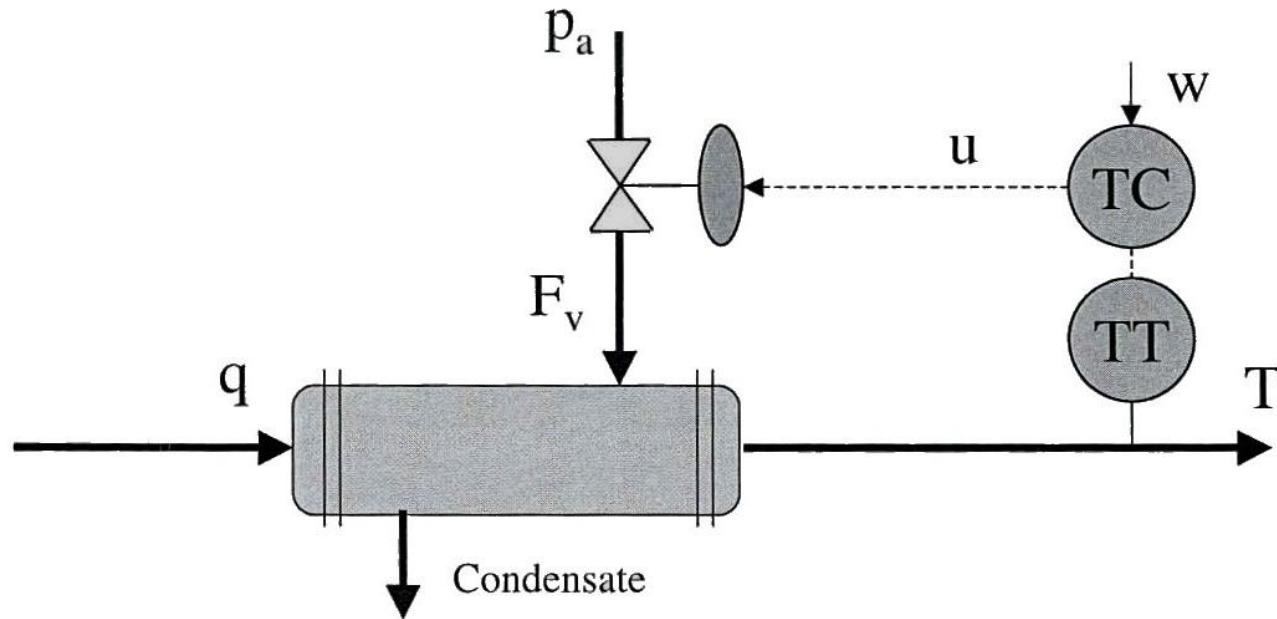


STRUCTURI EVOLUATE DE CONTROL AUTOMAT

Modificarea structurii clasice de control automat (bucla de control cu reactie negativa) cu scopul:

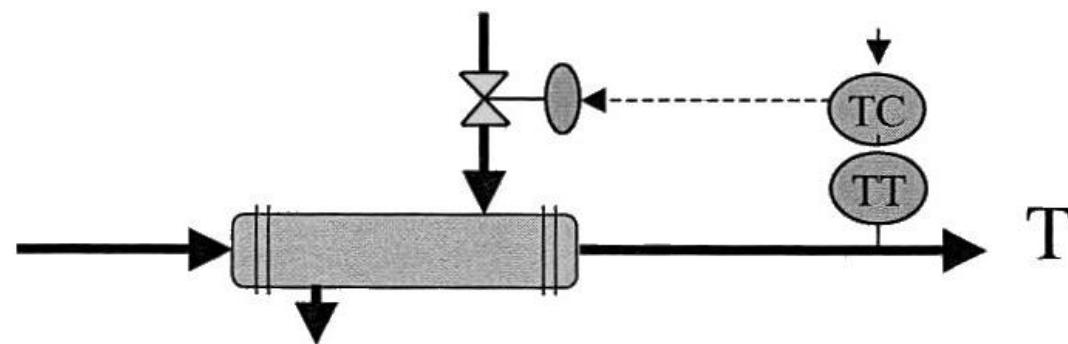
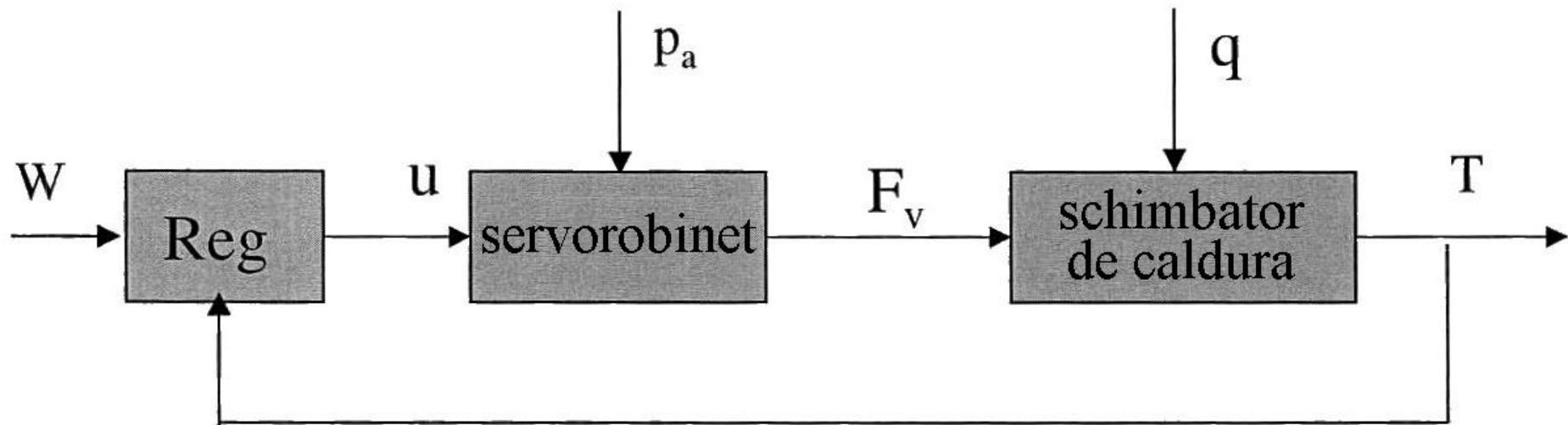
- Rejectarea perturbatiilor
- Respectarea unui anumit raport intre 2 variabile
- Operare cu regulator SISO in prezenta mai multor variabile masurate
- Operare asupra aceleiasi variabile controlate utilizand mai multe regulatoare
- Operare in conditiile existentei mai multor elemente de executie

Structura standard a buclei de control



Daca se modifica p_a se va modifica T , dar perturbatia va fi eliminata de catre regulator prin modificarea corespunzatoare a semnalului de control u

Schema bloc

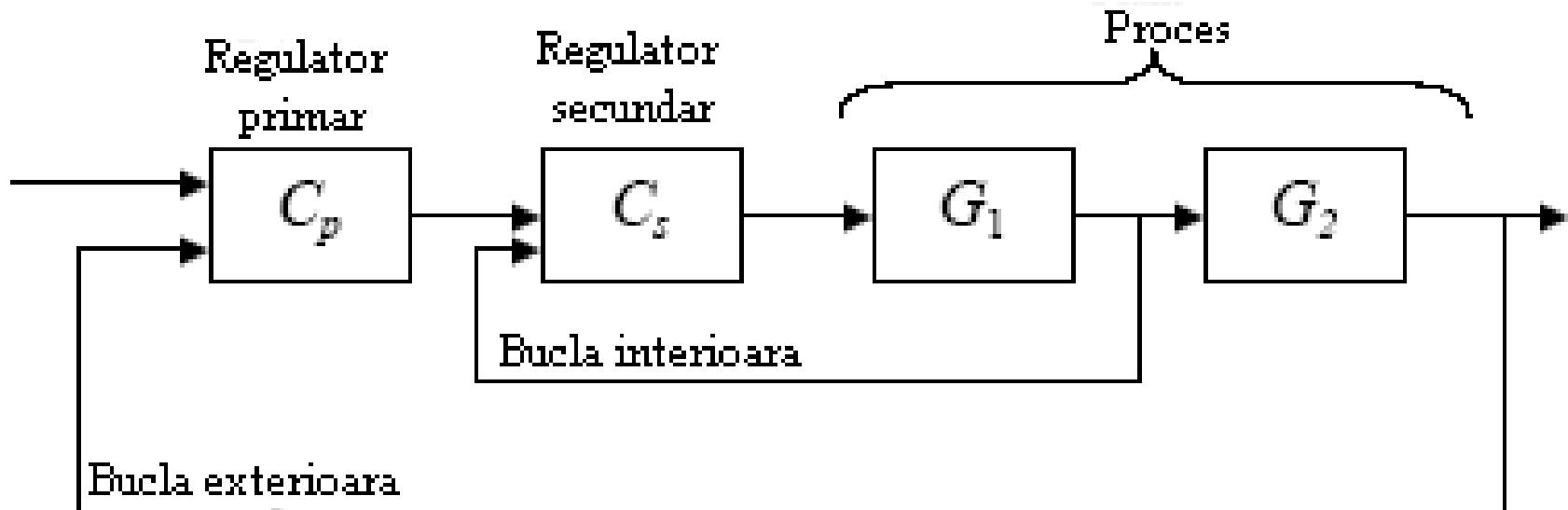


Reglare în cascadă

- o combinație de 2 regulațoare, semnalul de ieșire al primului regulator constituind referința pentru cel de-al 2-lea regulator

Utilizare:

- sunt disponibile măsurători a 2 sau mai multe variabile și doar o singură variabilă de control
- dinamica procesului evidențiază constante de timp sau timp mort de valori considerabile între variabila de control și ieșirea procesului (variabila controlată)
- un reglaj strans se poate obține utilizând o variabilă măsurabilă intermediară ce răspunde mai rapid la semnalul de control
- Se pun în evidență 2 bucle de control cu reacție negativă: bucla interioară (secundară sau slave); bucla exterioară (primară sau master)



Selectarea variabilei secundare:

- trebuie să existe o relație bine definită între variabila primară și cea secundară (ambele măsurabile)
- perturbațiile esențiale vor acționa în bucla interioară
- bucla interioară mai rapidă decât cea exterioară
- amplificarea buclei interioare poate avea valori ridicate

Acordarea regulatoarelor conectate în cascadă

- se configerează regulatorul primar în mod manual
- se realizează acordarea regulatorului secundar
- se trece pe automat regulatorul secundar
- se realizează acordarea regulatorului primar

Exemple tipice de reglare în cascadă:

