



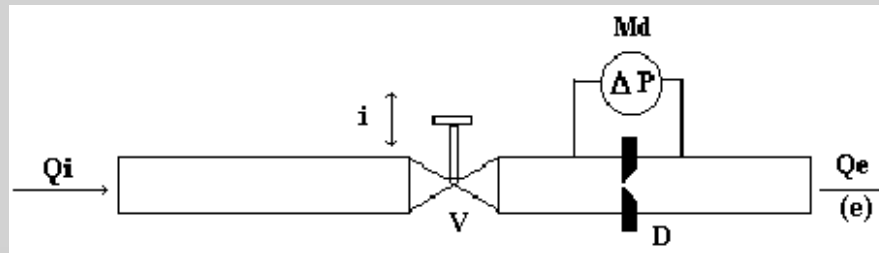
Automatizări și optimizări în industria alimentară

Curs 4

2.3. Tipuri de elemente de reglare

2.3.1.1. Elementul proporțional de ordinul zero (EP0)

Ex.: porțiunea de conductă, cuprinsă între robinetul (V) și diafragma (D).

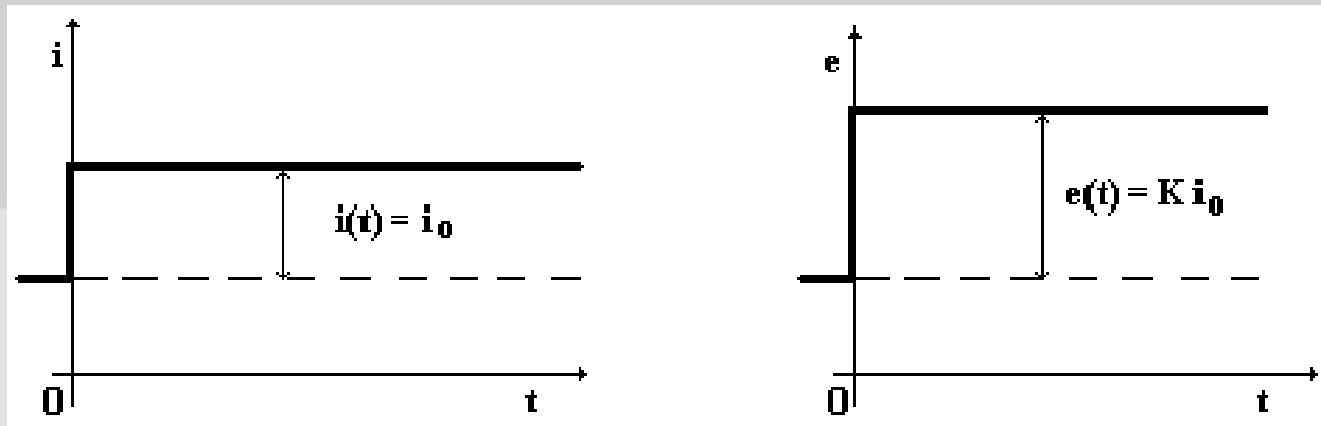


- Ecuația comportării statice: $e = K \cdot i$ (1) K - coeficient de transfer
- Ecuația comportării dinamice: $e(t) = K \cdot i(t)$ (2)

2.3. Tipuri de elemente de reglare

- Răspunsul la semnal treaptă:

$$i(t) = i_0 \Rightarrow e(t) = K \cdot i_0$$

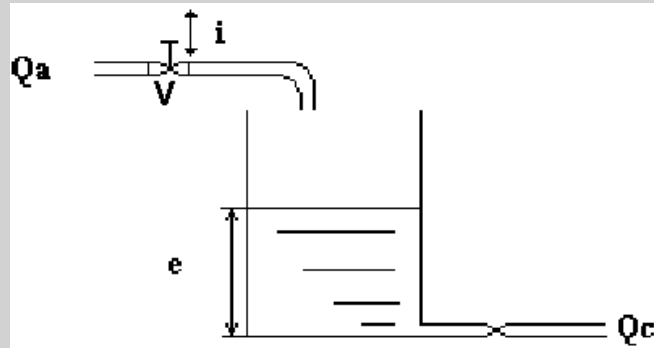


EPO nu prezintă întârziere în transmiterea informației. \Rightarrow EPO este un element de reglare ultrarapid.

