

Modulul 1

Elemente de analiză a sistemelor automate de reglare

Obiective

- Exemplu de sistem automat de reglare
- Schema bloc a sistemului automat de reglare
- Condiții generale de stabilitate
- Calitatea sistemelor de reglare automată

1.1. Exemplu de sistem automat de reglare

Sistemul automat de reglare menține la o valoare prestabilită o mărime din proces. În figura 1.1. este prezentat un sistem de reglare automată a nivelului.

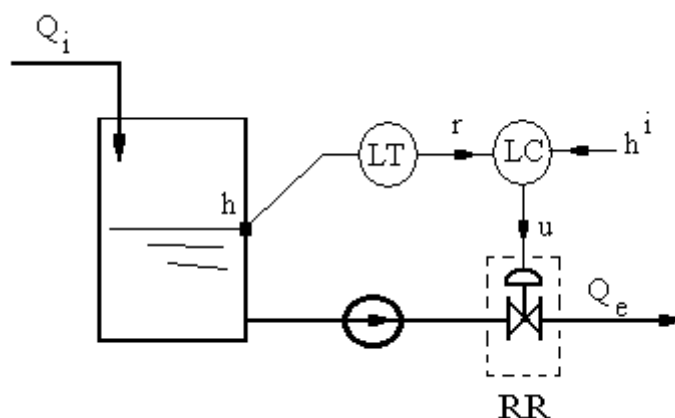


Fig. 1.1. Sistemul de reglare automată a nivelului: LT – traductor de nivel;
LC – regulator de nivel; h – nivelul în vasul de acumulare; r – semnal de reacție;
 u – semnal de comandă; h^i – prescrierea regulatorului.

Pentru sistemul de reglare, elementele constitutive ale dispozitivului de automatizare sunt:

- Traductorul
- Regulatorul
- Elementul de execuție.

1.2. Schema bloc a sistemului automat

Sistemul automat are o structură de tip intrare – ieșire, structură prezentată în figura 1.2.

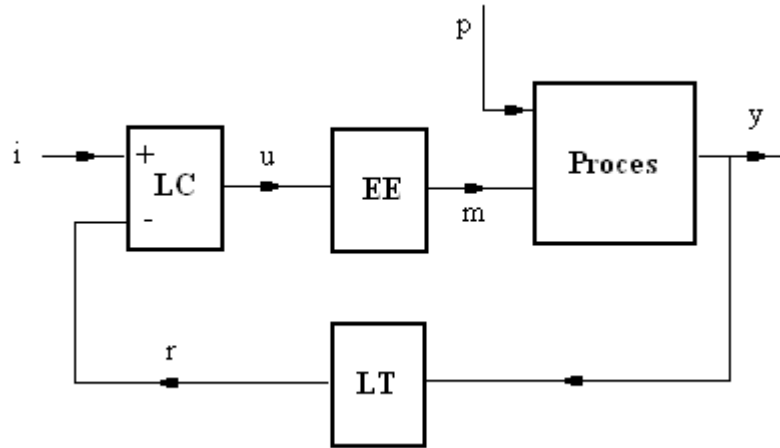


Fig. 1.2. Schema bloc a unui sistem automat de reglare: i – prescriere; u – comandă; m – mărime de execuție; p – perturbație; y – mărime reglată; r – reacție.

Pentru sistemul de reglare al nivelului, sistem prezentat în figura 1.1, schema bloc are următoarea formă particulară, figura 1.3.

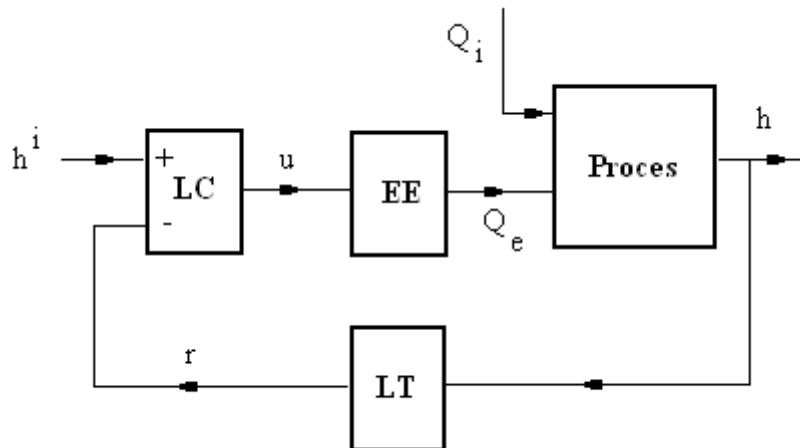


Fig. 1.3. Schema bloc a sistemului automat de reglare a nivelului: h^i – prescriere; u – comandă; Q_e – mărime de execuție; Q_i – perturbație; h – mărime reglată; r – reacție.

