

ACORDAREA ROBUSTĂ A REGULATOARELOR PENTRU PROCESE CU TIMP MORT. STUDIU COMPARATIV

ing. Florina Ungureanu
ing. Silviu Florin Ostafi

Universitatea Tehnică Iași

Rezumat: În această lucrare, sunt prezentate câteva metode de acordare robustă a reguletoarelor convenționale (PI și PID) pentru procese lente cu timp mort. Pentru fiecare metodă în parte, regulatorul este acordat optimal pentru parametrii nominali ai procesului. Apoi se introduc variații ale parametrilor, reprezentând incertitudinea cu care se cunoaște modelul matematic al procesului, și se evaluează robustețea fiecărei metode. Studiul de caz considerat pentru un proces de ordin I cu timp mort, permite clasificarea metodelor prezentate din punct de vedere al robusteții.

Cuvinte cheie: abordare robustă, reguletoare convenționale (PI și PID), procese lente cu timp mort, metoda A. Brambilla, metoda Ziegler-Nichols, metoda IMC etc.

1. Introducere

Toate criteriile de acordare ale reguletoarelor convenționale au următoarele obiective:

- procedura de acordare să fie simplă și în concordanță cu caracteristicile procesului;
- să satisfacă criteriile de robustețe în ceea ce privește aproximările și impreciziile modelului procesului;
- performanțele obținute să fie cât mai apropiate de cele ale metodelor evaluate de reglare.

Pentru procesele lente, cu timp mort și cu un grad mare de aproximare a modelului matematic, cum sunt majoritatea proceselor din industria chimică, problema acordării reguletoarelor convenționale, în condițiile de mai sus, este destul de complicată [1]. Acordarea este cu atât mai dificilă cu cât timpul mort este mai mare și cu cât gradul de precizie cu care se cunoaște timpul mort este mai redus. În continuare, sunt prezentate trei metode de acordare robustă.

2. Acordarea robustă prin aproximarea timpului mort cu polinoame Padé

Brambilla, A. a propus o metodă de acordare robustă descrisă în [2]. Se consideră bucla de reglare din figura 1. Parametrul reglat, Y, are expresia

$$Y = \frac{G_R(s)G_P(s)}{1+G_R(s)G_P(s)} Y_r + \frac{G_V(s)}{1+G_R(s)G_P(s)} V \quad (1)$$

Se consideră treapta unitară drept mărime de intrare, $Y_r(s)=V(s)=1/s$ și dacă $V(s)=0$, atunci

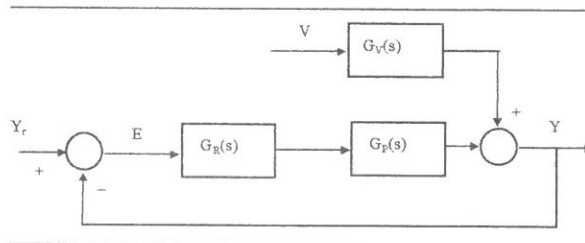


Figura 1. Schema bloc a unui SRA

$$\frac{Y(s)}{Y_r(s)} = \frac{G_R(s)G_P(s)}{1+G_R(s)G_P(s)} = \eta(s) \quad (2)$$

în care $\eta(s)$ reprezintă funcția complementară de sensibilitate. Funcția de transfer a procesului G_P , se poate scrie punând în evidență partea de fază minimă, G_{PM} , și partea care nu este de fază minimă, G_{PN}

$$G_P = G_{PN} \cdot G_{PM} \quad (3)$$

Introducând relația (3) în relația (2), rezultă forma impusă funcției complementare de sensibilitate:

$$\eta(s) = G_{PN} \cdot \eta^*(s) \quad (4)$$

În relația (4), G_{PN} este componenta nemodificabilă, care nu depinde de regulator, iar $\eta^*(s)$ este componenta modificabilă, care poate determina alegerea (acordarea) regulatorului. Din relațiile de mai sus rezultă funcția de transfer a regulatorului

$$G_R(s) = \frac{\eta^*(s)}{G_{PM}(1-G_{PN} \cdot \eta^*(s))} \quad (5)$$

care poate fi diferită de cele ale reguletoarelor PI sau PID. În continuare, se urmărește aducerea regulatorului (5) la forma PI sau PID

$$G_R(s) = \frac{k_R(1+T_I)}{T_I s} \quad \text{PI} \quad (6)$$

$$G_R(s) = k_R \frac{1+T_I s + T_I T_D s^2}{T_I s} \quad \text{PID}$$

prin parcurgerea următoarelor etape:

Etapa 1. Alegerea componentei modificabile (arbitrare) a răspunsului la treaptă. Pentru sistemele de reglare ale proceselor lente se poate alege un element cu comportare supraamortizată:

a) $\eta^* = \frac{1}{\lambda s + 1}$ pentru un element de ordinul I

b) $\eta^* = \frac{1}{(\lambda_1 s + 1)(\lambda_2 + 1)}$ pentru un element de ordinul II (7)

Etapa 2. Elementele de întârziere pură din componenta $G_{PN}(s)$ se aproximează printr-un polinom Padé de ordinul I

$$e^{-T_m s} = \frac{1 - T_m / 2 \cdot s}{1 + T_m / 2 \cdot s} \quad (8)$$

Etapa 3. Din expresia obținută pentru regulator în

regulatele pentru procese lente cu timp mort conduce la expresiile parametrilor dinamici ai regulatorului din tabelul I. Se observă că, atât în cazul aproximării cu un regulator PI, cât și cu unul PID, doar parametrul k_R depinde de parametrul de acordare c , iar parametrii T_I și T_D depind doar de parametrii procesului T_p și T_m . Mai mult, parametrii k_R și T_I au aceleași expresii și pentru regulatorul PI ($T_D = 0$) și pentru PID. Alegerea parametrului de acordare se face în felul următor:

- Pentru procese de ordinul I cu timp mort
 - regulator PI: $c=1$, pentru $T_m/T_p < 1$; $c=0,75$

Procesul	k_R	T_I	T_D
Ordin I cu timp mort	$k_R = \frac{1}{k_p} \cdot \frac{T_p + T_m / 2}{T_m (c + 1)}$	$T_I = T_p + T_m / 2$	$T_D = \frac{T_p \cdot T_m}{2T_p + T_m}$
Ordin II cu timp mort	$k_R = \frac{1}{k_p} \cdot \frac{T_1 + T_2 + T_m / 2}{T_m (c + 1)}$	$T_I = T_1 + T_2 + T_m / 2$	$T_D = \frac{T_1 \cdot T_2 + (T_1 + T_2) \cdot T_m / 2}{T_1 + T_2 + T_m}$

Tabelul I

pașii anteriori, se neglijează termenii de ordin mai mare decât cei existenți în relațiile (6). Parametrul adimensional λ (respectiv λ_1, λ_2), din expresia regulatorului, este parametrul de acordare și determină viteza de răspuns.

Efectele apoximațiilor din ultimii doi pași sunt evidente. Prin aducerea forțată a formei regulatorului (5) la una convențională, răspunsul

- regulator PID: $c=0,32$.

- Pentru procese de ordinul II cu timp mort, valorile parametrului c se aleg din graficele $c=f(T_m/T_p)$ din figura 2.

Această metodă de acordare (AB) se poate aplica ușor și se caracterizează prin robustețe ridicată, așa cum vom vedea în cele ce urmează.

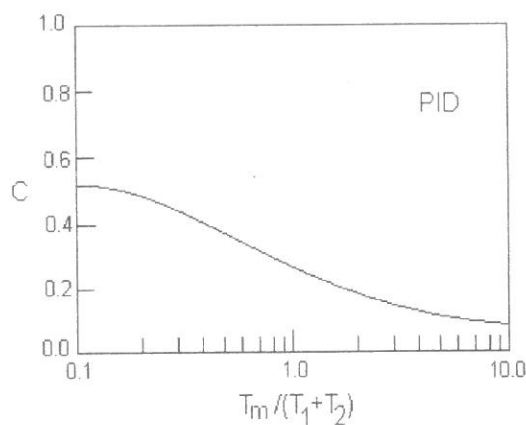
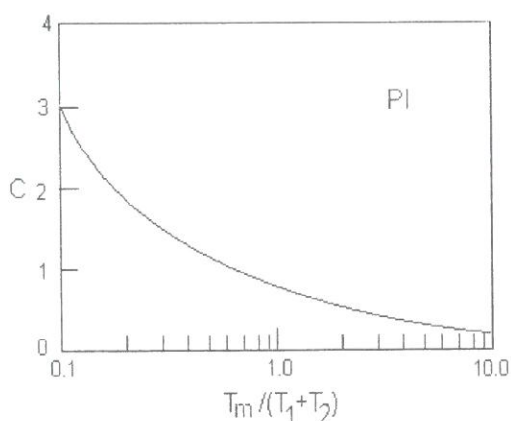


Figura 2. Variația parametrului c funcție de parametrii procesului de ordin II

buclei de reglare va fi diferit de cel impus. Forma relațiilor de acordare va ține cont de acest fapt.

