Proiect Modelarea Sistemelor : Pendulul Elastic

Neleptcu Daniel-Andrei

07.01.2024

Cuprins

Cerinta 1
Cerinta 2
Cerinta 3
Cerinta 4
Cerinta 5
Cerinta 6
Cerinta 7
Cerinta 8
Cerintele 9 10 11
Cerinta 12
Cerinta 13
Cerinta 14
Cerinta 15

In interiorul modelului modelul2.slx (Fig 1) am construit atat modelul folosind blocul Fcn, cat si blocul MATLAB function. Am ales sa nu folosesc parametrul out, dezactivandu-l din setari pentru a putea folosi direct iesirile de tip timeseries fara a le atribui altor variabile.

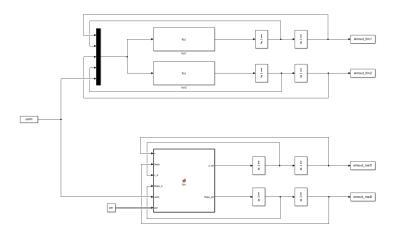


Fig 1

Codul folosit pentru blocul Fcn1:

```
((par.10 + u(1)) * (u(4)^2)) - (par.k*u(1))/par.m + par.g * cos(u(3)) - par.zeta*u(2)
```

Codul folosit pentru blocul Fcn2:

```
((-1)*par.g*sin(u(3)))/(par.10 + u(1)) - (2*u(2)*u(4))/(par.10 + u(1)) - par.zeta*u(4) + u(5)/(par.m*((par.10 + u(1))^2))
```

Codul folosit pentru blocul MATLAB function:

```
function [x_dd, theta_dd] = fcn(x,theta,x_d,theta_d,usim, par)
```

```
x_{dd} = ((par.10 + x) * (theta_d^2)) - (par.k*x)/par.m + par.g * cos(theta) - par.zeta*x_d;
```

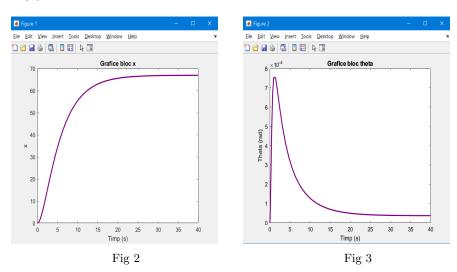
```
theta_dd = ((-1)*par.g*sin(theta))/(par.10 + x) - (2*x_d * theta_d)/(par.10 + x) - par.zeta*theta_d + usim/(par.m * ((par.10 + x)^2));
```

end

Pentru cerinta 2 am ales un orizont de timp de 30 de secunde pe intervalul $[0\ ,\ 30]$ fiind suficient pentru a putea observa ca sistemul ajunge intr-un regim stationar.

Cerinta 3

Iesirile pentru blocurile Fcn1 si Fcn2, respectiv MATLAB function (Fig2 si Fig3) :



Cerinta 4

Pentru cerinta 4 ma asteptam sa am o eroare 0 deoarece blocurile fcn si MATLAB function calculeaza in acelasi mod valoare expresiilor introduse.

Graficele polinoamelor se pot observa in Fig 4.

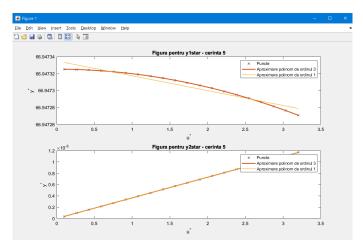
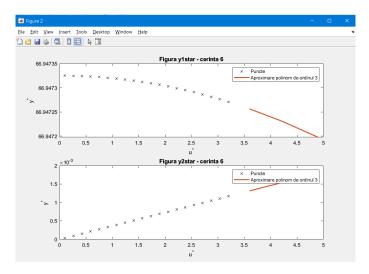


Fig 4

Cerinta 6

Valorile scalarilor sunt: $\alpha=3.6,\,\beta=4.2,\,\gamma=4.9.$ Aproximarea raspunsurilor in regim stationar pentru valorile scalarilor poate fi vazuta in Fig 5



 $\mathrm{Fig}\ 5$

Modelul Simulink asociat cerintei 7 poate fi vazut in Fig $6\,$

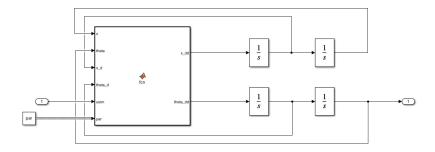


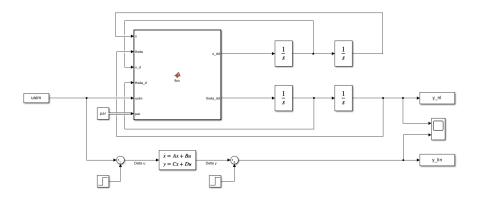
Fig 6

Cerinta 8

Folosind functia trim am determinat punctul static de functionare in jurul punctului u_0 . Eroarea este minima, mai exact 0 deoarece functia trim incearca sa imi gaseasca punctul static in u_0 returnand un ustar $= u_0$. Este posibil ca functia trim sa nu gaseasca un punct static de functionare in jurul punctului u_0 , deci o abordare buna este verificarea ca diferenta dintre ustar si u_0 sa fie mai mica decat o marja de eroare.

