

Teoria Sterowania

Optymalizacja dwustopniowego systemu reaktorów Laboratorium 3

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wskazanie przybliżonego rozwiązania zadania optymalizacji sterowania dwustopniowego systemu reaktorów. W celu znalezienia największego, możliwego, wybranego wskaźnika jakości.

2 Opis problemu

Proces składa się z dwóch reaktorów pomiędzy, którymi następuje mieszanie substratów. Proces został opisany za pomocą dwóch układów równań różniczkowych oraz układu relacji algebraicznych, które wynikły z dwóch etapów procesu. Pierwszy z nich reprezentowany jest za pomocą równań dotyczących szybkości reakcji.

$$\dot{C}_A = -2k_1(T)C_A^2$$

$$\dot{C}_B = k_1(T)C_A^2 - k_2(T)C_B$$

$$\dot{C}_C = k_2(T)C_B$$

$$\dot{C}_D = 0$$

$$\dot{C}_E = 0$$

$$\dot{C}_F = 0$$

$$\dot{C}_A = 0$$

$$\dot{C}_B = -0.02C_B - 0.05C_B - 2 \times 4.0 \times 10^{-5}C_B^2$$

$$\dot{C}_C = 0$$

$$\dot{C}_D = 0.02C_B$$

$$\dot{C}_E = 0.05C_B$$

$$\dot{C}_F = 4.0 \times 10^{-5}C_B^2$$

Z kolei drugi proces dotyczy mieszania substancji, które zostało opisane w następujący sposób:

$$V_2C_A(t_1) = V_1C_A(t_1^-)$$

$$V_2C_B(t_1) = V_1C_B(t_1^-) + SC_B^0$$

$$V_2C_C(t_1) = V_1C_C(t_1^-)$$

Problem polegał na znalezieniu wektora u dla którego wskaźnik jakości będzie największy. Wektor u składał się z trzech składowych, $u = [t_x, T, S]$.

| Parametr | Opis | Dostępny zakres | dokładność pomiarowa |
|----------|--|-----------------|----------------------|
| t_x | określa wartość czasu trwania przeprowadzanego procesu | 1.0-179.0 min | 1 min |
| T | temperatura procesu w reaktorze A | 298 - 398 K | 1 K |
| S | objętość dodanego roztworu B | 0.0 - 0.1 m^3 | 0.01 m^3 |

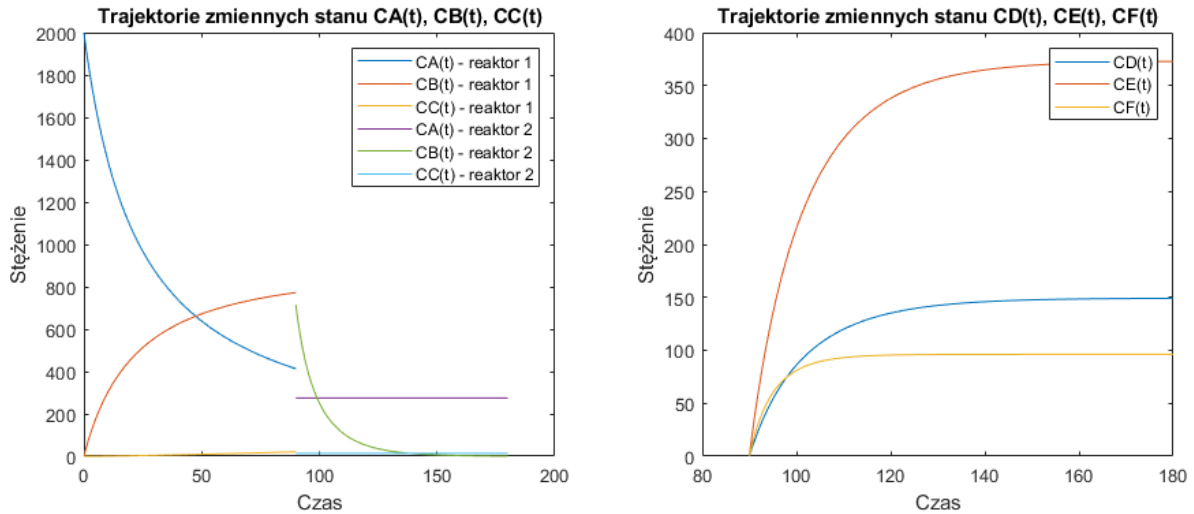
Tabela 1: Parametry wektora u .