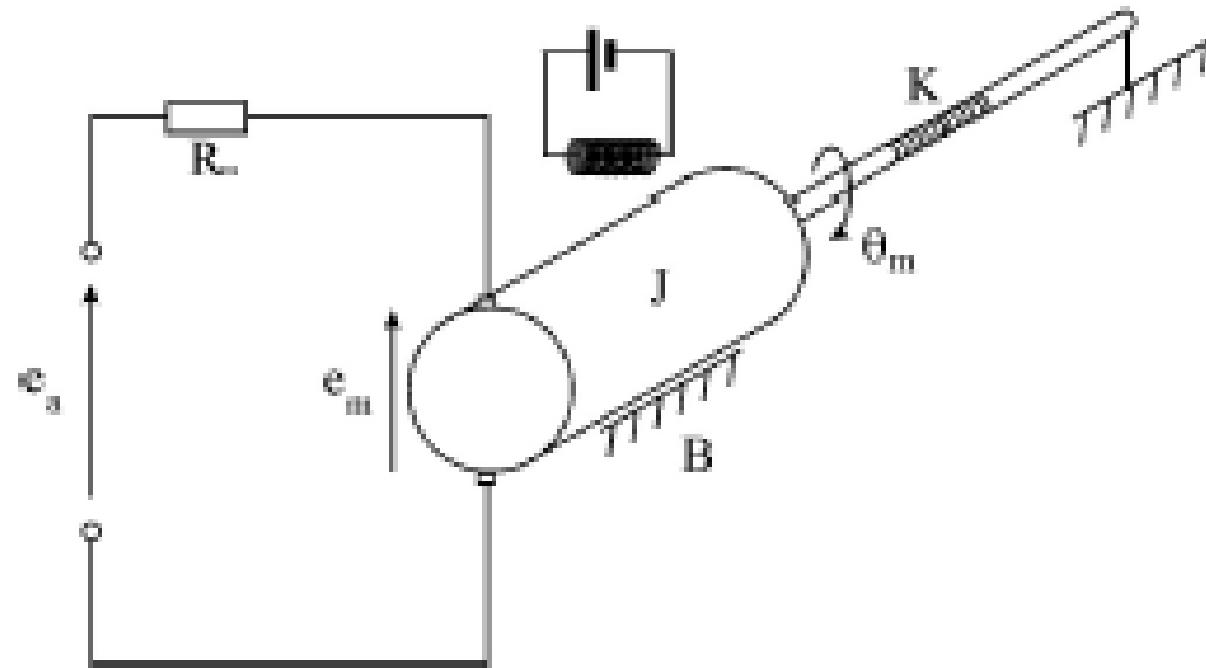
- servomecanism cu reacție după poziție și viteză
- reglarea nivelului
- reglarea temperaturii în mantaua unui reactor chimic
- reglarea temperaturii în schimbătoarele de căldură

$R_m = 4 \text{ } (\Omega)$, $KT = 0.4 \text{ } (\text{Nm/A})$, $Kb = 4 \text{ } \text{Vs/rad}$, $B = 1 \text{ } (\text{Nms/rad})$, $J = 1 \text{ } (\text{Kgm}^2)$, $K = 1 \text{ } (\text{Nm/rad})$. Amplificatorul de putere $K_a = 10$.

Amplificarea potentiometrului pentru masurarea pozitiei si a tachometrului pentru masurarea vitezei este unitara

Acordarea celor 2 regulatoare P astfel ca pentru bucla interioara $\zeta = 1$ si pentru cea exterioara $\omega_n = 5 \text{ rad/s}$.

U_m , U_m - iesire regulator master, respectiv slave (R –referințele)



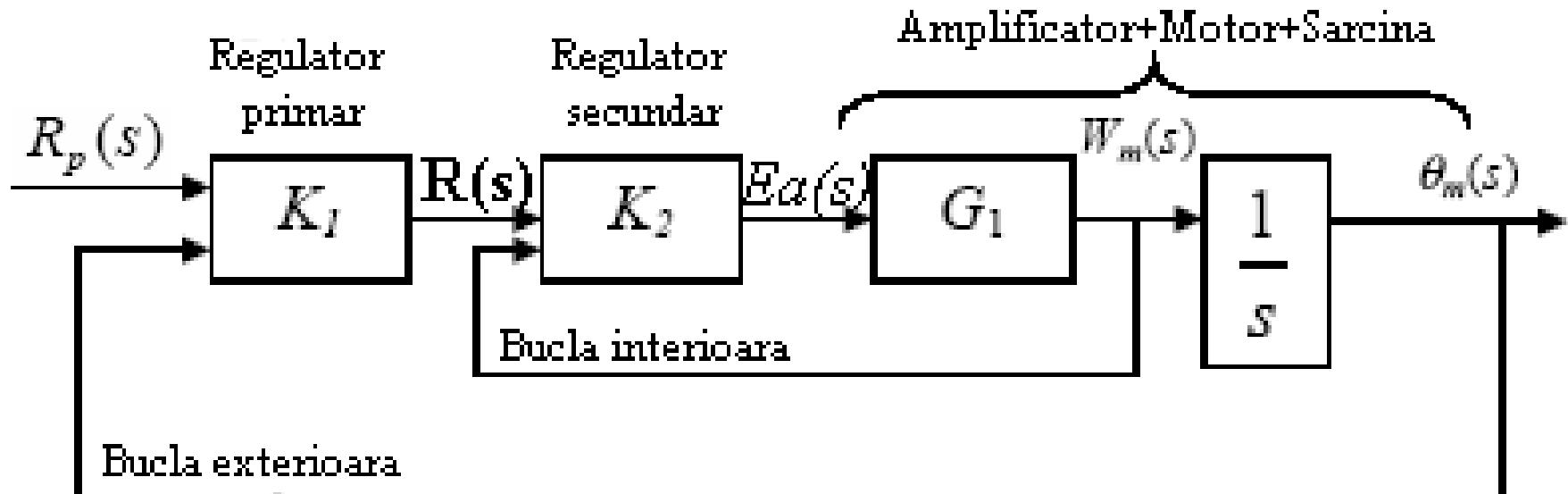
Ea(s)-iesire amplif de putere, Us intrare amplif putere

$$G_1(s) = \frac{W_m(s)}{E_a(s)} = \frac{\frac{K_T}{R_m J} s}{\left[s^2 + \left(\frac{B R_m + K_T K_b}{R_m J} \right) s + K/J \right]} = \frac{0.1s}{s^2 + 1.4s + 1}$$

$$\frac{W_m(s)}{U_s(s)} = \frac{s}{s^2 + 1.4s + 1}$$

$$\frac{W_m(s)}{R_s(s)} = \frac{K_2 s}{s^2 + (1.4 + K_2)s + 1}$$

$$1.4 + K_2 = 2, (\zeta = 1); \quad K_2 = 0.6$$



Um iesire primul regulator = referinta pt al 2-lea reg - Rs

$$\frac{\theta_m(s)}{U_m(s)} = \frac{W_m(s)}{R_s(s)} \frac{1}{s} = \frac{0.6}{s^2 + 2s + 1}$$

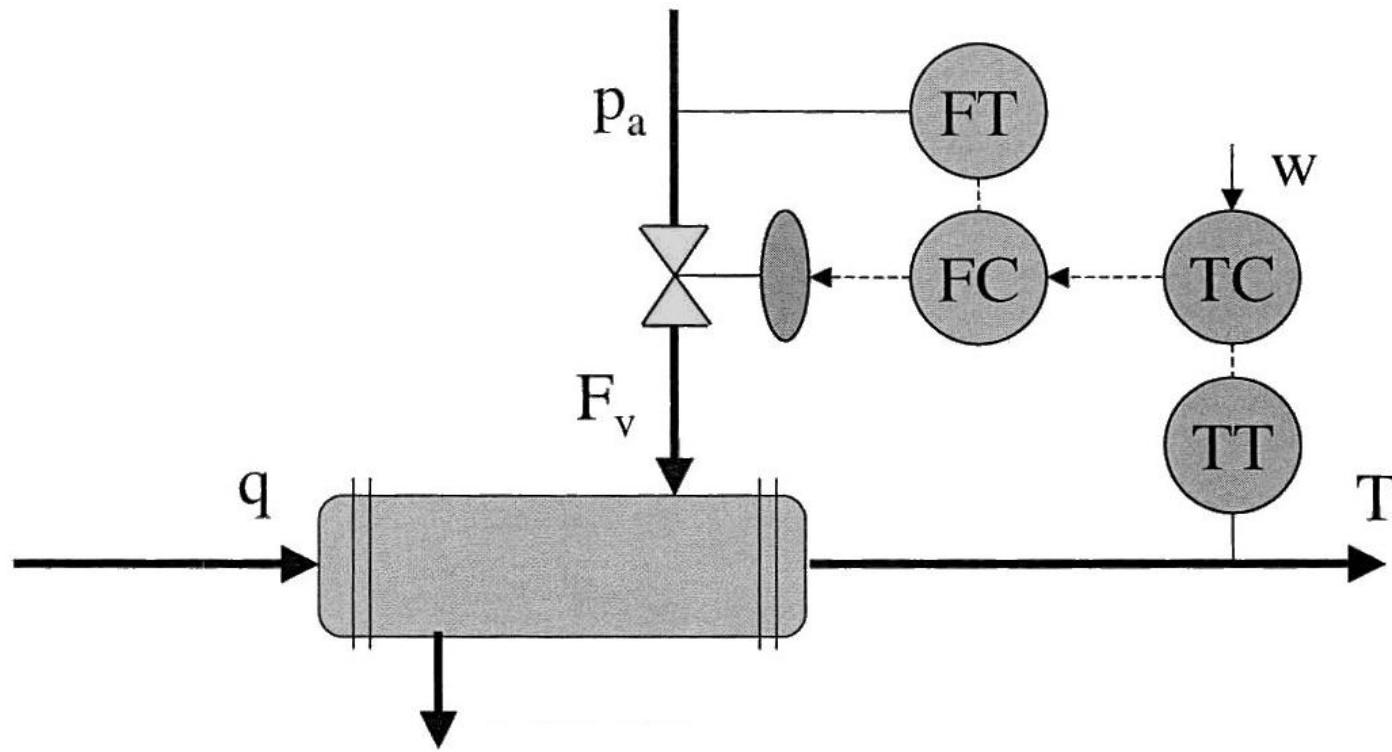
$$\frac{\theta_m(s)}{R_p(s)} = \frac{0.6K_1}{s^2 + 2s + (1 + 0.6K_1)}$$

Pentru a obtine in bucla exterioara frecventa naturala de 5 rad/s,

$$1 + 0.6 K_1 = \omega_n^2 = 25 \text{ vom avea } K_1 = 40$$

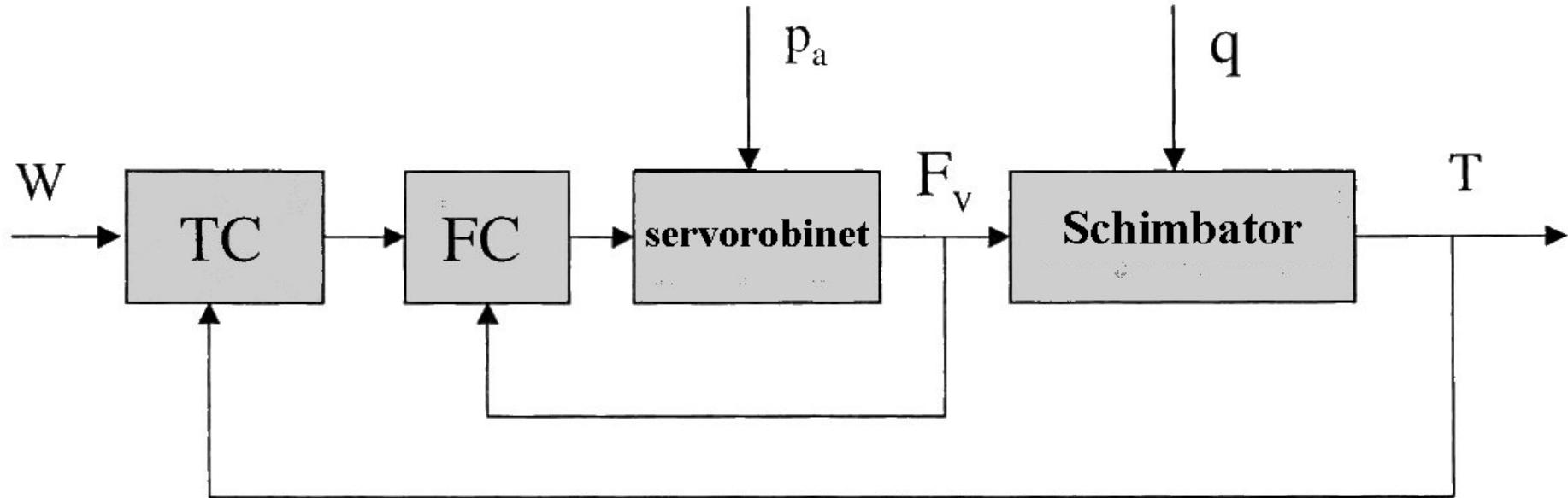
De retinut ca a fost relativ simplu sa acordam regulatoarele pentru a obtine performantele impuse

