

Capitolul 1 Conducerea proceselor tehnice

1.1. Procesul tehnic și conducerea acestuia

Un proces tehnic reprezintă o instalație, un echipament, un mecanism, un utilaj, eventual un subansamblu de elemente ce funcționează împreună având scopul de a realiza o anumită sarcină.

Conducerea unui proces tehnic este posibilă numai după stabilirea unui obiectiv al conducerii ce definește destinația funcțională a procesului respectiv.

1.1.1. Procesul tehnic

Un proces tehnic este caracterizat printr-un ansamblu de mărimi de stare, x , și de ieșire, y , asupra cărora acționează atât un număr de mărimi de execuție, m , cât și un set de mărimi perturbatoare, v , ca în Fig.1.1.

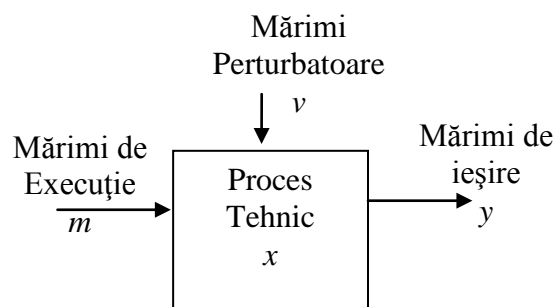


Fig.1.1.

Conducerea procesului tehnic reprezintă un ansamblu de acțiuni care se efectuează asupra procesului, prin intermediul mărimilor de execuție m , în scopul aducerii și menținerii marimilor de ieșire y la acele valori care să satisfacă obiectivele impuse, indiferent de evoluția mărimilor perturbatoare, v .

Conducerea procesului tehnic are un caracter permanent întrucât perturbațiile se manifestă în mod continuu asupra procesului.

Acțiunea efectivă asupra procesului se realizează prin intermediul unor elemente numite elemente de execuție. Intervenția asupra procesului este dată prin mărimile de comandă, u , care, aplicate elementelor de execuție determină apariția mărimilor de execuție, m . Mărimile controlate sunt mărimile de ieșire, y .

Pentru un proces tehnic funcționând în buclă deschisă, reprezentarea schematică este dată în Fig.1.2.

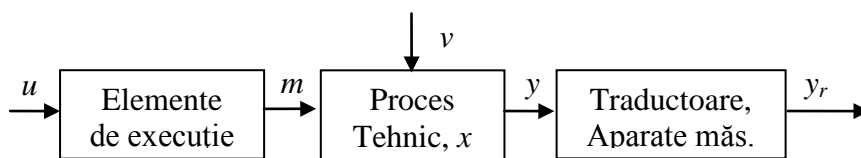


Fig.1.2.

Mărimea de ieșire a procesului, y , poate fi cunoscută prin intermediul unor traductoare sau aparate de măsură.

Conducerea procesului tehnic poate fi formulată astfel: fiind precizat obiectivul conducerii și cunoscând în permanență mărimile măsurate, y_r (corespunzătoare mărimilor de ieșire y), să se elaboreze mărimea de comandă u astfel încât să fie atins și menținut obiectivul conducerii.

Atunci când elaborarea și aplicarea comenzilor se efectuează de către un operator uman, avem de a face cu o conducere manuală a procesului, iar când aceste comenzi sunt efectuate prin intermediul unor mijloace tehnice, fără intervenția operatorului uman, conducerea procesului este automată.

1.1.2. Proces tehnic în buclă închisă

Schema de principiu a unui sistem de conducere a proceselor este dată în Fig.1.3.

Operatorul uman sau mijlocul tehnic de conducere primește în permanență informații prin intermediul mărimii măsurate, y_r . Aceste valori sunt comparate cu valorile prescrise y_p , iar pe baza rezultatului obținut sunt elaborate mărimile de comandă, u .

Acestea modifică, prin intermediul elementelor de execuție EE mărimile de execuție care schimbă starea procesului și deci valorile măsurate, y_r , ale mărimilor de ieșire, y .

Este evidentă, în structura acestui sistem, legatura inversă (feedback, reacție negativă) ce permite aducerea evoluției mărimilor de ieșire, y , prin marimile măsurate, y_r , lângă valorile prescrise y_p în vederea efectuării comparației și elaborării comenzii, u .