1.3. Condiții generale de stabilitate

În general, conceptul de stabilitate înseamnă echilibru. Sunt cunoscute diverse exprimări ale echilibrului: echilibrul mecanic al unui pendul, echilibrul sarcinilor electrice, echilibrul chimic, echilibrul psihic, etc.

În cadrul sistemelor automate de reglare problema stabilității reprezintă o cerință fundamentală în proiectarea și exploatarea acestor sisteme. În figura 1.4 este prezentat sistem de reglare automată a temperaturii, sistem ce va fi analizat în cele ce urmează.

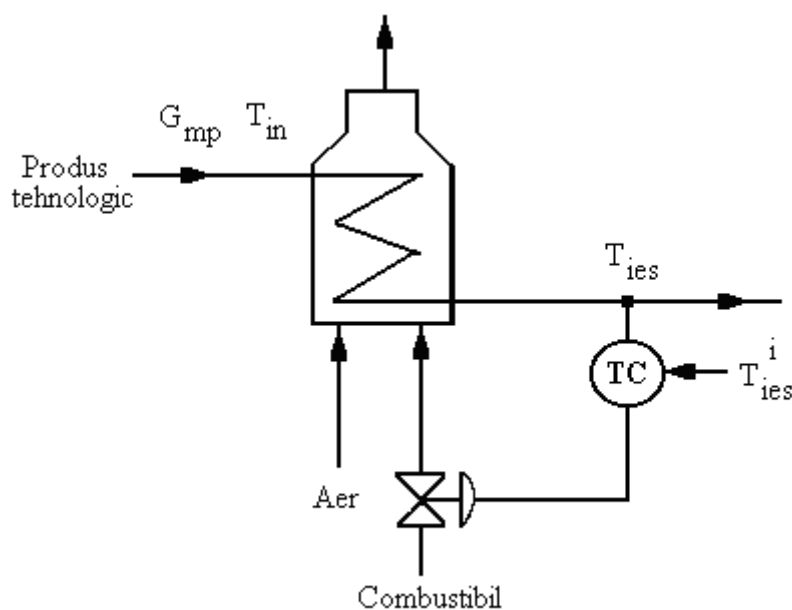


Fig. 1.4. Sistem de reglare a temperaturii la un cuptor tubular.

Toți utilizatorii doresc ca sistemele automate să mențină mărimea reglată la valoarea prescrisă, indiferent de acțiunea perturbațiilor sau la modificarea prescrierii. Pentru caracterizarea acestei situații sunt utilizate două formulări ale conceptului de stabilitate pentru sistemele automate de reglare.

Formularea 1. *Un sistem de reglare automată este stabil atunci când la intrările nule ieșirile sunt nule.*

Pentru sistemul automat de reglare din figura 1.4, mărimea de intrare este prescrierea T_{ies}^i iar mărimea de ieșire este mărimea reglată T_{ies} . Aceste mărimi nu pot avea valori nule și în acest caz formularea 1 a condiției de stabilitate se poate aplica doar la variații ale acestor mărimi. În figura 1.5 este prezentată comparativ dinamica

mărimilor intrare-ieșire și ale variațiilor acestora pentru sistemul automat de reglare a temperaturii din figura 1.4. Astfel, interpretarea corectă a formulării 1 este:

Un sistem de reglare automată este stabil atunci când la intrări constante în timp ieșirile sunt constante în timp.

