

# ASPECTE ESENTIALE PRIVIND REGLAREA AUTOMATA

Nicolae Paraschiv, Gabriel Radulescu, Dan Ionita

Universitatea Petrol – Gaze din Ploiesti, Bdul. Bucuresti Nr. 39, 2000 Ploiesti  
nparaschiv@mail.upg-ploiesti.ro

**Rezumat:** Între functiile automatizarii proceselor un loc aparte revine mentinerii starii curente cât mai aproape de o stare de referinta. Aducerea procesului la starea de referinta sau pastrarea acestei stari implica aplicarea de comenzi catre procesul ce face obiectul reglariei. Aceste comenzi pot fi aplicate ca urmare a analizei efectelor sau a cauzelor. Cele doua stiluri de actiune impun cunoasterea procesului prin intermediul modelelor matematice. În ambele situatii, regulatorul, care genereaza marimea de comanda, realizeaza functia de conducere în cadrul sistemului de reglare. Indiferent de elementele care stau la baza elaborarii marimii de comanda, prin reglare se determina o ordonare, deci o scadere a entropiei.

## 1. Introducere

În mod uzual operam automate, în natura suntem înconjurați de automate, corpul nostru contine foarte multe automate. Misiunea tuturor acestor automate este reprezentata de pastrarea sau atingerea unei stari de referinta. Indiferent de tipul automatului (tehnice, economic, biologic) functionarea acestuia este reglementata de aceleasi principii. Aceasta unitate a fost pentru prima data demonstrata de Norbert Wiener în lucrarea *Cybernetika* aparuta în anul 1948.

Elaborarea comenzilor se poate face pe baza evaluarii efectelor sau a cauzelor, fiecare dintre cele doua maniere prezentând avantaje si dezavantaje. Algoritmii în baza carora sunt elaborate comenzile în cazul actiunii dupa abatere sunt universali, în timp ce comenzile aferente sistemelor cu actiune dupa perturbatie sunt generate conform unor algoritmi specifici.

Implementarea unei structuri de reglare impune cunoasterea modelului matematic al sistemului supus reglariei. Detinerea modelului dinamic este foarte importanta în cazul sistemelor cu actiune dupa perturbatie deoarece la aceste sisteme trebuie realizata o predictie asupra comenzii în vederea mentinerii starii de referinta.

Este important de subliniat corelatia care exista între *reglare, informatie si entropie* si faptul ca reglarea determina o micșorare a entropiei.

## 2. Reglare, informatie, entropie

Notiunea de sistem face parte din categoria notiunilor de maxima generalitate si, implicit, cu o mare arie de acoperire. Folosim zilnic, în situatii adecvate, dar mai ales neadecvate, termenul de *sistem*. Asadar ce este un sistem? În sens foarte larg un sistem este o colectie de obiecte aflate în interactiune, având asociate o anumita organizare si un anumit scop [1]. Un interes aparte prezinta sistemele dinamice caracterizate simplificat prin doua multimi de marimi dependente de timp, ilustrate în figura 1.

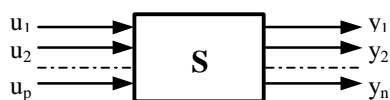


Fig. 1. Caracterizarea informatională a unui sistem.

Fiecare dintre componentele marimilor de intrare ( $u_i$ ) și de ieșire ( $y_j$ ) sunt functii de timp, multimea ordonata a valorilor timpului fiind o *submultime a numerelor reale*, respectiv

$$t \in T \subset \mathbb{R}^1. \quad (1)$$

În aceste conditii

$$u(t) = \{u_q(t)\} \text{ cu } u \in U \subset \mathbb{R}^p, \quad (2)$$

$$y(t) = \{y_k(t)\} \text{ cu } y \in Y \subset \mathbb{R}^n. \quad (3)$$

Tinând cont de ordonarea variabilei timp, colectiile de valori aferente asociate multimilor variabilelor de intrare respectiv ieșire permit formularea de concluzii referitoare la evoluția în timp a sistemului. Relatiile (2) și (3) arata ca multimile variabilelor de intrare  $U$  și ieșire  $Y$  apartin unor spatii topologice multidimensionale reale. Un spatiu în care variabila timp este asociata componentelor spatiului se numeste *spatiu de stare* [6]. Potrivit acestei definitii,  $\mathbb{R}^p$  și  $\mathbb{R}^n$  sunt spatii de stare, iar  $U$  și  $Y$  submultimi ale acestora.