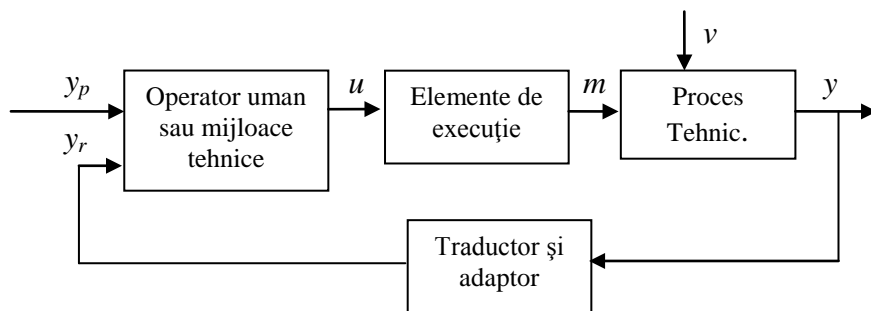


Fig.1.3.

Ansamblul format din procesul tehnic și mijloacele tehnice care asigură conducerea acestuia fără intervenția operatorului uman se numește sistem automat.

Mijloacele tehnice capabile să asigure conducerea automată a proceselor se numesc echipamente de automatizare. Acestea sunt de obicei reglatoare (dacă se elaborează legi de reglare standard) sau controlere (compensatoare) atunci când elaborează legi de comandă neconvenționale.

1.2. Sisteme de reglare automată

Fiind dat procesul tehnic și având impuse anumite performanțe, este necesară alegerea elementelor de execuție și a traductoarelor. Procesul tehnic, împreună cu EE și traductorul reprezintă partea fixată a sistemului, ca în Fig.1.4.

Semnificația elementelor și a mărimilor care intervin este următoarea:

- EP – element de prescriere
- EC – element de comparație
- R – regulator

EE	– element de execuție
PT	– proces tehnic
T_r	– traductor
PF	– partea fixată a sistemului
EA	– echipamentul de automatizare
y_p	= mărimea prescrisă
y_r	= mărimea măsurată
r	= mărimea de referință
ε	= $r - y_r$ = abaterea
u	= mărimea de comandă
m	= mărimea de execuție
v	= perturbația
y	= mărimea de ieșire

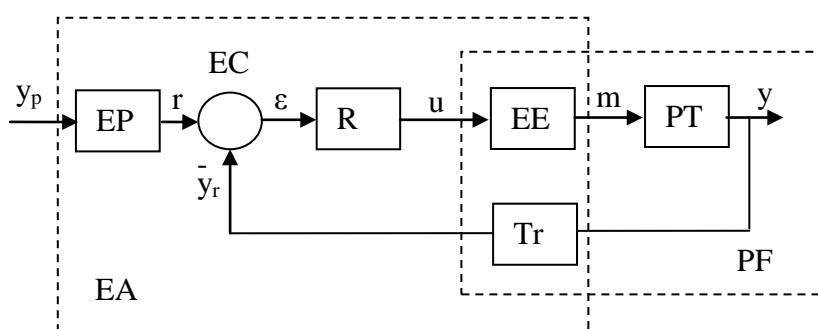


Fig.1.4.

Uneori, din partea fixată fac parte numai PT și EE, traductorul T_r fiind evidențiat separat, pe calea de reacție.

Prin traductor se înțelege un ansamblu format dintr-un element sensibil și un adaptor capabil să transforme mărimea de ieșire y în mărimea de reacție y_r (mărimea măsurată), având aceeași natură fizică și același domeniu de variație cu mărimea de referință, r .

La rândul său, referința r este furnizată de către elementul de prescriere EP care primește la intrare mărimea prescrisă, y_p .

Elementul de comparație, EC, realizează diferența între referință și mărimea măsurată și furnizează abaterea $\varepsilon = r - y_r$.

Regulatorul prelucrează abaterea ε (iar uneori și mărimea măsurată y_r) în conformitate cu legea de reglare aleasă și furnizează mărimea de comandă, u .

De multe ori, elementul de prescriere, elementul de comparație și regulatorul formează un singur ansamblu care este numit în continuare „regulator”.