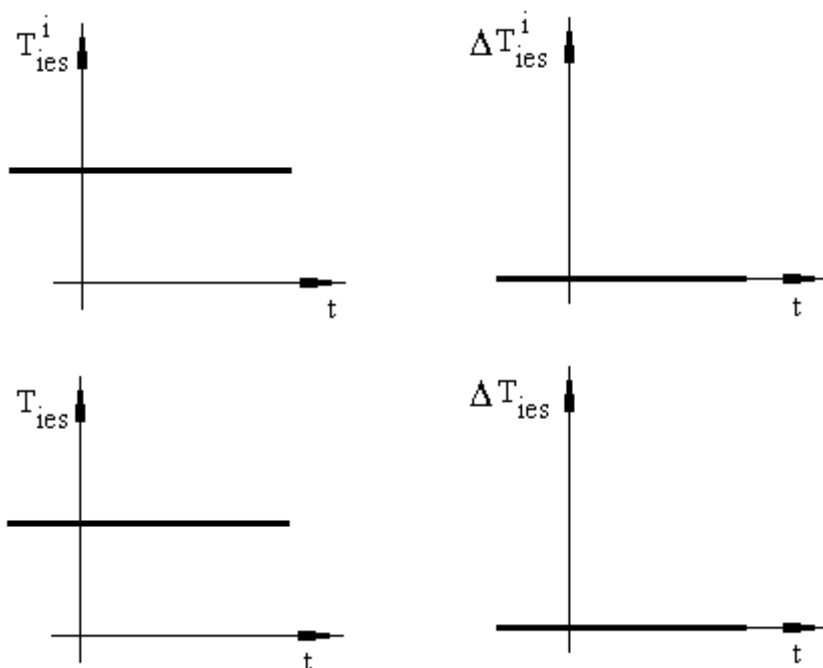


Fig. 1.5. Transformarea mărimilor intrare-ieșire în variații.

Formularea 2. *Un sistem este stabil dacă la intrări finite se obțin ieșiri finite.*

În contextul sistemului automat de reglare a temperaturii din figura 1.4, mărimea de intrare, prescrierea T_{ies}^i , se modifică treapta de la 340°C la 350°C, figura 1.6. Mărimea de ieșire, temperatura reglată T_{ies} , are o dinamică de la 340°C la 353°C. Deși mărimea reglată nu este egală cu mărimea prescrisă, sistemul de reglare automată este stabil deoarece la intrare finită, 340°C, ieșirea este de asemenea finită, 353°C.

