Determinarea unui model matematic prin identificare experimentală

Introducere

Pentru motorul de curent continuu, dar și pentru alte sisteme tehnice simple, modelul matematic poate fi dedus plecând de la ecuațiile fizico-matematice. Totuși, există situații în care nu se cunosc foarte multe detalii despre procesul ce trebuie să fie modelat, fiind văzut mai degrabă ca un ”grey-box”. Dacă nu se cunoaște nimic despre respectivul sistem, atunci vorbim de un caz ”black box”. Pentru ambele situații, dacă se dorește determinarea unui model matematic, se poate utiliza identificarea experimentală.

De asemenea, pentru a putea determina un model prin identificare experimentală, trebuie să putem măsura semnalul/semnalele de intrare, respectiv semnalul/semnalele de ieșire.

Identificarea experimentală a unui sistem de ordin 1

Considerăm că avem un sistem de tip ”greybox”, despre care știm că este liniar și inviariant în timp. De asemenea, considerăm că putem măsura intrarea și o putem filtra de zgomot. Considerăm că putem măsura ieșirea, iar evoluția ieșirii este similară cu cea a unui sistem de ordin 1.

Pe baza acestor considerente, se poate determina un model experimental estimativ al sistemului de forma:

$$\hat{H}(s) = \frac{\hat{K} \cdot e^{-s\hat{T}_{\Delta t}}}{\hat{T}s + 1} \tag{1}$$

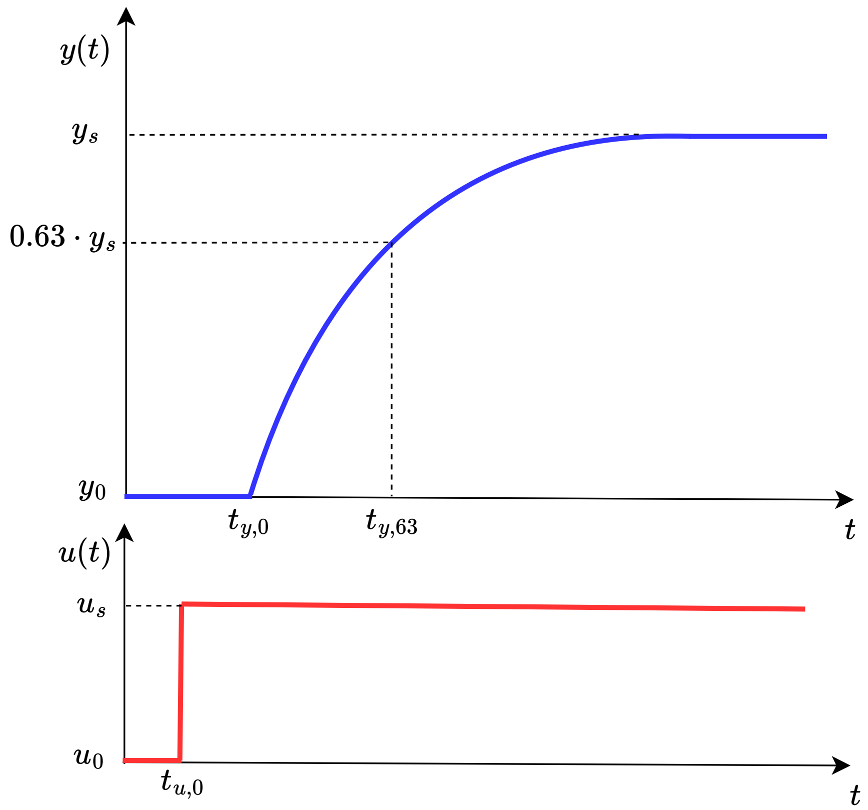
unde $\hat{K}$ reprezintă factorul de amplificare, $\hat{T}$ reprezintă constanta de timp a sistemului și $\hat{T}_{\Delta t}$ reprezintă constanta de timp mort. Dacă sistemul nu are timp mort, atunci:

$$\hat{H}(s) = \frac{\hat{K}}{\hat{T}s + 1} \tag{2}$$

Un astfel de model se poate obține prin următoarea metodă:

- **Pasul 1**: Se execută un experiment de simulare asupra procesului respectiv, pe un interval cunoscut de timp și aplicându-se o intrare de tip treaptă. Se măsoară atât semnalul de intrare $u(t)$, cât și ieșirea sistemului $y(t)$.

