

O SOLUȚIE PENTRU SUPERVIZAREA INTELIGENTĂ A STRUCTURILOR DE REGLARE MONOVARIABILE

dr. ing. Păstrăvanu O.,
ing. Ifrim S.,
dr. ing. Lazăr C.

Institutul Politehnic Iași

Rezumat: Pornind de la procedeul Åström-Hägglund de autoacordare a reglatoarelor PID, în lucrare se prezintă principii de supervizare inteligentă, utilizabile în conducerea evoluată a proceselor, precum și implementarea numerică a acestora. Performanțele obținute în reglarea unei bucle monovariabile sînt ilustrate prin intermediul unui studiu de caz.

Cuvinte cheie: reglarea automată, stabilitate, autoacordare, regulator PID autoacordabil, implementarea.

1. Introducere

O serie întreagă de rapoarte tehnice ale firmelor de echipamente de automatizare occidentale arată că procente descurajante din totalul instalațiilor industriale funcționează cu buclele de reglare dezacordate, precizîndu-se totodată drept consecințe consumuri de energie mult crescute, suprasolicitări ale instalațiilor, alterarea unor rețete de fabricație etc. În majoritatea cazurilor pentru aceste procese nu se cunoaște un model matematic (din diverse motive), și practica reglării face apel la metode anume concepute pentru asemenea situații. Printre cele mai larg utilizate procedee pentru procesele lente se numără și cele bazate pe caracteristicile oscilațiilor ce se instalează la limita de stabilitate [6].

Efectuarea însă, a experimentelor pentru determinarea cu precizie a limitei de stabilitate prin creșterea treptată a factorului de proporționalitate a unor procese poate dura uneori nepermis de mult sau poate însemna funcționarea într-un regim nefavorabil a instalației.

2. Determinarea automată a parametrilor oscilațiilor procesului automatizat la limita de stabilitate

Un mod de a evita aceste inconveniente, deloc neglijabile în practica reglării automate, a fost propus în [1], [2] determinînd punctul de pe locul Nyquist corespunzător unui defazaj de -180 prin introducerea unui rețeu bipozițional activat numai de reacția negativă după măsură (referință nulă). Se arată că apar oscilații cu perioada T dacă:

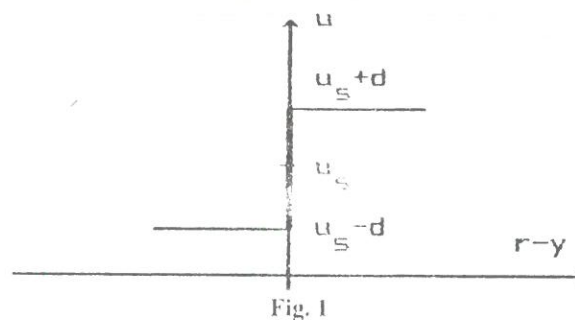
$$G(T/2, -1) = -\varepsilon/d \quad (1)$$

unde $G(T/2, z)$ notează funcția de transfer în z a procesului descrescut cu perioada $T/2$, ε lățimea histeresisului și d amplitudinea releului.

Pentru calculul parametrilor oscilațiilor (perioadă T și amplitudine A) se poate utiliza metoda funcției de descriere despre care în [1], [2] se arată că furnizează o bună aproximare a acestor parametri. Astfel, dacă se măsoară experimental T și A în cazul zgomotelor pe măsură redusă și a unui defazaj la frecvențe înalte de cel puțin $-3\pi/2$, pentru $\varepsilon = 0$, se pot determina direct parametrii necesari acordării unui regulator PID după metoda Ziegler - Nichols sau alte metode experimentale: perioada oscilațiilor la limita de stabilitate T și factorul de proporționalitate la limita de stabilitate $k_c = \frac{4d}{\pi A}$.

În utilizarea practică a acestui principiu avantajos de aplicare a criteriilor experimentale de acordare, trebuie ținut cont de faptul că parametrii oscilațiilor ce se instalează la limita de stabilitate se determină în diferite puncte de funcționare corespunzînd diferitelor valori ale referinței. În acest mod autoacordarea regulatorului devine posibilă ori de cîte ori în proces apar modificări de structură.

Rezultatul teoretic amintit poate fi aplicat însă, numai considerînd în structura cu referință arbitrară nenulă o neliniaritate care să asigure echivalența cu metoda prezentată [în Åström and Hägglund, 1984 a,b] pentru referință nulă. În cazul simplu al utilizării unui rețeu fără histeresis, caracteristica de funcționare a releului este prezentată în fig.1 unde u_s notează valoarea de regim staționar a comenzii.



