

Tema 1

În cadrul primei teme vom analiza stabilitatea și răspunsul în timp al mișcării verticale a unui elicopter:

- 2.5p 1. vom vedea cum putem determina dacă sistemul este stabil;
- 2.5p 2. vom vedea legătura dintre răspunsul în timp și convoluția cu funcția pondere;
- 2.5p 3. vom împărți acest răspuns pe componente (liber/forțat sau tranzitoriu/permanent);
- 2.5p 4. vom vedea care este efectul unui pol sau al unui zerou suplimentar în modelul mișcării verticale.

Pentru început, găsiți-vă ID-urile în catalogul electronic de pe Moodle și apăsați:

```
>>P_tan = date_indiv(ID);
```

pentru a vă obține procesul personalizat cu care veți lucra în temă.

1. Vom începe prin analiza de stabilitate.

- 0.5p a) Formați într-o variabilă numită **H** matricea Hurwitz a lui **P_tan**. Aveți grijă să folosiți chiar valorile numerice din proces, deoarece numere afișate în linia de comandă sunt trunchiate la ultimele câteva zecimale. Puteți accesa polinoamele procesului prin **P_tan.num{1}** pentru numărător și **P_tan.den{1}** pentru numitor.
- 1.0p b) Cu matricea **H** formată, memorați în variabilele **det1**, **det2** și **det3** determinanții minorilor principali din **H** având dimensiunile 1×1 , 2×2 și 3×3 , respectiv. Calculul determinanților se poate face prin funcția **det()**. Remarcați faptul că toate aceste numere sunt pozitive, deci procesul este stabil.

O altă metodă de a analiza stabilitatea lui **P_tan** este de a verifica poziționarea în planul complex a polilor acestuia.

- 1.0p c) Memorați într-un vector linie, numit **numitor**, numitorul lui **P_tan**. Polii funcției de transfer sunt chiar rădăcinile lui **numitor**. Memorați într-un vector coloană denumit **poli** rădăcinile acestuia cu ajutorul funcției **roots()**. Observați că toți polii au partea reală negativă, confirmând din nou stabilitatea procesului.

2. Având stabilitatea garantată, putem să analizăm răspunsul în timp al procesului. Începem prin a declara un vector de timp:

```
>>t = (0:0.01:180)';
```

și a calcula răspunsul sistemului la impuls.

- 0.5p a) Apelați **impulse()** pentru sistemul **P_tan** pe intervalul **t** și memorați ieșirea într-un vector coloană numit **h_pondere**. Dacă figurați grafic acest semnal, veți vedea că el tinde asimptotic la 0, ceea ce este o condiție necesară, dar nu suficientă, ca sistemul să fie stabil.

Un alt răspuns uzual din domeniul timp este cel indicial, la intrare treaptă. El se poate calcula apleând **step()** pentru sistemul **P_tan** pe intervalul **t**.

- 0.5p b) Memorați rezultatul apelării într-un vector coloană numit **rasp_trp**.

Un mod alternativ de a calcula răspunsul indicial este cu ajutorul convoluției și al funcției pondere.

- 0.5p c) Declarați o treaptă unitară de dimensiunea lui **t** într-un vector coloană numit **trp**, cel mai simplu fiind să folosiți expresia **double(t>=0)**. Cu semnalul format, calculați convoluția continuă dintre acesta și **h_pondere**.

Aveți grijă, deoarece funcția **conv()** efectuează convoluția în discret iar, pentru operația din timp continuu, rezultatul acestei funcții trebuie să se înmulțească cu pasul de eșantionare al vectorului de timp, în cazul nostru 0.01. Vom selecta doar prima parte a rezultatului, de lungimea lui **t**, deoarece suportul convoluției este suma suporturilor intrărilor, iar pe noi ne interesează doar perioada de timp cât avem la intrare semnalul treaptă unitară.

- 0.5p d) Memorați această primă parte într-un vector coloană numit **rasp_conv**.

- 0.5p e) Calculați într-o variabilă numită **norma_dif** norma infinit a diferenței dintre **rasp_trp** și **rasp_conv**. Valoarea foarte mică obținută confirmă faptul că cele două metode de calcul dau aceleași rezultate. Puteți să vă convingeți suplimentar figurând grafic cele două semnale. Acestea vor fi suprapuse.

3. Pentru o analiză completă a răspunsului în timp, vor trebui investigate inclusiv cele două maniere de descompunere a răspunsului total: în răspuns permanent/tranzitoriu și liber/forțat. Înainte de a începe, va trebui să ne generăm răspunsul total.

- 0.5p a) Apelați instrucțiunea `lsim()`, căreia îi vom da drept argumente (în ordinea indicată) sistemul `ss(P_tan, 'min')`, treapta unitară `trp` declarată la exercițiul anterior, vectorul de timp `t` declarat tot la exercițiul 2 și un vector de condiții inițiale, `x0 = [1 1 1]`. Memorați răspunsul total într-un vector coloană numit `rasp_tot`.

