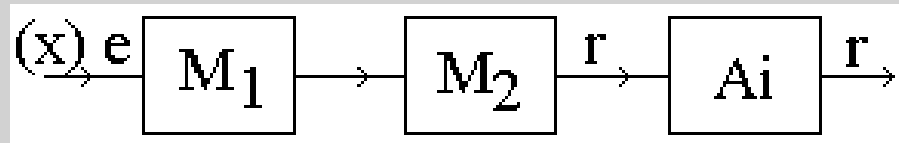




Automatizări și optimizări în industria alimentară

Curs 5

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice



Elementul sensibil (M1) se află în contact direct cu mediul în care se urmărește variația mărimii reglate. Prin intermediul elementului sensibil se transformă variațiile mărimii reglate, în variațiile unei mărimi auxiliare.

Ex. termocuplu: temperatură \Rightarrow tensiune

diafragmă: debit \Rightarrow presiune diferențială.

De cele mai multe ori, mărimea auxiliară care constituie semnalul de ieșire al elementului sensibil, nu este adecvată prin natura fizică sau prin valoarea ei, pentru a fi aplicată direct elementului calculator. Din acest motiv semnalul de ieșire trebuie supus unei prelucrări intermediare. Această operație o realizează **traductorul de bază (M2)**. Mărimea de ieșire a traductorului de bază se numește **mărime de reacție r**.

Rolul elementului de măsurare, în cadrul dispozitivului de automatizare este de a stabili o dependență univocă și continuă între variabila de ieșire e de o anumită natură fizică și mărimea de reacție r de natură electrică sau pneumatică. În general, se urmărește ca dependența dintre r și e să fie liniară, astfel ca ecuația caracteristicii statice a elementului de măsurare să fie de forma:

$$r = K_M \cdot e$$

K_M - coeficient de transfer

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

Dacă întârzierile de transmitere a semnalului de reglare în elementul de măsurare sunt neglijabile în comparație cu cele ale altor elemente din circuitul de reglare, se poate admite că, elementul de măsurare este de ordinul zero, ecuația comportării dinamice fiind de forma:

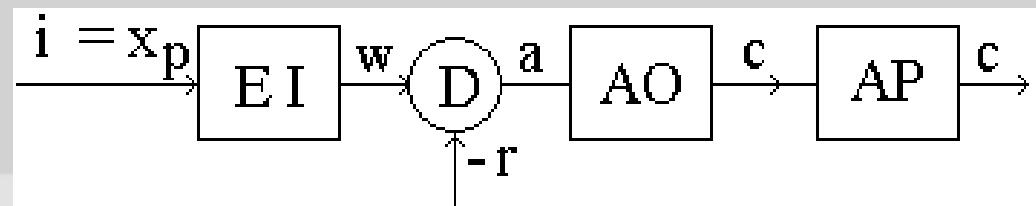
$$r(t) = K_M \cdot e(t)$$

Deoarece în elementul calculator, mărimea de reacție r trebuie să ajungă sub forma unui semnal electric sau pneumatic unificat (4-20 mA; 0,2-1 ats.), după traductorul de bază, se intercalează așa numitul adaptor de intrare A_i , care are rolul mai sus amintit. De multe ori se întâmplă ca acesta să formeze cu elementul de măsurare un singur ansamblu constructiv sau să lipsească cu totul din structura dispozitivului de automatizare, dacă traductorul de bază are ca variabilă de ieșire un semnal unificat.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

Regulatorul (R) cuprinde trei subansamble de bază:

- elementul de comparație (D);
- amplificatorul operațional (AO);
- amplificatorul de putere (AP).



Elementul de comparație (D) are două variabile de intrare și anume, mărimea de reacție r și variabila de intrare i a întregului sistem de reglare automată. Dacă variabila de intrare i a sistemului (valoarea prescrisă) este o mărime constantă, elementul de intrare EI (elementul de prescriere) va genera o mărime constantă proporțională cu i , numită mărime de referință w , care trebuie să fie un semnal unificat de aceeași natură fizică, ca și mărimea de reacție r .

Elementul de intrare EI nu face parte din elementul calculator, având rolul de a transforma variabila de intrare i a întregului sistem, într-o mărime fizică adecvată structurii elementului calculator, mărimea de referință w .