Considerând timpul ca o coordonata *spatiala* separata se poate asocia înca o dimensiune spatiilor de stare, iar spatiile  $\mathbb{R}^{p+1}$  și  $\mathbb{R}^{n+1}$  se numesc spatii de *faza* (un asemenea spatiu fiind un spatiu real cu o coordonata temporală).

Din definitia sistemului rezulta ca organizarea reprezinta o latura fundamentala a unui sistem care concentreaza *structura si esenta sistemului* [1]. Astfel, exista doua dimensiuni ale organizarii și anume una morfologica aferenta structurii și una dinamica asociata *esentei* sistemului. Esenta are în vedere faptul ca existenta unui sistem este de neconceput în afara dimensiunii temporale.

O masura a gradului de organizare dintr-un sistem (respectiv a ordinii) este reprezentata de cantitatea de informatie. Se cunoaste ca informatia cuantifica proportia de diminuare a gradului de incertitudine prin realizarea unui eveniment dintr-un câmp de evenimente cu probabilitati cunoscute de aparitie. Pornind de la corelatia *incertitudine – organizare – ordine*, rezulta ca prezenta informatiei prin diminuarea incertitudinii induce ordine si implicit creste gradul de organizare  $O$  definit prin relatia

$$\Omega = (H_{\max} - H) / H_{\max}, \quad (5)$$

unde  $H$  si  $H_{\max}$  sunt valorile curente respectiv maxima ale entropiei informatonale. În sens informational, entropia reprezinta informatia medie asociata unui câmp de evenimente si se poate calcula cu relatia

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (6)$$

unde  $p_i$  este probabilitatea de realizare a evenimentului  $x_i$  dintr-un câmp de evenimente.

Entropia, introdusa în termodinamica prin relatia lui Boltzman [7], permite asocierea acesteia cu gradul de nedeterminare, respectiv de dezorganizare a sistemului (accentuarea nedeterminarii, respectiv a dezorganizarii, este însoțita de o crestere a entropiei). Aceasta asociere este confirmata si de relatia (5) pentru entropia informatonală, deoarece gradul de organizare este minim în conditiile entropiei maxime. În acest sens, cresterea cantitatii de informatie dintr-un sistem determina o descrestere a entropiei din sistem, cu alte cuvinte se poate stabili o relatie directa între *cunoastere si organizare*.

Asociind unui sistem o stare de echilibru (referinta), se defineste reglarea ca fiind actiunea de *refacere* a starii de echilibru în conditiile actiunii unor marimi externe sistemului numite *perturbatii*. Actiunea perturbatiilor determina o crestere a nedeterminarii si implicit a entropiei, reglarea provocând efecte inverse (cresterea gradului de organizare si scaderea entropiei). Întrucât introducerea ordinii se face cu efort, rezulta ca un sistem cu reglare necesita o resursa la care se apeleaza pentru refacerea starii de referinta, cunoscuta uzual sub denumirea de *marime de executie*. Din cele expuse anterior reiese faptul ca prezenta reglării induce ordine în sistem în timp ce absenta acesteia determina cresterea dezordinii.

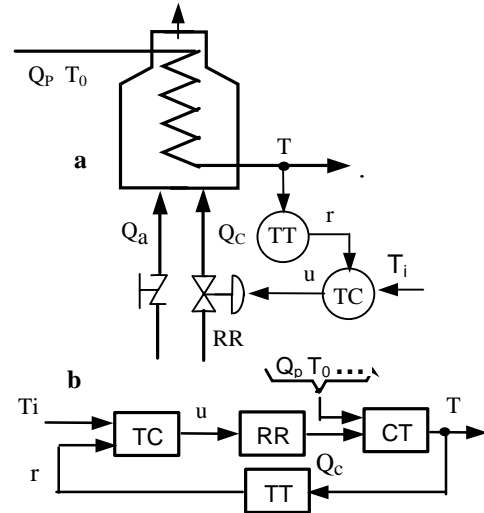
Corelatia notiunilor de *entropie, informatie, reglare* sta la baza definirii de catre Norbert Wiener a *Ciberneticii* ca stiinta a *reglării si a informatiei în sistemele din natura si societate*. [8].

