

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

### **Ćwiczenie nr 4: „Cyfrowa symulacja układów analogowych – Transformacja Z”.**

#### **1. Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie zagadnień związanych z cyfrową symulacją układów analogowych korzystając z transformacji Z oraz metody przekształcenia biliniowego. Z wykorzystaniem modelu w środowisku MATLAB należy zbadać wpływ różnych czynników na dokładność przeprowadzenia symulacji.

#### **2. Zagadnienia do przygotowania**

- Próbkowanie sygnałów ciągłych – twierdzenie o próbkowaniu.
- Transmitancja układu analogowego.
- Transmitancja układu cyfrowego oraz równanie różnicowe.
- Przekształcenie biliniowe.
- Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych układu analogowego.
- Wyznaczanie odpowiedzi układu cyfrowego za pomocą równania różnicowego w postaci rekurencyjnej.

#### **3. Program ćwiczenia**

- a) Dla układu analogowego podanego przez prowadzącego, stosując przekształcenie biliniowe, wyznaczyć transmitancję ekwiwalentnego układu dyskretnego.
- b) Wykorzystując środowisko MATLAB porównać układ analogowy i jego cyfrowy odpowiednik.

Wyznaczyć dla układu analogowego i jego cyfrowego odpowiednika:

- charakterystyki częstotliwościowe (amplitudowej i fazowej) dla różnych częstotliwości próbkowania;
- odpowiedzi skokowe dla różnych częstotliwości próbkowania;
- sygnały wyjściowe będące odpowiedzią na sygnał sinusoidalny o podanej częstotliwości dla różnych częstotliwościach próbkowania.

#### 4. Wskazówki do ćwiczenia

Wykorzystać model znajdujący się w pliku *TPS4.mdl*.

Transmitancję ekwiwalentnego układu dyskretnego uzyskuje się stosując przekształcenie bilingowe poprzez podstawienie:

$$s = \frac{2}{Tp} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}$$

i uporządkowanie do postaci funkcji wymiernej. Porównanie charakterystyk polega na narysowaniu ich na wspólnym układzie współrzędnych.

Aby wyznaczyć przebieg cyfrowej wersji odpowiedzi skokowej, po wyznaczeniu współczynników równania różnicowego, należy realizować filtrację cyfrową podając na wejście sygnał skoku jednostkowego, czyli wartości próbek:  $x(n) = 1$  dla  $n \geq 0$ .

#### 5. Opracowanie wyników

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać następujące elementy:

- uzyskane charakterystyki częstotliwościowe (amplitudowe i fazowe) układu analogowego oraz ekwiwalentnego układu dyskretnego dla różnych częstotliwości próbkowania,
- analizy porównawcze otrzymanych charakterystyk, ocena wpływu częstotliwości próbkowania na dokładność symulacji układu analogowego przez układ cyfrowy,
- przebiegi odpowiedzi skokowej układu analogowego i ekwiwalentnego układu cyfrowego dla różnych częstotliwości próbkowania,
- analizy porównawcze otrzymanych sygnałów,
- przebiegi sygnałów sinusoidalnych uzyskanych na wyjściu układu analogowego i ekwiwalentnego układu cyfrowego dla różnych częstotliwości próbkowania,
- analizy porównawcze otrzymanych sygnałów.

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

#### 6. Literatura

- [1] Borodziejewicz 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.