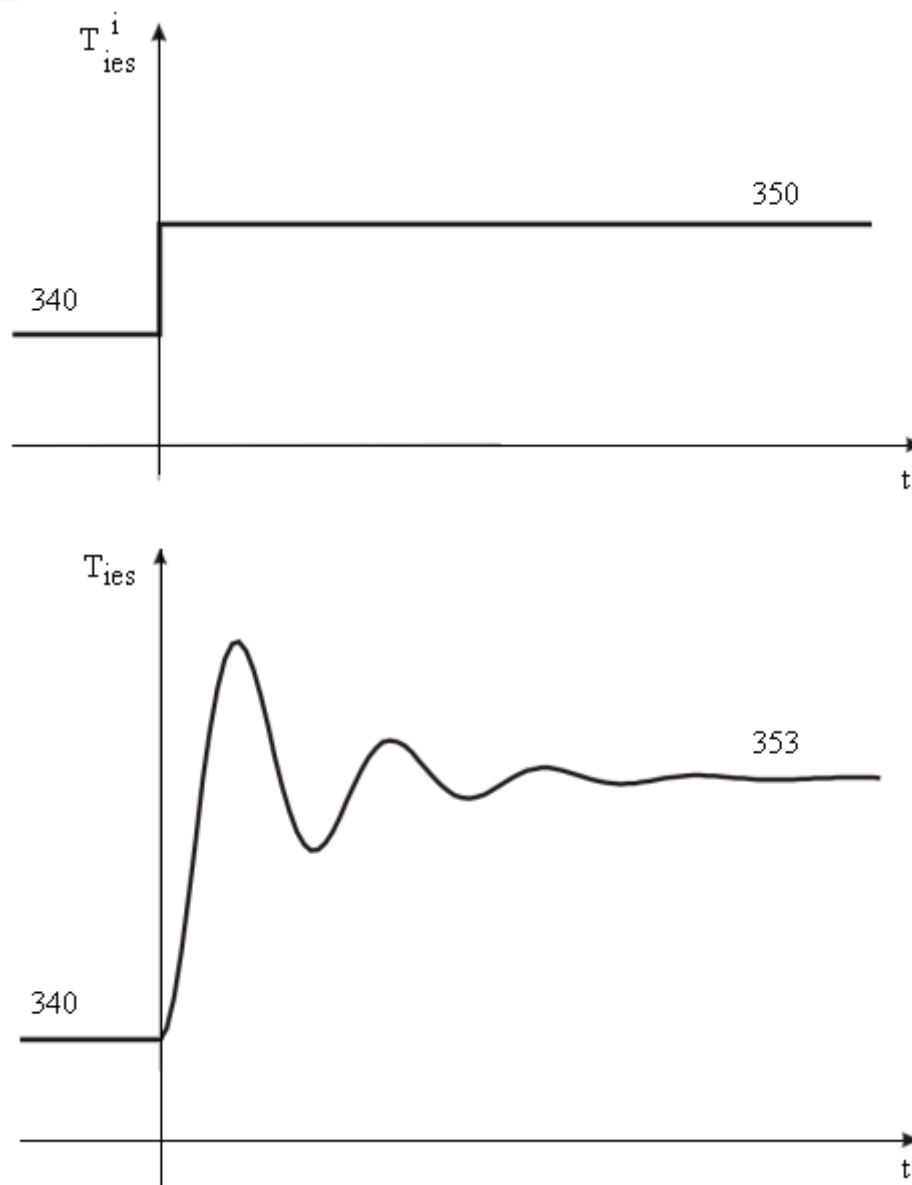


Fig. 1.6. Dinamica SRA-T la modificarea treaptă a prescrierii.

1.4. Sisteme instabile

În opoziție cu sistemele stabile descrise în paragraful anterior, sistemele instabile sunt caracterizate prin variații dinamice oscilatorii ale mărimii de ieșire. În figura 1.7 este prezentat un regim dinamic instabil, în care temperatura reglată, T_{ies} , oscilează în jurul valorii medii.

Sistemele instabile nu pot fi operate, producând pierderi financiare datorate abaterilor mărimii reglate față de prescriere, depășirea semnificativă a valorii prescrierii (eveniment care duce procesul în alt punct de funcționare), modificarea sistematică a

cursei robinetului de reglare (situație care conduce la deteriorarea robinetului de reglare).

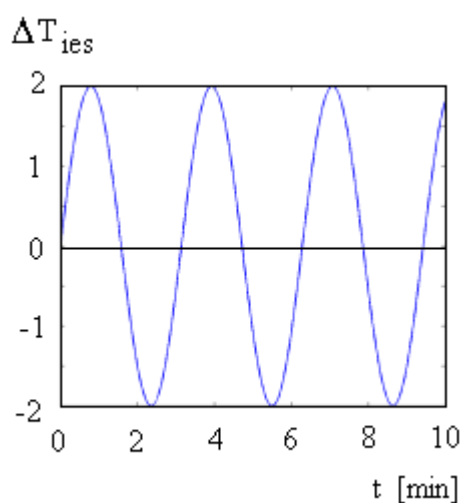


Fig. 1.7. Exemplu de evoluție dinamică a unui SRA instabil.

1.5. Calitatea sistemelor de reglare automată

Prin conceptul de calitate se inteleg anumite proprietati ale raspunsului sistemului automat, atat in regim stationar cat si in regim dinamic.

Regimul stationar. In regim staționar, la referință sau perturbație tip treaptă unitară, calitatea reglării unui sistem de reglare stabil este dată de valoarea erorii staționare. Sistemul este cu atât mai precis, cu cât eroarea staționară are valoarea în modul mai mică. Interpretarea geometrică a erorii staționare la referință și perturbație treaptă este ilustrată în figura 1.8.

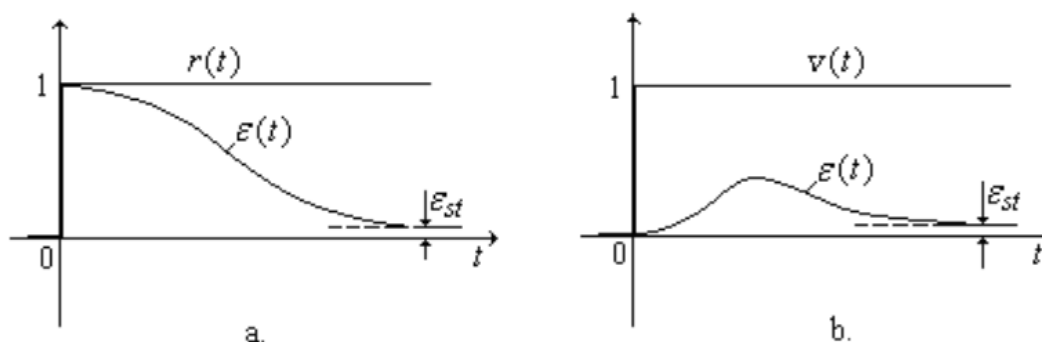


Fig. 1.8. Interpretarea erorii staționare pentru referință și perturbație treaptă.