În continuare, se consideră $c = \lambda/T_m$ ca fiind parametrul adimensional, utilizat pentru acordare. Sintetizat, această metodă de acordare a

3. Utilizarea funcțiilor de sensibilitate locală în acordarea reguletoarelor

Una dintre metodele de proiectare a legii de reglare pentru procese cu timp mort se bazează pe schema de reglare cu predicție Smith. Dacă se cunoaște modelul exact al procesului cu timp mort, metoda predicției permite proiectarea algoritmului de reglare, făcând abstracție de prezența timpului mort. Întrucât metoda conduce la rezultate foarte bune, în cazul determinării cu precizie a modelului matematic al procesului, se pune problema utilizării acestei metode și în cazul cunoașterii aproximative a modelului. În aceste condiții, se impune proiectarea unui algoritm de reglare robust.

Apelând la funcția de sensibilitate locală a ieșirii în raport cu timpul mort, se pot determina domeniile admisibile ale parametrilor de acordare pentru o gamă dată de variație a timpului mort astfel încât să se asigure invarianța performanțelor [3].

În cazul reglării numerice, considerând momentele de timp $k-1$ și k , între sensibilitatea parametrului reglat în raport cu timpul mort $S_{T_m}^Y$, valoarea mărimii de ieșire Y și eroarea E există relația

$$S_{T_m}^Y(k) = -Y(k - T_m - 1)(E(k) - E(k - 1)) \quad (9)$$

Algoritmul de acordare a parametrilor regulatorului decurge în felul următor: se face sinteza unui regulator prin metoda poli-zero-uri, se alege pentru funcția de sensibilitate o valoare minimă S_{\min} , ce nu trebuie depășită și se modifică parametrul regulatorului astfel încât funcția de sensibilitate să nu depășească valoarea S_{\min} pentru un anumit interval de timp. Pentru un proces de ordinul I cu timp mort, dacă se face abstracție de prezența timpului mort, regulatorul PID sintetizat prin metoda poli-zero-uri are expresia

$$G_R(z^{-1}) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad (10)$$

Între parametrii q_i ai regulatorului astfel proiectat și parametrii formei tipice a regulatorului PID, există relațiile [4]:

$$K_R = q_0 - q_1 \quad \tau_D = \frac{q_2 T}{K_R} \quad T_I = \frac{TK_R}{q_0 + q_1 + q_2} \quad (11)$$

Aceste relații sugerează modul în care se pot modifica parametrii q_i cu scopul acordării. Creșterea componentei anticipative (D), firească pentru procese lente cu timp mort, impune creșterea valorii parametrului q_2 . Pentru a nu atinge limita de instabilitate, valoarea lui K_R trebuie scăzută prin micșorarea valorii parametrului q_0 .

Această metodă (la care ne vom referi cu prescurtarea FS) este laborioasă și presupune alegerea unei valori rezonabile pentru S_{\min} utilizând,

în prealabil, analiza de sensibilitate parametrică a buclei de reglare cu regulatorul acordat ZN, pentru a avea o imagine de ansamblu a sensibilității SRA [5]. Ținând cont de forma oscilatorie a sensibilității parametrică a parametrului reglat în raport cu parametrii procesului, condiția impusă $S_{T_m}^Y < S_{\min}$ trebuie să fie satisfăcută pentru un interval de timp mai mare decât perioada oscilațiilor amortizate ale funcției de sensibilitate.

4. Acordarea IMC a reguletoarelor convenționale

Deoarece structura de reglare cu model intern (Internal Model Control) este mult mai generală și mai puternică decât reguletoarele convenționale, este importantă găsirea relațiilor dintre regulatorul IMC, pe de o parte, și reguletoarele PI și PID, pe de altă parte, cu scopul de a acorda reguletoarele convenționale într-o manieră simplă, care să le confere atât performanțe ridicate, cât și robustețe. Funcția de transfer a unui regulator IMC este

$$G_{RIMC} = \tilde{G}_{RIMC} \cdot G_f \quad (12)$$

în care \tilde{G}_{RIMC} este funcția de transfer a regulatorului optimal, obținut pentru procesul nominal \tilde{G}_P și o anumită mărime de intrare, iar G_f este filtrul trece jos corespunzător.

Pentru un număr mare de modele simple, utilizate în mod curent în industrie, proiectarea unui regulator IMC va conduce la clasicele reguletoare PI sau PID a căror acordare însă, se va face într-o manieră descrisă detaliat în [6]. În tabelul 2, sunt prezentate câteva funcții de transfer ale reguletoarelor IMC, aduse la forma PI sau PID cu sau fără filtru, pentru diferite tipuri de modele nominale ale proceselor. Modelul nominal se obține în urma aproximării timpului mort cu polinoame Padé de ordin 0 sau 1.

