Modelare și Simulare – Temă laborator

Notare și cerințe

13 noiembrie 2016

Cuprins

compilat la: 13/11/2016, 00:12

1 Detalii notare

- Cele 20 de puncte ale proiectului se obțin prin indeplinirea cerințelor enumerate mai jos.
- Rezultatele proiectului se concretizează în cod Matlab/Simulink ce va fi uploadat pe Moodle și verificat în laborator.
- Tema este împărțită în 3 părti: cerințele (a)+(b)+(c) cu 8 puncte, cerințele (d)+(e) cu 5.5 puncte și cerințele (f)+(g)+(h) cu 6.5 puncte.
- Dacă cerințele sunt submise după expirarea termenelor limită (intermediare sau final), punctajul obținut se scalează cu 50% (spre exemplu: partea 1 este submisă dupa deadline-ul corespunzator iar părțile 2 și 3 sunt transmise la timp $\Rightarrow$ nota maximă este $8 \cdot 50\% + 5.5 + 6.5 = 16p$).
- Deadline-urile pentru temă sunt următoarele: partea 1 (S9, 28 nov - 4 dec), partea 2 (S10, 5 dec - 11 dec), partea 3 (S12, 19 dec - 23 dec); deadline-ul pentru fiecare grupă în parte va fi în dimineața în care are loc laboratorul.
- Codul ce implementează cerințele va fi uploadat ca arhivă pe moodle până la expirarea deadline-ului iar în laboratorul din acea săptămână va fi prezentat (excepție face partea 2 ce va fi explicată la începutul laboratorului din săptămâna S11).

2 Cerințe

Pentru cerințele de mai jos considerați o dinamică generică (ce va fi particularizată în funcție de tema selectată) de forma

$$\begin{cases} \dot{x}_{nl}(t) &= f(x_{nl}, u) \\ y_{nl}(t) &= g(x_{nl}, u) \end{cases} \tag{1}$$

cu starea $x_{nl} \in \mathbb{R}^n$, intrarea $u \in \mathbb{R}^m$ și ieșirea $y_{nl} \in \mathbb{R}^p$.

[5p] a) Construiți un model Simulink ce modelează dinamica neliniară (1):

- Folosiți variabilele Matlab ca parametri în Simulink și blocuri **From Workspace** pentru definirea intrărilor;
- Salvați mărimile de ieșire folosind blocuri **To Workspace**;
- Folosiți funcțiile **sim** și **load_system** pentru a apela modelul Simulink din interiorul unui script Matlab, etc.

Observație 1. Implementarea propriu-zisă a modelului Simulink se poate face prin oricare dintre tehnicile folosite la laborator: blocuri **Fcn**, **S-function**, **Matlab function**, combinații de blocuri simple, etc.

[1p] b) Pentru o intrare $u(t) = u^*$ fixată testați evoluția răspunsului liber: ilustrați pe același grafic răspunsul sistemului (ec. (1)) pentru diverse stări inițiale $x_{nl}(0)$ ale sistemului. Ce observați ?

[2p] c) Repetați procedura de la punctul anterior pentru diverse valori staționare ale intrării $u(t) = u^{i,*} \in \{u^{1,*}, u^{2,*}, \dots\}$ și:

- Ilustrați grafic caracteristica statică $(u^{i,*}, y_{nl}^{i,*})$, $\forall u^{i,*} \in \{u_1^*, u_2^*, \dots\}$;

- Verificați valorile obținute folosind funcția **trim**;
- Folosind funcția **polyfit**, deduceți o formă analitică a caracteristicii statice (puteți să vă verificați pornind de la ecuațiile de bilanț staționar ale modelului analitic).

În cazul în care sistemul are mai multe intrări, considerați că doar una din componentele intrării variază sau (bonus!) folosiți **Curve Fitting Toolbox** al Matlab pentru a caracteriza caracteristica statică.