De asemenea, parametrul d al releului trebuie ales astfel încît amplitudinea oscilațiilor pe de o parte să permită realizarea unor măsurători precise, iar pe de alta să nu altereze mult mărimea reglată.

3. Autoacordarea prin supervizare inteligentă și la intervenția operatorului

În conformitate cu [3], sistemul de supervizare inteligentă a buclei de reglare îndeplinește funcțiunile de monitorizare a regimurilor de funcționare și de

intervenție în structura de conducere a procesului când caracteristicile unui regim nu corespund specificațiilor. La pornirea instalației, când dinamica procesului este total necunoscută, autoacordarea necesită două etape a căror succesiune este asigurată prin funcția de supervizare. Impunându-se pentru mărirea de ieșire valoarea Y_r , în prima etapă se realizează o estimare grosieră a parametrilor oscilațiilor prin metoda din secțiunea 2, utilizând pentru releu $u_s = y_r/2$ și $d = y_r/2$, referința fiind $r = y_r/2$. Această estimare permite acordarea unui regulator PI prin relațiile Ziegler - Nichols, care în structura de reglare înlocuiește releul, permițând atingerea ieșirii prescrise y_r . La intrarea în regimul staționar y_r , debutează faza a doua care asigură autoacordarea unui regulator PID, pe baza parametrilor determinați prin conectarea unui releu cu u_s corespunzător valorii de regim staționar a comenzii livrate anterior de regulatorul PI. Valoarea d se alege automat în concordanță cu amplitudinea oscilațiilor generate în prima etapă.

Ulterior, reglarea buclei se realizează sub acțiunea algoritmului PID, concomitent cu monitorizarea regimurilor de funcționare. La detectarea începutului unui regim tranzitoriu, se stabilește dacă acesta se datorează unei modificări a referinței sau acțiunii unei perturbații.

În condițiile când supervisorul detectează un regim tranzitoriu instabil, se procedează la autoacordarea regulatorului PID conform procedurii descris în secțiunea 2, iar pentru evoluții stabile se au în vedere următoarele două situații:

- a) dacă regimul tranzitoriu stabil a fost declanșat de schimbarea referinței, supervisorul, pe baza performanțelor determinate (suprareglare, grad de amortizare și timp de răspuns), decide necesitatea unei reconfigurări a buclei; pentru variații reduse ale performanțelor în raport cu valorile prescrise, autoacordarea se realizează prin ajustări de tip euristic ale parametrilor regulatorului PID; în cazul când variațiile sînt mari, autoacordarea se realizează prin reaplicarea procedurii descris în secțiunea 2;
- b) dacă regimul tranzitoriu a fost declanșat de acțiunea unei perturbații, autoacordarea se realizează prin aplicarea procesului descris în secțiunea 2.

Acțiunea supervisorului în vederea autoacordării regulatorului PID poate fi inhibată, autoacordarea fiind inițiată numai la intervenția operatorului, pe baza informațiilor furnizate de funcția de monitorizare a procesului. De asemenea, operatorul poate proceda și la o acordare manuală, introducînd pentru parametrii valori rezultate pe baza altor procedee de acordare.

4. Implementarea și funcționarea unui regulator PID autoacordabil - Studiu de caz

Un sistem avînd funcția de transfer de forma

$$G(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2^2s+2\xi T_2s+T)}$$

cu $K, T_1, T_2, \xi > 0$ oarecare, a fost simulat pe un calculator analogic operînd în domeniul -10 V, 10 V conectat prin convertoare A/N și N/A pe 12 biți cu microcalculatorul gazdă a algoritmului de reglare autoacordabil. Modelul de laborator permite simularea tuturor variațiilor parametrilor din structură, în vederea testării funcționării autoacordării.

4.1 Implementarea regulatorului autoacordabil

Metodologia de programare utilizată în implementarea regulatorului autoacordabil a rezultat ca o consecință a experienței dobîndite în realizarea aplicațiilor de timp real din [4], [5].