### 3. Principiile reglării

În continuare vor fi abordate unele aspecte esentiale privind cele doua modalitati de realizare a reglării si anume *reglarea dupa efect (abatere)* si *reglarea dupa cauza (perturbatie)*. Vor fi avute în vedere sisteme fizice reale, respectiv sisteme caracterizate de inertie, la care modificarile intrarilor sunt resimtite de iesiri dupa un interval de timp nenul. Lumea vegetala si animala abunda în sisteme cu autoreglare, dupa modelul carora au fost dezvoltate sisteme de reglare tehnice, economice, etc. În 1784 James Watt a *inventat* structura sistemului de reglare automata a turatiei masinii cu abur, imitând de fapt, fara sa realizeze acest lucru, structurile de reglare specifice lumii vii. Cercetând fenomenele asociate comenzilor si comunicatiilor în sistemele tehnice, biologice, economice si sociale, Norbert Wiener, a conturat similaritatea acestora prin evidentierea existentei legaturii inverse (*feedback*). Pornindu-se de la cercetarile initiate de Wiener, prin dezvoltari ulterioare au fost evidentiata doua principii (legi) specifice sistemelor cu autoreglare si anume *Principiul*

*Reglării dupa Abatere (PRA)* si *Principiul Reglării dupa Perturbatie (PRP)*.

**PRA** afirma existenta sistemelor la care comenzile se modifica în urma sesizării unei necorcondante (respectiv a unei abateri) între starea curenta si cea de referinta. În figura 2 se prezinta un exemplu de astfel de Sistem de Reglare Automata (SRA) si anume SRA a temperaturii la iesirea produsului încălzit dintr-un cuptor tubular.



**Fig.2.** Reglarea automata dupa abaterea temperaturii: a – schema principiala; b – schema bloc; TC, TT – regulator, traductor de temperatura; RR – robinet de reglare; CT – cuptor tubular; Ti, T – temperatura prescrisa, reglata.

Din multimea variabilelor de intrare care influenteaza temperatura  $T$  ( $Q_p$  - debitul de produs,  $T_0$  - temperatura acestuia,  $Q_c$  - debitul de combustibil,  $Q_a$  - debitul aerului de combustie, etc.) a fost aleasa drept marime de executie *debitul de combustibil  $Q_c$* , iar restul marimilor sunt considerate perturbatii.

În structura sistemului cu reglare, alaturi de proces, pe lângă traductorul de temperatura TT intra dispozitivul de comanda (regulatorul automat) TC si robinetul de reglare RR.

Sistemul reactioneaza la orice modificare a valorii marimii reglate  $T$  cauzata fie de variatia unei perturbatii fie de schimbarea referintei  $T_i$ . De exemplu, la o crestere a debitului de materie prima (a sarcinii cuptorului), temperatura  $T$  va scadea, scadere care va fi sesizata de catre traductorul de temperatura TT. Aceasta scadere va fi transmisa regulatorului TC, care va genera comanda  $u$  concretizata în cresterea debitului de combustibil  $Q_c$ . Aceasta crestere va conduce la intensificarea transferului termic în focarul cuptorului, fapt ce va produce în final o revenire a temperaturii  $T$  la valoarea de referinta  $T_i$ .

SRA care functioneaza în baza PRA prezinta urmatoarele caracteristici importante [5]:

- abaterea este eliminata indiferent de cauza aparitiei acesteia (actiunea unei perturbatii sau modificarea referintei);
- eliminarea abaterii nu se face instantaneu, ci într-un timp care este cu atât mai mare cu cât *inertia procesului*



variație a temperaturii la ieșire  $\Delta T$  va avea două componente corespunzătoare celor două canale, respectiv

$$\Delta T = \Delta T_I + \Delta T_{II} \quad (8)$$

Pentru respectarea PRP va trebui ca variația temperaturii la ieșire să fie nulă, respectiv

$$\Delta T = 0 \text{ sau } \Delta T_I = -\Delta T_{II} \quad (9)$$

adică efectele pe cele două canale trebuie să fie egale în modul, opuse ca semn și sincronizate din punct de vedere dinamic.

Pentru realizarea acestui deziderat algoritmul de determinare a comenzii va trebui să țină cont de caracteristicile procesului, aspect ilustrat de relația (10)

$$a_P \frac{dQ_C}{dt} + Q_C = Q_P \cdot \frac{c_P}{q_C} \cdot (T_i - T_0) + \frac{W_P}{q_C} \quad (10)$$

în care:  $a_P$  este constanta de timp pe canalul II,  $Q_C$  – debitul de combustibil;  $c_P$  – caldura specifică a produsului;  $q_C$  – puterea calorică a combustibilului;  $W_P$  – debitul caloric de pierdere;  $Q_P$ ,  $T_0$  – debitul respectiv temperatura produsului la intrarea în cuptor;  $T_i$  – temperatura prescrisă (referință).

Pentru deducerea MMD ilustrat prin relația (10) s-a utilizat ecuația de transport generalizată a energiei termice, în care debitul caloric  $W_P$  reflectă termenul asociat consumului  $C$ . Structura MMD din relația (10) sugerează elementele care compun referința I din figura 3, respectiv  $I = \{c_P, q_C, T_i, W_P, \dots\}$ .