2.3. Tipuri de elemente de reglare

2.3.1.2. Elementul proporțional de ordinul întâi (EP1)

Ex.: vas cu scurgere liberă



- Ecuația comportării statice: $e = B \cdot i^2$ (1) B - constantă
- Ecuația comportării dinamice: $T \cdot e'(t) + e(t) = K \cdot i(t)$ (2) K - coeficient de transfer

2.3. Tipuri de elemente de reglare

➤ Răspunsul la semnal treaptă:

$$i(t) = i_0 \Rightarrow T \cdot e'(t) + e(t) = K \cdot i_0$$

$$e(t) = K \cdot i_0 (1 - \varepsilon^{-t/T}) \quad (4)$$

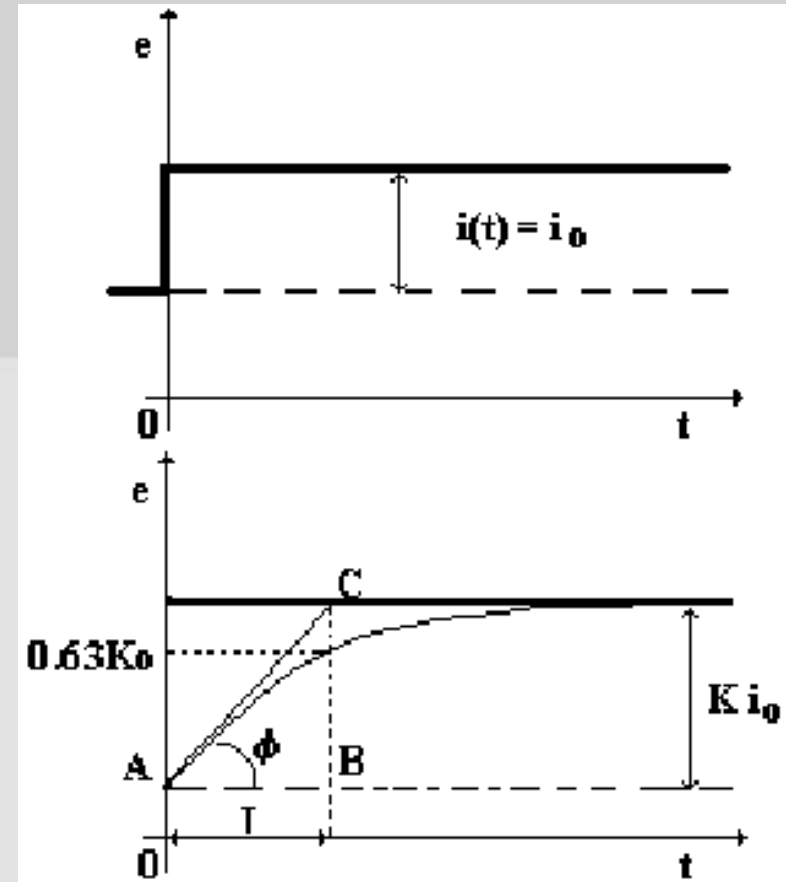
Răspunsul la semnal treaptă a EP1 constă dintr-o variație exponențială a mărimii de ieșire, aceasta tinzând asimptotic spre noua valoare staționară, regimul tranzitor fiind teoretic infinit de lung.

Practic, se poate considera regimul tranzitor încheiat dacă variabila de ieșire a efectuat 99% din variația totală $K \cdot i_0$ ceea ce se întâmplă după un timp $t = 5T$.

Dacă în relația (4) se consideră $t = T$, rezultă:

$$e(t) = 0,63 \cdot K \cdot i_0 \quad (5)$$

T = timpul necesar variabilei de ieșire pentru a efectua 63% din variația totală $K \cdot i_0$, provocată de un semnal treaptă i_0 .
 T = timpul necesar variabilei de ieșire pentru atingerea noii valori staționare, dacă variația provocată de un semnal treaptă, s-ar efectua cu viteză constantă și anume cu viteza maximă de la începutul regimului tranzitor.