Elementul de comparație D, stabilește diferența dintre mărimea de referință și mărimea de reacție. Diferența aceasta poartă denumirea de **mărime de acționare a** , care constituie totodată semnalul de ieșire al elementului de comparație.

$$a = w - r$$

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

Mărimea de acționare se transmite amplificatorului operațional (AO), care o prelucrează după o anumită lege. Variabila de ieșire a amplificatorului operațional denumită **mărime de comandă c** , prezintă o anumită dependență față de mărimea de acționare.

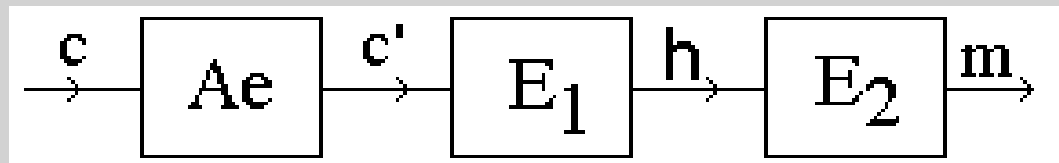
Prin structura sa, amplificatorul operațional determină tipul acțiunii de reglare și ca atare, constituie elementul central al dispozitivului de automatizare.

Semnalul de ieșire al amplificatorului operațional este de putere mică insuficientă pentru acționarea elementului de execuție. De aceea, între amplificatorul operațional și elementul de execuție se intercalează un amplificator de putere (AP). Acesta nu modifică conținutul informațional al semnalului de reglare, ci îi ridică numai conținutul energetic.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

Elementul de execuție este format din:

- mecanismul de acționare (E1) denumit și servomotor
- organul de execuție (E2)
- adaptorul de ieșire Ae



Mecanismul de acționare sub influența variațiilor mărimii de comandă, pune în mișcare organul de execuție. Acesta modifică mărimea de execuție m , în vederea eliminării abaterii variabilei de ieșire.

În tehnologia chimică, organul de execuție este de obicei, un organ de ștrangulare pentru curgerea fluidelor, de exemplu un robinet cu ventil. În asemenea cazuri, variabila de intrare a organului de execuție este deschiderea ștrangulării, iar variabila de ieșire, adică mărimea de execuție, debitul fluidului ce trece prin ștrangulare. Un astfel de organ de execuție se comportă ca un element proporțional de ordinul zero.

Mecanismul de acționare poate fi un element proporțional, respectiv un element integral. Comportarea proporțională este de preferat, întrucât în acest caz, felul acțiunii de reglare a dispozitivului de automatizare nu depinde decât de structura amplificatorului operațional.

În situația în care elementul de execuție nu corespunde prin structura sa regulatorului, între cele două elemente se intercalează **adaptorul de ieșire Ae**. Acesta are rolul de a converti mărimea de comandă c într-un semnal unificat adecvat fizic, naturii elementului de execuție.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

3.2. Clasificarea dispozitivelor de automatizare

Dispozitivele de automatizare utilizate în cadrul sistemelor de reglare automată pot fi clasificate în baza următoarelor criterii:

1. După caracterul acțiunii de reglare dezvoltată de către dispozitivul de automatizare.
 2. După proveniența energiei folosite de elementele constructive ale dispozitivelor de automatizare.
 3. După destinația utilizării în sisteme de reglare automată.
1. După caracterul acțiunii de reglare dezvoltată de către dispozitivul de automatizare.
 - Dispozitive de automatizare cu **acțiuni de reglare continuă** - organul de execuție se deplasează treptat, modificând continuu valoarea mărimii de execuție în funcție de modul cum deviază variabila de ieșire de la valoarea dorită. În regim staționar, organul de execuție al dispozitivului de automatizare cu acțiune continuă poate ocupa
 - Dispozitive de automatizare cu acțiuni de reglare discontinuă.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

3.2. Clasificarea dispozitivelor de automatizare

- Dispozitive de automatizare cu **acțiune de reglare discontinuă** - organul de execuție, la aceste dispozitive, poate ocupa numai un număr limitat de poziții stabile, de obicei numai două: complet închis și complet deschis. Deplasarea bruscă a organului de execuție dintr-o poziție extremă în cealaltă, se produce în momentul în care, variabila de ieșire se abate într-un sens sau altul de la valoarea dorită.

