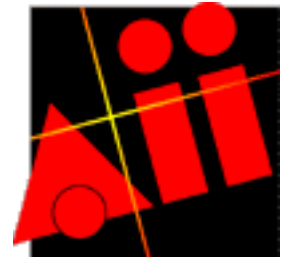


**FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE
DEPARTAMENTUL DE AUTOMATICĂ ȘI INFORMATICĂ
INDUSTRIALĂ**

*Bd. Vasile Pârvan 2
1900 Timișoara
Romania*

Tel./Fax.: +40 256 40 32 10; +40 256 40 32 41



TEORIA SISTEMELOR I – LUCRAREA DE LABORATOR 5 (2 ședințe)

MODELAREA MATEMATICĂ A CONEXIUNILOR DE SISTEME LINEARE. STUDIUL REGIMURILOR DINAMICE ALE SISTEMELOR LINIARE.

A. Obiective

- Însușirea cunoștințelor legate de modelarea conexiunilor de bază;
- Însușirea unui mod de calcul analitic a MM-ISI și a f.d.t. ale conexiunilor complexe;
- Familiarizarea cu posibilitățile oferite de mediul Matlab - Simulink de validare a modelelor obținute prin calcule analitice.
- Familiarizarea cu posibilitățile oferite de mediul Matlab - Simulink pentru a studia sisteme de reglare automată.

B. Considerații pregătitoare

B.1. Conexiuni fundamentale. Preliminarii

O schemă bloc a unui sistem complex care rezultă direct prin conectarea unor sisteme separabile în anumite moduri, nu are, în general, o formă favorabilă unei utilizări imediate. De cele mai multe ori schema trebuie supusă unor operații care să conducă la o reprezentare canonică, cât mai simplă și cât mai sugestivă. În cazul sistemelor lineare operațiile se pot efectua în domeniul complex sau în domeniul timp. În esență este vorba despre operații de substituție permise de proprietatea de separabilitate.

În continuare, ca bază teoretică pentru astfel de operații se consideră două metode de calcul, una referitoare la operarea cu MM-ISI și una referitoare la operarea cu matrice de transfer. Prezentarea se rezumă la conexiunile fundamentale (serie, paralel, cu reacție). Ordinul sistemului obținut prin interconectarea unor sisteme este egal cu suma ordinelor subsistemelor componente.

Datorită similitudinii calculelor pentru STC și pentru STD operăm cu variabile unificate.

În cazul operării cu f.d.t. polinoamele caracteristice $\mu(\lambda)$ ale sistemelor care se interconectează sunt date de numitorul f.d.t. Dacă $H(\lambda) = \frac{N_1(\lambda)}{N_2(\lambda)}$, cu $N_1(\lambda)$ și $N_2(\lambda)$

polinoame, atunci $\mu(\lambda) = N_2(\lambda)$. Dacă se operează cu MM-ISI și matricea sistemului este A , (n, n) , atunci $\mu(\lambda) = \det(\lambda I - A)$, unde I este matricea unitate de rangul n .

B.2. Matricele de transfer ale conexiunilor fundamentale - „Calculul din aproape în aproape”.

- Cele două sisteme sunt caracterizate prin matricele lor de transfer $H_1(\lambda)$ și $H_2(\lambda)$, adică prin dependențe de forma

$$y(\lambda) = H(\lambda) \cdot u(\lambda), \quad \lambda = \begin{cases} s, & \text{la STC} \\ z, & \text{la STD} \end{cases} \quad (1)$$

1° *Conexiunea paralel* (fig.1).

Pentru conexiunea paralel matricea de transfer este *suma* matricelor de transfer ale elementelor componente:

$$H(\lambda) = H_1(\lambda) + H_2(\lambda) \quad (2).$$

Rezultatul poate fi generalizat pentru q elemente de transfer legate în paralel:

$$H(\lambda) = \sum_{i=1}^q H_i(\lambda) \quad (3).$$

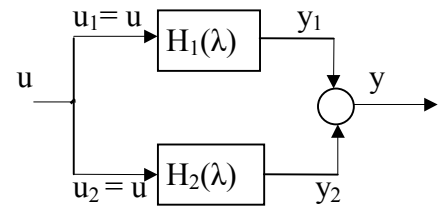


Fig.1

Polinomul caracteristic al sistemului (2) este egal cu produsul polinoamelor caracteristice $\mu_1(\lambda)$ și $\mu_2(\lambda)$ ale sistemelor interconectate:

$$\mu(\lambda) = \mu_1(\lambda) \cdot \mu_2(\lambda). \quad (4)$$

2° *Conexiunea serie* (fig.2).

Pentru conexiunea serie, matricea de transfer este *produsul* matricelor de transfer ale subsistemelor componente considerate de la ieșire spre intrare:

$$H(\lambda) = H_2(\lambda) \cdot H_1(\lambda) \quad (5).$$

Pentru calculul polinomului caracteristic este valabilă relația (4).