Filtrul atașat regulatorului este un element de ordin I cu constanta de timp T_p , iar λ este parametrul de acordare. Există criterii pentru alegerea parametrului de acordare, criterii ce țin cont de faptul că o dată cu creșterea valorilor lui λ crește robustețea, dar scade calitatea reglării. Pentru un proces de ordinul I cu timp mort, aproximarea timpului mort cu un polinom Padé de ordin 0 sau 1 va conduce la următoarele funcții de transfer nominale:

$$\tilde{G}_P(s) = \frac{k_p}{T_p s + 1}, \quad \text{respectiv} \quad \tilde{G}_P(s) = \frac{k_p(-T_m/2s + 1)}{(T_p s + 1)(T_m/2s + 1)} \quad (13)$$

Dacă $k_p > 1$ atunci \tilde{G}_P are un zero în semiplanul drept și regulatorul poate fi de forma F. Dacă $k_p < 1$, rezultă că zeroul din semiplanul stâng poate fi înlăturat prin înserierea unui element de întârziere, iar regulatorul se poate alege de tip E. În tabelul 3, sunt date relațiile de calcul ale parametrilor reguletoarelor PI și PID precum și valorile limită

ale parametrului de acordare λ , valabile pentru procese cu funcțiile nominale date de relațiile (13).

Conform metodei de acordare FS, pentru regulatorul sintetizat prin metoda poli-zero, parametrii q_i au valorile: $q_0=386$, $q_1=-208$ și $q_2=-0.022$.

Tip	Model nominal \tilde{G}_p	$k_R k_p$	T_I	T_D	T_F
A	$\frac{k_p}{T_p s + 1}$	$\frac{T_p}{\lambda}$	T_p	-	-
B	$\frac{k_p}{(T_{p1} s + 1)(T_{p2} s + 1)}$	$\frac{T_{p1} + T_{p2}}{\lambda}$	$T_{p1} + T_{p2}$	$\frac{T_{p1} T_{p2}}{T_{p1} + T_{p2}}$	-
C	$\frac{k_p}{T_p^2 s^2 + 2\zeta T_p s + 1}$	$\frac{2\zeta T_p}{\lambda}$	$2\zeta T_p$	$\frac{T_p}{2\zeta}$	-
D	$k_p \frac{-\beta s + 1}{T_p^2 s^2 + 2\zeta T_p s + 1}$	$\frac{2\zeta T_p}{2\beta + \lambda}$	$2\zeta T_p$	$\frac{T_p}{2\zeta}$	$\frac{\beta \lambda}{2\beta + \lambda}$
E	$\frac{k_p}{s(T_p s + 1)}$	$\frac{2\lambda + T_p}{\lambda^2}$	$2\lambda + T_p$	$\frac{2\lambda T_p}{2\lambda + T_p}$	-
F	$k_p \frac{-\beta s + 1}{s(T_p s + 1)}$	$\frac{1}{2\beta + \lambda}$	-	T_p	$\frac{\beta \lambda}{2\beta + \lambda}$

Tabelul 2

Regulator	$k_p k_R$	T_I	T_D	T_F	Raport λ/T_m recomandat
PID	$\frac{2T_p + T_m}{2(\lambda + T_m)}$	$T_p + \frac{T_m}{2}$	$\frac{T_p T_m}{2T_p + T_m}$	$\frac{\lambda T_m}{2(\lambda + T_m)}$	>0.25
PI	$\frac{T_p}{\lambda}$	T_p	-	-	>1.7

Tabel 3

5. Robuștețea regulatorului PID pentru diferite metode de acordare, pentru procese de ordin I cu timp mort

Se consideră modelul matematic al unui proces, cu funcția de transfer dată de ecuația

$$G_p = \frac{k_p \cdot e^{-T_m s}}{T_p s + 1} \quad (14)$$

cu următoarele valori numerice nominale: $k_p=0.08$, $T_m=2.5$ min și $T_p=9$ min.

Acordarea Ziegler-Nichols (ZN) a condus la următoarele valori ale parametrilor regulatorului: $k_R=60.24$, $T_I=5.7$, $T_D=0.95$.

Acordarea AB a condus la următoarele valori ale parametrilor regulatorului: $k_R=38.82$, $T_I=10.25$, $T_D=0.56$ cu parametrul acordabil $c = 0.32$.

Considerând $S_{min}=1$, valorile optime finale obținute pentru parametrii q_i și pentru cei ai regulatorului PID corespunzător, sunt

$$q_0=345, q_1=-297.6, q_2=-22.95 \Rightarrow k_R=48, T_I=7.3, T_D=0.62.$$

Aceste valori sunt mai apropiate de cele obținute în cazul acordării robuste a unui regulator PID prin metoda AB decât cele obținute prin acordare ZN.

