Należy zwrócić uwagę na częstotliwość: jest ona znormalizowana w taki sposób, że połowie częstotliwości próbkowania odpowiada wartość 1.
- Wynikami obliczeń są: odpowiedź impulsowa (dla filtrów FIR), charakterystyka częstotliwościowa filtru w skali liniowej i w dB, położenie zer i biegunów transmitancji.
- Po wykonaniu obliczeń dla danego typu filtru należy wybrać "koniec" w oknie nr.2 (okna z wynikami obliczeń powinny wówczas zniknąć). W razie kłopotów z obsługą programu (np. znika okno nr 1 z głównym menu), należy pozamykać okna z wynikami obliczeń i uruchomić ponownie program.

- Gdyby powyższe uwagi były niewystarczające, to proszę uruchomić demo3.mp4

## **Zadania do wykonania**

Do obliczeń wykorzystuj określoną częstotliwość graniczną filtru (np. 0.4, 0.5, 0.6) i nie zmieniaj jej, chyba że tak podano w instrukcji.

### **1. Projektowanie filtru dolnopasmowego FIR metodą próbkowania w dziedzinie częstotliwości**

Zaprojektuj filtr o podanej częstotliwości granicznej pasma przepuszczania: liczba punktów próbkowania charakterystyki częstotliwościowej  $N=16, 32, 64, 128$ .

Czym różni się otrzymana charakterystyka od założonej? Odczytaj z wykresu szerokość pasma przejściowego, wahania charakterystyki w paśmie przepuszczania i tłumienie w paśmie zaporowym. Która z tych wielkości zależy od  $N$  w największym stopniu? Wyjaśnij rolę zer transmitancji w odwzorowaniu założonej charakterystyki częstotliwościowej filtru.

### **2. Projektowanie filtru dolnopasmowego FIR metodą okien czasowych**

a) Zaprojektuj filtr o podanej częstotliwości granicznej metodą nakładania okna prostokątnego na odpowiedź impulsową filtru idealnego. Przyjmij długość okna  $N=16, 32, 64, 128$  próbek. Porównaj transmitancje filtru idealnego i otrzymanego.

Odczytaj z wykresu szerokość pasma przejściowego, wahania charakterystyki w paśmie przepuszczania i tłumienie w paśmie zaporowym.

b) Zaprojektuj filtr o podanej częstotliwości granicznej metodą nakładania okien: prostokątnego, Hamminga, Blackmana o długości  $N=63$ . Jakie parametry filtru zależą od okna? Czym płaci się za zwiększenie tłumienia w paśmie zaporowym?

### **3. Projektowanie filtru dolnopasmowego IIR typu Butterwortha**

a) Uruchom program demonstracyjny dla filtru o 10 zerach i 10 biegunach. Obserwuj ch-kę częstotliwościową oraz położenie zer i biegunów w funkcji częstotliwości granicznej.

Jakie cechy ma zrealizowana ch-ka częstotliwościowa? Gdzie są zera transmitancji i co się w ten sposób osiąga? W jaki sposób zapewnia się płaskość charakterystyki częstotliwościowej w paśmie przepuszczania?

b) Zaprojektuj filtr Butterwortha o podanej częstotliwości granicznej liczący 4 zera i 4 bieguny, następnie 10 zer i 10 biegunów, oraz 16 zer i 16 biegunów. Jaki parametr filtru zmienia się wraz ze wzrostem liczby zer i biegunów?

### **4. Projektowanie filtru dolnopasmowego IIR typu eliptycznego**

a) Dla zadanej częstotliwości granicznej zaprojektuj filtr eliptyczny o tłumieniu 100dB w paśmie zaporowym i nierównomierności 0.05dB w paśmie przepuszczania (rząd filtru, tj. liczba zer i biegunów, jest wyznaczana automatycznie tak, aby spełnić założone wymagania).

Jaki rząd został wybrany? Czy wymagania zostały spełnione? Jaki charakter ma otrzymana transmitancja w paśmie przepuszczania i w paśmie zaporowym? Co powiesz o paśmie przejściowym? Gdzie są zera i bieguny?

b) Złagodź wymagania na tłumienie w paśmie zaporowym do 80dB, następnie do 60dB i 40dB. Jaki rząd filtru został wybrany w tych przypadkach? W jaki sposób spełnione są wymagania (równośćciowo, z nadmiarem)?