Reglare în cascadă



Regulatorul din bucla exterioară (TC) modifică referința pentru cel din bucla interioară (FC), corectând efectul modificării presiunii p_a prin F_v înainte ca aceste modificări să afecteze semnificativ temperatura de ieșire a produsului

Reglare în cascadă



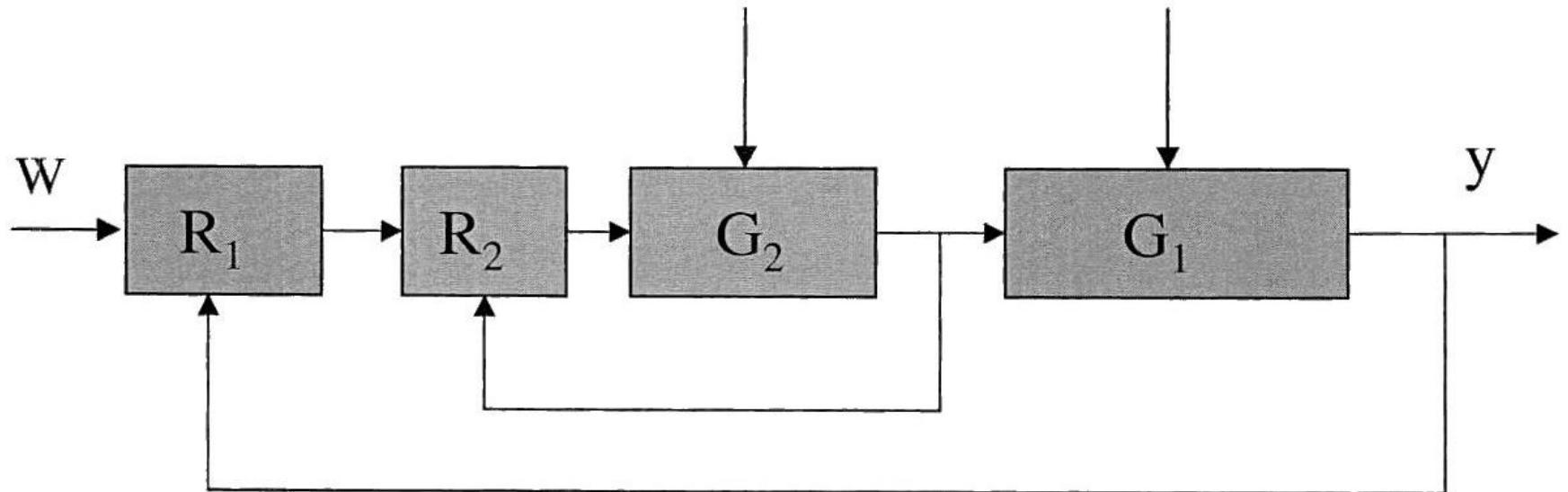
Bucla exterioară (TC – Schimbător) lentă

Bucla interioară (FC – Servorobinet) rapidă

Perturbațiile care acționează în cadrul buclei interioare pot fi corectate rapid

Mai multe echipamente

Acordare / Operare

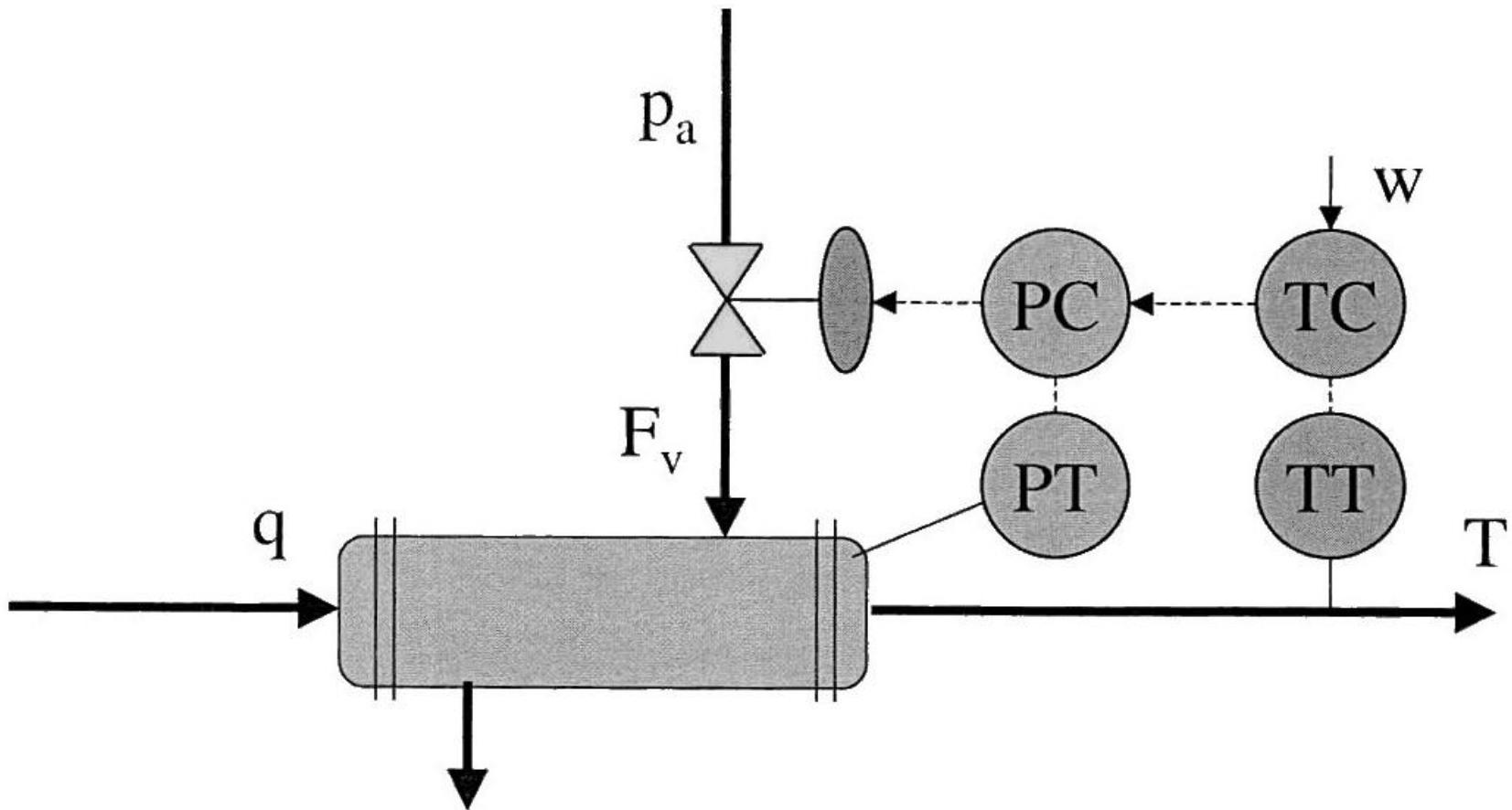


Se începe cu acordarea regulatorului din bucla internă și se continuă cu cel din bucla externă.

În general reglarea în cascadă este mai rapidă decât cea cu o singură buclă.

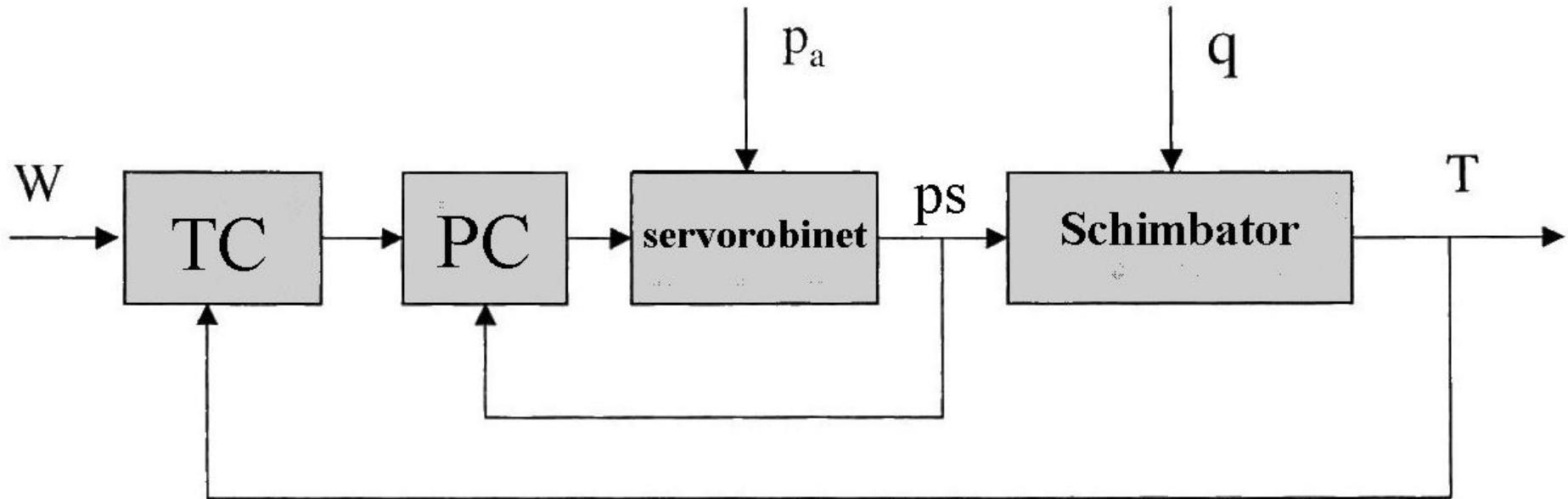
Dacă un regulator funcționează în mod manual toate buclele externe acestuia trebuie să fie tot în mod manual.