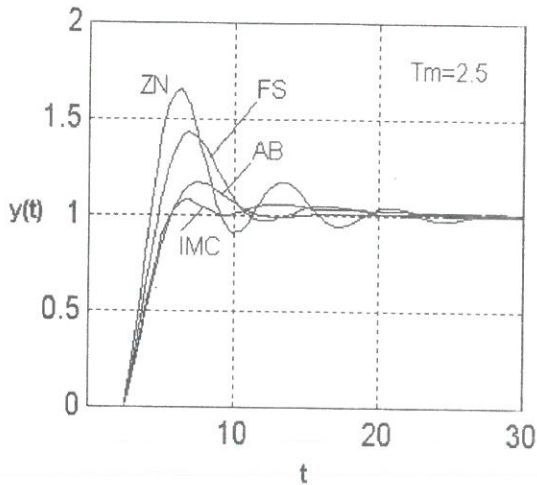
Pentru acordarea IMC a regulatorului se exprimă partea de nonminimă fază cu un polinom Padé de ordin 1. În acest caz, funcția de transfer pentru procesul nominal este:

$$\tilde{G}_p(s) = \frac{-0.1s + 0.08}{11.25s^2 + 10.25s + 1} \quad (15)$$

Pentru parametrul de acordare $\lambda=0.7$ și un filtru de forma

$$G_f(s) = \frac{1}{0.25s + 1} \quad (16)$$

rezultă următoarele valori ale parametrilor regulatorului: $k_r=41$, $T_I=10.25$ și $T_D=1.09$.



procesului a domeniilor de incertitudine. Pentru analiza sensibilității globale a buclei de reglare

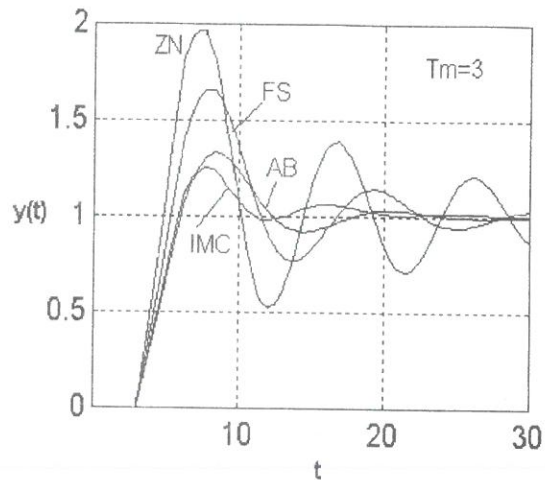


Figura 3. Evoluția parametrului reglat pentru $T_m=2.5$ și $T_m=3$, în cazul celor patru metode de acordare

În figura 3, sunt reprezentate comparativ variațiile parametrului reglat pentru $T_m=2.5$ min. și $T_m=3$ min. (20% față de valoarea sa nominală) în

considerate, se aleg variații aditive de $\pm 10\%$ în jurul valorilor nominale ale celor trei parametri dinamici ai procesului, ca în tabelul 4.

$p_1=T_m$	$p_{1nom}=2.5$	$p_{1min}=2.25$	$p_{1max}=2.75$
$p_2=T_p$	$p_{2nom}=9$	$p_{2min}=8.1$	$p_{2max}=9.9$
$p_3=k_R$	$p_{3nom}=0.08$	$p_{3min}=0.072$	$p_{3max}=0.088$

Tabelul 4

cazul celor patru metode de acordare considerate. Este evident faptul că metodele AB și IMC conferă regulatorului PID o robustețe mai mare decât ZN și chiar metoda FS. În plus, metoda FS este laborioasă, conduce la performanțe inferioare metodei AB sau IMC, iar aplicarea acesteia prezintă limitări impuse de alegerea valorii S_{min} . O valoare prea mică a lui S_{min} poate conduce la imposibilitatea găsirii valorilor de acordare pentru parametrii regulatorului. Din aceste considerente, în cele ce urmează, vom abandona această metodă, ocupându-ne doar de compararea celorlalte metode.

În continuare, se urmărește evaluarea robusteții buclei de reglare, utilizând analiza de sensibilitate globală. Analiza de sensibilitate globală evaluează efectul modificării simultane și în domenii largi ale mărimilor independente asupra mărimilor dependente. Modul de variație a mărimilor dependente (aditiv sau multiplicativ, după funcții periodice) trebuie să corespundă, atât incertitudinii cu care se cunoaște modelul procesului, cât și variației în timp a parametrilor procesului [7]. Robusteea sistemului de reglare poate fi apreciată după formele și dimensiunile domeniilor de variație precum și după sensibilitățile globale ale parametrului reglat și ale criteriilor de calitate, obținute în condițiile acoperirii de către parametrii