În concluzie, eroarea staționară este nenulă, dar cu atât mai mică cu cât factorul de proporționalitate K_R al regulatorului este mai mare. Pentru cele mai multe sisteme de reglare automate industriale (de reglare a debitului, presiunii, temperaturii), factorul de proporționalitate al regulatorului nu poate fi însă mărit prea mult, deoarece sistemul de reglare tinde să devină oscilant sau chiar instabil.

Pentru sisteme de reglare automată stabile, caracterizate prin procese proportionale atât pe canalul comanda - marime de iesire cât și pe canalul perturbatie - marime de iesire de tip proporțional, sunt adevărate teoremele [Cirtoaje]:

- a) Dacă regulatorul este de tip proporțional, atunci eroarea staționară este nenulă și finită la intrare treaptă (cu atât mai mică în modul cu cât factorul de proporționalitate al regulatorului este mai mare.
- b) Dacă regulatorul conține o componentă integrală, atunci eroarea staționară este nulă la intrare treaptă.

Observație. Atunci când procesul este de tip integral (procesele de acumulare asociate SRA nivel), eroarea staționară la referință sau perturbație treaptă este nulă chiar și în cazul unui regulator de tip proporțional.

Regimul dinamic. În regim dinamic, calitatea reglării sistemelor automate este descrisă cu ajutorul unor indici de performanță asociați de obicei răspunsului sistemului la referință sau perturbație tip treaptă.

Dintre indicii de calitate mai frecvent utilizați în analiza și sinteza sistemelor de reglare automată se menționează durata regimului tranzitoriu și suprareglajul.

Durata regimului tranzitoriu reprezintă intervalul de timp cuprins între momentul $t = 0$ în care referința se modifică sub formă de treaptă și momentul în care mărimea reglată $y(t)$ atinge pentru ultima dată una din limitele $\pm \Delta y_{st}$, fără a mai ieși din zona cuprinsă între cele două limite, figura 1.9.

Un sistem de reglare automată este cu atât mai performant sub aspect dinamic cu cât durata regimului tranzitoriu este mai mică.

Suprareglajul σ se definește ca fiind depășirea relativă maximă a valorii staționare a ieșirii. În proiectarea sistemelor de reglare se impune limitarea superioară a

suprareglajului σ la o valoare cuprinsă între 1 și 15 %, în funcție de specificul sistemului și de performanțele dorite.

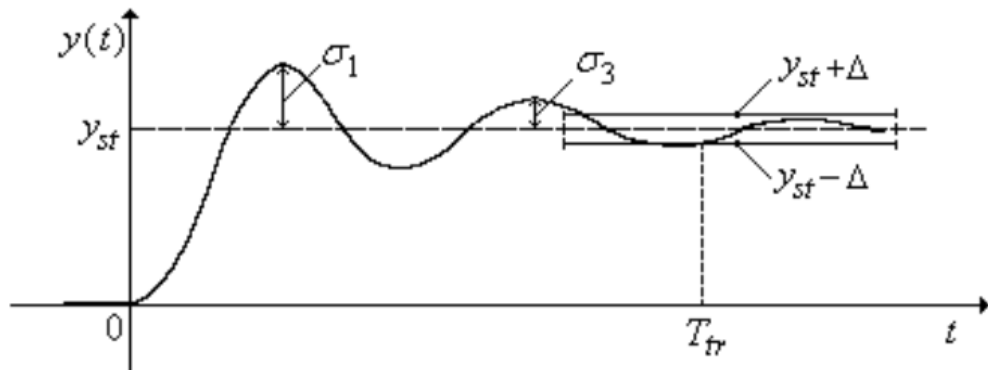


Fig. 1.9. Indicatori de calitate asociați răspunsului indicial.

1.6. Probleme și întrebări

- 1.6.1. Desenați un sistem de reglare a temperaturii la un cuptor tubular și schema bloc asociată.
- 1.6.2. Enumerați cele două formulări ale unui sistem stabil și desenați graficele explicative.
- 1.6.3. Desenați un exemplu de evoluție dinamică a unui SRA instabil.
- 1.6.4. Care este valoarea erorii stationare în cazul în care regulatorul este proporțional?
- 1.6.5. Care este valoarea erorii stationare în cazul în care regulatorul este integrator?
- 1.6.6. Ce regulator ar trebui folosit pentru a avea
- 1.6.7. Enumerați indicatorii de calitate asociați răspunsului indicial.