

Proiect Teoria Sistemelor I

15 Mai 2021

1 Cerințe

1. (L1/2) Să se obțină modelul matematic $u/\mathbf{x}/y$ al sistemului ales;
2. (L3/4) Să se determine modelul intrare-ieșire și să se deducă funcția de transfer. Să se verifice rezultatul obținut prin intermediul relației dintre spațiul stărilor și funcția de transfer;
3. (L3) Să se evidențieze simbolic singularitățile sistemului, apoi să se particularizeze pentru valorile fiecărui student și să se figureze singularitățile în planul complex;
4. (L5) Să se determine realizările de stare corespunzătoare formelor canonice de control (FCC) și de observare (FCO). Să se realizeze o schemă Simulink în care să se implementeze aceste realizări de stare;
5. (L5) Să se determine funcția de transfer în formă minimală;
6. (L6) Să se studieze stabilitatea internă și stabilitatea externă;
7. (L6) Să se determine o funcție-candidat Lyapunov pentru a studia stabilitatea internă a sistemului și să se prezinte o simulare în timp a funcției de energie alese pentru un set de condiții inițiale adecvate.
8. (L7) Să se determine expresia analitică (**doar numeric**) și apoi să se reprezinte funcția pondere, răspunsul indicial și răspunsul la rampă ale sistemului ales. Să se comenteze rezultatele obținute.
9. (L8) Să se evidențieze, după caz, constanta de timp, factorul de amortizare, pulsația naturală a oscilațiilor și factorul de proporționalitate. Să se prezinte performanțele sistemului: timpul de răspuns, suprareglajul, pulsația oscilațiilor, erorile staționare la poziție/viteză.
10. (L9–12) Se consideră structura de reglare în buclă închisă din figura 1.

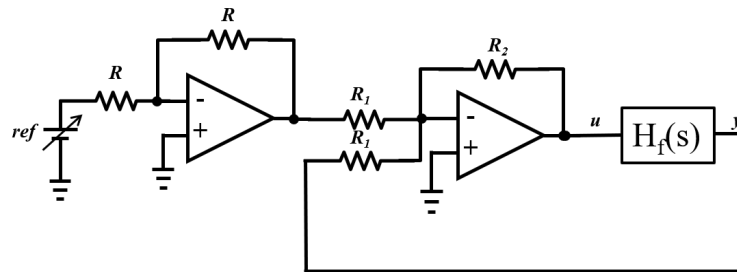


Figure 1: Structura unui sistem de reglare cu regulator proporțional

- a) Să se determine funcția de transfer a sistemului în buclă închisă, unde $H_f(s)$ reprezintă modelul matematic al procesului cu o intrare și o ieșire ales la cerințele anterioare.
- b) Să se traseze și să se interpreteze locul rădăcinilor pentru sistemul din figura 1 în funcție de raportul $\frac{R_2}{R_1} \in (0, \infty)$.

- c) **[Două cerințe la alegere]:** Să se determine $\frac{R_2}{R_1}$ astfel încât sistemul de reglare:
- c₁) să aibă suprareglaj minim;
 - c₂) să aibă cel mai mic timp de răspuns sau timp de urcare posibil;
 - c₃) să aibă suprareglaj nul și timp de răspuns cu 25% mai mic;

11 (L9–12) Se consideră structurile de reglare în buclă închisă din figurile 2 și 3.

[Una dintre cerințele 11.A sau 11.B la alegere]

11.A Pentru structura de reglare din figura 2, având un regulator de tip *Lead/Lag*, iar $H_f(s)$ reprezintă modelul matematic al procesului cu o intrare și o ieșire ales la cerințele anterioare:

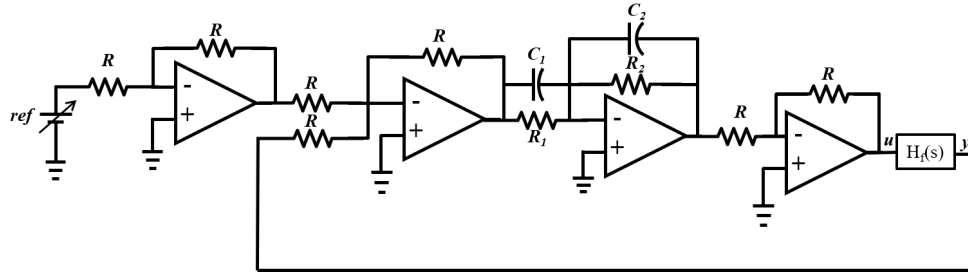


Figure 2: Structura unui sistem de reglare cu regulator de tip *Lead/Lag* (cu avans/întârziere de fază)

- 11.A.a) Să se determine funcția de transfer a regulatorului cu avans/întârziere de fază în funcție de componentele electrice. Va trebui să aibă următoarea structură: $H_R(s) = K \frac{T_1 s + 1}{T_2 s + 1}$.
 - 11.A.b) Să se determine funcția de transfer a sistemului din figura 2.
 - 11.A.c) Să se traseze și să se interpreteze locul rădăcinilor pentru sistemul din figura 2 în funcție de una dintre constantele de timp ale regulatorului: $T_1 \in (0, \infty)$, $T_2 \in (0, \infty)$. Pentru ceilalți parametri să se aleagă valori adecvate care vor rămâne constante pentru restul cerințelor.
 - 11.A.d) **[Două cerințe la alegere]:** Să se determine constanta de timp a regulatorului considerată anterior astfel încât sistemul în buclă închisă:
 - d₁) să aibă pulsația de oscilație maximă;
 - d₂) să aibă pulsația naturală maximă;
 - d₃) să fie la limita de stabilitate.
- 11.B** Pentru structura de reglare din figura 3, având un regulator de tip proporțional-integrator (PI), iar $H_f(s)$ reprezintă modelul matematic al procesului cu o intrare și o ieșire ales la cerințele anterioare:

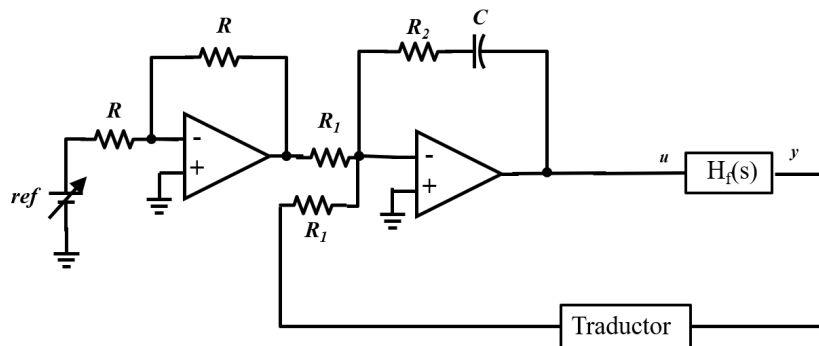


Figure 3: Structura unui sistem de reglare cu regulator de tip proporțional-integrator (PI)

- 11.B.a) Să se determine funcția de transfer a regulatorului PI în funcție de componentele electrice. Va trebui să aibă următoarea structură: $H_R(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$.
- 11.B.b) Să se determine funcția de transfer a sistemului din figura 3, unde traductorul va fi modelat prin $H_T(s) = \frac{1}{Ts+1}$, având constanta de timp calibrată încât traductorul să aibă dinamica mai rapidă decât cea a procesului.
- 11.B.c) Să se traseze și să se interpreteze locul rădăcinilor pentru sistemul din figura 3 în funcție constanta de timp a regulatorului: $T_i \in (0, \infty)$. Pentru ceilalți parametri să se aleagă valori adecvate care vor rămâne constante pentru restul cerințelor.
- 11.B.d) **[Două cerințe la alegere]**: Să se determine constanta de timp a regulatorului astfel încât sistemul în buclă închisă:
- d₁) să aibă pulsația de oscilație maximă/minimă;
 - d₂) să aibă pulsația naturală maximă/minimă;
 - d₃) să fie la limita de stabilitate.

2 Documentație

Fiecare student trebuie să predea la final o documentație a proiectului. Această documentație trebuie să fie redactată în Word sau în \LaTeX și trebuie să conțină:

- 1a). O schemă a procesului ales, împreună cu o scurtă prezentare a acestuia: componentele, mărimile implicate, semnalele de intrare și de ieșire, valorile numerice.
- 1b). Variabilele de stare alese, ecuațiile diferențiale de stare (inclusiv deducerea pas cu pas) și ecuația de ieșire; la final se va prezenta realizarea de stare în formă compactă (reprezentare matriceală simbolică și numerică).
- 2a) Ecuația diferențială intrare-ieșire, pe baza ecuațiilor diferențiale deduse anterior, și apoi să se prezinte simbolic modelul matematic de tip funcție de transfer.
- 2b) Funcția de transfer prin intermediul relației dintre aceasta și realizarea de stare; se vor prezenta atât rezultatul simbolic, cât și rezultatul numeric.
3. Singularitățile (simbolic și numeric), împreună cu reprezentarea acestora în planul complex.
4. Realizările de stare (simbolic și numeric) corespunzătoare FCC și FCO; schemele bloc ale acestora și simulări relevante pentru a descrie funcționalitatea sistemului ales.
5. Determinarea pas cu pas a funcției de transfer în formă minimală;
6. Determinarea pas cu pas a stabilității interne și a stabilității externe, folosind tabelul Routh-Hurwitz;
7. Determinarea stabilității interne a sistemului prin rezolvarea numerică a ecuației algebrice Lyapunov, extragerea funcției-candidat și prezentarea unui grafic al evoluției acesteia în timp.
8. Determinarea expresiilor analitice ale răspunsurilor cerute (**doar numeric**), evidențierea modurilor, a componentei tranzitorii și a celei staționare; prezentarea unor grafice sugestive pentru validarea rezultatelor.
9. Determinarea performanțelor cerute și evidențierea acestora prin grafice sugestive.
10. Aplicarea completă a algoritmului de trasare a locului rădăcinilor, cu posibilitatea utilizării MATLAB-ului pentru calcule auxiliare. Deducerea performanțelor impuse și ilustrarea acestora prin grafice adecvate pentru sistemul în buclă închisă.
11. Evidențierea funcției de transfer în buclă deschisă pentru care se va aplica metoda locului rădăcinilor. Aplicarea completă a algoritmului de trasare a locului rădăcinilor, cu posibilitatea utilizării MATLAB-ului pentru calcule auxiliare. Deducerea performanțelor impuse și ilustrarea acestora prin grafice adecvate pentru sistemul în buclă închisă.

Observație: Notați în documentație rezultate auxiliare pentru a putea reproduce ușor soluțiile cerințelor, în mod independent de subpunctele anterioare, în momentul evaluării din săptămâna 14.