Mărimea de comandă u este aplicată elementului de execuție EE, acesta furnizând mărimea de execuție m prin intermediul careia se modifică fluxul de energie și substanță ce intră în proces și care, în final, modifică mărimea de ieșire y și deci și valoarea măsurată y_r în scopul anulării abaterii ε .

În general, elementul de execuție EE cuprinde un element de acționare și un element de reglare. Elementul de acționare furnizează energia mecanică necesară elementului de reglare care acționează efectiv asupra procesului tehnic.

Un sistem care realizează anularea abaterii ε indiferent de mărimile perturbatoare care acționează asupra procesului tehnic se numește sistem de reglare automată.

1.2.1. Tipuri de sisteme de reglare automată

În funcție de obiectivul ce trebuie atins, deosebim:

- sisteme de rejecție a perturbațiilor, în care $r = constant$, rezultând $y = constant$, indiferent de evoluția perturbațiilor;
- sisteme de reglare automată cu program, în care $r = f(t)$, funcție cu o variație cunoscută;
- sisteme de urmărire, în care $r = g(t)$, având o variație imprevizibilă.

Dacă asupra procesului tehnic acționează perturbații ce influențează puternic o serie de mărimi intermediare, măsurabile ale procesului, este necesară realizarea unui sistem de reglare în cascadă, prevăzut cu un număr de regulatoare egal cu numărul mărimilor controlate din proces. O astfel de structură crește viteza de reacție a sistemului și micșorează influența perturbațiilor asupra mărimii de ieșire.

1.3. Etapele parcurse pentru implementarea unui sistem de control

Pentru implementarea unui sistem de control automat este necesară parcurgerea mai multor etape.

Mai întâi este necesară studiarea sistemului/procesului tehnic ce urmează a fi controlat și stabilirea senzorilor și a elementelor de

execuție/actuatoarelor ce vor fi utilizați cât și a locului în care aceste elemente vor fi amplasate în cadrul procesului.

Urmează stabilirea unui model matematic pentru procesul ce urmează a fi condus iar, dacă este necesar, simplificarea modelului, fără a pierde elementele definitorii ale comportării acestuia.

Se analizează apoi modelul rezultat, stabilind proprietățile de bază ale acestuia.

Pentru a se defini o strategie de control este necesară stabilirea mai întâi a performanțelor impuse sistemului de control.

În funcție de performanțele impuse și de modelul matematic stabilit pentru sistemul supus controlului este necesară stabilirea tipului de controler ce urmează a fi utilizat.

Urmează proiectarea controlerului astfel încât să permită atingerea de către sistem a performanțelor impuse.

După stabilirea și proiectarea controlerului urmează o etapă de simulare a comportării sistemului automat fie prin simulare pe computer fie prin utilizarea unui model fizic al sistemului propriu-zis.

În funcție de rezultatele obținute prin simulare se poate stabili dacă strategia adoptată este una corespunzătoare, deci dacă sistemul controlat atinge performanțele impuse inițial. Dacă rezultatele nu sunt chiar cele așteptate, se reia procedeul descris de la început acordând o mai mare atenție detaliilor care au fost neglijate într-o primă etapă, analizând pierderile de informații datorate simplificării modelului, ș.a.m.d.

Dacă se constată că rezultatele obținute prin simulare sunt corespunzătoare se poate trece la etapa următoare, aceea de stabilire a hardware-ului și software-ului necesar și de implementare efectivă a controlerului.

Urmează o etapă de verificare a sistemului de control realizat și de acordare fină a parametrilor controlerului în vederea obținerii și menținerii performanțelor impuse sistemului automat.

1.3.1. Stabilirea modelului matematic

Modelul matematic al unui astfel de sistem poate fi obținut, în principiu, în două moduri:

a) *Model stabilit pe baza aplicării legilor fizice, mecanice, din chimie, ș.a.m.d. Pe baza legilor care guvernează comportarea sistemului*

respectiv se pot scrie ecuații diferențiale ai căror coeficienți depind de valorile cantitative ale anumitor parametri ai acestuia (mase, lungimi, densități, capacități, inductanțe etc). În general, aceste mărimi pot fi măsurate.