2. După proveniența energiei folosite de elementele constructive ale dispozitivelor de automatizare.

- Dispozitive de automatizare **autoacționate** - elemente componente funcționează cu ajutorul energiei captate de către elementul sensibil din mediul în care se urmărește variabila de ieșire, adică din procesul, automatizat.
- Dispozitive de automatizare **servoacționate** :
 - dispozitive de automatizare electrice (curentul electric);
 - dispozitive de automatizare pneumatice (aerul comprimat);
 - dispozitive de automatizare hidraulice (uleiul sub presiune).

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

3.2. Clasificarea dispozitivelor de automatizare

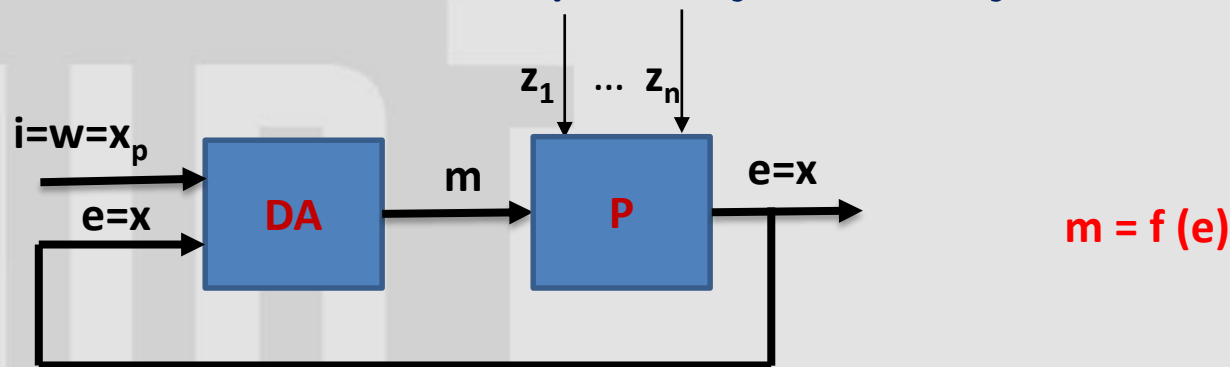
3. După destinația utilizării în sisteme de reglare automată..

- dispozitive de automatizare de **tip individual** - dispozitivele de automatizare destinate reglării unei anumite variabile de ieșire la un anumit proces automatizat;
- dispozitive de automatizare **specializate (monoparametrice)** - destinate reglării unei anumite variabile de ieșire în diferite procese automatizate;
- dispozitive de automatizare **universale, unificate** - pot regla diferiți parametri în diferite procese automatizate, prin schimbarea adecvată a elementului de măsurare.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

3.3. Tipuri fundamentale de acțiune de reglare continuă (algoritmi de reglare)

Cele mai utilizate dispozitive de automatizare sunt cele cu acțiune de reglare continuă. Rolul dispozitivului de automatizare este ca, la apariția unei abateri a mărimii reglate (de ieșire) de la valoarea dorită, să acționeze în sensul diminuării acesteia. Se stabilește astfel o dependență între mărimea sa de ieșire care este mărimea de execuție m și mărimea de intrare, care este mărimea de ieșire e a întregului sistem de reglare automată.



După natura dependenței $m = f(e)$, acțiunea de reglare continuă este:

- acțiune de reglare proporțională, P;
- acțiune de reglare integrală, I;
- acțiune de reglare derivativă, D.
- acțiune de reglare proporțional-integrală, PI;
- acțiune de reglare proporțional-derivativă, PD;
- acțiune de reglare proporțional-integral-derivativă, PID.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

1. Acțiunea de reglare proporțională, P

- caracterizată de existența unei dependențe direct proporționale între variația în timp a mărimii de execuție și variația în timp a abaterii:

$$m(t) = K_p \cdot e(t)$$

K_p - coeficientul de transfer al dispozitivului de automatizare

- avantajul principal al acestei acțiuni de reglare este **rapiditatea** ei.