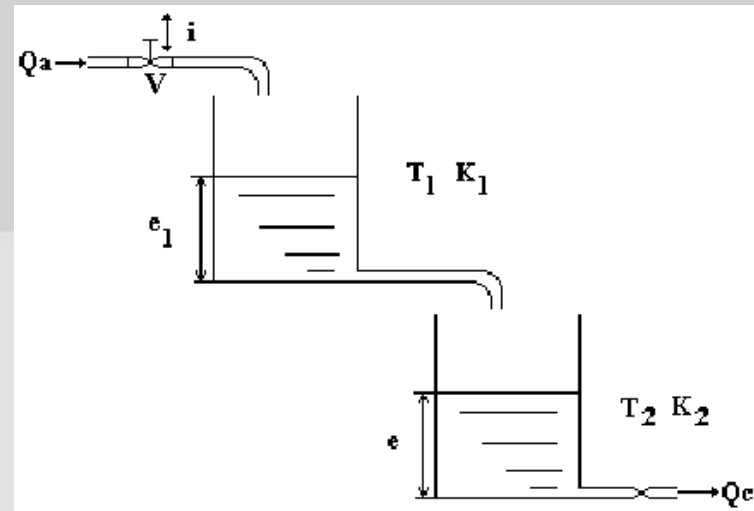
2.3. Tipuri de elemente de reglare

2.3.1.3. Elementul proporțional de ordinul întâi (EP2)

Elementul proporțional de ordinul II este alcătuit din două elemente proporționale de ordinul I legate în serie.

Ex.: sistemul alcătuit din două recipiente cu scurgere liberă, montate în cascadă

- Ecuația comportării statice se determină din relațiile bilanțului de materiale. Caracteristica statică este neliniară.
- Ecuația comportării dinamice:



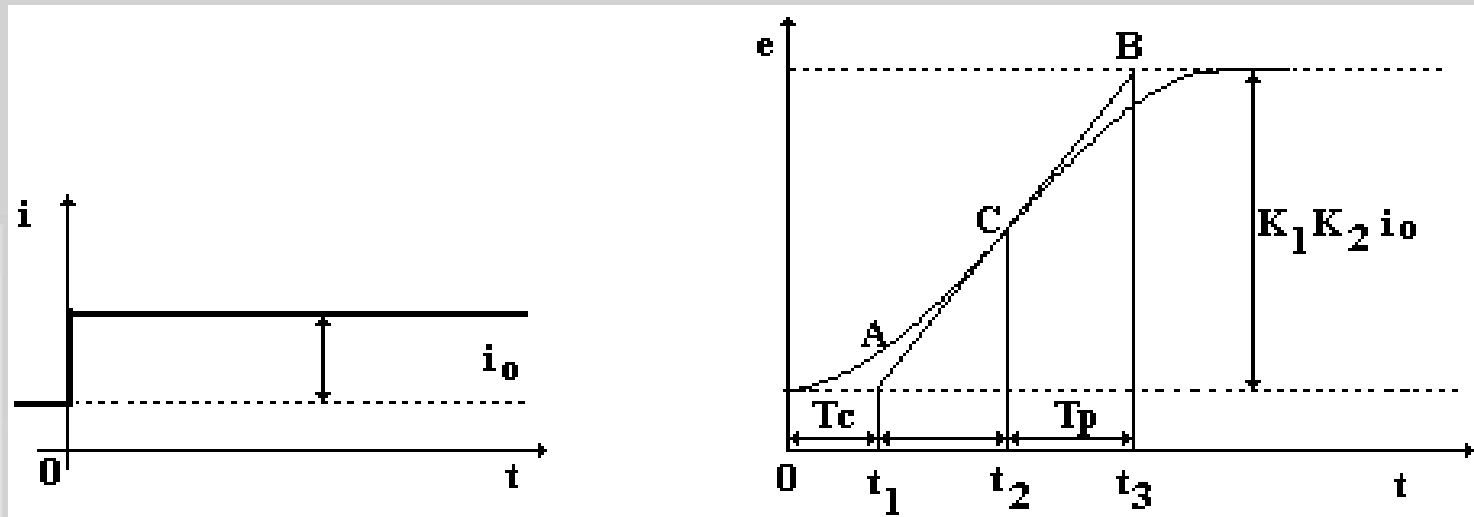
$$T_1 T_2 e''(t) + (T_1 + T_2) e'(t) + e(t) = K_1 \cdot K_2 \cdot i(t) \quad (1)$$

⇒ comportarea dinamică este descrisă de o ecuație diferențială liniară neomogenă de ordinul 2 cu coeficienți constanți