Cascadă Temperatură - Presiune



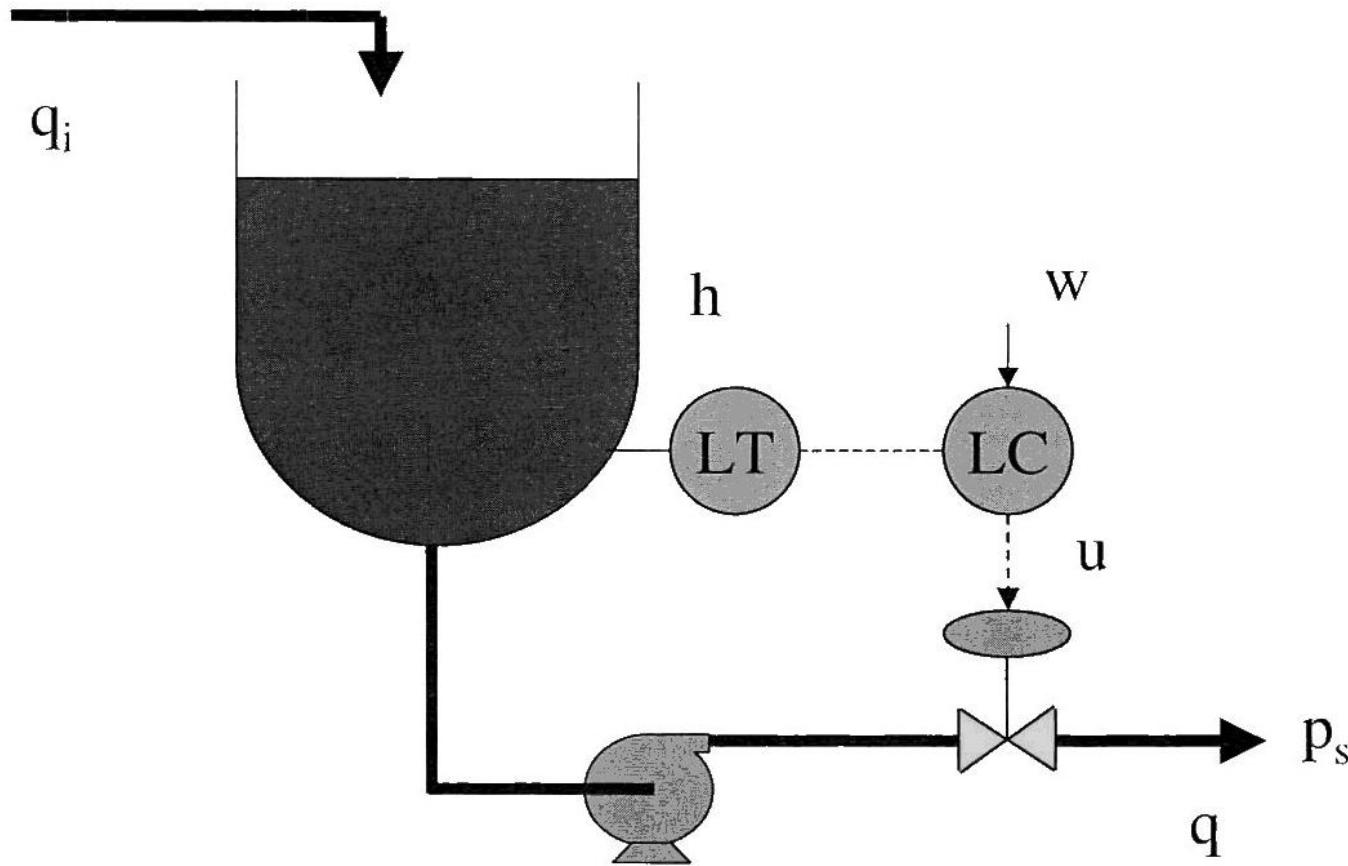
O buclă internă cu un regulator de presiune asigură o reglare mai eficientă. Costurile pentru echipamente sunt mai reduse decât în cazul debitului.

Reglare în cascadă



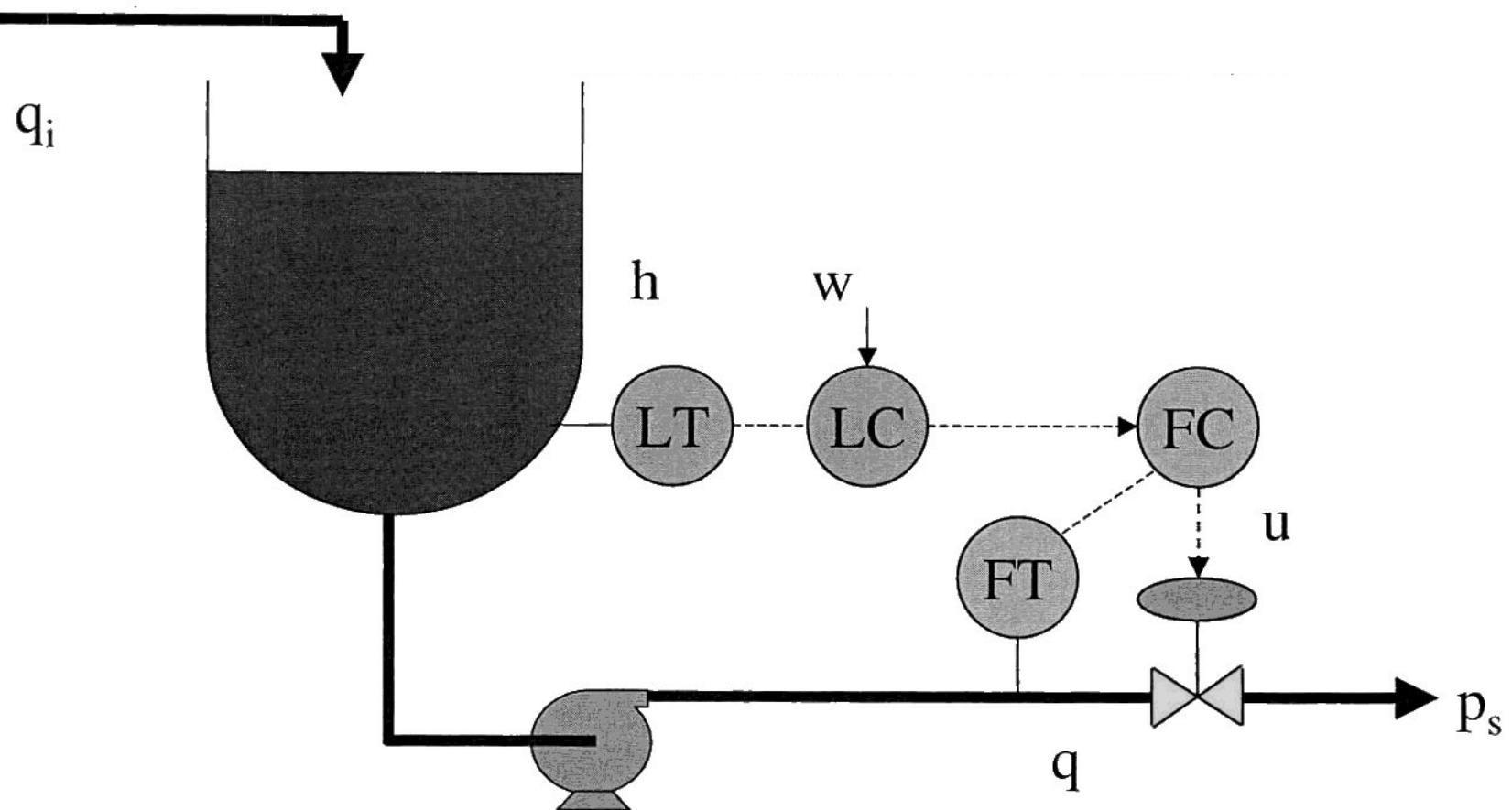
Regulatorul din bucla exterioară (TC) modifică referința pentru cel din bucla interioară (PC), corectând efectul modificării presiunii p_a prin p_s înainte ca aceste modificări să afecteze semnificativ temperatura de ieșire a produsului

Reglare nivel



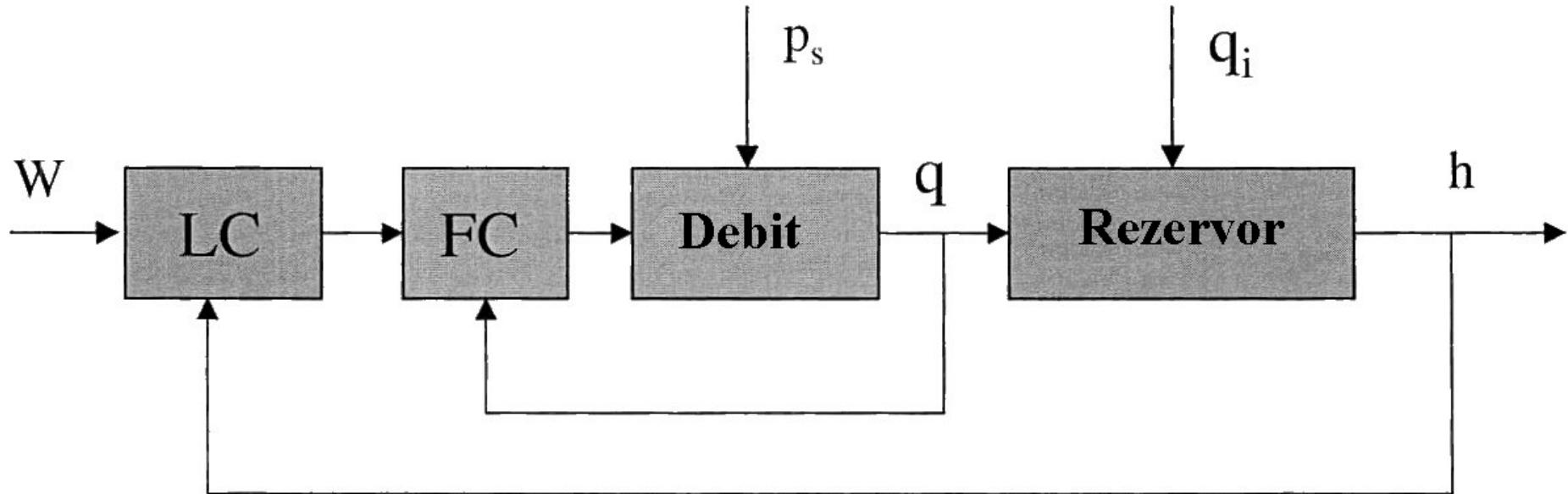
Schimbari in presiunea de linie modifica debitul q si nivelul h .
Regulatorul LC modifica u pentru a mentine nivelul in rezervor 14

Reglare in cascada



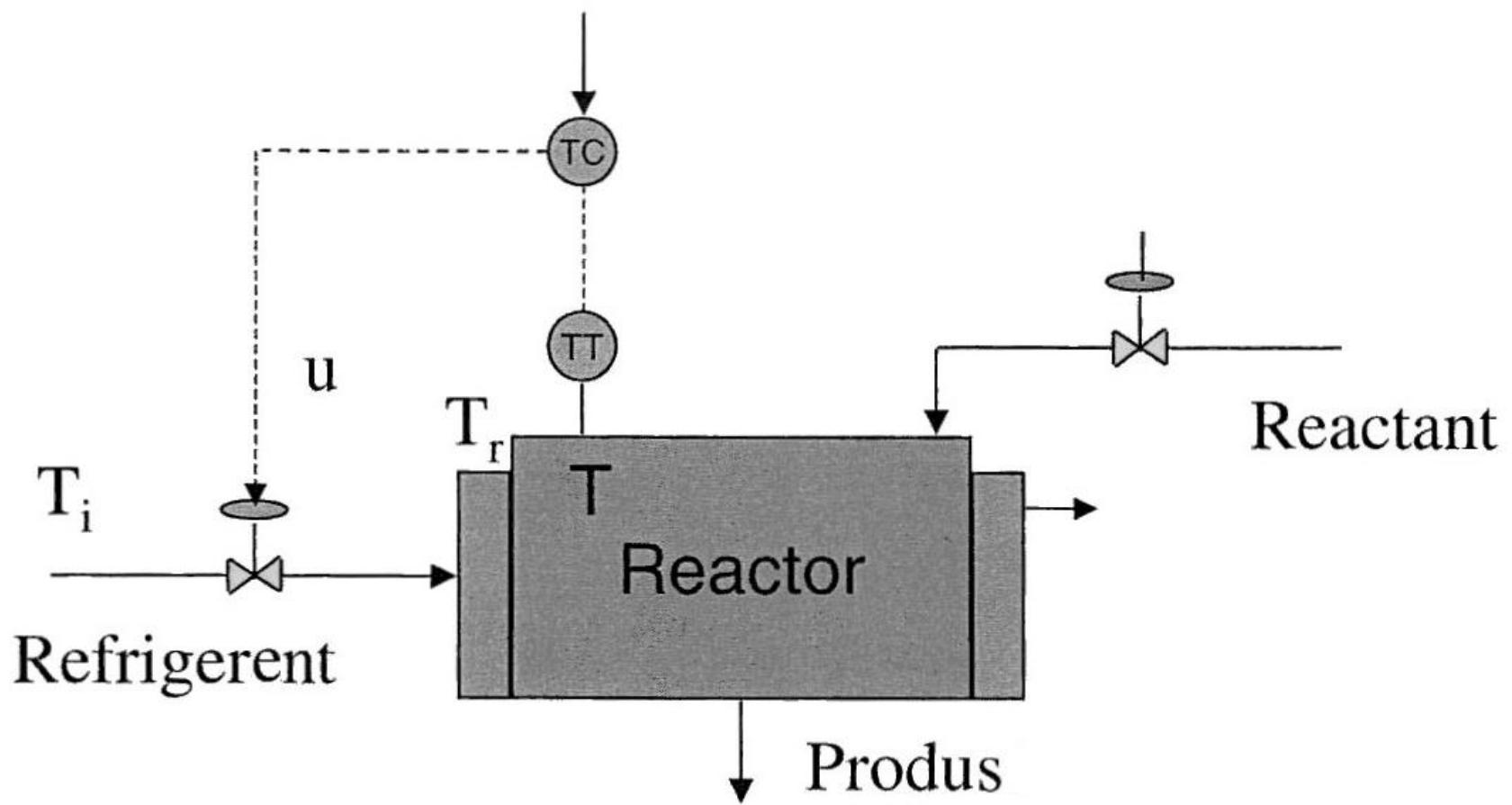
Regulatorul LC modifica referinta printru FC; acesta corecteaza perturbatiile p_s din q inainte ca acestea sa influenteze semnificativ nivelul h

