

Symulacja układu dynamicznego z regulatorem PD

Dokumentacja projektu

1. Cel projektu

Celem projektu była implementacja symulacji układu dynamicznego opisanego transmitancją drugiego rzędu oraz sterowanie tym układem przy użyciu regulatora PD. Wszystkie obliczenia zostały wykonane z użyciem manualnie zaimplementowanych metod numerycznych w języku Python, bez wykorzystania zaawansowanych bibliotek symulacyjnych.

2. Opis modelu układu

Układ został opisany transmitancją typu:

$$G(s) = \frac{a_1 s + a_0}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}$$

Został on przekształcony do postaci równań stanu:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= \frac{-b_1 x_2 - b_0 x_1 + a_1 u + a_0 u}{b_2}\end{aligned}$$

Do symulacji zastosowano numeryczną metodę Eulera:

$$x(t + dt) = x(t) + \dot{x}(t) \cdot dt$$

3. Regulator PD

Zastosowano regulator PD (proporcjonalno-różniczkujący), którego równanie ma postać:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Błąd regulacji obliczany jest jako:

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

a pochodna błędu została przybliżona numerycznie:

$$\frac{de(t)}{dt} \approx \frac{e(t) - e(t - dt)}{dt}$$

4. Generowanie sygnałów wejściowych

Zaimplementowano trzy typy sygnałów wejściowych:

- **Prostokątny** – na podstawie operatora modulo,
- **Trójkątny** – z użyciem wartości bezwzględnej,
- **Harmoniczny** – funkcja sinusoidalna.

5. Metody numeryczne

Symulację przeprowadzono przy użyciu metody Eulera – jednej z podstawowych metod całkowania równań różniczkowych. Jej prostota pozwala na szybkie wykonanie symulacji, choć kosztem dokładności i stabilności w przypadku bardziej złożonych układów.

6. Interfejs użytkownika

Stworzono prosty interfejs tekstowy z menu wyboru rodzaju sygnału oraz edycji parametrów układu i regulatora. Implementacja wyboru została wykonana w stylu **switch-case**, umożliwiając wygodne sterowanie przebiegiem symulacji.

7. Wnioski z pracy projektowej

1. **Regulator PD** skutecznie minimalizuje uchyb regulacji i tłumi oscylacje odpowiedzi układu.
2. **Metoda Eulera** jest prosta w implementacji, ale dla dokładniejszych analiz warto rozważyć metody wyższych rzędów.
3. **Elastyczna konfiguracja** parametrów i sygnałów umożliwia testowanie wielu wariantów działania układu.
4. **Potencjał rozwoju** – projekt można łatwo rozszerzyć o GUI, inne typy regulatorów (PI, PID), zapis danych lub dokładniejsze metody numeryczne.

8. Zakończenie

Projekt stanowi praktyczne zastosowanie wiedzy z zakresu:

- modelowania układów dynamicznych,
- projektowania regulatorów,
- stosowania metod numerycznych w automatyce,