- dezavantajul este legat de faptul că în regimul staționar al sistemului automat, apare o diferență între valoarea dorită și valoarea efectivă a variabilei de ieșire, diferență numită abatere staționară a_s . Abaterea staționară are valori cu atât mai mari cu cât domeniul în care se poate modifica mărimea de ieșire (intervalul $e_{\max} - e_{\min}$) este mai larg. Datorită existenței acestei abateri staționare de la sfârșitul procesului de reglare, **acțiunea de reglare nu este precisă**.

- $e_{\max} - e_{\min} = D_p$ - domeniu de proporționalitate: intervalul în care dispozitivul de automatizare asigură proporționalitatea dintre variația mărimii de execuție și variația variabilei de ieșire.

$$D_p = \frac{1}{K_p}$$

⇒ Se constată că domeniul de proporționalitate este cu atât mai îngust și implicit abaterile staționare cu atât mai mici, cu cât coeficientul de transfer K_p al dispozitivului de automatizare este mai mare (D_p se exprimă procentual).

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

2. Acțiunea de reglare integrală, I

- variația în timp a mărimii de execuție este direct proporțională cu integrala variației în timp a abaterii.

$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) \cdot dt$$

K_i - coeficient de proporționalitate

- avantaj: precizie de reglare ($a_s = 0$);
- dezavantaj: procesul de reglare este lung și devine instabil în cazul în care procesul automatizat este proporțional de ordin superior sau integral. Deci acțiunea de reglare integrală este lentă.

3. Acțiunea de reglare derivativă, D

- variația în timp a mărimii de execuție este direct proporțională cu viteza de variație a variabilei de ieșire

$$m(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

K_d - coeficient de proporționalitate

- avantaj: acțiune de reglare foarte rapidă
- dezavantaj: nu poate singură să readucă mărimea de ieșire la valoarea dorită, întrucât modificarea mărimii de execuție ține cont numai de viteza cu care variază abaterea mărimii de ieșire de la valoarea dorită și nu ia în considerare însăși valoarea abaterii. Chiar dacă există o abatere foarte mare, în momentul în care aceasta devine constantă, acțiunea derivativă se anulează.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

Combinarea acțiunilor de reglare conduce la compensarea dezavantajelor acțiunilor individuale și la menținerea avantajelor.

4. Acțiunea de reglare proporțional-integrală, PI

- mărimea de execuție se modifică proporțional cu abaterea variabilei de ieșire (P) și proporțional cu integrala abaterii (I):

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) \cdot dt$$

- componenta proporțională acționează rapid și readuce abaterea variabilei de ieșire până la valoarea abaterii staționare, care este eliminată treptat de componenta integrală.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

5. Acțiunea de reglare proporțional-derivativă (PD) și proporțional-integrală-derivativă (PID)

Acțiunea de reglare derivativă, deși nu poate fi utilizată singură, oferă avantaje în cadrul unor acțiuni combinate proporțional - derivative (PD) și proporțional - integral - derivative (PID).

$$m(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) \cdot dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Utilitatea componentei derivate rezultă din proprietatea elementelor derivate de a imprima variabilei de ieșire un avans de fază. Datorită acestei comportări, componenta derivativă grăbește variația mărimii de execuție, adică intensifică acțiunea de reglare, chiar la începutul regimului tranzitor.

3. DA. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

Alegerea reguletoarelor

Alegerea tipului de regulator pentru un proces dat este determinată în primul rând de caracteristicile procesului tehnologic și de performanțele impuse sistemului de reglare.

Pentru **reglări de nivel** se pot utiliza reguletoare P sau PI, alegerea fiind determinată de precizia urmărită și de tipul perturbațiilor. Dacă perturbațiile sunt determinate atât de variația debitului de intrare, cât și de variația debitului de ieșire, iar abaterea staționară se cere a fi zero, se recomandă un regulator PI.

Pentru **reglări de presiune** se recomandă utilizarea unor reguletoare PI, ai căror parametri de acord sunt diferiți pentru gaze și lichide, pentru că la lichide constanta de timp T este mai redusă decât la gaze.

Pentru **reglări de debite și amestecuri de fluid**, pentru că aceste procese sunt caracterizate de o constantă de timp T , mică și o amplificare mare, se recomandă reguletoare PI. Prezența perturbațiilor determinate de variațiile debitului determină inutilitatea folosirii componentei derivative.

La **reglările de temperatură**, unde raportul „timp mort/constantă de timp” este mare se recomandă reguletoarele PI sau PID.