  Răspunsul sistemului $y(t)$ la intrarea $u(t)$ trebuie să aibă următoarea evoluție:


$y(t)$
y_s
$0.63 \cdot y_s$
y_0
$t_{y,0}$
$t_{y,63}$
t
$u(t)$
u_s
u_0
$t_{u,0}$
t

- **Pasul 2**: Pe datele măsurate, se identifică următoarele elemente:
  - Pentru semnalul de intrare:
    * valoarea inițială u_0 a semnalului u
    * valoarea lui u în zona de regim staționar (u_s)
    * momentul de timp $t_{u,0}$ la care semnalul u se modifică față de valoarea inițială u_0
  - Pentru semnalul de ieșire:
    * valoarea inițială a răspunsului y_0
    * valoarea răspunsului în zona de regim staționar y_s
    * momentul de timp $t_{y,0}$ la care răspunsul y reacționează la modificarea semnalului de intrare u
    * momentul de timp $t_{y,63}$ la care răspunsul sistemului atinge 63% din valoarea staționară y_s
- **Pasul 3**: Se determină un model experimental astfel:

$$\hat{K} = \frac{y_s - y_0}{u_s - u_0} \tag{3}$$

$$\hat{T} = t_{y,63} - t_{y_0} \tag{4}$$

$$\hat{T}_{\Delta t} = t_{y,0} - t_{u_0} \tag{5}$$

$$\hat{H}(s) = \frac{\hat{K} \cdot e^{-s\hat{T}_{\Delta t}}}{\hat{T}s + 1} \tag{6}$$

- **Pasul 4**: Modelul experimental este validat prin compararea ieșirii $\hat{y}(t)$ cu ieșirea măsurată $y(t)$.

Chestiuni de studiat

Considerăm că avem un motor de curent continuu pentru care dorim să determinăm un model prin identificare experimentală.

Astfel, a fost desfășurat un experiment de simulare prin care s-a aplicat o tensiune de 24V curent continuu. Tensiunea a fost măsurată printr-un voltmetru, iar turația motorului a fost măsurată printr-un tahogenerator.

Fișierul *date_identificare.xlsx* conține valorile măsurate pentru tensiunea de alimentare v_{in} exprimată în V și pentru turația motorului exprimată în rad/s.

1. În MATLAB, să se creeze o funcție *read_io_data* care citește fișierul de date.

   Indicație: Pentru citirea datelor, se poate utiliza funcția *readtable* care primește ca parametru denumirea fișierului și returnează un tabel cu datele citite.

   ```
   table = readtable("denumire_fisier")
   ```

   Ulterior, fiecare coloană poate fi accesată ca un atribut al tabelului.

   ```
   coloana_1 = table.coloana_1
   coloana_2 = table.coloana_2
   ```

2. În MATLAB, să se creeze o funcție *get_1st_order_elements* care primește ca argumente coloanele de interes din tabelul citit cu funcția *read_io_data* și returnează elementele definite anterior la **Pasul 2**.

3. În MATLAB, să se creeze o funcție *get_experimental_model* care primește ca argumente elementele identificate experimental și returnează $\hat{K}, \hat{T}$ și $\hat{T}_{\Delta t}$.

4. În MATLAB, să se valideze modelul experimental cu datele măsurate prin compararea răspunsului forțat al sistemului.

   Indicații.

   - Pentru modelarea intervalului de timp, se va utiliza un vector de generat cu comanda:

     ```
     t_sim = linspace(start_time, end_time, num_points);
     ```

     unde *start_time* și *end_time* sunt capetele intervalului de timp asociat datelor măsurate.

   - Pentru generarea răspunsului forțat se va utiliza funcția *lsim*:

     ```
     [y_custom, t_custom] = lsim(H, u, t_sim);
     ```

     unde H este functia de transfer obținută prin identificare experimentală, u este un vector ce descrie intrarea de tip treaptă și t_{sim} reprezintă intervalul de simulare.

   - Comparația celor două semnale se poate face cu următoarea rutină:

```
figure;
plot(t_custom, y_custom, 'LineWidth', 2);
hold on;
plot(sim_time, y_masurat, 'o'); % Raspunsul masurat
hold off;
legend('Estimat', 'Masurat');
xlabel('Timp (s)');
ylabel('Raspuns');
title('Raspunsul Sistemului Masurat vs. Estimat');
```