2.3. Tipuri de elemente de reglare

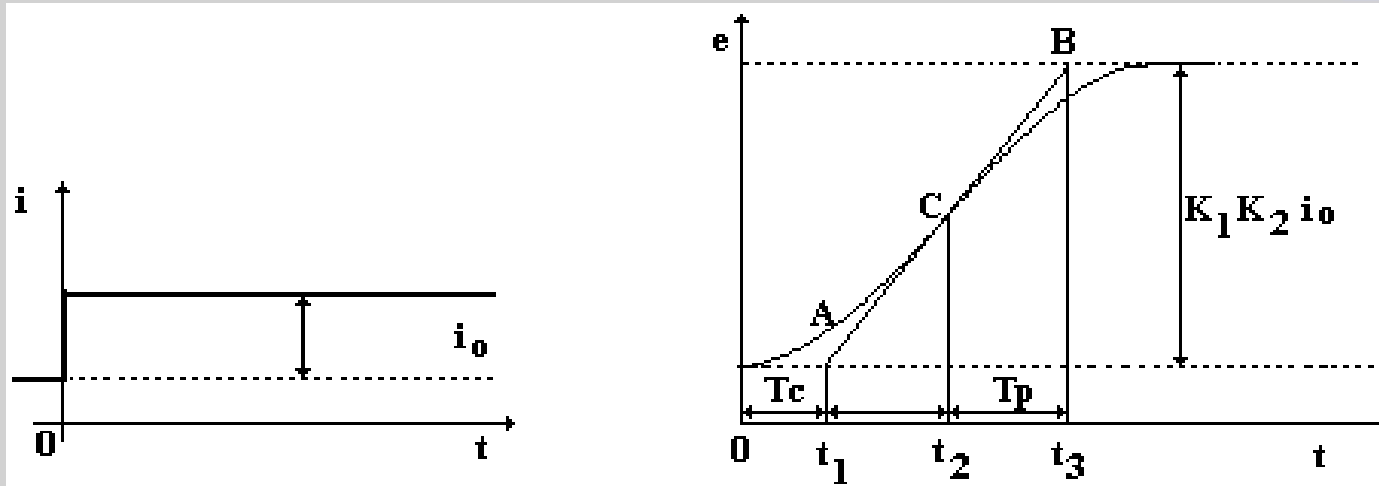
➤ Răspunsul la semnal treaptă:

$$i(t) = i_0 \Rightarrow e(t) = K_1 K_2 i_0 \left(1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} \cdot \varepsilon^{-t/T_1} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} \cdot \varepsilon^{-t/T_2} \right) \quad (3)$$



(3)
 \Rightarrow răspunsul la semnal treaptă al unui element proporțional de ordinul II, constituie suma a două funcții exponențiale, fapt pentru care curba de variație a variabilei de ieșire pornește tangent la dreapta primului regim staționar și prezintă un punct de inflexiune C.

2.3. Tipuri de elemente de reglare



Tg(C) – Intersectează dreapta primului regim staționar în punctul A, iar dreapta celui de al doilea regim staționar în B.

- Abscisele punctelor A, B și C notate cu t_1 , t_2 și t_3 sunt folosite frecvent în practica reglării automate pentru caracterizarea elementelor proporționale de ordinul II.
- $[0-t_1]$ – variația mărimii de ieșire are loc cu viteză mică și este neînsemnată în raport cu variația totală $K_1K_2i_0$. Aceasta se datorează prezenței în sistem a două elemente de acumulare legate în serie.
Intervalul $[0-t_1]$ = **întârziere capacitivă, T_c** .
- $[t_1-t_2]$ = **timp de pornire, T_p** . T_p reprezintă timpul necesar mărimii de ieșire pentru atingerea noii valori staționare, dacă variația acesteia s-ar efectua cu viteză constantă și anume cu viteza maximă din momentul t_3 . Ca atare, timpul de pornire este o mărime analogă cu constanta de timp T a elementelor proporționale de ordinul I.