Rezultatul poate fi generalizat pentru q elemente de transfer interconectate în serie:

$$H(\lambda) = \prod_{i=1}^q H_i(\lambda) \quad (6)$$

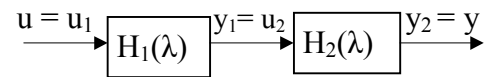


Fig.2

3° *Conexiunea cu reacție* (fig.3).

Pentru conexiunea cu reacție, matricea de transfer este:

$$H(\lambda) = [I \pm H_1(\lambda) \cdot H_2(\lambda)]^{-1} \cdot H_1(\lambda). \quad (7)$$

Acest rezultat nu mai este generalizabil. Semnul “+” din formula (7) corespunde reacției *negative* (“-” din figură), iar semnul “-” din formula (7) corespunde reacției *pozitive* (“+” din figură).

Polinomul caracteristic al sistemului (7) este

$$\mu(\lambda) = \mu_1(\lambda) \cdot \mu_2(\lambda) \cdot |I \pm H_1(\lambda)H_2(\lambda)|. \quad (8)$$

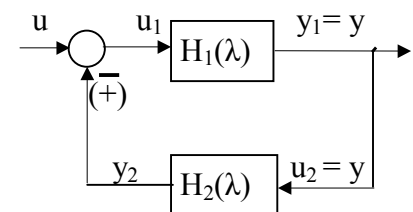


Fig. 3

În urma dezvoltării determinantului și a efectuării produsului, polinoamele $\mu_1(\lambda)$ și $\mu_2(\lambda)$ se simplifică. Deci valorile proprii ale conexiunii sunt date numai de determinant.

Evident, formulele (1), ..., (8) sunt valabile și pentru sisteme de tip SISO. În acest caz matricele de transfer se reduc la funcții de transfer. Pentru sistemele de tip SISO formula (7) ia forma

$$H(\lambda) = \frac{H_1(\lambda)}{1 \pm H_1(\lambda) \cdot H_2(\lambda)} \quad (7')$$

sau

$$H(\lambda) = \frac{H_d(\lambda)}{1 \pm \tilde{H}(\lambda)}, \quad (9)$$

în care: $H_d(\lambda) = H_1(\lambda)$ este f.d.t. a căii directe a conexiunii iar $\tilde{H}(\lambda) = H_1(\lambda) \cdot H_2(\lambda)$ este f.d.t. a sistemului deschis asociat conexiunii cu reacție prin întreruperea reacției înainte de elementul sumator.

- Pentru a ilustra modul în care se pot obține formulele anterioare vom folosi așa-numitul calcul din aproape în aproape (substituții succesive), în vederea stabilirii formulei (7) a conexiunii cu reacție din fig. 3. Ideea calculului este exprimarea mărimii de ieșire $y(\lambda)$, prin substituții succesive, făcute până când se obține un rezultat funcție de ea însăși și de mărimea de intrare $u(\lambda)$:

$$y(\lambda) = y_1(\lambda) = H_1(\lambda) \cdot u_1(\lambda) = H_1(\lambda) \cdot (u(\lambda) \mp y_2(\lambda)) = H_1(\lambda)[u(\lambda) \mp H_2(\lambda)u_2(\lambda)] = H_1(\lambda)[u(\lambda) \mp H_2(\lambda)y(\lambda)].$$

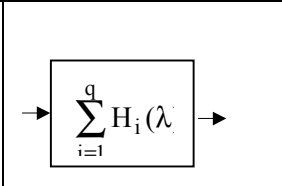
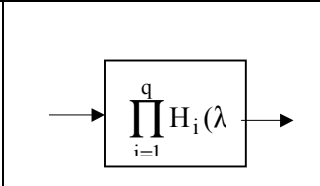
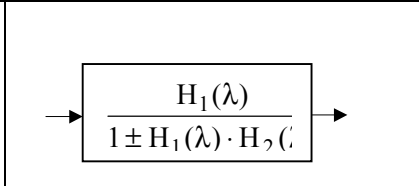
De aici deducem:

$$[I \pm H_1(\lambda)H_2(\lambda)] \cdot y(\lambda) = H_1(\lambda) \cdot u(\lambda) \quad \rightarrow \quad y(\lambda) = [I \pm H_1(\lambda)H_2(\lambda)]^{-1} \cdot H_1(\lambda) \cdot u(\lambda).$$

Identificând acest rezultat cu formula de definire $y(\lambda) = H(\lambda)u(\lambda)$ obținem formula (7).