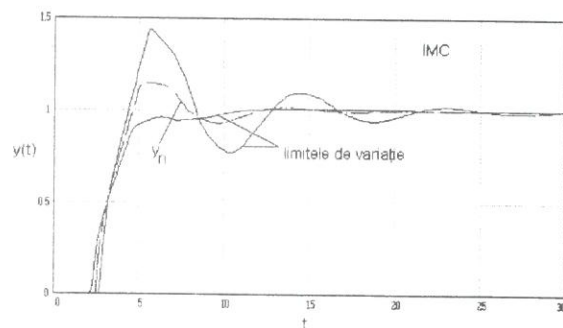


Figura 4. Limitele de variație ale parametrului reglat, în cazul acordării IMC

În figurile 4-6, sunt reprezentate limitele zonelor de variație ale parametrului reglat în cazul acordării IMC, AB respectiv ZN. Regulatorul acordat prin metoda AB și IMC este mult mai robust decât cel acordat ZN; în acest din urmă caz, variația simultană a parametrilor procesului conduce la un regim tranzitoriu mult mai mare și mai oscilant. O variație mai mare de $\pm 10\%$ a parametrilor procesului în jurul valorilor nominale, în special a timpului mort, conduce la instabilitate în cazul acordării ZN.

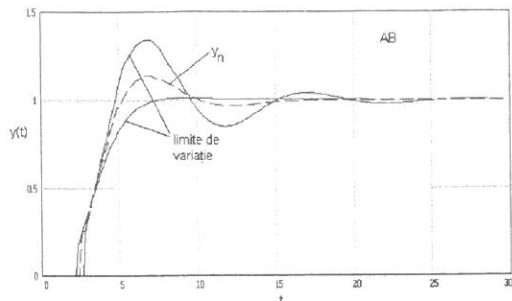


Figura 5. Limitele de variație ale parametrului reglat, în cazul acordării AB

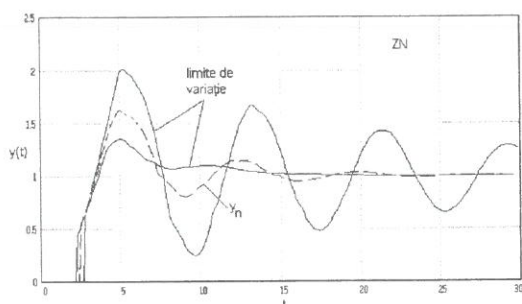


Figura 6. Limitele de variație ale parametrului reglat, în cazul acordării ZN

În figurile 7-11, sunt prezentate, pentru exemplificare, limitele zonelor de variație pentru criteriile IAE și ITAE. Se observă că domeniul de variație pentru IAE, în cazul acordării ZN, este de două ori mai mare decât în cazurile IMC și AB. Aceste reprezentări evidențiază atât robustețe cât și performanțe comparabile ale metodelor AB și IMC.

Sensibilitățile globale ale criteriului IAE în raport cu parametrii procesului, $S_{p_i}^{IAE}$, pentru metodele IMC și AB, reprezentate în figurile 12 și 13, evidențiază o dată în plus robustețea ridicată a acestor metode. Trebuie precizat că un coeficient de sensibilitate globală de sub 0,5 este considerat mic

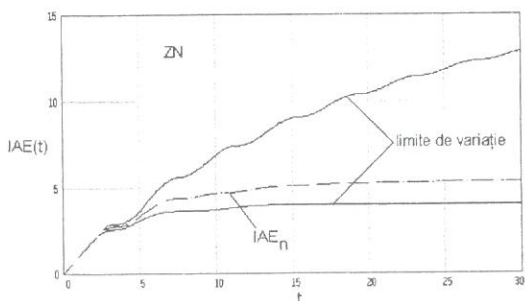


Figura 7. Limitele de variație ale criteriului IAE, în cazul acordării ZN

[7]. După cum era de așteptat, sensibilitățile globale în raport cu timpul mort, în condițiile variației

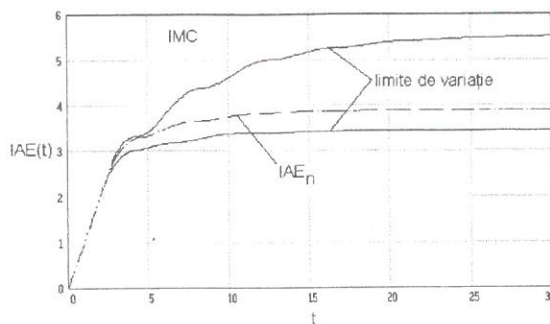


Figura 8. Limitele de variație ale criteriului IAE, în cazul acordării IMC

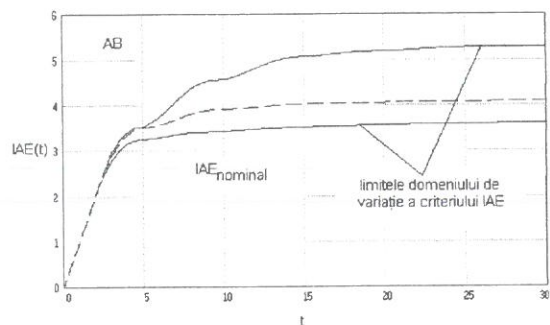


Figura 9. Limitele de variație ale criteriului IAE, în cazul acordării AB simultane a tuturor parametrilor procesului, sunt cele mai ridicate, timpul mort fiind cel care

