

Na prawach rękopisu  
do użytku służbowego

INSTYTUT ENERGOELEKTRYKI POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ  
Raport serii SPRAWOZDANIA Nr

LABORATORIUM TEORII I TECHNIKI STEROWANIA  
INSTRUKCJA LABORATORYJNA

## **ĆWICZENIE Nr 3**

**Sterowanie obiektem dynamicznym przy zadanym  
stanie w układzie zamkniętym z obserwatorem stanu**

Mirosław Łukowicz

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

WROCŁAW 2008

## 1. Wyznaczanie sterowania

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

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= Ax_n + Bu_n \\ y_n &= Cx_n + Du_n\end{aligned}\quad (1)$$

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  $u_0, u_1, \dots, u_{N-1}$  takich, że  $x_N = x^*$ .

Warunkiem koniecznym dla znalezienia takiego sterowania jest spełnienia warunku pełnej sterowalności.

Rozwiązaniem problemu jest ciąg sterowań

$$\bar{u}_{0,k} = \begin{bmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_{k-1} \end{bmatrix}\quad (2)$$

gdzie  $u_i$

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

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

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  $\bar{y}_{n,k}$ , gdzie

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

oraz zadanych uprzednio sterowań

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

Aktualny stan wewnętrzny wyznaczany jest zgodnie ze wzorem

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

gdzie

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

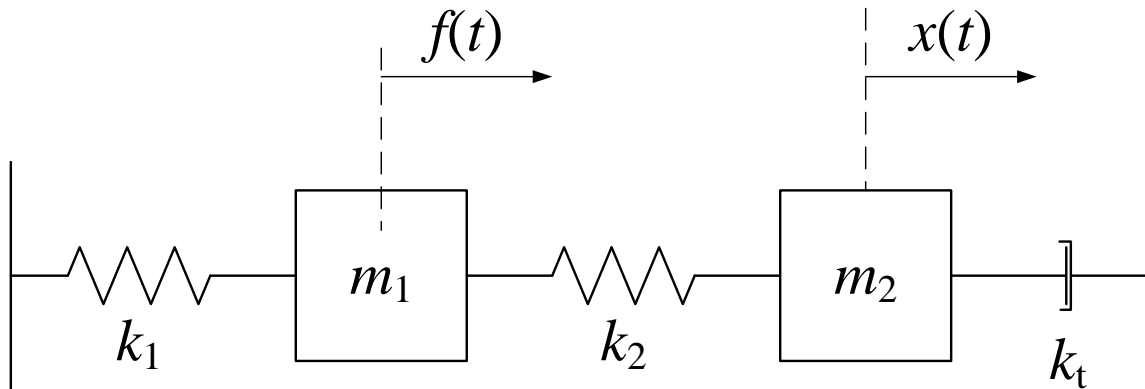
oraz

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

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  $m_1$  liczba liter imienia [kg],  $m_2$  liczba liter nazwiska [kg].

Należy wykonać następujące zadania:

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. Znaleźć sterowanie dyskretne w układzie zamkniętym, które sprowadzi obiekt ze stanu spoczynku przy zerowym wymuszeniu do stanu wychylenia masy  $m_2$  o 1 m w prawo z jednoczesnym zatrzymaniem się tej masy oraz zerowego wychylenia masy  $m_1$  i jej zatrzymania. Zakładamy, że zmienne stanu obiektu ciągłego **NIE** są mierzalne, w związku z tym należy zaprojektować odpowiedni obserwator stanu.
5. Zamodelować to sterowanie w simulinku.
6. Zaobserwować wpływ zmian parametrów obiektu na proces sterowania.