- Formulele anterioare pot servi pentru reconfigurarea schemelor bloc prin restrângerea acestora. În particular, pentru sistemele de tip SISO formulele (2), (5) și (7') permit înlocuirea conexiunilor din figurile 1, 2 respectiv 3 cu câte un singur bloc corespunzător următorului tabel:

Tabelul 1

CONEXIUNEA	PARALEL	SERIE	CU REACȚIE
Element de transfer echivalent (cazul SISO)			

B.3. MM-ISI ale conexiunilor fundamentale

Pentru toate conexiunile se consideră că cele două sisteme interconectate sunt caracterizate prin MM_ISI

$$(S_1): \begin{cases} \dot{x}'_1 = A_1x_1 + B_1u_1 \\ y_1 = C_1x_1 \end{cases} \text{ și } (S_2): \begin{cases} \dot{x}'_2 = A_2x_2 + B_2u_2 \\ y_2 = C_2x_2 \end{cases} \quad (10)$$

Se cere MM-ISI al conexiunii:

$$(S): \begin{cases} \dot{x}' = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases} \quad (11)$$

Semnificația notațiilor este (v – o mărime variabilă oarecare):

$$v = \begin{cases} v(t), t \in \mathbf{R}, & \text{pentru STC} \\ v(t), t \in \mathbf{Z}, & \text{pentru STD} \end{cases}, \quad v' = \begin{cases} \dot{v}(t), t \in \mathbf{R}, & \text{pentru STC} \\ v(t+1), t \in \mathbf{Z}, & \text{pentru STD} \end{cases} \quad (12)$$

Mulțimea mărimilor de stare ale conexiunii este formată din ansamblul mărimilor de stare ale subsistemelor componente (principiul agregării stărilor). Afirmatia redă un fapt evident atât din punct de vedere matematic cât și din punct de vedere fenomenologic. În consecință, conexiunea are starea $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$, iar dimensiunea sistemului rezultat este egală cu suma dimensiunilor sistemelor componente.

În cele ce urmează se precizează rezultatele pentru cazul conexiunilor fundamentale, detaliindu-se doar cazul conexiunii cu reacție.

Pentru conexiunea derivație din fig.1 rezultă MM-ISI (11) și polinomul caracteristic (4).

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}'_1 \\ \dot{x}'_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix}}_A \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}}_x + \underbrace{\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}}_B u \\ y = \underbrace{\begin{bmatrix} C_1 & C_2 \end{bmatrix}}_C \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (13)$$

Pentru conexiunea serie din fig. 2 se obține MM-ISI (14) și polinomul caracteristic (4):

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}'_1 \\ \dot{x}'_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ B_2C_1 & A_2 \end{bmatrix}}_A \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}}_x + \underbrace{\begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix}}_B u \\ y = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & C_2 \end{bmatrix}}_C \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (14)$$

În cazul conexiunii cu reacție din fig. 4 eliminările se efectuează astfel:

$$\begin{aligned} \dot{x}'_1 &= A_1x_1 + B_1u_1 = A_1x_1 + B_1(u \mp y_2) = A_1x_1 + B_1u \mp B_1C_2x_2 \\ \dot{x}'_2 &= A_2x_2 + B_2u_2 = A_2x_2 + B_2y = A_2x_2 + B_2y_1 = A_2x_2 + B_2C_1x_1 \\ y &= y_1 = C_1x_1 \end{aligned}$$

Sub formă matriceală ecuațiile devin

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}'_1 \\ \dot{x}'_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_1 & \mp B_1C_2 \\ B_2C_1 & A_2 \end{bmatrix}}_A \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}}_x + \underbrace{\begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix}}_B u \\ y = \underbrace{\begin{bmatrix} C_1 & 0 \end{bmatrix}}_C \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (15)$$

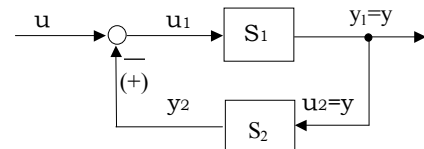


Fig. 4. Conexiunea cu reacție a două sisteme.

Polinomul caracteristic al sistemului se calculează cu formula 8 în care $H_1(\lambda) = C_1 \cdot (\lambda I - A_1)^{-1} \cdot B_1$, iar $H_2(\lambda) = C_2 \cdot (\lambda I - A_2)^{-1} \cdot B_2$.

B.4. Studiul comportării unor structuri de reglare liniare în regimuri dinamice.

Prin regimuri dinamice ale unui sistem se înțeleg regimurile în care una sau mai multe din mărimile caracteristice (mărimi de ieșire, mărimi de stare ș.a.) ale sistemului variază în timp. Din punctul de vedere al modelării proceselor dinamice variația se datorează semnalelor de intrare aplicate și / sau condițiilor inițiale ale sistemului. Modul de variație în timp al mărimilor caracteristice depinde în afara semnalelor de intrare și a condițiilor inițiale și de specificul sistemului. Specificul sistemului poate fi studiat cu ajutorul modelelor matematice ale acestuia.

Informații foarte importante despre specificul sistemului, de exemplu stabilitatea și caracterul de sistem *oscilant* sau *aperiodic*, se pot obține analizând poziția spectrului sistemului, adică a mulțimii rădăcinilor polinomului caracteristic (polii sistemului) în raport cu planul complex „s” (pentru STC) sau „z” (pentru STD). Astfel, un STC este asimptotic stabil dacă și numai dacă spectrul este în semiplanul complex stâng, iar un STD este asimptotic stabil dacă și numai dacă spectrul se găsește în interiorul cercului de rază unitară. Pentru aprofundare se consideră reprezentarea din fig. 5.