Aceste metode de stabilire a modelului, pe baza legilor ce guvernează comportarea sistemului, e aplicabilă cu succes în sistemele electro-mecanice. Aici pot fi amintite vehicule (auto, electrice, navale, aeriene), roboți ș.a.m.d.

Există însă și sisteme ale căror modele nu pot fi stabilite prin această metodă, fie din cauza unei complexități sporite, fie din cauza faptului că legile care guvernează comportarea acestora sunt necunoscute. De aceea este necesară stabilirea modelului printr-o altă metodă, și anume:

b) *Model pe baza datelor experimentale* (model experimental).

Pentru a înțelege acest mod de stabilire a modelului unui proces tehnic, considerăm un proces simplu, având o singură intrare și o singură ieșire.

Considerăm că sistemul se află în repaus și se aplică acestuia o mărime de intrare u . Sistemul va răspunde cu o variație a mărimii de ieșire, notată y . Se analizează mărimea de ieșire y prin prisma mărimii de intrare u .

Experimentul se repetă de mai multe ori, obținând un set de perechi de date (u, y) .

Considerăm că aceste date sunt singurele informații pe care le avem în legătură cu sistemul fizic supus modelării.

Aceasta este situația cea mai severă, în care procesul este ca o „cutie neagră”, despre conținutul interior al acesteia neavând nicio informație. De cele mai multe ori însă, există ceva informații despre sistem, chiar dacă acestea sunt obținute pe baza unor simple observații. După efectuarea acestor experimente pot fi desprinse unele concluzii.

Mai întâi, se va observa dacă, aplicând același semnal de intrare la momente de timp diferite, sistemul va răspunde în același mod. Apoi, menținând mărimea de intrare la valoarea nulă, se poate observa dacă sistemul se manifestă în vreun fel.

Sistemul fizic real produce doar o ieșire pentru o anumită intrare, deci este un sistem determinist. Totuși, există o anumită nesiguranță deoarece nu putem prevedea cu exactitate semnalul de ieșire.

Ideal, orice model trebuie să acopere datele din experimente în sensul că ar trebui să fie capabil să producă orice pereche de date intrare-

ieșire observată experimental. Este evident că modelul ar trebui nu numai să acopere datele observate într-un număr finit de experimente, ci toate evoluțiile pe care le poate urma sistemul fizic real atunci când la intrarea acestuia se aplică un semnal oarecare.

Dacă nondeterminismul care acoperă rezonabil domeniul de date vizat nu este inclus în model, nu se va putea avea încredere deplină că proiectarea bazată pe un astfel de model va funcționa pe un sistem real.

Pentru ca proiectarea sistemului de control să fie corectă, modelul sistemului trebuie să fie nondeterminist, având incertitudinile prezentate explicit.

1.4. Exemple de sisteme automate

1.4.1. Sistem de control a temperaturii unei încăperi

Considerăm un sistem pentru controlul temperaturii unei încăperi, care utilizează combustibil gazos, având structura de principiu dată în Fig.1.5.

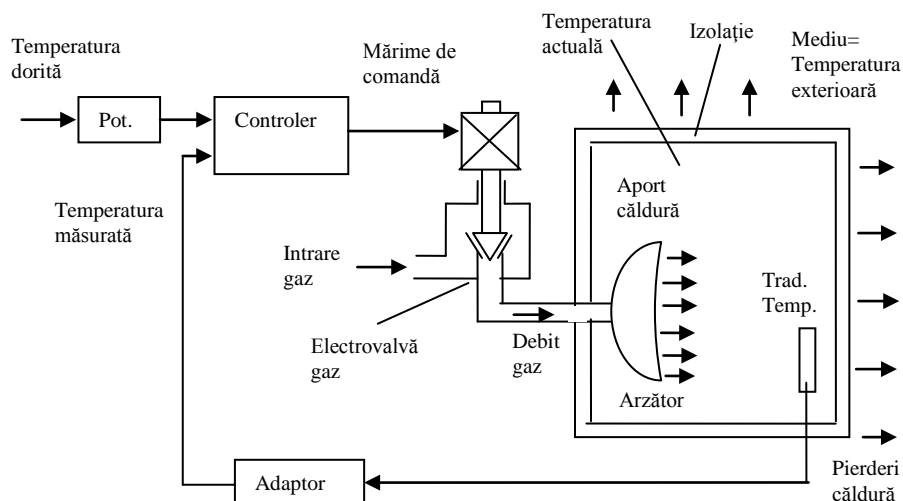


Fig.1.5.