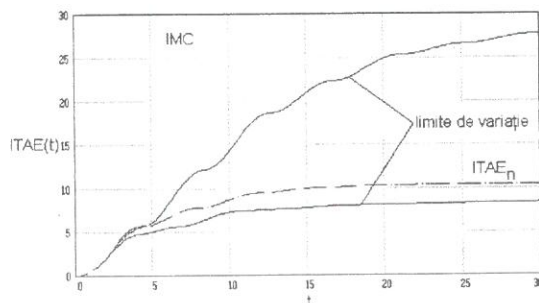


Figura 10. Limitele de variație ale criteriului ITAE, în cazul acordării IMC

afectează hotărâtor robustețea sistemului de reglare. Dacă, în ansamblu, metodele IMC și AB conduc la performanțe apropiate ale buclei de reglare, iată că

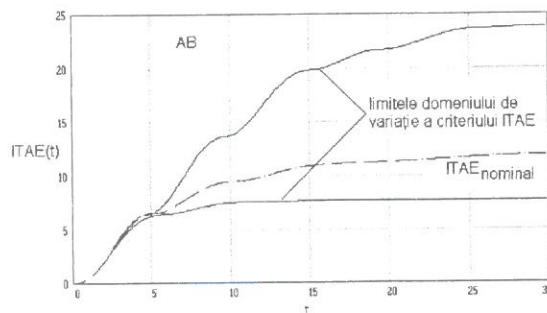


Figura 11. Limitele de variație ale criteriului ITAE, în cazul acordării AB

metoda AB este foarte sensibilă în raport cu timpul mort față de metoda IMC.

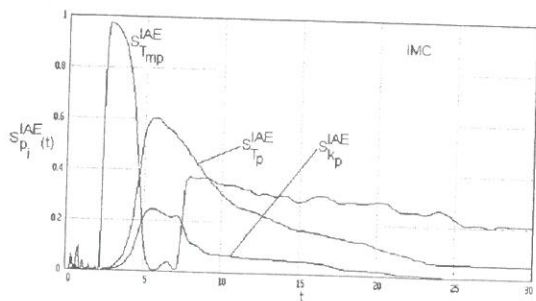


Figura 12. Sensibilitățile globale ale criteriului IAE, în cazul acordării IMC

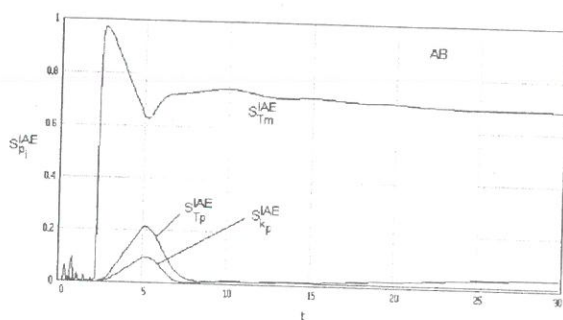


Figura 13. Sensibilitățile globale ale criteriului IAE, în cazul acordării AB

6. Concluzii

În această lucrare au fost studiate, din punctul de vedere al robusteții, patru metode de acordare a reguletoarelor convenționale (metoda A. Brambilla, metoda Ziegler-Nichols, metoda IMC și metoda minimizării funcției de sensibilitate local-FS) pentru un sistem de reglare a unui proces de ordinul întâi, cu timp mort.

Au fost reprezentate comparativ variațiile parametrului reglat pentru valoarea nominală a timpului mort și pentru +20% față de valoarea sa nominală, în cazul celor patru metode de acordare considerate, fapt ce a evidențiat că metodele AB și IMC conferă reguletoarelor PID o robustețe mai mare în comparație cu metodele ZN și FS.

Utilizând analiza globală de sensibilitate, au fost trasate limitele zonelor de variație ale parametrului reglat în cazul acordării IMC, AB respectiv ZN, limitele zonelor de variație pentru criteriile IAE și ITAE, precum și sensibilitățile globale ale criteriului IAE în raport cu parametrii procesului.