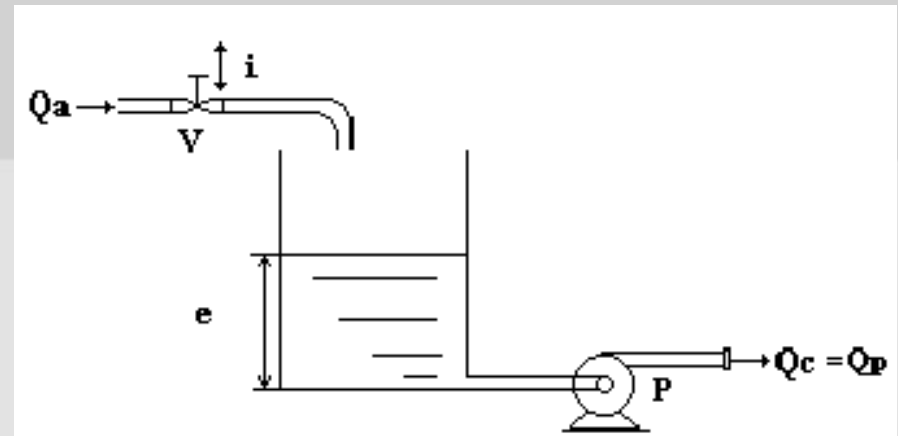
2.3. Tipuri de elemente de reglare

2.3.2. Elementul integral (EI)

Elementele integrale rezultă din elementele proporționale prin suprimarea dependenței debitului de alimentare și a debitului de evacuare de valoarea variabilei de ieșire.

Ex.: recipient din care lichidul se evacuează forțat cu ajutorul unei pompe

OBS. recipientul este în regim staționar numai pentru o singură valoare a variabilei de intrare, la care debitul de alimentare este egal cu debitul pompei.



➤ Ecuația comportării dinamice: $e'(t) = K_i \cdot i(t)$ (1) K_i – coeficient de proporționalitate

Variabila de ieșire prezintă o viteză de variație proporțională cu variația variabilei de intrare, spre deosebire de elementele proporționale la care există o proporționalitate directă între variațiile celor două variabile.

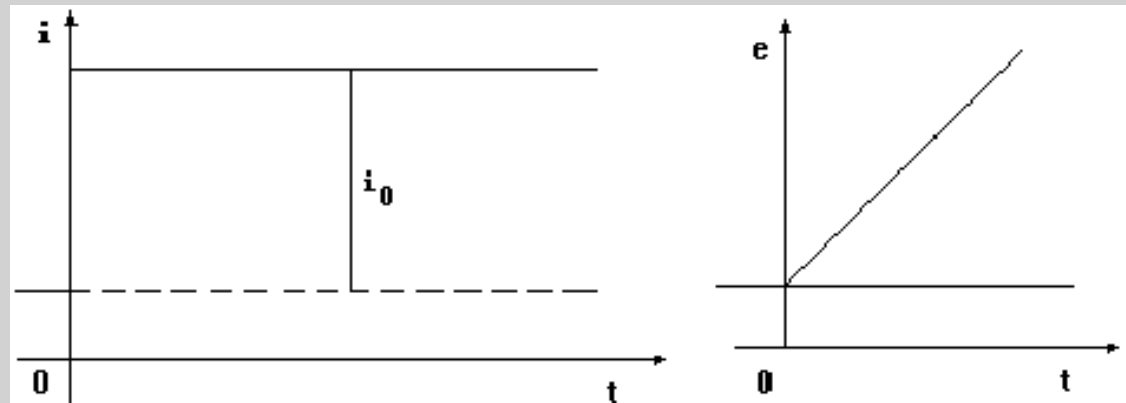
Integrând relația (1) se obține ecuația care definește comportarea elementelor integrale:

$$e(t) = K_i \int_0^t i(t) dt \quad (2)$$

2.3. Tipuri de elemente de reglare

➤ Răspunsul la semnal treaptă:

$$(2) \Rightarrow e(t) = K_i \cdot i_0 \cdot t \quad (4)$$



Răspunsul la semnal treaptă al elementelor integrale este o variație cu viteză constantă a variabilei de ieșire .