Cerintele 9 10 11

Am liniarizat modelul folosind functia linmod() apoi am creat sistemul pe spatiul starilor sys. Am verificat stabilitatea sistemului prin valorile proprii ale matricei A_lin , sistemul fiind stabil, avand toate valorile proprii in C^- . Pentru Cerinta 11 am construit modelul state space intr-un model separat impreuna cu cel neliniar, in care atat acesta cat si cel neliniar primesc date din usim Modelul poate fi observat in Fig 7:



 $\mathrm{Fig}\ 7$

Am observat plasand un scope pentru a putea vedea graficele de la y_liniar si y_neliniar ca graficele nu sunt apropiate la inceput. Acest lucru poate fi dat ori de erorile numerice generate de functia linmod() ori de imposibilitatea de a liniariza corect sistemul (putin probabil). Graficele pot fi observate in Fig 8:

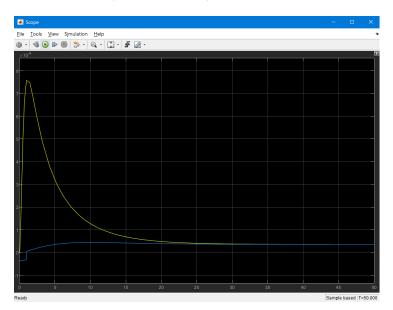


Fig 8

Putem observa o norma infinit dintre y_lin si y_nl
 foarte mica, cu valoarea : $7.8818*10^{-4}$

Cerinta 13

Am discretizat modelul folosind functia c2d(). Am ales ca metoda de discretizare Tustin, deoarece aceasta pastreaza cele mai multe informatii despre frecventa, totodata asigurand faptul ca sistemul discret va ramane stabil, avand sistemul liniarizat stabil anterior.

Cerinta 14

Ecuatia cu diferente obtinuta este:

```
\begin{array}{l} y[k] = (0.0000001237)*u[k] + (0.0000000108)*u[k-1] + (-0.0000002364)*u[k-2] + (-0.0000000105)*u[k-3] + (0.0000001131)*u[k-4] + (3.8250455660)*y[k-1] + (-5.4855541284)*y[k-2] + (3.4957296704)*y[k-3] + (-0.8352230192)*y[k-4] \end{array}
```

Am implementat aceasta ecuatie intr-un bloc MATLAB function in modelul modelul2cerinta14.slx ce poate fi vazut in Fig 9. Functia primeste numaratorul si numitorul functiei in Z si construieste pe baza coeficientilor acestora ecuatia cu diferente. Cand se va intra prima data in functie parametrii uk si yk vor fi initializati cu 0 deoarece nu au o valoare cunoscuta inca, avand sa se calculeze la pasii urmatori si totodata sa se updateze.

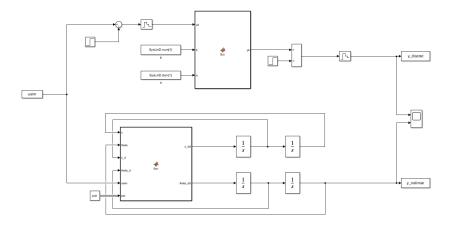


Fig 9

Pentru simplitate o forma mai restransa este: $y[k] = 10^{-7}(1.23*u[k] + 0.11*u[k-1] - 2.36*u[k-2] - 0.10*u[k-3] + 1.13*u[k-4]) + 3.83*y[k-1] - 5.49*y[k-2] + 3.49*y[k-3] - 0.84*y[k-4]$

Cerinta 15

Asemanator cu ce am obtinut in Fig 8, in Fig 10 putem observa diferenta dintre graficele pentru raspunsul sistemului neliniar si cel al sistemului discret.

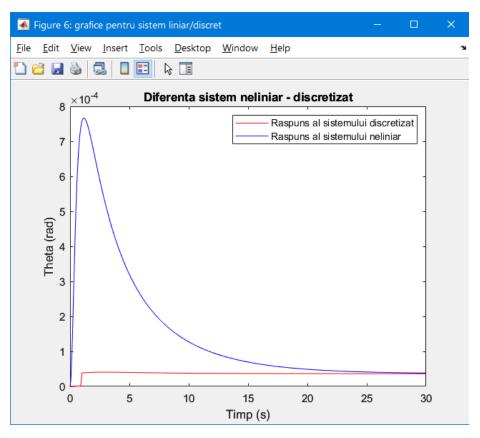


Fig 10

Codul LaTeX

Click pentru Codul LaTeX