KATEDRA ENERGOELEKTRYKI POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Raport serii SPRAWOZDANIA Nr

LABORATORIUM ELEMENTÓW TECHNIKI STEROWANIA
INSTRUKCJA LABORATORYJNA

ĆWICZENIE Nr 5

Sterowanie obiektem dynamicznym przy zadanym stanie w zamkniętym systemie sterowania z obserwatorem stanu

Mirosław Łukowicz

Słowa kluczowe:
stan układu, zamknięty układ sterowania, obserwator stanu,

WROCŁAW 2022

1. Wyznaczanie sterowania

Niech będzie dany obiekt dyskretny opisany w przestrzeni zmiennych stanu równaniem stanowym

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= Ax_n + bu_n \\ y_n &= c^T x_n + du_n \end{aligned} \tag{1}$$

gdzie x_n jest wektorem stanu i u_n jest wejściowym wektorem sterującym.

Zadanie sterowania takim obiektem w układzie zamkniętym z pomiarem stanu od dowolnego stanu początkowego x_0 do dowolnego stanu końcowego x^* sprowadza się do znalezienia ciągu sterowań u_0, u_1, … u_{N-1} takich, że $x_N=x^*$.

UWAGA!
Warunkiem koniecznym dla znalezienia takiego sterowania jest spełnianie przez obiekt warunku pełnej sterowalności.

Rozwiązaniem problemu jest ciąg sterowań

$$\overline{u}_{0,k} = \begin{bmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_{k-1} \end{bmatrix} \tag{2}$$

gdzie u_i

$$u_i = M^{-1}(x^* - A^{k-i}x_i) \tag{3}$$

a M jest równe $M=[A^{k-1}b \;\; A^{k-2}b \;\; \ldots \;\; Ab \;\; b]$ oraz u_i jest $i+1$ wierszem $\overline{u}_{0,k}$.

W równaniu (3) stan x_i jest aktualnym stanem, w oparciu o który podejmowana jest decyzja o sterowaniu. Stan ten może być mierzony, o ile stany są mierzalne. W przeciwnym razie stany wewnętrzne muszą być estymowane (wyznaczane) na podstawie obserwowanego wyjścia $\overline{y}_{n,k}$, gdzie

$$\overline{y}_{n,k} = \begin{bmatrix} y_n \\ y_{n-1} \\ \vdots \\ y_{n-(k-1)} \end{bmatrix} \tag{4}$$

oraz zadanych uprzednio sterowań

$$\overline{u}_{n-1,k-1} = \begin{bmatrix} u_{n-1} \\ u_{n-2} \\ \vdots \\ u_{n-(k-1)} \end{bmatrix} \tag{5}$$

Aktualny stan wewnętrzny wyznaczany jest zgodnie ze wzorem

$$x_n = \overline{M}^{-1}(\overline{y}_{n,k} + \begin{bmatrix} 0 \\ D\overline{u}_{n-1,k-1} \end{bmatrix}) \tag{6}$$

gdzie

$$\overline{M} = \begin{bmatrix} c^T \\ c^T A^{-1} \\ \vdots \\ c^T A^{-(k-1)} \end{bmatrix} \tag{7}$$

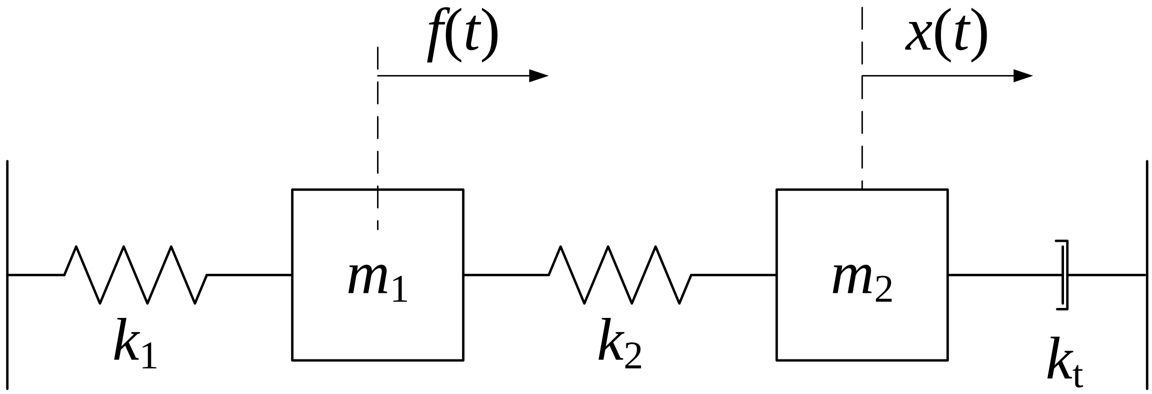
oraz

$$D = \begin{bmatrix} c^T A^{-1} b & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ c^T A^{-2} b & c^T A^{-1} b & 0 & \cdots & 0 \\ . & . & . & . & . \\ c^T A^{-(k-1)} b & c^T A^{-(k-2)} b & \cdot & \cdot & c^T A^{-1} b \end{bmatrix} \tag{8}$$

Sterowanie wyznacza się wówczas w układzie zamkniętym, tak jak to zostało podane w równaniu (3).

2. Zadanie do wykonania

Niech dany będzie obiekt przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Obiekt sterowania, gdzie k_1 jest dniem miesiąca [N/m]. k_2 miesiącem roku [N/m], k_t godziną rozpoczęcia zajęć, m_1 liczbą liter imienia [kg], m_2 liczba liter nazwiska [kg].

Należy wykonać następujące zadania:

Przygotować model ciągły i dyskretny z poprzednich zajęć laboratoryjnych lub w wykonać punkty 1-3.

1. Zamodelować obiekt w przestrzeni zmiennych stanu.

2. W Simulinku zaobserwować odpowiedź obiektu na skok jednostkowy.

3. Zamodelować cyfrowo w Simulinku obiekt w przestrzeni zmiennych stanu dobierając uprzednio odpowiedni okres próbkowania.

4. Dla modelu dyskretnego zamodelować w Simulinku zamknięty system sterowania z obserwatorem stanu, który będzie sprowadzał obiekt dyskretny z dowolnego stanu początkowego do stanu zerowego. Zakładamy, że zmienne stanu obiektu nie są mierzalne, w związku z tym należy zaprojektować odpowiedni obserwator stanu. Wyjście obiektu zostanie zdefiniowane przez prowadzącego.

5. Opracowany system sterowania zastosować do obiektu ciągłego.

6. Zaobserwować wpływ zmian parametrów obiektu ciągłego na proces sterowania.