2.3. Tipuri de elemente de reglare

2.3.3. Elementul derivativ (ED)

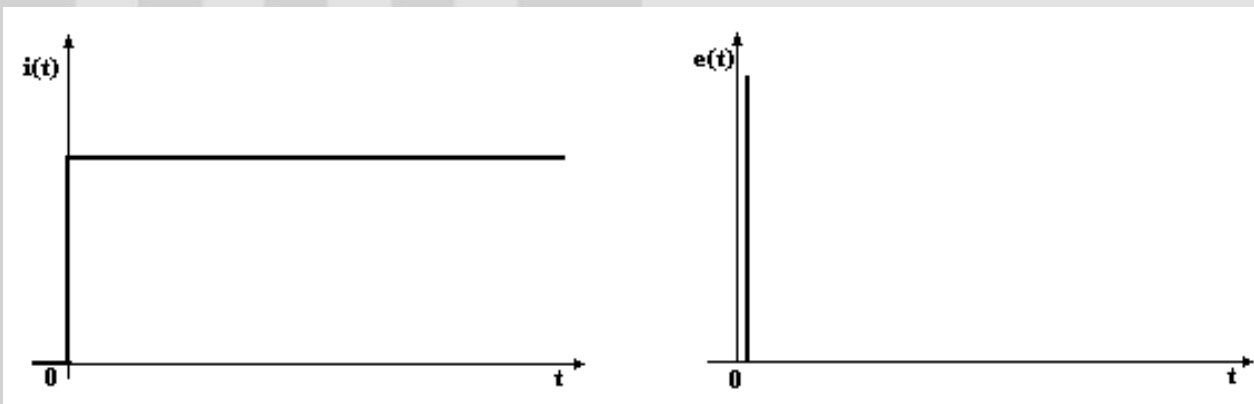
- Ecuația comportării dinamice:

Elementele derivative sunt caracterizate printr-o comportare dinamică la care variația variabilei de ieșire este proporțională cu viteza variabilei de intrare:

$$e(t) = K_d \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

- Răspunsul la semnal treaptă:

Apare sub forma unui semnal impuls cu durată infinit de scurtă (momentul aplicării semnalului).



Această comportare nu poate fi realizată în practică și elementele de reglare caracterizate prin relația (1) sunt denumite **elemente derivative ideale**.

2.3. Tipuri de elemente de reglare

Elementele derivative reale prezintă întârzieri în variația variabilei de ieșire deoarece în componența lor intră și un element de acumulare al cărui conținut de substanță sau energie se modifică odată cu variabila de ieșire.

➤ Ecuția comportării dinamice: $T \cdot e'(t) + e(t) = K_d \cdot i'(t)$ (2)

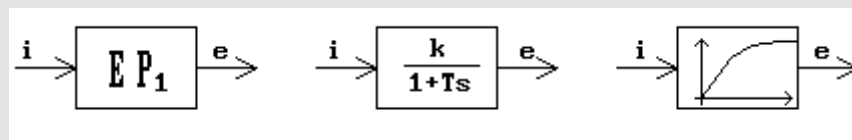
Elementele derivative de acest tip = **elemente derivative de ordinul I (ED1)**, formează o parte funcțională importantă a dispozitivelor de automatizare, întrucât avansul de fază caracteristic elementelor derivative, grăbește acțiunea de reglare.

2.4. Posibilități de conectare a elementelor de reglare în cadrul sistemelor automate

Reprezentarea elementelor de reglare în cadrul schemei bloc se poate face:

- ✓ prin înscrierea simbolurilor literale pentru funcția elementului;
- ✓ prin înscrierea expresiei matematice a funcției de transfer $Y(s)$;
- ✓ prin înscrierea alurii caracteristicii dinamice a elementelor de reglare respective.

Exemplu: un element proporțional de ordinul I



Există următoarele posibilități de conectare a elementele de reglare:

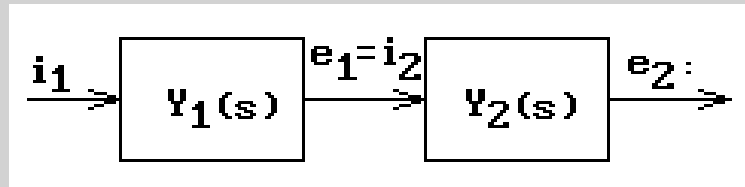
- ✓ **conectarea în serie;**
- ✓ **conectarea în paralel;**
- ✓ **conectarea în opoziție;**
- ✓ **conectarea combinată.**

2.4. Posibilități de conectare a elementelor de reglare în cadrul sistemelor automate

Conectarea în serie

Două sau mai multe elemente de reglare sunt **conectate în serie** când mărimea de ieșire a unui element de reglare constituie mărime de intrare pentru elementul următor.