Toate reprezentările grafice evidențiază robustețea ridicată a reguletoarelor PID, acordate AB sau IMC, în comparație cu reguletorul PID acordat ZN, în cazul reglării proceselor cu timp mort. Avantajul metodei AB constă în faptul că aplicarea sa nu impune utilizarea unor elemente noi (ca de exemplu, filtrul pentru metoda IMC) și se poate folosi și în cazul reguletoarelor

analogice. Metoda IMC prezintă avantajul de a avea un grad mai mare de generalitate și de a fi puțin sensibilă în raport cu timpul mort.

Lista simbolurilor

c - parametru de acordare

$G_R, G_p, G_v, G_{RIMC}, G_f$ - funcțiile de transfer ale reguletoarelor, procesului în raport cu variabila manipulată, procesului în raport cu perturbația, reguletoarelor IMC și a filtrului

$\tilde{G}_p, \tilde{G}_{RIMC}$ - funcțiile de transfer ale procesului nominal, respectiv a reguletoarelor IMC pentru procesul nominal

k_p, T_p, T_m - parametrii dinamici ai procesului

k_R, T_D, T_I - parametrii dinamici ai reguletoarelor

p_i - notație a parametrilor procesului

q_i - parametrii reguletoarelor sintetizate prin metoda polizerouri

$S_{T_m}^y$ - funcția de sensibilitate locală a parametrului reglat în raport cu timpul mort

$S_{p_i}^{IAE}$ - funcția de sensibilitate globală a criteriului IAE

în raport cu parametrii p_i ai procesului

v - perturbația

y - parametrul reglat

y_r - mărimea de referință

λ - parametru de acordare

η - funcția complementară de sensibilitate a buclei de reglare

Bibliografie

1. **ABBAS, A.**: How Robust are PID Control Algorithms?, Hung. J. Ind. Chem., 1995, Vol. 23, p. 189.
2. **BRAMBILLA A., CHEN S., SCALI C.**: Robust Tuning of conventional controllers, Hydrocarbon Processing, 1990, no. 11, p. 53.
3. **MIHU I.**: Acordarea reguletoarelor numerice pentru procese lente, pe baza funcțiilor de sensibilitate, Al III-lea Simpozion Național de Teoria Sistemelor, Craiova, 1984, p. 359.
4. **JACOBS O.L.R.**: Introduction to Control Theory, 2nd Ed., Oxford University Press, 1993.
5. **UNGUREANU ȘT., PETRILĂ, C., UNGUREANU, F.**: Analiza sensibilității unui sistem de reglare automată, Rev. Rom. de Informatică și Automatică, vol. 7, nr. 1, p. 13.
6. **MORARI, M., ZAFIRIOU, E.**: Robust Process Control, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
7. **UNGUREANU ȘT., UNGUREANU F.**: Analiza sensibilității globale a sistemelor dinamice. Metode de abordare. În: Revista Română de Informatică și Automatică, 1994, vol. 4, nr. 4, pp. 25-36.

FRETRIS

FREight TRansport Information System

On-line electronic system regarding call for offer and offer in the field of freight road transport

To whom is addressed product ?

To all the economic agents implied in national and international freight road transport.

What problems does it solve ?

The registration by the economic agents implied in the freight road transport of the information regarding:

- ◆ identification
- ◆ geographical location
- ◆ contact persons
- ◆ financial credibility
- ◆ banks references
- ◆ geographical action area
- ◆ partners.

The introduction by the transport clients and the transport brokers of the call for transport offers by providing the information regarding:

- ◆ call for offer identification
- ◆ freight presentation
- ◆ freight transport conditions

- ◆ preferences regarding the means of transport with which the freight will be transported
- ◆ requested transport services
- ◆ contact person
- ◆ freight loading place
- ◆ freight delivery place
- ◆ period of time for the freight taking over
- ◆ period of time for the freight distribution
- ◆ calendaristic validity interval of the call for transport offer.

The introduction by the transport providers and the transport brokers of the transport offers by providing the information regarding:

- ◆ offer identification
- ◆ freight they will transport
- ◆ freight transport conditions
- ◆ offered means of transport
- ◆ provided transport services
- ◆ contact person
- ◆ freight loading place
- ◆ freight delivery place
- ◆ period of time for the freight taking over
- ◆ period of time for the freight distribution
- ◆ calendaristic validity interval of the transport offer.
- ◆

The introduction of national information regarding:

- ◆ technical restrictions for the means of transport
- ◆ legal regulations
- ◆ ecological restrictions
- ◆ road restrictions
- ◆ geographical and weather characteristics
- ◆ taxes
- ◆ fuel feeding stations
- ◆ parkings
- ◆ customs
- ◆ transport documents.

The browsing for:

- ◆ the presentation information of the economic agents
- ◆ the calls for offers for transport
- ◆ the transport offers
- ◆ the offers corresponding to a call for transport offer
- ◆ the satisfied call for offer by a transport offer
- ◆ specific national information.