Cu 1, ..., 10 s-au notat diferite poziții posibile ale polilor. Dacă polii ocupă poziții de tipul 2, 3, 7, 8, 9, 10, atunci sistemul este stabil. Dacă polii ocupă poziții de tipul 4, 5 atunci sistemul este instabil. Dacă polii sunt de tipul 1 sau 6 și nu sunt multipli, sistemul este la limita de stabilitate. Altfel este instabil.

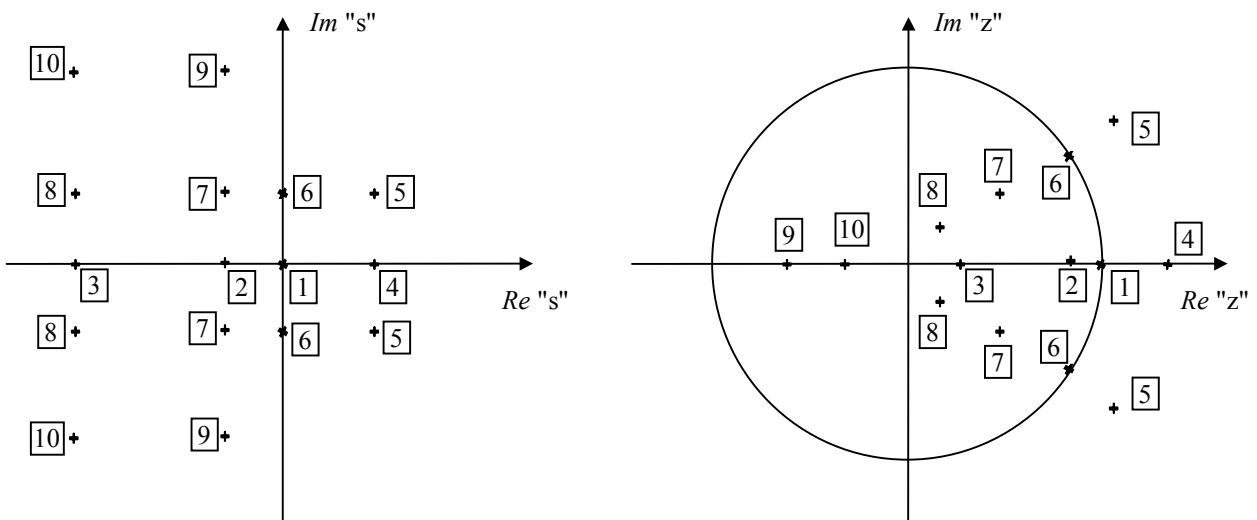


Fig.5. Spectre în planele complexe "s" și "z".

În **tabelul 2** se prezintă alături de elemente despre stabilitate și elemente referitoare la caracterul unui sistem în funcție de poziția polilor. Polii complecși se consideră perechi.

Tabelul 2

Poziția polilor în planul complex	Caracter	Poziția polilor în planul complex	Caracter
1	Integrator (sistem instabil)	6	Pur oscilant (sistem instabil)
2; 3	Aperiodic (sistem stabil) (3 mai rapid decât 2)	7; 8	Slab Oscilant (sistem stabil) (8 mai rapid decât 7)
4	Aperiodic (sistem instabil)	9; 10	Puternic Oscilant (sistem stabil) (10 mai rapid decât 9)
5	Oscilant (sistem instabil)		

Funcțiile MATLAB care permit calculul răspunsurilor sistemelor la diferite semnale de intrare pe un interval de timp dat sunt :

- step, dstep – calculează răspunsul unui STC respectiv STD la semnalul treaptă unitară ;
- impulse, dimpulse – calculează răspunsul unui STC respectiv STD la semnalul impuls unitar ;
- lsim, dlsim – calculează răspunsul unui STC respectiv STD la semnalul de intrare dat.

Exemplul 1. Studiul unui sistem de ordinul II.

Să se reprezinte grafic răspunsul sistemului cu f.d.t : $H(s) = \frac{5}{s^2 + s + 2}$ la semnalul de intrare $u(t) = 1+2 \cdot e^{-t}$, pentru $t \in [0, 20]$ secunde. Să se precizeze caracterul sistemului.

Soluție : Programul MATLAB care rezolvă problema dată este:

num=[5];	% descrie numărătorul f.d.t.
den=[1,1,2];	% descrie numitorul f.d.t.
t=0:0.01:20;	% descrie domeniul de timp
u=1+2*exp(-t);	% descrie semnalul de la intrare
y=lsim(num,den,u,t);	% calculeaza y
plot(t,u,t,y),grid	% reprezinta grafic u(t) si y(t)

Sistemul considerat în exemplu are polii $p_1 = -0.5 + j \cdot 1.3229$ și $p_2 = -0.5 - j \cdot 1.3229$ ceea ce înseamnă o amplasare a acestora în planul "s" de forma 9 și deci faptul că sistemul are caracter puternic oscilant. Răspunsul sistemului este reprezentat în fig. 6. Deși semnalul de la intrare are o variație lentă și neperiodică, se remarcă, datorită caracterului oscilant al sistemului prezența oscilațiilor.

