

Teoria Sterowania
TEMAT 4

*Identyfikacja układu dynamicznego na
przykładzie modułu napędowego*

dr inż. Paweł Penar

POLITECHNIKA RZESZOWSKA
Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki
Rzeszów 2024

Liczba laboratorium w temacie: 1

1 Cel laboratorium

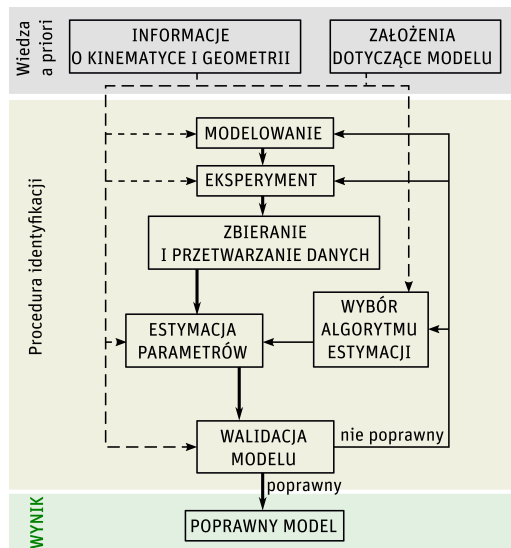
Celem laboratorium jest zapoznanie studentów z metodami identyfikacji układów dynamicznych na podstawie modułu napędowego. Ćwiczenie oparto o dane pomiarowe które uzyskano metodami szybkiego prototypownia.

2 Wprowadzenie

Jak wspomniano w wykładzie, model matematyczny opisuje relacje w układzie sterowania. Jego budowa powinna być prosta, ale musi uwzględniać te zjawiska, które z punktu widzenia układu są istotne. Proces budowy modelu matematycznego układu dynamicznego można podzielić na następujące etapy [1]:

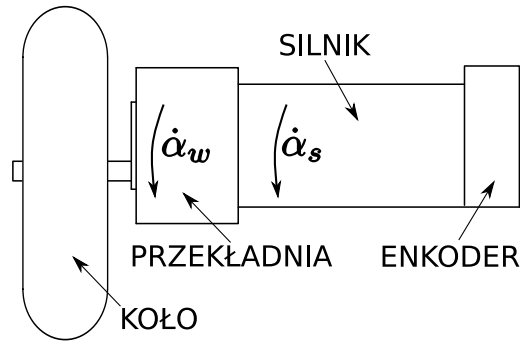
- modelowanie,
- eksperyment,
- przetwarzanie danych,
- wybór algorytmu estymacji i estymacja parametrów modelu,
- weryfikacja modelu.

Ich kolejność i wzajemne relacje pokazano na rys. 1.



Rysunek 1: Schemat identyfikacji robota manipulacyjnego [1]

Podstawowymi komponentami robotyki mobilnej i manipulacyjnej są moduły napędowe złożone z silnika oraz przekładni. Na rys. 2 pokazano schemat modułu napędowego mobilnego robota kołowego w skład którego wchodzi silnik, enkoder oraz przekładnia.



Rysunek 2: Schemat modułu napędowego mobilnego robota kołowego

Model matematyczny modułu napędowego ma postać

$$T\ddot{\alpha}_s + \dot{\alpha}_s = KV(t), \quad (1)$$

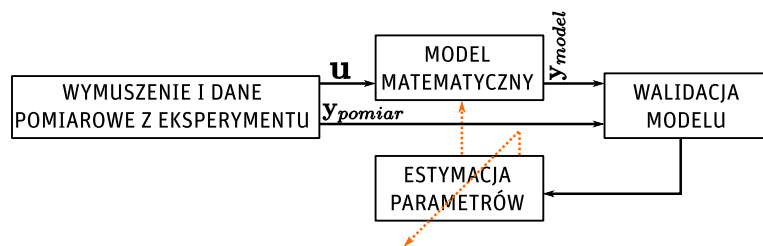
gdzie α_s to kąt obrotu wału, T to stała czasowa a K to wzmocnienie prędkościowe.

2.1 Eksperyment i przetwarzanie danych

Do eksperymentu pozwalającego na wyznaczenie parametrów modelu matematycznego modułu napędowego wykorzystano silniki DC 12 V z przekładnią 1:19.7 firmy Pittman. Na jego wale umieszczono enkodery inkrementalne, a do sterowania silnikiem wykorzystano kartę dSpace, która jest elementem stanowiska szybkiego projektowania.