Reglare in cascada nivel-debit



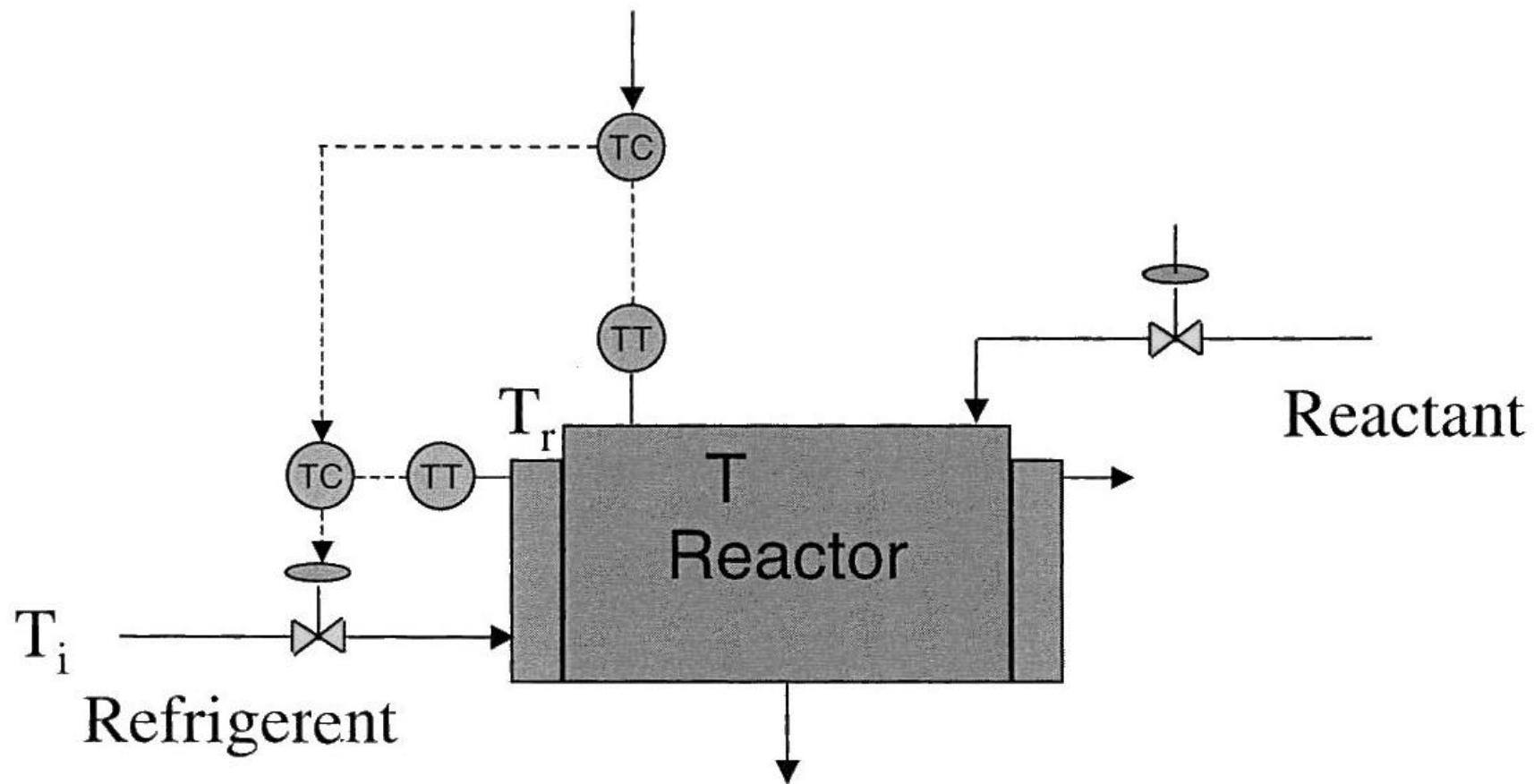
Regulatorul din bucla exterioara (LC) modifica referinta pentru cel din bucla interioara; acesta corecteaza perturbatia in q inainte ca aceasta sa influenteze semnificativ nivelul h

Reglare temperaturii unui reactor chimic



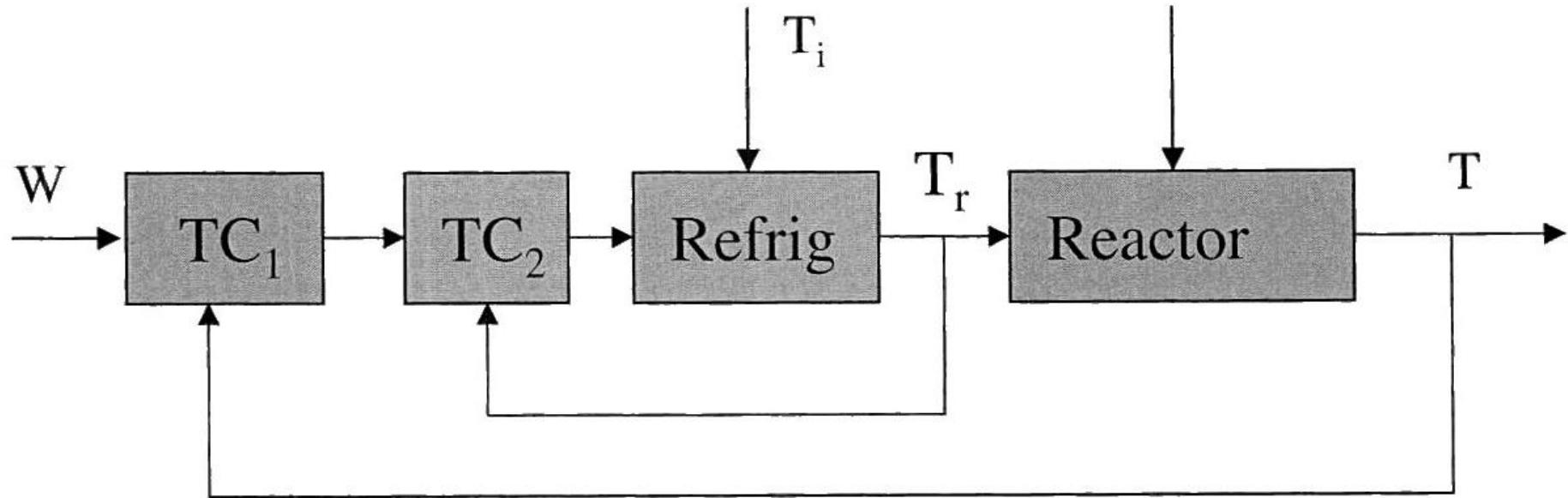
Modificarea temperaturii agentului de racire (T_i), va determina modificari in T_r si T . Regulatorul TC le va corecta modificand semnalul de control u^{17}

Cascada Temp-Temp

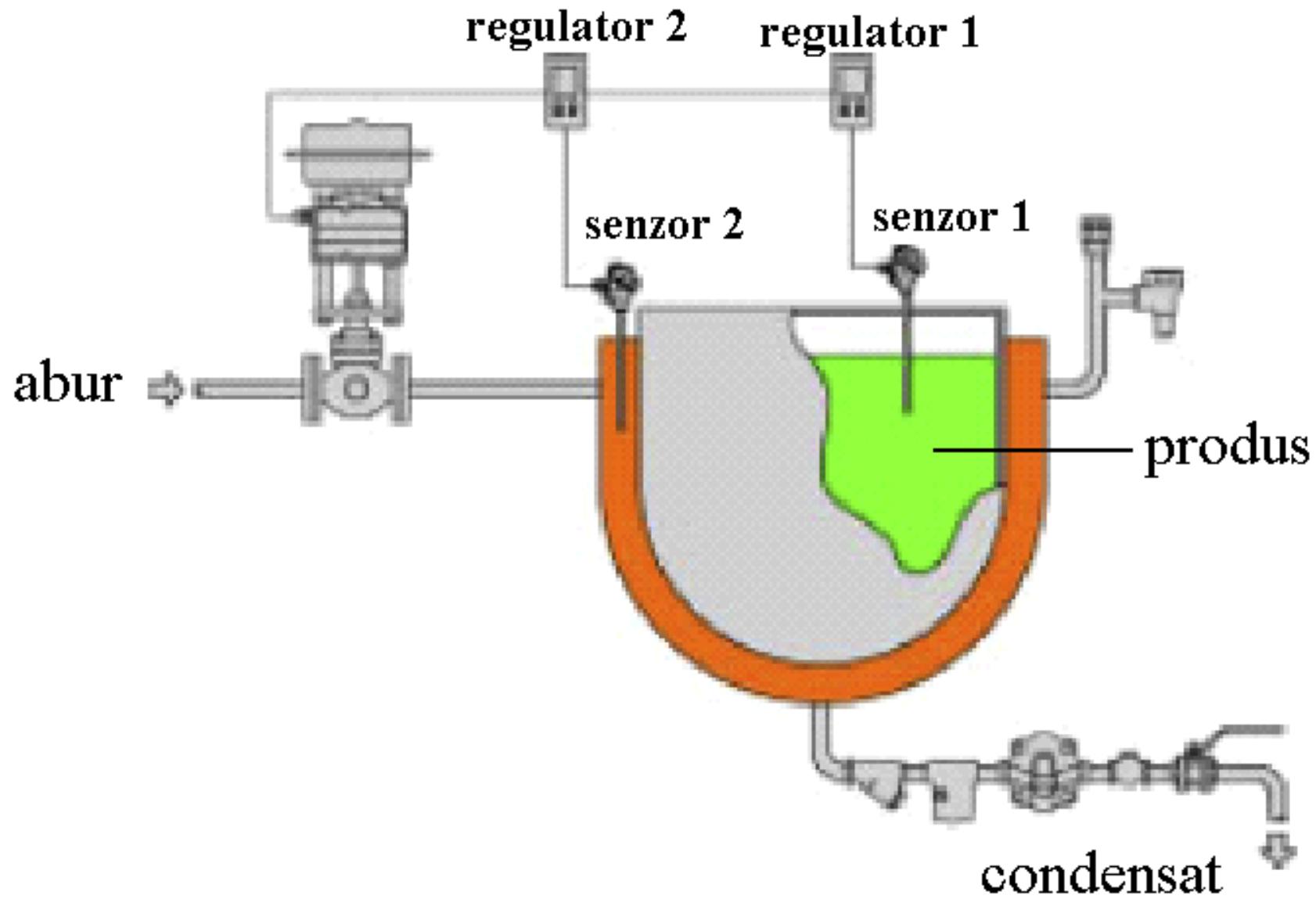


Regulatorul din bucla exterioara modifica referinta pentru cel din bucla interioara; acesta corecteaza perturbatia T_i din T_r inainte ca aceasta sa influenteze semnificativ temperatuta produsului T