Figura introduce alți doi termeni utilizați în mod frecvent: *regim permanent* (în cazul de față regim permanent constant) și *regim tranzitoriu* (regimul de trecere de la un regim permanent la altul).

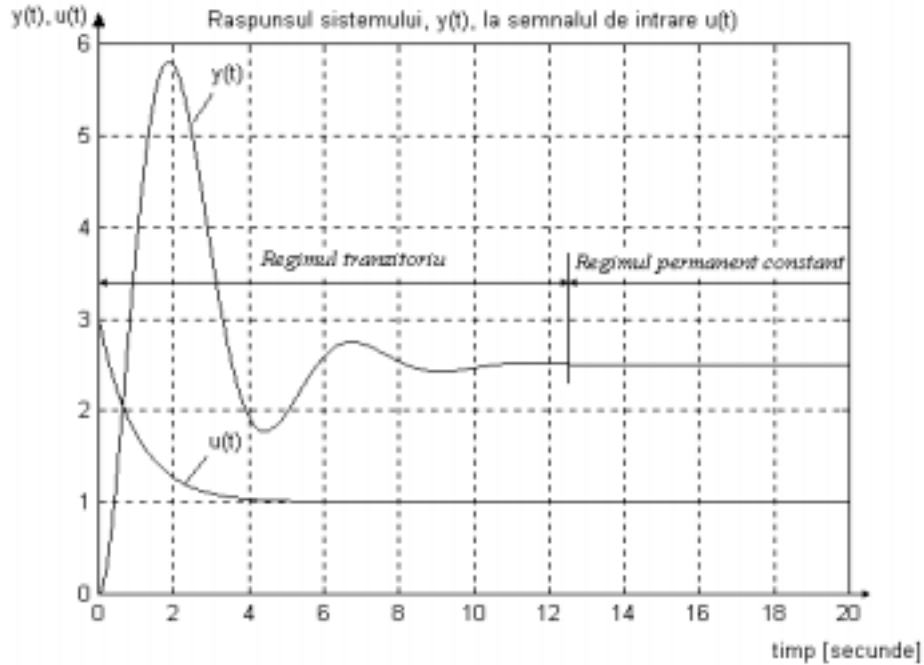


Fig. 6. Răspunsul sistemului din exemplul 1.

În cadrul lucrării se vor folosi atât programe Matlab, ca în exemplul de mai sus, cât și scheme Simulink.

B.5. Scheme de sisteme studiate

B.5.1. Prima structură studiată este STC cu reacție după stare din fig. 7.

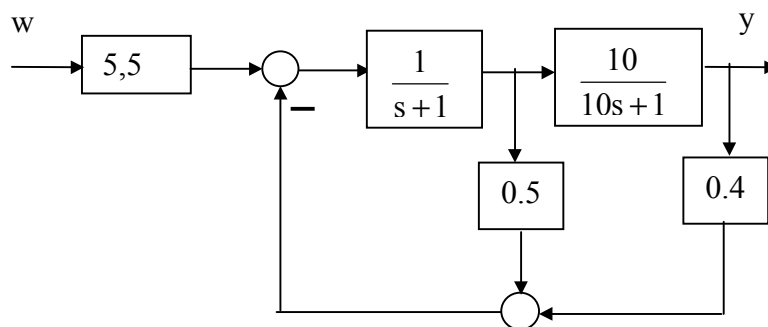


Fig.7

Ea corespunde conducerii unui proces de ordinul II

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}}_1(t) \\ \dot{\mathbf{x}}_2(t) \\ y(t) \end{cases} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -0.1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1(t) \\ \mathbf{x}_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t) \quad (16)$$

folosind o lege de comandă

$$u(t) = 0.4 \cdot x_1(t) + 0.5 \cdot x_2(t) + 5.5 \cdot w(t). \quad (17)$$

Intrarea $w(t)$ reprezintă mărimea de intrare a sistemului.

Astfel de structuri se folosesc în principal pentru stabilizarea procesului condus.

Pentru studiul sistemului se vor folosi pe de-o parte schemele Simulink din fig. 9 și 10, pe de altă parte programe Matlab.

Schema din fig. 8 corespunde celei din fig. 7. Ea permite și inițializarea mărimilor de stare. Schema din fig. 9 corespunde utilizării f.d.t. a canalului $w \rightarrow y$. Ea nu permite inițializarea mărimilor de stare. În Fine schema din fig. 10 corespunde folosirii MM-ISI dedus din (16) și (17). Ea permite inițializarea stărilor.