[4p] d) Realizați un script Matlab în care linearizați sistemul (1) pentru valorile de regim staționar corespunzătoare intrărilor $u(t) = u^{i,*} \in \{u^{1,*}, u^{2,*}, \dots\}$:

- Pentru o intrare staționară $u^{i,*}$ corespund starea și ieșirea staționară $x_{nl}^{i,*}$, $y_{nl}^{i,*}$ (așa cum au fost obținute la punctul (c)). Liniarizând în punctul staționar $(x_{nl}^{i,*}, u_{nl}^{i,*}, y_{nl}^{i,*})$ se obține prin urmare sistemul liniarizat:

$$\begin{cases} (x_{lin}^i(t) - x^{i,*})^{\dot{}} &= A^{i,*}(x_{lin}^i(t) - x^{i,*}) + B^{i,*}(u(t) - u^{i,*}) \\ y_{lin}^i(t) - y^{i,*} &= C^{i,*}(x_{lin}^i(t) - x^{i,*}) + D^{i,*}(u(t) - u^{i,*}) \end{cases} \tag{2}$$

  Folositi funcția **linmod** pentru a găsi matricile $(A^{i,*}, B^{i,*}, C^{i,*}, D^{i,*})$;

- Ilustrați pe același grafic $y_{nl}(t)$, răspunsul sistemului neliniar (1), și $y_{lin}^i(t)$, răspunsul sistemului liniarizat (2), pentru aceeași intrare.

Observație 2. Puteți obține ieșirea sistemului liniarizat fie aplicând funcția **lsim** fie printr-un model Simulink.

[1.5p] e) Comparați ieșirea sistemului neliniar (1) cu cea a sistemului liniarizat (2) pentru lista de puncte de liniarizare obținute la punctul (d):

- Fiecărui $u^{i,*} \in \{u^{i,*}, u^{i,*}, \dots\}$ îi corespunde un sistem liniarizat definit de $(A^{i,*}, B^{i,*}, C^{i,*}, D^{i,*})$. Acestuia i se aplică o intrare $u^{j,*} \in \{u^{i,*}, u^{i,*}, \dots\}$ căreia îi va corespunde o ieșire staționară $y_{lin}^{i,j,*}$.
- Ilustrați într-un grafic eroarea de liniarizare $\epsilon_{ij} = \left\| \frac{y_{lin}^{i,j,*} - y_{nl}^{j,*}}{y_{nl}^{j,*}} \right\|_2$ unde $y_{nl}^{j,*}$ denotă răspunsul staționar al sistemului neliniar la intrarea $u^{j,*}$ (deja calculat la punctul (c)).

[1.5p] f) Folosind punctul (e) determinați domeniul $[u_-^{i,*}, u_+^{i,*}]$ pentru care liniarizarea făcută în punctul $u^{i,*}$ este cea mai bună:

- Găsiți indecșii j astfel încât pentru un i fixat eroarea relativă este minimă (adică, $\epsilon_{ij} \leq \epsilon_{kj}$, $\forall k \neq i$);
- Stocați pentru fiecare sistem liniarizat domeniul rezultat.

[3.5p] g) Implementați un sistem liniarizat pe porțiuni și comparați răspunsul său cu al sistemului neliniar pentru aceeași intrare:

- construiți o intrare dintr-o combinație de trepte întârziate astfel încât valorile prin care trece $u(t)$ să sară prin mai multe domenii $[u_-^{i,*}, u_+^{i,*}]$ (obținute la punctul (f));
- sistemul liniarizat pe porțiuni este dat de

$$\begin{cases} (x_{lpp}(t) - x^{i,*})^{\dot{}} &= A^{i,*}(x_{lpp}(t) - x^{i,*}) + B^{i,*}(u(t) - u^{i,*}) \\ y_{lpp}(t) - y^{i,*} &= C^{i,*}(x_{lpp}(t) - x^{i,*}) + D^{i,*}(u(t) - u^{i,*}) \end{cases}, i = \arg_k u(t) \in [u_-^{k,*}, u_+^{k,*}] \tag{3}$$

- luați în calcul că atunci când indexul i se schimbă, starea inițială a noului sistem trebuie să plece din vechea stare (cea obținută de către sistemul liniar ce a fost activ anterior).

Observație 3. Cea mai simplă implementare a sistemului liniarizat pe porțiuni se poate face cu ajutorul funcției **lsim**. Alternativ (bonus!), puteți implementa sistemul liniar pe porțiuni printr-un model Simulink.

[**1.5p**] h) Comparați ieșirea sistemului liniarizat pe porțiuni cu ieșirea sistemului neliniar:

- Calculați, folosind funcția **quad**, eroarea de urmărire dintre cele două ieșiri (adică, $\int_{t_i}^{t_f} |y_{nl}(t) - y_{lpp}(t)| dt$);
- Modificați numarul de puncte de liniarizare din construcția sistemului liniar de la punctul (c) și repetați punctul (g). Ce observați ?