Temperatura dorită (referința) este introdusă în sistem prin intermediul unui potentiometru. Temperatura actuală din încăpere este

măsurată prin intermediul unui traductor de temperatură (termocuplu, termorezistență).

Diferența dintre aceste două valori este introdusă într-un controler (regulator). Acesta furnizează mărimea de comandă. Este comandată electrovalva prin care debitul de gaz este trimis către arzător. Prin arderea combustibilului se va aduce un aport de caldură în încăpere. Pierderile de caldură au loc la nivelul pereților încăperii.

Sarcina sistemului este aceea de a regla debitul de gaz trimis către arzător pentru a aduce temperatura din încăpere la valoarea dorită și de a o menține această valoare.

Orice diferență între valoarea dorită și cea măsurată a temperaturii va determina o modificare liniară a debitului de gaz trimis către arzător. Schema bloc asociată sistemului de reglare prezentat este dată în Fig.1.6.

Traductorul, împreună cu adaptorul, au sarcina de a aduce valoarea măsurată a temperaturii [°C] într-o mărime electrică [V], compatibilă ca domeniu de variație cu valoarea dorită a temperaturii [°C] prescrisă prin intermediul potentiometrului [V].

Regimul staționar se va atinge atunci când temperatura obținută în încăpere și cea dorită sunt egale, aportul de caldură adus de către arzător fiind egal cu pierderile prin pereții încăperii.

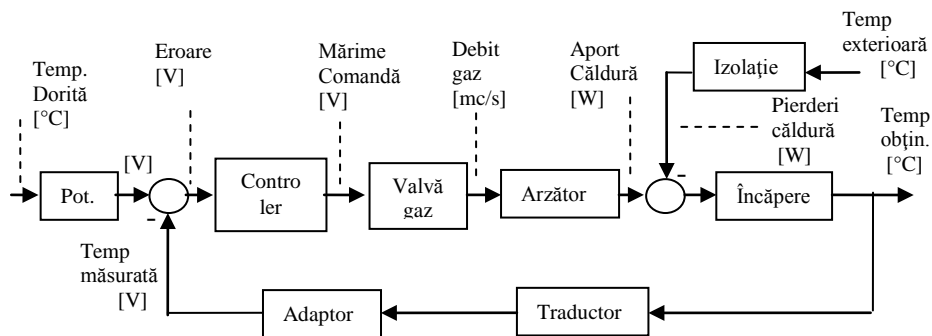


Fig.1.6.

Controlul sistemului poate fi realizat în două moduri distincte:

- *controlul continuu* : deplasarea plunjerului electrovalvei este liniară, ea depinzând de nivelul erorii și de modul de realizare a controlerului. Acest lucru va determina modificarea continuă a debitului de gaz către arzător, deci modificarea continuă a

aportului de caldură în încăpere. Această modalitate de control se aplică acolo unde precizia cu care se dorește menținerea temperaturii este suficient de mare (sub 1°C), costul menținerii acestei temperaturi fiind liber (necondiționat).

- *controlul de tip „tot-sau-nimic” – (on-off)*: în această situație, controlul asupra electrovalvei este bipozițional (complet deschis sau complet închis), aportul instantaneu de caldură fiind maxim sau egal cu zero. Acest mod de control produce oscilații ale temperaturii din încăpere cu 2-3 °C sub sau peste valoarea dorită a temperaturii. Sistemul de control este necostisitor și ușor de implementat, fiind utilizat acolo unde precizia cu care se dorește obținerea și menținerea temperaturii din încăpere nu este foarte mare.

1.4.2. Controlul elevatorului unui avion

Traectoria în plan vertical a unui avion este controlată, în principal, prin intermediul elevatorului. La început, modificarea poziției elevatorului se făcea prin folosirea unor cabluri de oțel acționate prin intermediul manșei avionului.

În avioanele moderne, de mare viteză, deplasarea unghiulară a elevatorului se face prin intermediul unor servomecanisme capabile să dezvolte forțe mari asupra acestor suprafețe. Comanda acestora este asigurată tot prin intermediul manșei.