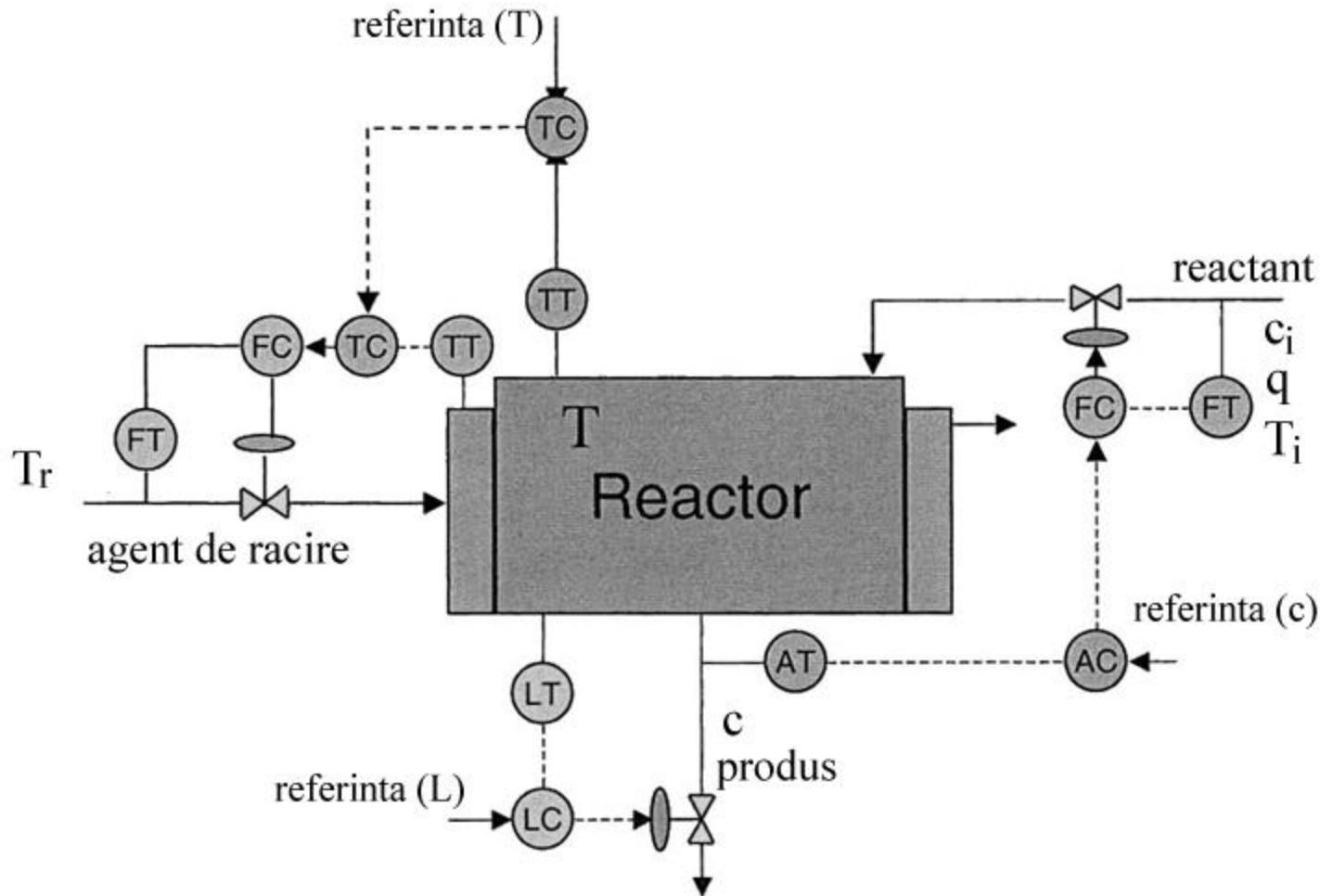
Cascada Temp-Temp



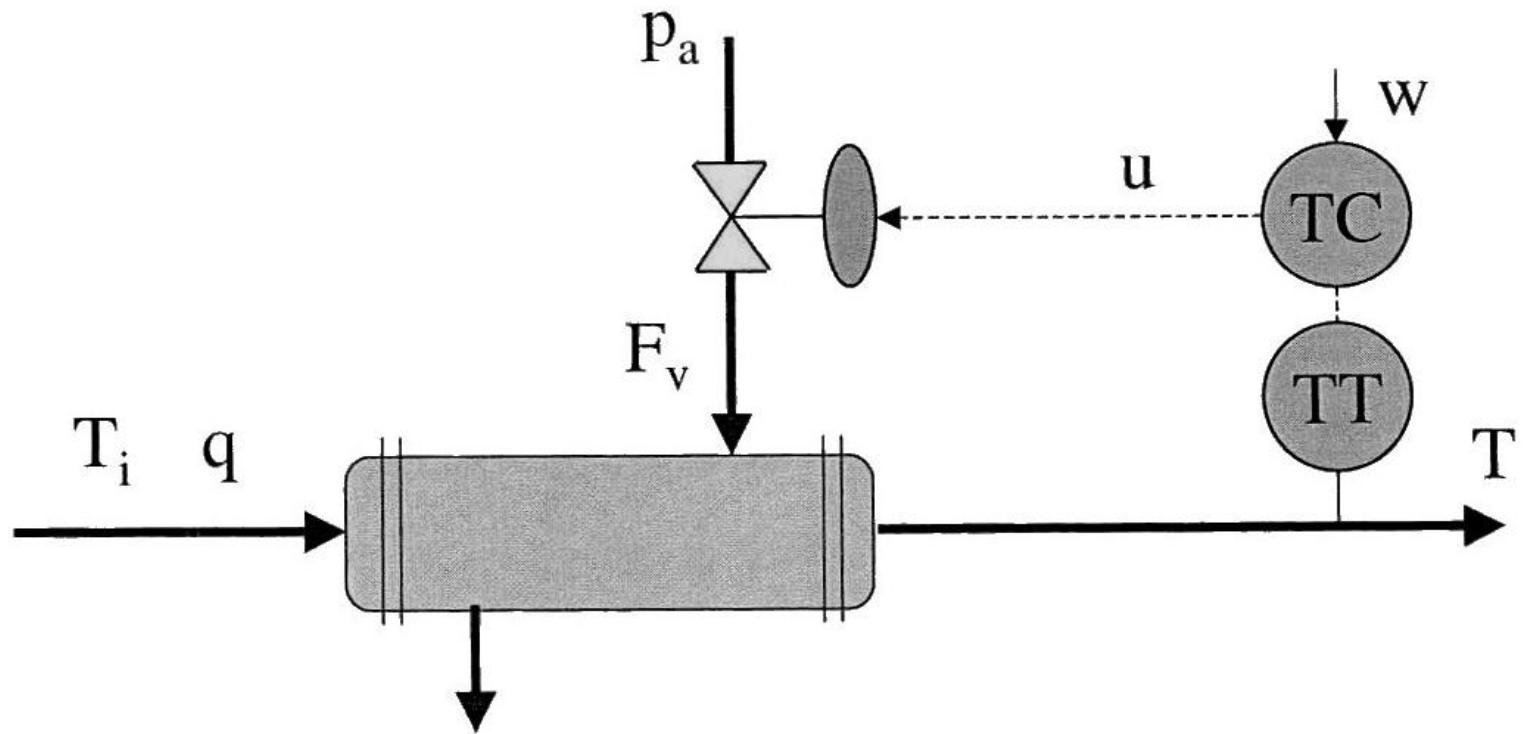
Regulatorul din bucla exterioara (TC_1) modifica referinta pentru cel din bucla interioara; acesta corecteaza perturbatia T_i din T_r inainte ca aceasta sa influenteze semnificativ temperatuta produsului T