Exemplu: Conectarea a 2 ER



$$Y(s)_2 = \frac{E_2(s)}{I_1(s)} \quad ?$$

$Y_1(s)$ – funcția de transfer a primului element de reglare

$Y_2(s)$ – funcția de transfer a celui de-al doilea element de reglare

$Y(s)_2$ – funcția de transfer a întregului sistem

$$Y_1(s) = \frac{E_1(s)}{I_1(s)} \quad (1)$$

$$Y_2(s) = \frac{E_2(s)}{I_2(s)} \quad (2)$$

$$e_1(t) = i_2(t) \quad \Rightarrow \quad E_1(s) = I_2(s) \quad (3)$$

$$\stackrel{(1)}{\Rightarrow} E_1(s) = Y_1(s) \cdot I_1(s) \stackrel{(3)}{=} I_2(s) \quad (4)$$

$$\stackrel{(2,4)}{\Rightarrow} Y_2(s) \cdot Y_1(s) \cdot I_1(s) = E_2(s) \quad (5)$$

$$\stackrel{(5)}{\Rightarrow} Y(s)_2 = \frac{E_2(s)}{I_1(s)} = Y_1(s) \cdot Y_2(s)$$

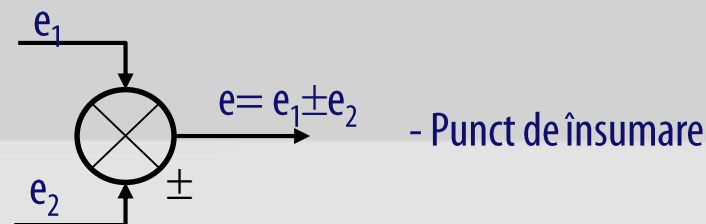
Generalizând: funcția de transfer a unui SA alcătuit prin conectarea în serie a n ER se calculează ca produs al funcțiilor de transfer ale tuturor elementelor de reglare componente:

$$Y(s)_n = Y_1(s) \cdot Y_2(s) \cdots Y_n(s)$$

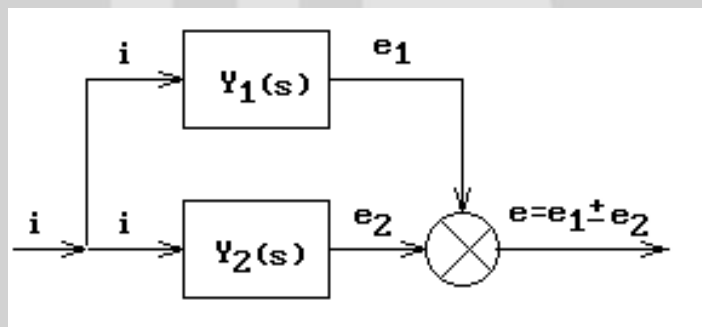
2.4. Posibilități de conectare a elementelor de reglare în cadrul sistemelor automate

Conectarea în paralel

Două sau mai multe elemente de reglare sunt **conectate în paralel** dacă la intrarea sistemului există un punct de ramificare și la ieșire un punct de însumare.



Exemplu: Conectarea a 2 ER



$$e(t) = e_1(t) \pm e_2(t) \quad \Rightarrow \quad E(s) = E_1(s) \pm E_2(s)$$

$$Y(s)_2 = \frac{E_1(s) \pm E_2(s)}{I(s)} = Y_1(s) \pm Y_2(s)$$

Generalizând: funcția de transfer a unui SA alcătuit prin conectarea în paralel a n elemente se calculează ca suma algebrică a funcțiilor de transfer ale tuturor elementelor de reglare componente:

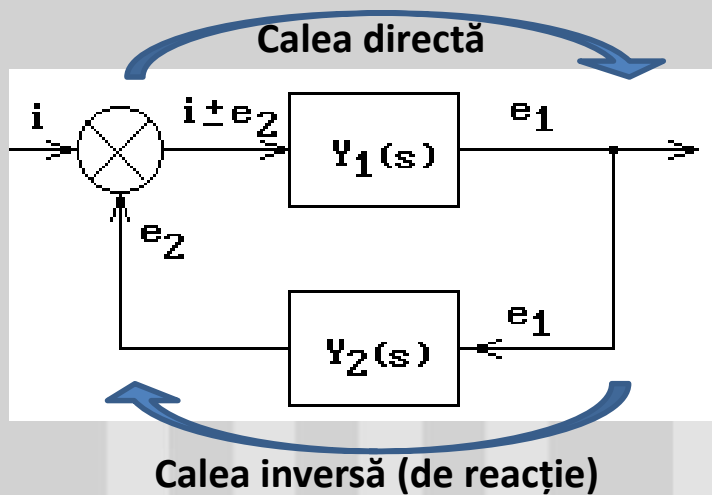
$$Y(s)_n = Y_1(s) \pm Y_2(s) \pm \dots \pm Y_n(s)$$

$$Y(s)_2 = \frac{E(s)}{I(s)} \quad ?$$

2.4. Posibilități de conectare a elementelor de reglare în cadrul sistemelor automate

Conectarea în opoziție

Două elemente de reglare sunt **conectate în opoziție** dacă la intrarea sistemului există un punct de însumare iar la ieșire un punct de ramificație.