Sistemul de control al elevatorului este dat în Fig.1.7.

Deplasarea unghiulară a manșei furnizează, prin intermediul potențiometrului de prescriere, valoarea dorită (de referință) pentru unghiul elevatorului. Această valoare este comparată cu valoarea reală, măsurată, a unghiului elevatorului, diferența acestora constituind semnalul de eroare.

Această eroare, prelucrată de către controler, este transformată într-un semnal de comandă către servovalva electrohidraulică (distribuitoare). Acest semnal determină deplasarea sertarului servovalvei și a pistonului în cilindrul hidraulic, deplasare care determină modificarea poziției unghiulare a elevatorului.

Prin deplasarea sertarului servovalvei, apare o diferență de presiune între cele două camere ale cilindrului hidraulic, asigurând forța necesară modificării poziției elevatorului.

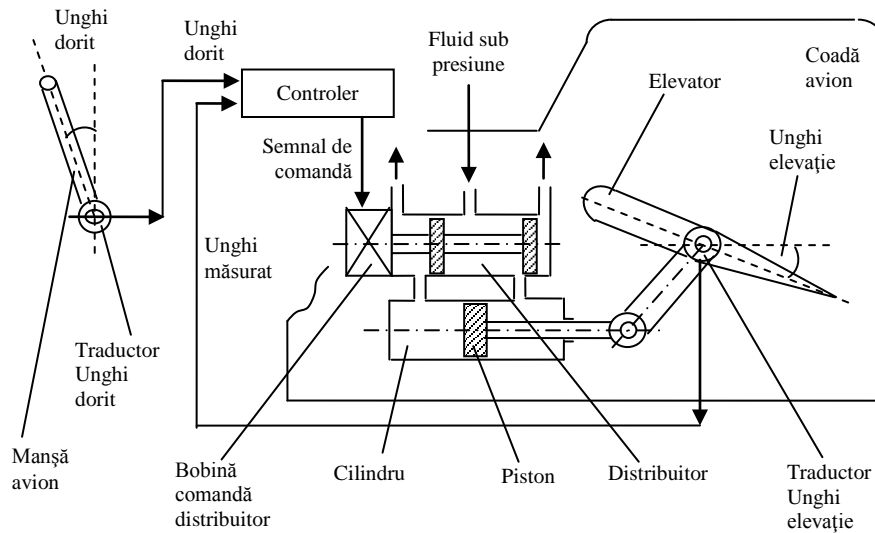


Fig.1.7.

Servomecanismele electrohidraulice au un raport putere/greutate foarte bun, fiind ideale pentru aplicațiile care necesită ca forțe mari să fie dezvoltate de către dispozitive de dimensiuni reduse.

Schema bloc a sistemului de control este dată în Fig. 1.8. Semnalul de eroare, prelucrat de către controler în semnal de comandă, determină modificarea continuă a poziției sertarului servovalvei și deci a debitului de fluid ce intră în una sau în cealaltă dintre camerele cilindrului hidraulic.

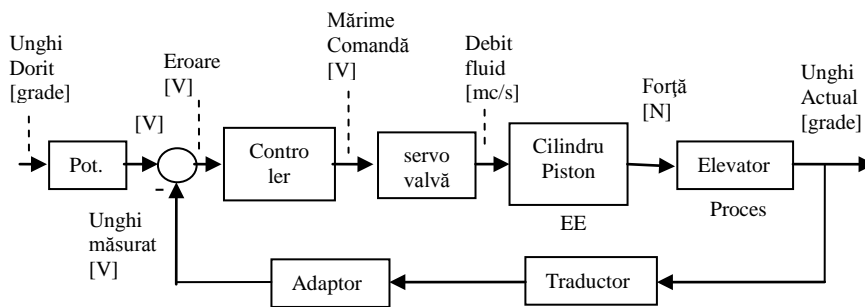


Fig.1.8.

Diferența de presiune creată pe cele două fețe ale pistonului va determina deplasarea acestuia, într-un sens sau în celălalt și, implicit, modificarea poziției unghiulare a elevatorului.

Sistemele de control acționează atât timp cât există diferență între valoarea dorită și cea măsurată a unghiului elevatorului.