Reactor chimic

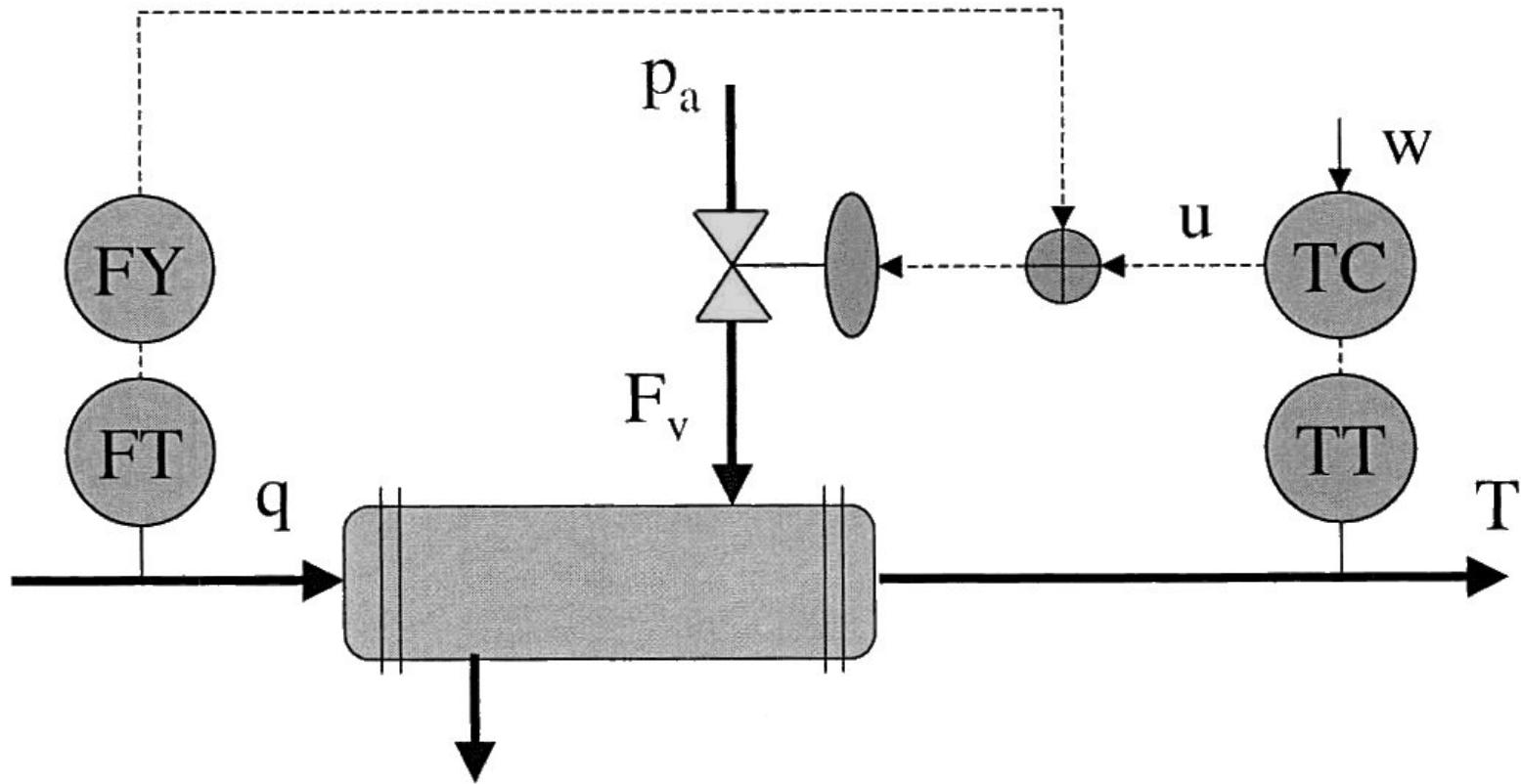


Feedforward control



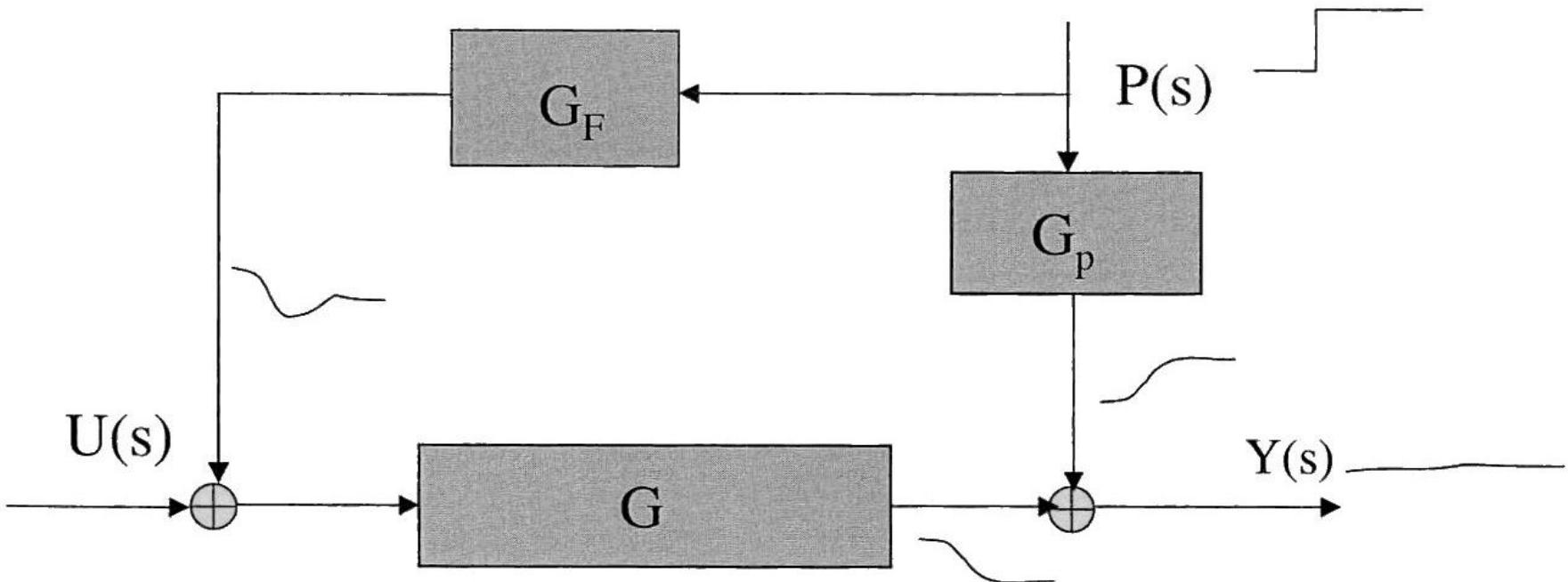
La apariția unor modificări în q sau T_i , regulatorul va acționa doar în momentul în care se modifică T

Feedforward



Se modifică debitul q : Compensatorul feedforward va modifica semnalul de comandă al servorobinetului conform cu modificările debitului q de îndată ce acestea apar

Feedforward

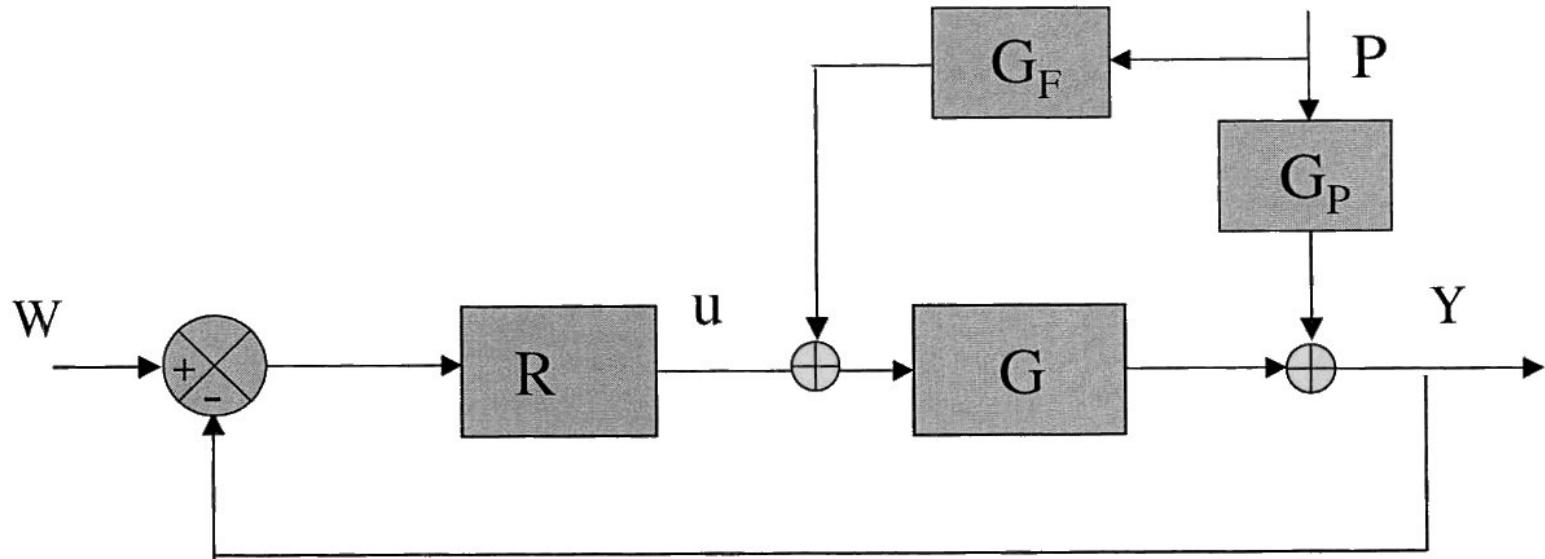


Pentru a compensa o perturbație $P(s)$, compensatorul va realiza o modificare în $Y(s)$ prin G_F și G , egală ca amplitudine și de semn contrar cu cea produsă de perturbația $P(s)$ prin G_p

Feedforward

- perturbații măsurabile care nu pot fi controlate direct
- sunt necesare echipamente suplimentare
- G_P trebuie să fie mai lentă decât G
- este o compensare în buclă deschisă și trebuie utilizată în completarea unui control în buclă închisă

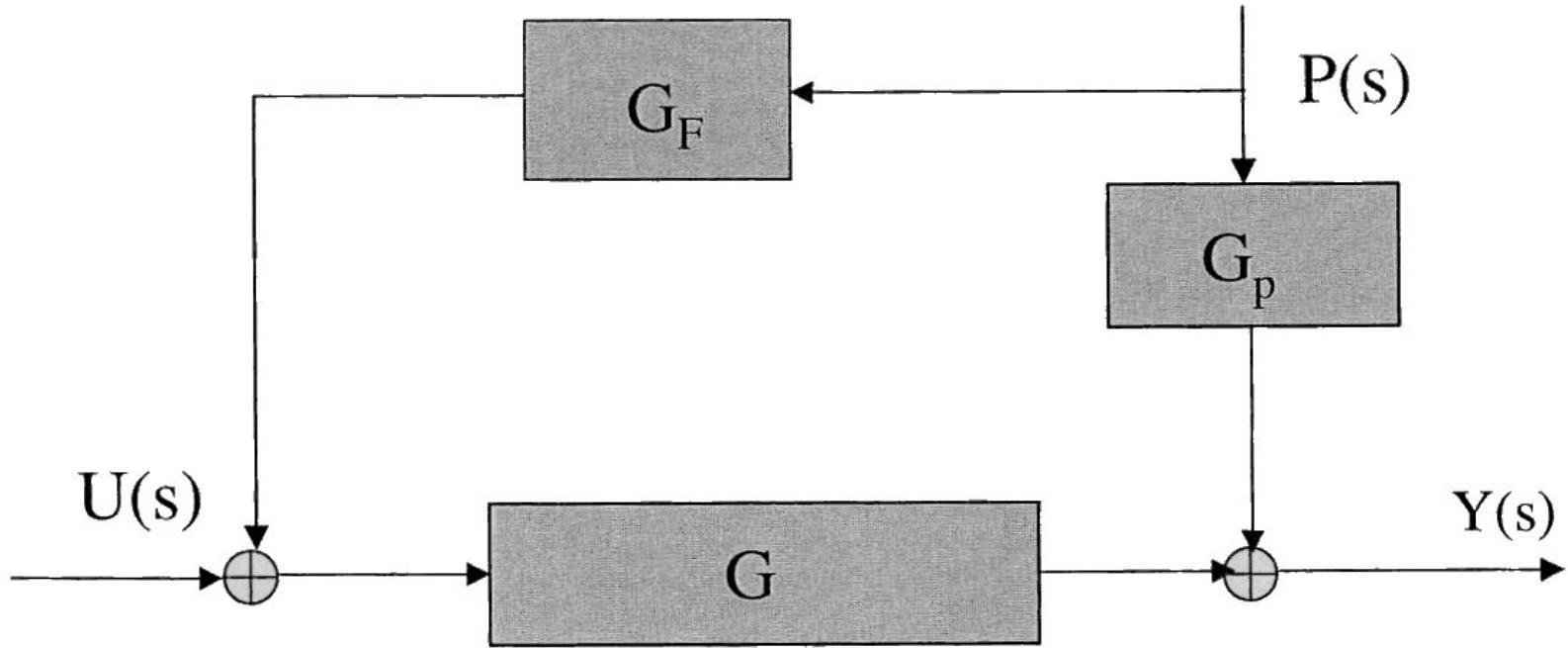
Schema functional



$$\begin{aligned} Y(s) &= G(s)[U(s) + G_F(s)P(s)] + G_P(s)P(s) = \\ &= G(s)R(s)[W(s) - Y(s)] + [G(s)G_F(s) + G_P(s)]P(s) \end{aligned}$$

$$Y(s) = \frac{G(s)R(s)}{1 + G(s)R(s)} W(s) + \frac{G(s)G_F(s) + G_P(s)}{1 + G(s)R(s)} P(s)$$

Calculul lui G_F



$$\begin{aligned} Y(s) &= G(s)[U(s) + G_F(s)P(s)] + G_P(s)P(s) = \\ &= G(s)U(s) + [G(s)G_F(s) + G_P(s)]P(s) \\ 0 &= G(s)G_F(s) + G_P(s) \end{aligned}$$

$$G_F = -\frac{G_P(s)}{G(s)}$$

Dacă timpul mort și gradul relativ al lui G_p sunt ambele mai mari decât pentru G , și G nu are zeroare în semiplanul drept, atunci :

$$G_F = -\frac{G_p(s)}{G(s)}$$

Dacă G_F are o caracteristica de filtru trece sus sau dacă ordinul lui G_p este mai mic sau egal cu al lui G , se poate adăuga un filtru. Ordinul r al filtrului f va fi egal cu ordinul lui GG_p^{-1}

$$f=1/(as+1)^r$$

Considerente practice

- GF nu este întotdeauna fizic realizabil (deinde de G_p și G)
- Forma recomandată