Se poate afirma pe seama tuturor observațiilor anterioare că, în ansamblu, modul de programare cel mai avantajos se realizează în limbaj de asamblare și în FORTRAN care conduce la viteza de lucru și lungimea executabilelor celor mai favorabile. Cu toate facilitățile oferite de programare în C sau în PASCAL pe mașinile de 16 sau 32 biți, pentru configurațiile de 8 biți, implementările cele mai eficiente se bazează pe modulele de calcul matematic ale bibliotecii FORLIB. Software-ul respectă organizarea generală prezentată în fig.2, [4], [5], care necesită desfășurarea concurentă a trei task-uri:

TK1: achiziția mărimilor din proces, algoritmul PID, algoritmul bipozițional și funcțiile de supervizare;

TK2: stabilirea (modificarea) referinței și a parametrilor de acord în conformitate cu valorile citite de la un dispozitiv de intrare;

TK3: afișarea valorilor variabilelor considerate de interes în urmărirea procesului.

Pentru determinarea parametrilor oscilațiilor se folosește o fereastră mobilă care detectează punctele de extrem ale erorii $e = r - y$ și trecerile acesteia prin 0. Complexitatea algoritmului programat în TK1 impune pentru perioada de eșantionare o valoare minimă de 0.1 sec pentru arhitecturi cu UC pe 8 biți.

Operatorul poate interveni pentru inhibarea autoacordării și realizarea acordării în regim normal prin intermediul task-ului TK2.

4.2. Rezultate experimentale

În cadrul experimentelor, ieșirea sistemului y și comanda u furnizată de regulator au fost simultan reprezentate grafic pe inscripție $X - Y$.

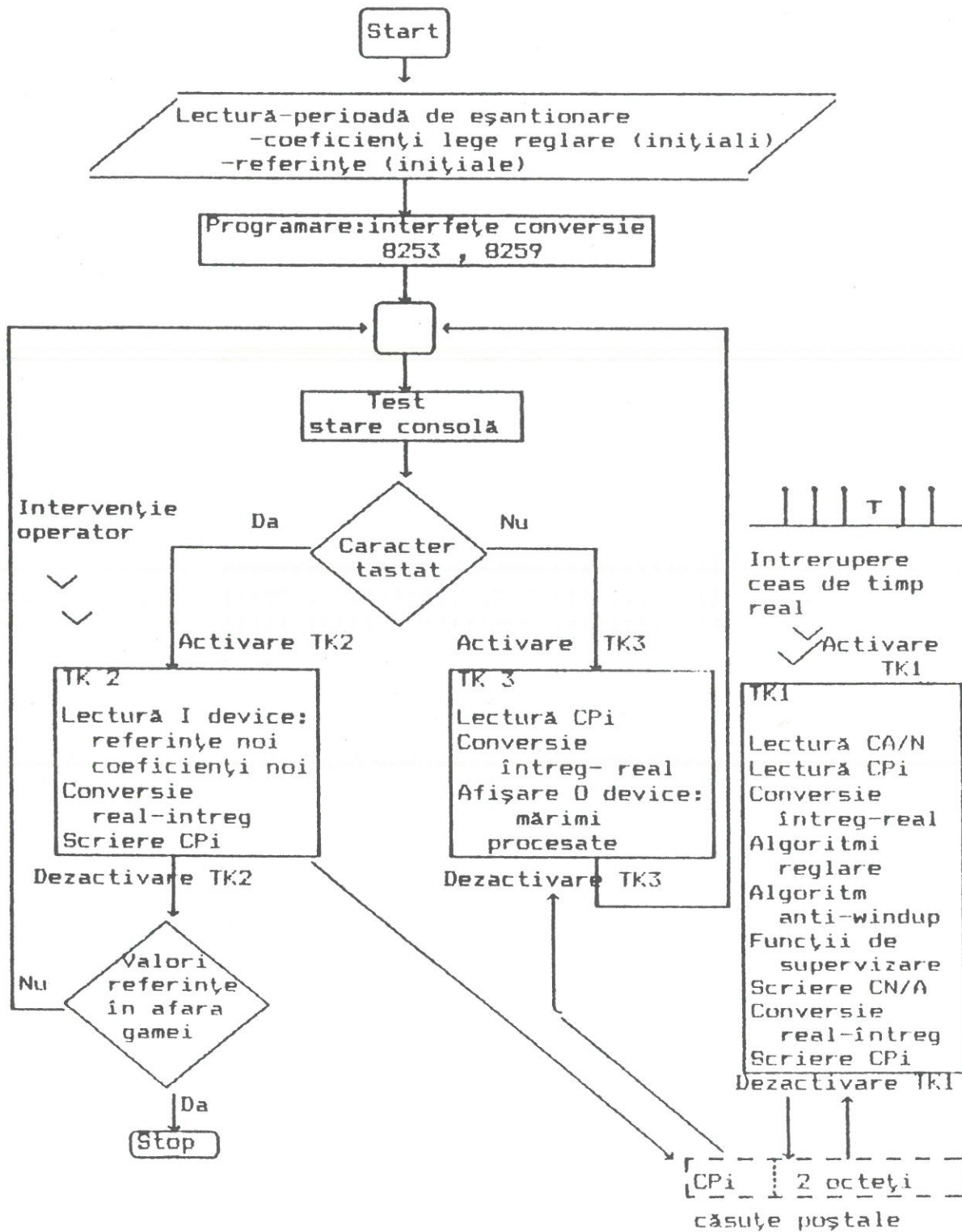
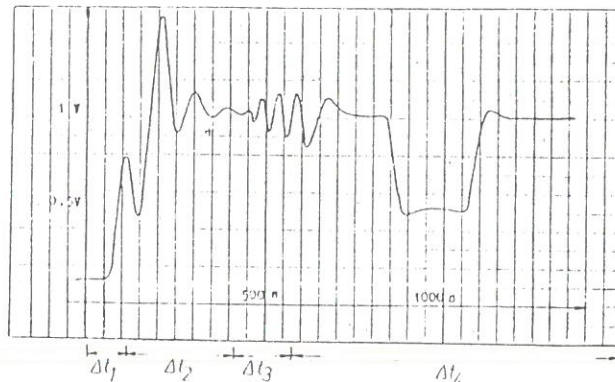
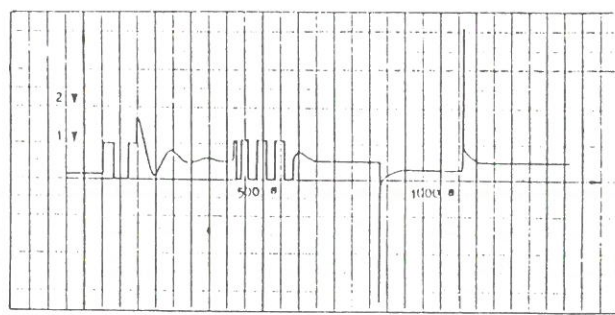