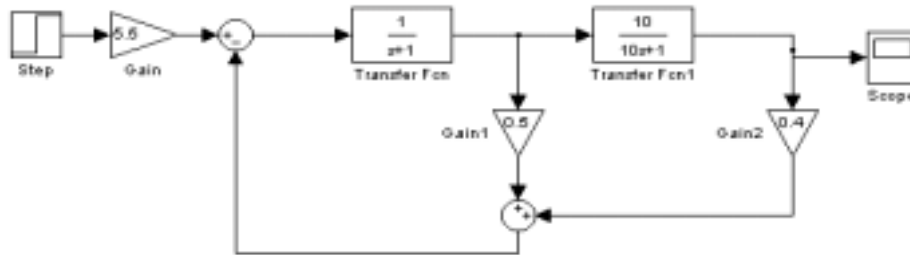


Fig. 8

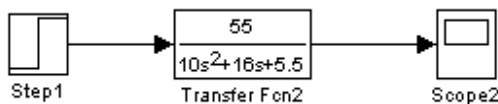


Fig. 9

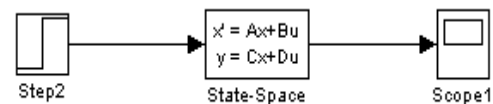


Fig. 10

Totodată se va folosi și următorul program Matlab pentru calculul MM-ISI și a răspunsului sistemului la semnal de intrare treaptă.

```

num=[55]; % coeficientii numaratorului din f.d.t.
den=[10 16 5.5]; % coeficientii numitorului din f.d.t.
[A,B,C,D]=tf2ss(num,den); % calculul matricelor pentru MM-ISI
y=step(num,den);
% raspunsul sistemului descris prin f.d.t. la semnal de intrare treapta
plot(y) % afisarea raspunsului sistemului
y=step(A,B,C,D);
% raspunsul sistemului descris prin MM-ISI la semnal de intrare treapta
figure % crearea unei ferestre de afisare noua
plot(y) % afisarea raspunsului sistemului
    
```

B.5.2. A doua structură studiată este STD cu reacție după ieșire din fig. 11. Ea corespunde reglării unui proces neminimal de ordinul III folosind un regulator integrator. Aplicarea mărimii de conducere este temporizată cu un pas de discretizare.

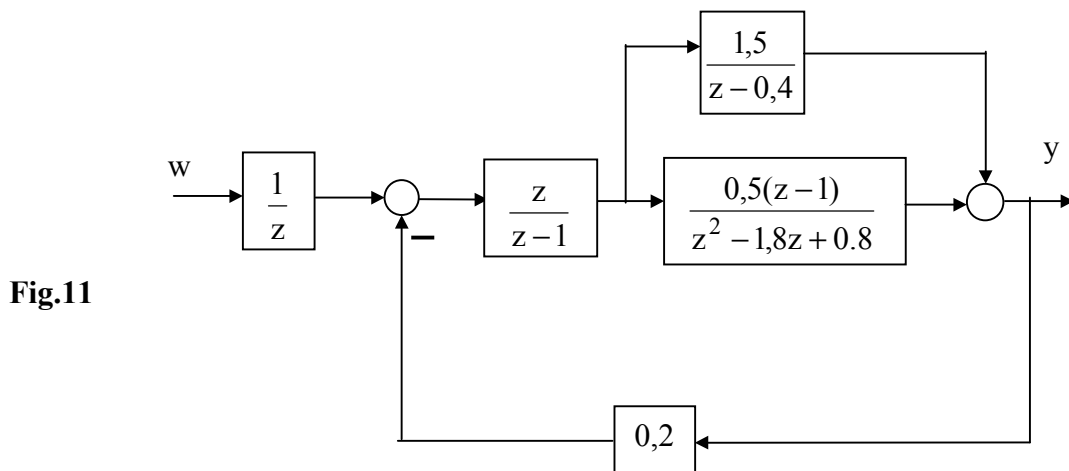


Fig.11

Pentru studiul sistemului se poate folosi schema Simulink din fig. 12.

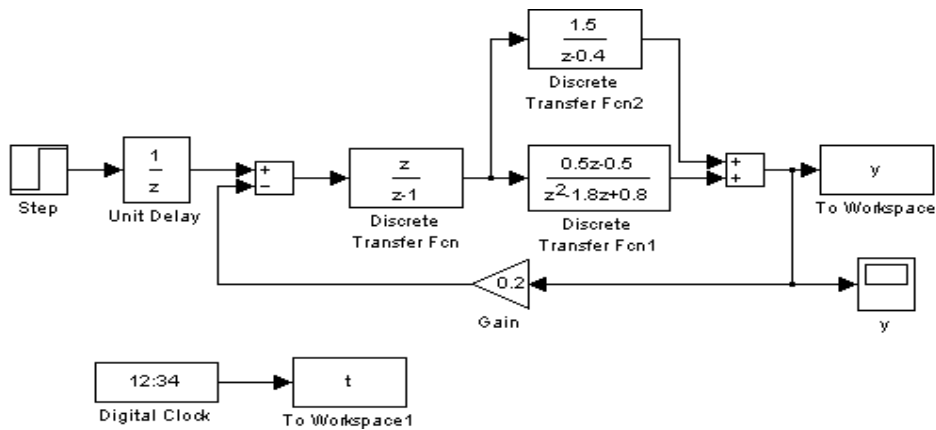


Fig. 12. Schema Simulink pentru studiul sistemului din fig. 11.

