

POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Katedra Elektrotechniki Przemysłowej i Automatyki
Zakład Urządzeń i Systemów Automatyki

Komputerowe Wspomaganie Projektowania w Układach Sterowania

**Aproksymacja opóźnienia. Narzędzia
wspomagające projektowanie:
LTIView, SISOTool.**

Instrukcja laboratoryjna

Michał Łaskawski
Karol Suchenia
Paweł Strączyński
Mirosław Wciślik

1 Aproksymacja opóznienia

Transmitancja członu opóźniającego to:

$$\mathcal{L}f(t - L) = e^{-s \cdot L} \quad (1)$$

Przedstawiona wyżej forma zwykle komplikuje analizę systemu ze względu na występowanie funkcji eksponentialnej. Istnieją metody sprowadzania członu opóźniającego do postaci wielomianowej. Przykładem tego typu aproksymacji jest zastosowanie zależności:

$$e^{-s \cdot L} \approx \frac{\frac{e^{-s \cdot L}}{2}}{\frac{e^{s \cdot L}}{2}} \approx \left(\frac{(1 - \frac{s \cdot L}{2 \cdot n})}{(1 + \frac{s \cdot L}{2 \cdot n})} \right)^n \quad (2)$$

$$e^{-s \cdot L} \approx \frac{\frac{e^{-s \cdot L}}{2}}{\frac{e^{s \cdot L}}{2}} \approx \frac{\sum_{i=0}^n \left(\frac{(-\frac{L \cdot s}{2})^i}{i!} \right)}{\sum_{i=0}^n \left(\frac{(\frac{L \cdot s}{2})^i}{i!} \right)} \quad (3)$$

gdzie zależność 3 jest rozwinięciem w szereg Taylora licznika i mianownika. Ogólny wzór aproksymacji opóznienia metodą Pade przedstawia zależność 4.

$$e^{-s \cdot L} \approx \frac{\sum_{i=0}^n \left(\frac{((2 \cdot n - i)! \cdot n!) \cdot (-L \cdot s)^i}{((2 \cdot n)! \cdot (n - i)! \cdot i!)} \right)}{\sum_{i=0}^n \left(\frac{((2 \cdot n - i)! \cdot n!) \cdot (L \cdot s)^i}{((2 \cdot n)! \cdot (n - i)! \cdot i!)} \right)} \quad (4)$$

Wielomian aproksymacyjny Pade dla danego opóznienia można otrzymać również wykorzystując wbudowaną w pakiet Control System Toolbox funkcję *pade*.

$$[NUM, DEN] = \text{pade}(L, n)$$

gdzie: L - czas opóznienia, n - stopień wielomianu. Wywołanie polecenia *pade* bez lewostronnych argumentów spowoduje utworzenie wykresu odpowiedzi członu opóźniającego (w postaci wielomianu Pade n-tego rzędu) na wykoszenie w postaci skoku jednostkowego.

2 Narzędzia wspomagające projektowanie

Pakiet Control System Toolbox zawiera szereg narzędzi wspomagających projektowanie. Jednym z nich jest m.in. Linear System Analyzer. Narzędzie pozwala to na tworzenie z użyciem interfejsu graficznego charakterystyk czasowych i częstotliwościowych badanych systemów liniowych. Interfejs graficzny narzędzia można uruchomić wydając polecenie *ltiview*. Ciekawym narzędziem wspomagającym projektowanie układów regulacji jest SISOTool. Oprogramowanie to pozwala na projektowanie systemów SISO o różnej strukturze. Pozwala m.in. na dobranie parametrów regulatora dla uzyskania określonych charakterystyk. Uruchomienie interfejsu graficznego narzędzia następuje po wydaniu polecenia *sisotool*.

3 Zadania do wykonania

Zadanie 1 Wyznaczyć charakterystyki Bodego i Nyquista oraz odpowiedź skokową dla modelu opóźnienia (1) oraz jego aproksymacji metodami: (2), (3) i (4). Sprawdzić dokładność i stabilność aproksymacji dla różnych wartości współczynnika rzędu przybliżenia. Charakterystyki częstotliwościowe wyznaczyć bez użycia Control System Toolbox.

Zadanie 2 Wyznaczyć charakterystyki Bodego i Nyquista oraz odpowiedź skokową dla modelu opóźnienia (1) z wykorzystaniem funkcji pakietu Control System Toolbox. Do wyznaczenia wielomianu aproksymacyjnego wykorzystać funkcję *pade*.

Zadanie 3 Powtórzyć eksperyment symulacyjny z zadania pierwszego dla modelu inercyjnego pierwszego rzędu z opóźnieniem. Sprawdzić zachowanie modelu obiektu w układzie zamkniętym.

Zadanie 4 Powtórzyć eksperyment symulacyjny z zadania trzeciego dla modelu inercyjnego pierwszego rzędu z opóźnieniem i szeregowo połączonym integratorem. Do wyznaczenia charakterystyk użyć narzędzie Linear System Analyzer.

Zadanie 5 Zapoznać się z działaniem narzędzia SISOTool.