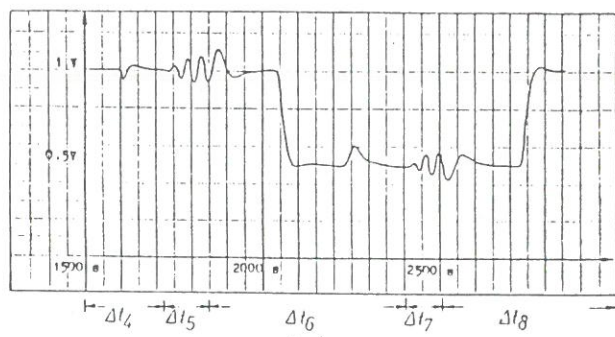
Fig. 2



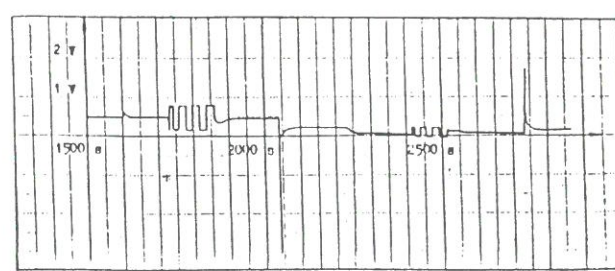
a-1



a-2



b-1



b-2

Fig. 3

Fig.3.a-1 și fig.3.a-2 ilustrează ieșirea, respectiv comanda pentru cele două etape de autoacordare (grosieră și fină) specifice pornirii sistemului din repaos: Δt_1 - funcționare releu pentru acordare grosieră, Δt_2 - funcționare regulator PI, Δt_3 - funcționare releu pentru acordare fină, Δt_4 - funcționare regulator PID. Se poate observa răspunsul foarte bun obținut cu regulatorul PID acordat în maniera prezentată, pentru succesiunea de referințe 1, 0.5, 1, în zona Δt_4 .

Fig.3.b-1 și fig.3.b-2 ilustrează evoluția ieșirii, respectiv comenzii pentru apariția a două perturbații care micșorează la jumătate constanta de timp T_1 după cca 1600 sec, respectiv dublează factorul de amplificare K după cca 2200 sec. Se constată intervenția supervisorului care realizează autoacordarea prin conectarea automată a releului: Δt_5 - funcționare releu pentru autoacordare, Δt_6 - funcționare regulator PID, Δt_6 - funcționare releu pentru autoacordare, - funcționare regulator PID, Δt_7 - funcționare releu pentru autoacordare, Δt_8 - funcționare regulator PID. Se poate observa calitatea bună a răspunsului obținut pentru succesiunea de referințe 1, 0.5, 1.