Ea nu permite inițializarea tuturor mărimilor de stare. Acest lucru se poate face reconfigurând schema ca în fig. 13. În această schemă s-au utilizat blocuri de tip 1/z din biblioteca Simulink. Ele permit introducerea condițiilor inițiale pentru mărimile de stare ale sistemului reprezentate de ieșirile lor.

B.5.3. A treia structură studiată este sistemul de reglare numerică (SRN), cu reacție după ieșire, cu structura din fig. 14. Procesul condus are f.d.t.

$$H_P(s) = \frac{5}{(2s + 1)(0.5s + 1)} \quad (16)$$

În primă instanță se dorește ca SRN să reproducă comportarea unui SRA convențional care folosește regulatorul PI (fig. 15):

$$H_R(s) = \frac{1}{10000} \left(1 + \frac{220}{s} \right) \quad (17)$$

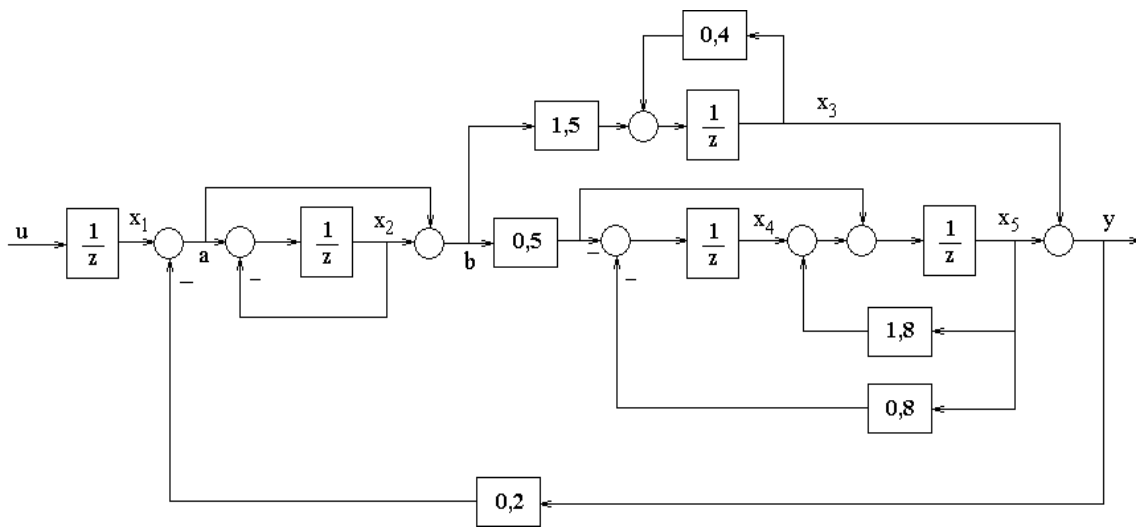


Fig. 13. Schema Simulink a sistemului din fig. 11 realizată cu blocuri de tip z^{-1} .

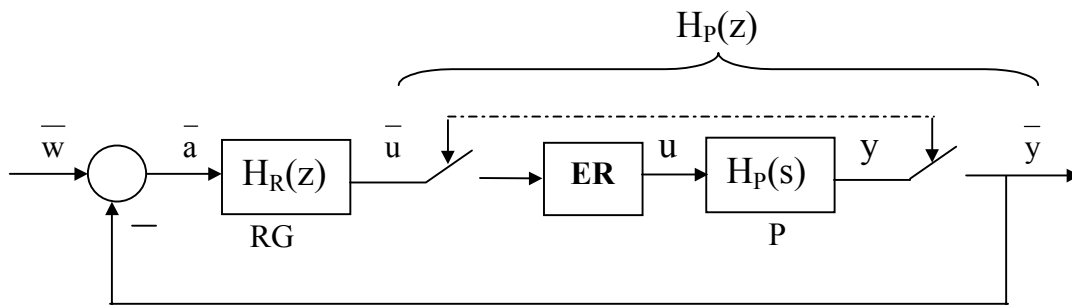


Fig.14. Sistem de reglare automată numerică a unui proces cu f.d.t. $H_P(s) = \frac{5}{(2s+1)(0.5s+1)}$
folosind un regulator obținut prin MDR din algoritmul de reglare PI $H_R(s) = \frac{1}{10000} \left(1 + \frac{220}{s}\right)$.

Schema sistemului de reglare în timp continuu are aspectul din fig. 15. Pentru studiul SRAN din fig. 14 se va folosi schema Simulink din fig. 16.

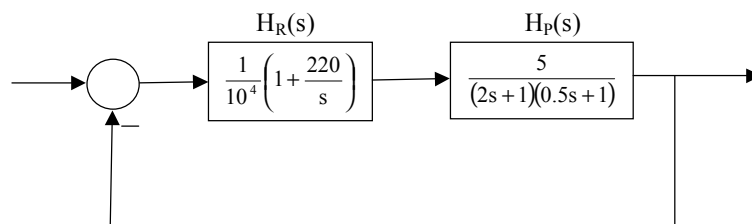


Fig. 15. SRA în timp continuu conform MM (16) și (17).