Alte instrumente de analiză a comportării dinamice a sistemelor sunt funcțiile de transfer și de frecvență. Această modalitate presupune transformarea funcțiilor de timp în funcții de variabilă complexă, ceea ce determină operarea cu ecuații algebrice în loc de ecuații diferențiale.

## 5. Reglare și conducere

Operarea cu anumiți termeni necesită o cunoaștere corespunzătoare a ariei de acoperire, a diferențelor, a eventualelor echivalente etc. Este de asemenea importantă stabilirea unor corespondențe cu termeni din limbi de largă circulație, în primul rând cu limba engleză. În continuare vor fi expuse câteva considerații în legătură cu unii dintre termenii abordați în această lucrare cum ar fi: *reglare, conducere, control*.

În literatura de specialitate anglo-saxonă, termenii de *reglare și conducere* sunt acoperiți prin cel de *control*. Asadar, sintagma *process control* poate semnifica *reglarea procesului* dar și *conducerea procesului*. Termenul *control* există și în limba română, acesta desemnând un ansamblu de operații destinat garantării înscrierii performanțelor unui produs în limitele de toleranță admise [4]. Considerând că în situația neîncadrării pot fi adoptate măsuri de corecție se poate stabili o oarecare similitudine cu reglarea. Tot în literatura anglo-saxonă există și termenul *regulate* care promovează reglarea în sens de ajustare, iar termenului *regulator* îi corespunde un dispozitiv cu ajutorul căruia se efectuează reglarea [3].

În prezent, după opinia autorilor, nu se face o delimitare clară între conținutul noțiunilor de *reglare și conducere*, cu referire la domeniile automatizării și automatizărilor. După

cum s-a arătat, reglarea reprezintă acțiunea prin care un sistem își menține starea curentă cât mai apropiată de starea de referință. Fortând puțin nota se poate defini *reglabilitatea* ca fiind proprietatea unor sisteme de a fi *sisteme cu reglare* în sensul prezentat mai sus. Conducerea este asociată generării comenzilor, în structurile de reglare prezentate acest rol revenindu-i regulatorului. Pornind de la observațiile de mai sus rezultă că funcția de reglare o include pe cea de conducere.

Este important de precizat că diferențierea dintre *reglare și conducere* este justificată și de obiectivele diferite asociate acestora. Obiectivul reglării este determinat de aducerea sau menținerea sistemului la starea de referință în timp ce obiectivul conducerii este determinat de elaborarea și aplicarea corectă a comenzilor.

## 6. Concluzii

Lucrarea prezintă câteva aspecte importante referitoare la problematica reglării. Este evidențiată corelația care există între *reglare, informație și entropie*, reglarea contribuind la reducerea entropiei în sistem.

Principiile reglării sunt valabile atât pentru sistemele biologice, cât și pentru cele create de om (tehnice, economice, etc.). Reglarea după abatere este mai simplă de realizat, prezentând avantajul eliminării abaterii indiferent de cauza determinantă. Reglarea după perturbare, prin predicția care se face asupra comenzii, elimină regimurile tranzitorii asociate marimii reglate la modificarea perturbațiilor considerate. Ambele moduri de acțiune prezintă și neajunsuri care pot fi diminuate prin reglarea combinată.

Atingerea obiectivelor specifice celor două stiluri de reglare implică cunoașterea modelului matematic al obiectului reglat, un loc aparte revenind modelelor aferente reglării după perturbare.

În încheierea lucrării se prezintă anumite delimitări între noțiuni care aparent au aceeasi arie de acoperire și anume: *reglare, conducere, control*.

## 7. Bibliografie

- [1] Constantinescu, P., *Modelarea unitară a genezei și dezvoltării sistemelor*, Ed. Tehnica, București, 1983.
- [2] Hanganut, M., *Automatica*, Ed. Didactica și Pedagogică, București, 1971.
- [3] Hornby, A.S., *Oxford Advanced Learner's Dictionary*, Oxford University Press, Oxford, 1990.
- [4] Ionescu, G., Ionescu V., *Automatica de la A la Z*, Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1987.
- [5] Marinoiu, V., Paraschiv, N., *Automatizarea proceselor chimice*, Ed. Tehnica, București, 1992.
- [6] Penescu, C., *Sisteme. Concepte, caracterizări, sisteme liniare*, Ed. Tehnica, București, 1975.
- [7] Reif, F., *Fizica statistică*, Ed. Didactica și Pedagogică, București, 1983.
- [8] Wiener, N., *Cibernetica*, Ed. Științifică, București, 1966.