$$Y(s)_2 = \frac{E_1(s)}{I(s)} \quad ?$$

$$Y_1(s) = \frac{E_1(s)}{I(s) \pm E_2(s)}; \quad Y_2(s) = \frac{E_2(s)}{E_1(s)}$$

$$E_2(s) = Y_2(s) \cdot E_1(s) \quad \Rightarrow \quad Y_1(s) = \frac{E_1(s)}{I(s) \pm Y_2(s) \cdot E_1(s)}$$

$$\Rightarrow Y_1(s) \cdot I(s) \pm Y_1(s) \cdot Y_2(s) \cdot E_1(s) = E_1(s)$$

$$\Rightarrow E_1(s) [1 \mp Y_1(s) \cdot Y_2(s)] = Y_1(s) \cdot I(s)$$

$$Y(s) = \frac{Y_1(s)}{1 \mp Y_1(s) \cdot Y_2(s)}$$

$Y_1(s)$ – funcția de transfer a primului element de reglare
 $Y_2(s)$ – funcția de transfer a elementului de reglare nr. 2
 $Y(s)_2$ – funcția de transfer a întregului sistem

3. Dispozitive de automatizare. Reglarea automată a principalilor parametri ai proceselor chimice

3.1. Dispozitive de automatizare

Rolul DA:

- măsoară continuu valoarea mărimii de reglate,
- compară valoarea acesteia, cu valoarea prescrisă și la sesizarea unei abateri,
- acționează concret, după o anumită lege asupra procesului reglat, căutând să readucă mărimea reglată la valoarea de referință.

În conformitate cu rolurile mai sus amintite, acțiunea de reglare a dispozitivului de automatizare cuprinde trei operații:

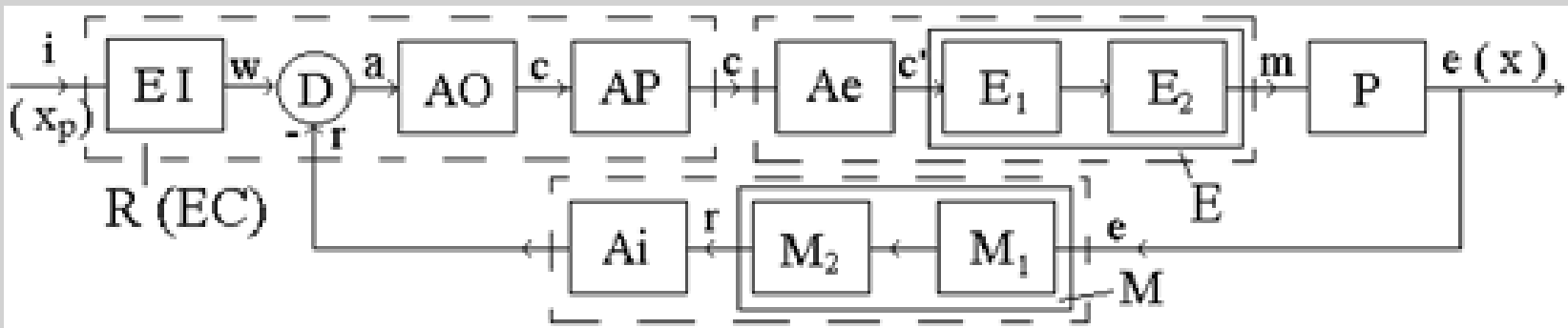
- măsurare;
- calculul abaterii și prelucrarea acesteia;
- acțiunea efectivă asupra procesului tehnologic.

Corespunzător acestor trei operații, dispozitivul de automatizare cuprinde trei elemente funcționale de bază:

- elementul de măsurare (M);
- elementul calculator (EC) sau regulator (R);
- elementul de execuție (E).

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

Schema bloc a unui sistem de reglare automată, cu elementele componente ale dispozitivului de automatizare:



Elementul de măsurare (M) denumit și **traductor de măsurare**, este alcătuit din:

- elementul sensibil (M1)
- traductorul de bază (M2)
- adaptor de intrare (Ai),