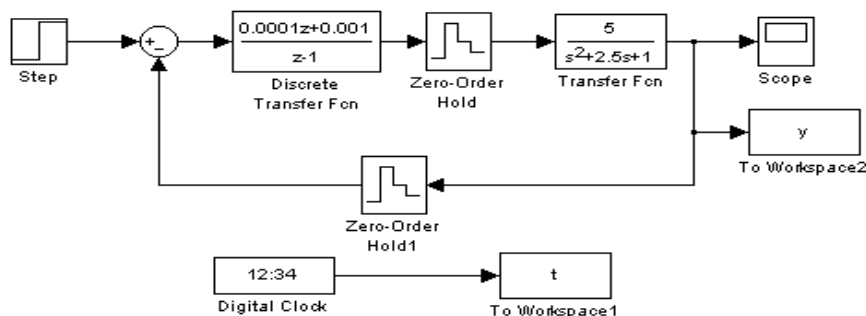


Fig. 16. Schemă Simulink pentru SRAN din fig. 14.

Pentru a calcula f.d.t. a SRAN în raport cu mărimea de conducere se folosește schema din fig. 17 în care $H_R(z)$ are expresia din figura anterioară, iar $H_P(z)$ este f.d.t. corespunzătoare realizării invariante la semnal treaptă atașată f.d.t. (16) pentru pasul de discretizare $h = 0.05$ sec.

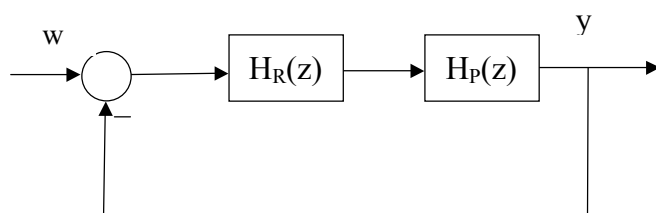


Fig. 17. Schemă de calcul a f.d.t. a SRAN.

C. Programul lucrării

1. Studiul sistemului de la punctual B.5.1 prin: i) Simulări cu schema din fig. 8 pentru condiții inițiale nule, apoi pentru condiții inițiale nenule; ii) Calculul f.d.t. care apare în schema din fig. 9; iii) Simulări cu schema din fig. 9 pentru condiții inițiale nule; iv) Calculul MM-ISI pentru schema din fig. 10; v) Simulări cu schema din fig. 10 atât pentru condiții inițiale nule cât și pentru condiții inițiale nenule; vi) Simulări cu programul Matlab propus.
2. Studiul sistemului de la punctual B.5.2 prin: i) Simulări cu schema din fig. 12 pentru condiții inițiale nule; ii) Simulări cu schema din fig. 10 atât pentru condiții inițiale nule cât și pentru condiții inițiale nenule; iii) Calculul f.d.t. pentru sistemul din fig. 11; iv) Simulări în Simulink, în condiții inițiale nule, bazate pe folosirea rezultatului de la punctul anterior și utilizarea principiului din fig. 9.
3. Studiul sistemului de la punctual B.5.3 prin: i) Calcularea f.d.t. $H_R(z)$ și verificarea rezultatului din fig. 11; ii) Simulări cu schema din fig. 16 pentru condiții inițiale nule; iii) Calculul f.d.t. $H_P(z)$ care apare în schema din fig. 17; iv) Calculul f.d.t. a sistemului din fig.

17; v) Simularea schemei din fig. 15 pentru condiții inițiale nule; vi) Simulări bazate pe rezultatul de la punctul iv).

D. Conținutul referatului

1. Se vor reprezenta răspunsurile obținute în diferitele simulări. Rezultatele vor fi analizate comparativ precum și ținând seama de aspectele de la punctual B4. Se vor prezenta calculele de la punctele ii) și iv).
2. Se vor reprezenta răspunsurile obținute în diferitele simulări. Rezultatele vor fi analizate comparativ precum și ținând seama de aspectele de la punctual B4. Se vor prezenta calculele de la punctul iii).
3. Se vor reprezenta răspunsurile obținute în diferitele simulări. Rezultatele vor fi analizate comparativ precum și ținând seama de aspectele de la punctual B4. Se vor prezenta calculele de la punctul i), iii) și iv).

E. Întrebări

1. Ce se înțelege prin separabilitate ? De ce este importantă separabilitatea pentru modelarea conexiunilor de sisteme ?
2. Ce se înțelege prin „calcul din aproape în aproape” ?
3. Ce informații calitative cu privire la dinamica unui sistem linear poate furniza spectrul sistemului?
4. Cum se calculează f.d.t. sistemului din fig. 14?
5. Care sunt aspectele referitoare la setarea condițiilor inițiale reținute în urma efectuării lucrării?
6. Ce înțelegeți prin „interpretarea” unui rezultatelor de la C1? Dar de la punctul C3? Dar prin „compararea” unor rezultatelor experimentale din cadrul acestor puncte?