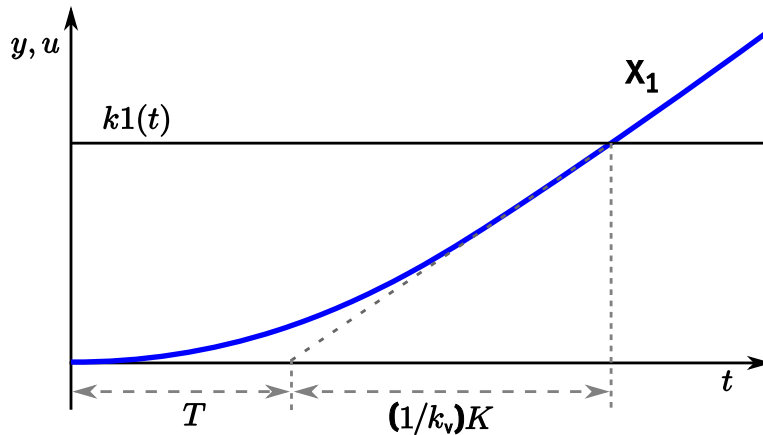
2.2 Estymacja parametrów modelu

Estymacja parametrów modelu ma na celu wyznaczenie takich wartości parametrów modelu, by jego odpowiedź była bliska odpowiedzi obiektu rzeczywistego.



Rysunek 3: Schemat procedury estymacji parametrów

Estymacja opiera się o dane pomiarowe (rys. 3). Są one podstawą do realizacji procedury estymacji parametrów. W tym ćwiczeniu procedura estymacji jest realizowana w sposób graficzny (tak jak pokazano na rys. 4) oraz z wykorzystaniem toolbox-a *Simulink Design Optimization*.



Rysunek 4: Interpretacja graficzna odpowiedzi układu inercyjnego I rzędu

2.3 Walidacja modelu

W celu oceny jakości otrzymanego modelu, można użyć wskaźników jakości opisujących różnice pomiędzy odpowiedzią modelu, a danymi pomiarowymi z eksperymentu. Przyjęte wskaźniki jakości mają postać błędu średniokwadratowego

$$E_w = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (w_{model} - w_{pomiar})^2} \quad (2)$$

gdzie, N to liczba próbek, w_{model} to element wektora odpowiedzi (wyjścia) wyznaczony z użyciem modelu matematycznego a w_{pomiar} to element wektora odpowiedzi (wyjścia) uzyskany w eksperymencie. W kontekście modułu napędowego zmienna w to α oraz $\dot{\alpha}$.

3 Zadania do wykonania

1. Wczytać do przestrzeni Matlab'a dane zarejestrowane podczas eksperymentu (Wykorzystać blok *From Workspace*). Dane w zależności od zespołu wskaże prowadzący.
2. Na podstawie zarejestrowanych charakterystyk wyznaczyć stałe K i T wg rys. 4 wiedząc, że $V(t) = k_v 1(t)$ przy czym to k_v to wartość współczynnika wynikająca z otrzymanego eksperymentu.
3. Na podstawie równania (1) przedstawić opis modułu napędowego w przestrzeni stanu.
4. Na podstawie opisu układu w przestrzeni stanów i odczytanych wartości K i T zbudować model modułu napędowego w Simulinku (jako wymuszenie do modelu matematycznego wygodnie wziąć odpowiedni sygnał zarejestrowany w eksperymencie).
5. Porównać odpowiedź modelu matematycznego modułu napędowego z przebiegami, które uzyskano w eksperymencie.
6. Wyznaczyć błędy identyfikacji dla metody graficznej według wskaźnika jakości postaci (2).
7. Zmienić (ręcznie) wartości parametrów modelu tak, by błąd identyfikacji był jak najmniejszy.

4 Wymagania dotyczące sprawozdania

Realizacja laboratorium jest dokumentowana sprawozdaniem, które powinno zawierać:

- wyprowadzenie teoretyczne,
- opis modelowanego układu w przestrzeni stanu,
- schemat obliczeniowy układu w Simulinku,
- przebiegi uzyskane w eksperymencie pomiarowym,
- graficzne wyznaczenie stałych K i T na odpowiednim przebiegu z eksperymentu
- porównanie odpowiednich przebiegów uzyskanych z modelu matematycznego z przebiegami z eksperymentu
- wyznaczenie wartości wskaźników jakości identyfikacji dla pkt. 6 i 7.
- wnioski (ze szczególnym uwzględnieniem komentarza dotyczącego wartości wskaźników jakości dla poszczególnych metod).

Należy pamiętać o tytule sprawozdania, nagłówkach wyróżniających zadania i potrzebie skomentowania wyników. Prócz kodu programu (który powinien być skomentowany i zawierać odniesienia do wzorów z części teoretycznej) w pliku Livescript należy umieścić część teoretyczną będącą opisem problemu. Osie układu współrzędnych na wykresach mają być podpisane. Jeśli osie układu współrzędnych reprezentują wielkości fizyczne, należy podać jednostki.

Sprawozdanie będące plikiem LiveScript i Simulink przekazujemy prowadzącemu jako plik *.zip przez platformę e-learningową.

Bibliografia

- [1] “Dynamic Model Identification for Industrial Robots”. In: *IEEE Control Systems* 27.5 (Oct. 2007), pp. 58–71. ISSN: 1066-033X, 1941-000X. DOI: [10.1109/MCS.2007.904659](https://doi.org/10.1109/MCS.2007.904659). (Visited on 08/16/2022).