Precizare: Mereu când lucrăm în condiții inițiale nenule, procesul trebuie apelat cu funcția `ss()`. Denumirea vine de la **state-space** și vom intra în mai multe detalii pe al doilea semestru.

Teorema Valorii Finale ne spune că răspunsul total al sistemului stabil $P_{tan}(s)$ va tinde asimptotic la $P_{tan}(0)$.

- 0.5p b) Calculați răspunsul permanent într-un vector coloană numit `rasp_perm` prin înmulțirea lui `trp` cu valoarea lui `P_tan` evaluat în 0, cu ajutorul funcției `evalfr()`.
- 0.5p c) Memorați în vectorul coloană numit `rasp_tran` diferența dintre `rasp_tot` și `rasp_perm`.

Figurați pe câte un grafic `rasp_perm` și `rasp_tran`. Deoarece `P_tan` este stabil, primul este mărginit iar al doilea tinde asimptotic la 0.

Răspunsul liber se poate calcula prin funcția `initial()`.

- 0.5p d) Memorați într-un vector coloană numit `rasp_libr` ieșirea funcției atunci când este apelată cu (în ordinea indicată) sistemul `ss(P_tan, 'min')`, condițiile inițiale `x0` și vectorul de timp `t`.
- 0.5p e) Calculați în vectorul coloană numit `rasp_fort` diferența dintre `rasp_tot` și `rasp_libr`.

Comparați grafic `rasp_fort` și `rasp_trp` de la exercițiul anterior. Observați că sunt suprapuse. De asemenea, graficul lui `rasp_libr` tinde asimptotic la 0 deoarece `P_tan` este stabil.

4. În final, dorim să analizăm performanțele de regim tranzitoriu ale sistemului la intrare treaptă unitară.

- 0.5p a) Cu ajutorul funcției `stepinfo()`, vom determina valorile următoarelor variabile: `tc1` – timpul de creștere (rise time), `tt1` – timpul tranzitoriu (settling time), `tv1` – timpul de vârf (peak time) și `sr1` – suprareglajul (overshoot), pentru sistemul `P_tan`.

Figurați răspunsul indicial al lui `P_tan`. Observați oscilațiile importante din graficul răspunsului. Pentru a amortiza această mișcare nedorită în înclinarea verticală elicopterului, se folosește în practică un sistem auxiliar $P_{aux}(s) = \frac{1}{10s+1}$ ce acționează pe comanda trimisă pe elice pentru a netezi mișcarea în plan vertical.

- 1.0p b) Declarați o variabilă de tip `tf` numită `P_aux` ce are funcția de transfer indicată, reapeleți `stepinfo()` pentru produsul `P_tan * P_aux` și calculați următorul set de variabile: `tc2` – timpul de creștere (rise time), `tt2` – timpul tranzitoriu (settling time), `tv2` – timpul de vârf (peak time) și `sr2` – suprareglajul (overshoot).

Am văzut efectul unui pol suplimentar în modelul elicopterului. Acum vom investiga efectul unui zero suplimentar. Funcția `tf()` nu suportă direct modele improprie, dar se poate declara variabila complexă s .

- 1.0p c) Reapleți funcția `stepinfo()` pentru produsul `P_tan * (tf('s') + 1)` și calculați următorul set de variabile: `tc3` – timpul de creștere (rise time), `tt3` – timpul tranzitoriu (settling time), `tv3` – timpul de vârf (peak time) și `sr3` – suprareglajul (overshoot).

Figurați pe același grafic răspunsul indicial al celor trei sisteme cu care am lucrat la exercițiul curent. Observați efectul fiecărui element suplimentar comparativ cu răspunsul sistemului original.

Rulați următoarea instrucțiune:

```
>>save('nume_prenume_grupa_tema1.mat', 'H', 'det1', 'det2',...  
'det3', 'poli', 'h_pondere', 'rasp_trp', 'rasp_conv',...  
'norm_dif', 'rasp_tot', 'rasp_perm', 'rasp_tran',...  
'rasp_libr', 'rasp_fort', 'tc1', 'tt1', 'tv1', 'sr1',...  
'tc2', 'tt2', 'tv2', 'sr2', 'tc3', 'tt3', 'tv3', 'sr3');
```

pentru a salva variabilele calculate și încărcați fișierul pe Moodle până la data de **17.11.2019/23:59**, în secțiunea **Tema 1 - evaluare finala**.

Opțional, puteți încărca fișierul până la data de **10.11.2019/23:59**, în secțiunea **Tema 1 - evaluare pe parcurs**, pentru a primi un punctaj consultativ obținut prin rularea soluțiilor prin checker. În acest fel, veți mai avea aproximativ o săptămână pentru a ajusta eventualele nereguli.