Trebuie remarcată necesitatea măsurării parametrilor oscilațiilor în vederea autoacordării fine după cel puțin 5 semiperioade de la amorsarea acestora, pentru a se ajunge într-un regim permanent.

5. Concluzii

Deși soluția prezentată nu este utilizată în mod curent în practica reglării automate, studiul de caz avut în vedere demonstrează rolul pe care îl poate avea în obținerea unor performanțe cât mai bune. Este de așteptat ca acest procedeu să se dovedească de o mare utilitate în proiectarea și implementarea structurilor de reglare evoluată a proceselor industriale, contribuind la îmbunătățirea regimurilor de exploatare și la reducerea consumurilor energetice.

Bibliografie

1. **ASTRÖM, K.J., HÄGGLUND, T.** - *Automatic Tuning of Simple Regulators*. In: *Prep. 9th World Congress IFAC*, 1984, Vol.8, PP. pp267- 272;
2. **ASTRÖM, K.J., HÄGGLUND, T.** - *Automatic Tuning of Simple Regulators with Specifications on Phase and Amplitude Margins*. În: *Automatica*, 1984, vol. 20, nr. 5, pp. 643-651;
3. **NISENFELD, A., DAVIS, J.R. (EDS.)** - *Artificial Intelligence Handbook: Applications*. Instrument Society of America, 1989.
4. **PĂSTRĂVANU, O., IFRIM, S.** - *Soluții de gestiune a resurselor în implementarea structurilor de reglare numerică pe arhitecturi de 8 biți*. În: *Lucrările celui de al III-lea Simpozion "Structura algoritmilor și echipamentelor de conducere a proceselor Industriale"*, Iași, 1991, vol. II, pp. 91-96;
5. **VOICU, M., PĂSTRĂVANU, O., LAZĂR, C.** - *Algoritmi de reglare numerică implementați pe microcalculatoare*. În: *Simpozionul Național de Teoria Sistemelor*, Craiova, 1991, vol. 1, pp. 90-95;
6. **ZIEGLER, J.G., NICHOLS, N.B.** - *Optimum settings for automatic controllers*. În: *Trans. ASME*, vol.65, pp. 433-444.

Legendă

Fig.1 Caracteristica de funcționare a releului utilizat în determinarea parametrilor oscilațiilor la limita de stabilitate pentru referință nenulă, corespunzătoare valorii de regim staționar a comenzii u_s (r-referință, y - măsură, u - comandă).

Fig.2 Organizarea aplicației de timp real

Fig.3 Ieșirea sistemului reglat (a-1, b-1) și comanda furnizată de regulatorul PID autoacordabil (a-2, b-2). Secvența de referințe: 1., 0.5, 1., 0.5 și 1. Perturbații parametrice la cca 1600 sec, respectiv cca 2200 sec.

CENTRUL de INSTRUIRE

DIGITAL

din ROMANIA

infiintat prin colaborare cu

Institutul de Cercetare in Informatică
(I.C.I.),

oferă stagii de instruire continuă pentru utilizatorii de
calculatoare VAX, microVAX sau compatibile (CORAL 8730) în
următoarele domenii:

SISTEMUL DE OPERARE VAX/VMS
Utilizare, Operare, Administrare

RETELE DE CALCULATOARE DECnet
Utilizare, Administrare

INTEGRARE PC-uri IN REELE DECnet
PathWORKS

PROGRAMARE
Utilizare servicii VMS din C, FORTRAN, COBOL

BAZE DE DATE Rdb
Programare, Proiectare

SISTEMUL DE OPERARE ULTRIX
Utilizare, Operare, Administrare

Să asigură cerințele standardelor DIGITAL de calitate în
domeniu (suporturi de curs, echipamente dedicate pentru
activitatea practică, certificate de absolvire recunoscute în
toată lumea).

Informatii si înscrieri:

Reprezentanta DIGITAL în Romania: Bucuresti, Tel:
312.55.08, 312.55.18.

I.C.I. - Bucuresti, B-dul Averescu, nr. 9-10, Tel:
665.28.90, 665.60.60/168., Fax 40-0-312.85.39.