Wybrany wskaźnik jakości określa ilość produktu D na końcu procesu. Optymalny wskaźnik jakości został wyznaczony za pomocą zależności

$$\max_{S, t_1, t_2, T(t), t \in [0, t_1]} V_2C_D(t_2)$$

3 Wykonanie zadania

Realizację zadania rozpoczęto od wyznaczenia wskaźnika jakości dla podanych w skrypcie parametrów. Uzyskano wskaźnik jakości równy: 22,3691.



Rysunek 1: Wykres trajektorii zmiennych stanu dla przykładowego zestawu parametrów.

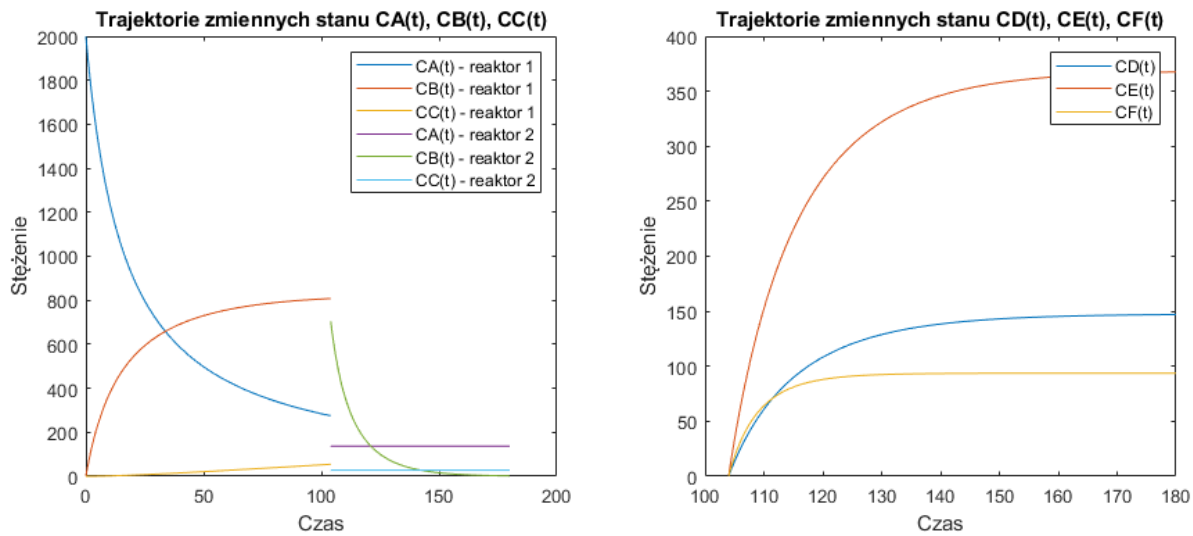
W celu znalezienia maksymalnego wskaźnika jakości sprawdzono jego wartość dla każdego możliwego wektora u z podanych zakresów w Tabeli 1.

Największą wartość wskaźnika jakości uzyskano dla wektora $u = [104, 313, 0.1]$.

| Parametr | Wyznaczona wartość |
|---|--------------------|
| t_x | 104 min |
| T | 313 K |
| S | 0.1 m^3 |
| Wskaźnik jakości dla wyznaczonego wektora u | 29,4063 |

Tabela 2: Wartości parametrów wyznaczonego wektora u wraz odpowiadającym mu maksymalnym wskaźnikiem jakości.

Wykresy trajektorii zmiennych stanu dla wyznaczonego wektora u wyglądały następująco:



Rysunek 2: Wykres trajektorii zmiennych stanu dla wyznaczonego wektora u .

4 Wnioski

Maksymalny wskaźnik jakości wynosi 29,4063. W celu uzyskania największej możliwej ilości produktu D należy wybrać zmienne decyzyjne zgodnie z tabelą 2.

Wynik otrzymano z dokładnością pomiarów zgodną z tabelą 1. Niedoskonałości w uzyskanym maksymalnym wyniku mogą pochodzić z dobrania niewystarczającej dokładności pomiarowej.

W sprawozdaniu zawarto wyznaczone maksimum globalne, w którego wyznaczaniu brano pod uwagę jednocześnie wszystkie trzy dostępne parametry. Próba, maksymalizowania wskaźnika jakości względem jednego z parametrów a następnie poszukiwanie odpowiednich wartości pozostałych dwóch parametrów, okazała się niewystarczająca. Gdyż znajdowano jedynie maksima lokalne. Z tego powodu zdecydowano się na trwające dłużej lecz dokładniejsze obliczenia.