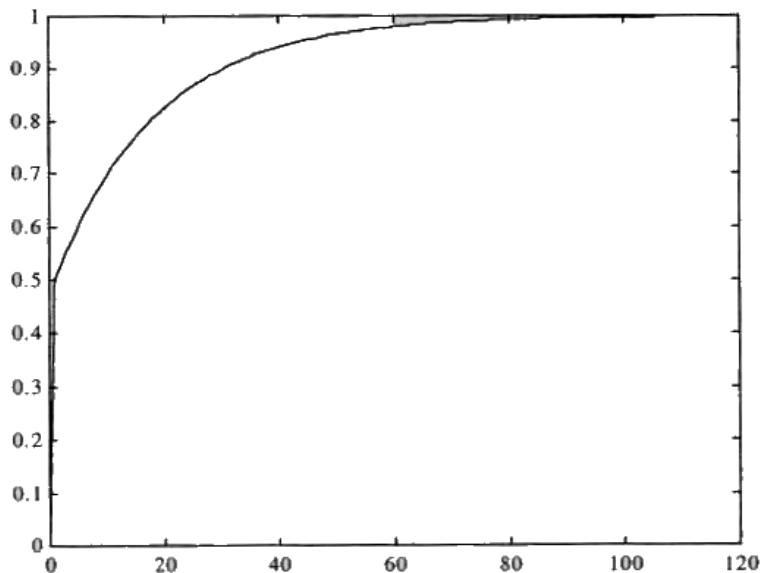
$$G_F = -\frac{K_F(bs+1)}{(as+1)}$$

$$K_F = \frac{K_p}{K}$$

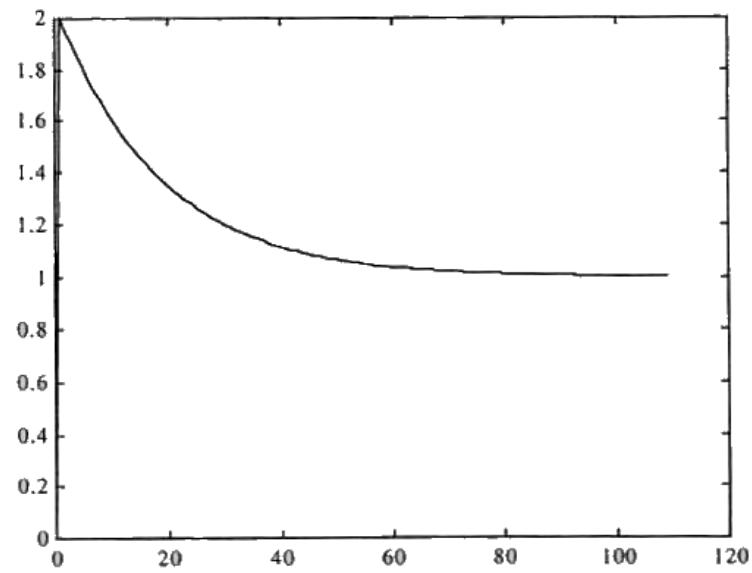
Lead/Lag

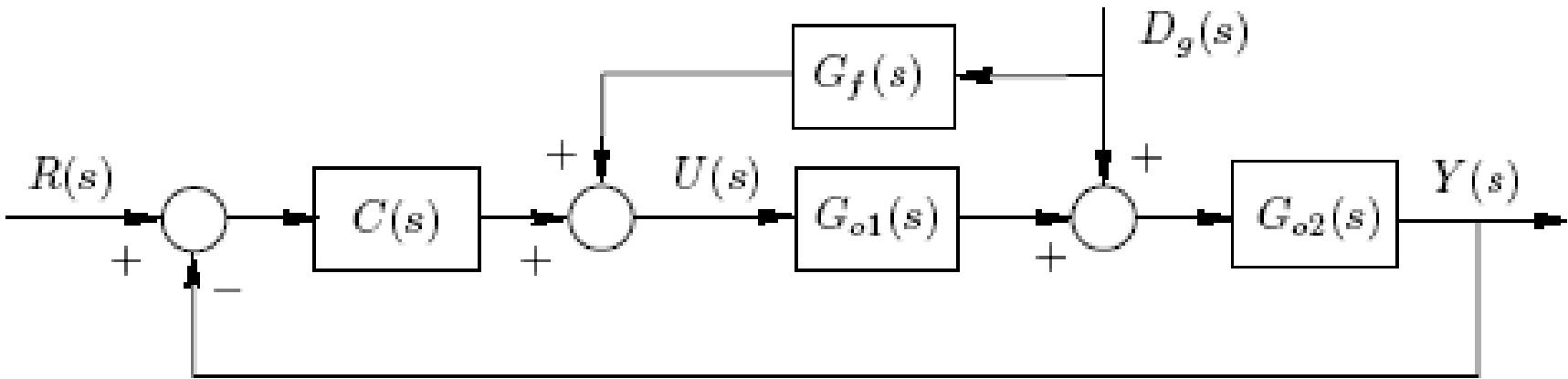
$$G_F = -\frac{K_F(bs+1)}{(as+1)}$$

$b < a$



$b > a$

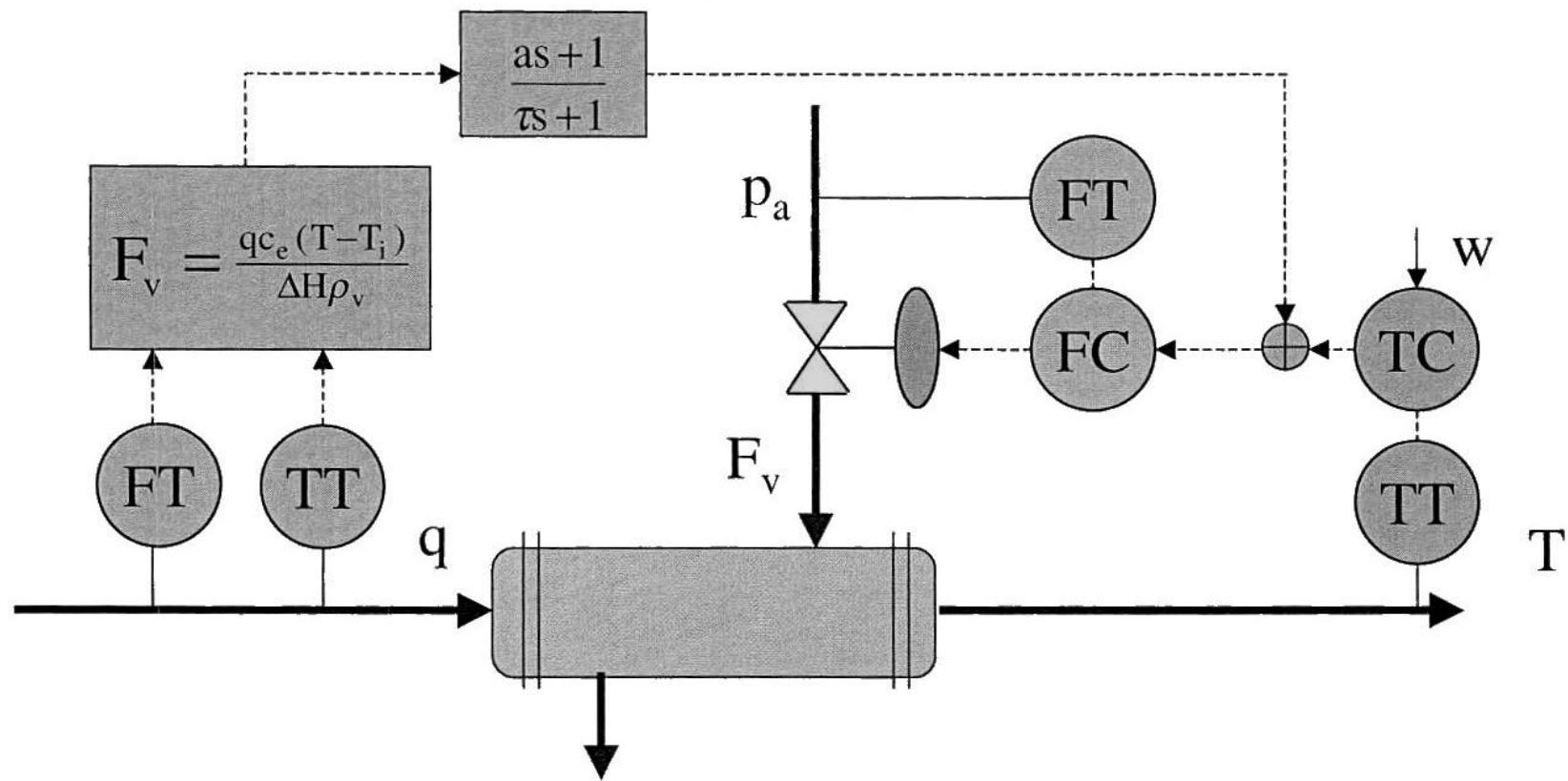




Compenstorul G_f – propriu și stabil

Deoarece, de regulă, G_{o1} are o caracteristică de filtru trece jos, este posibil ca G_f să aibă o caracteristică de filtru trece sus.

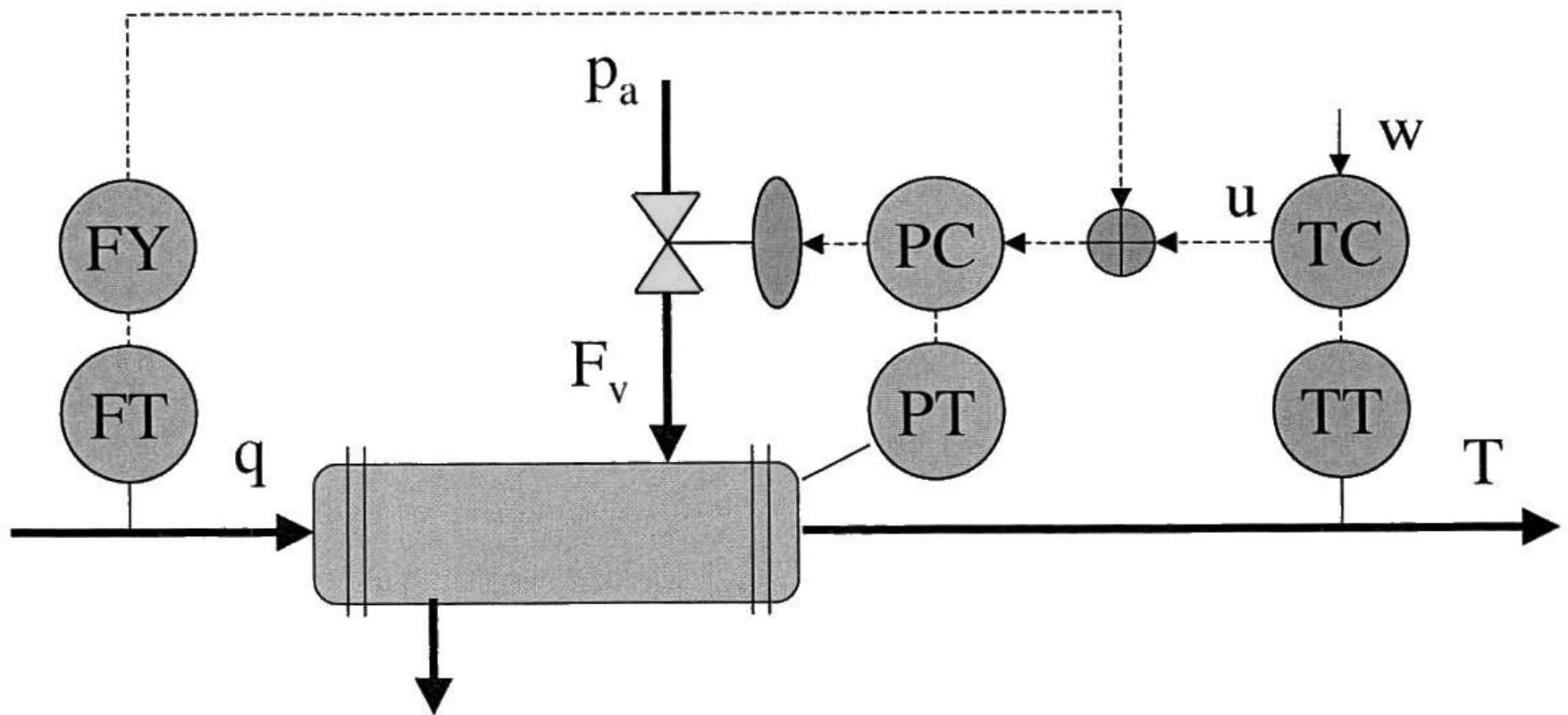
Compensator static / model



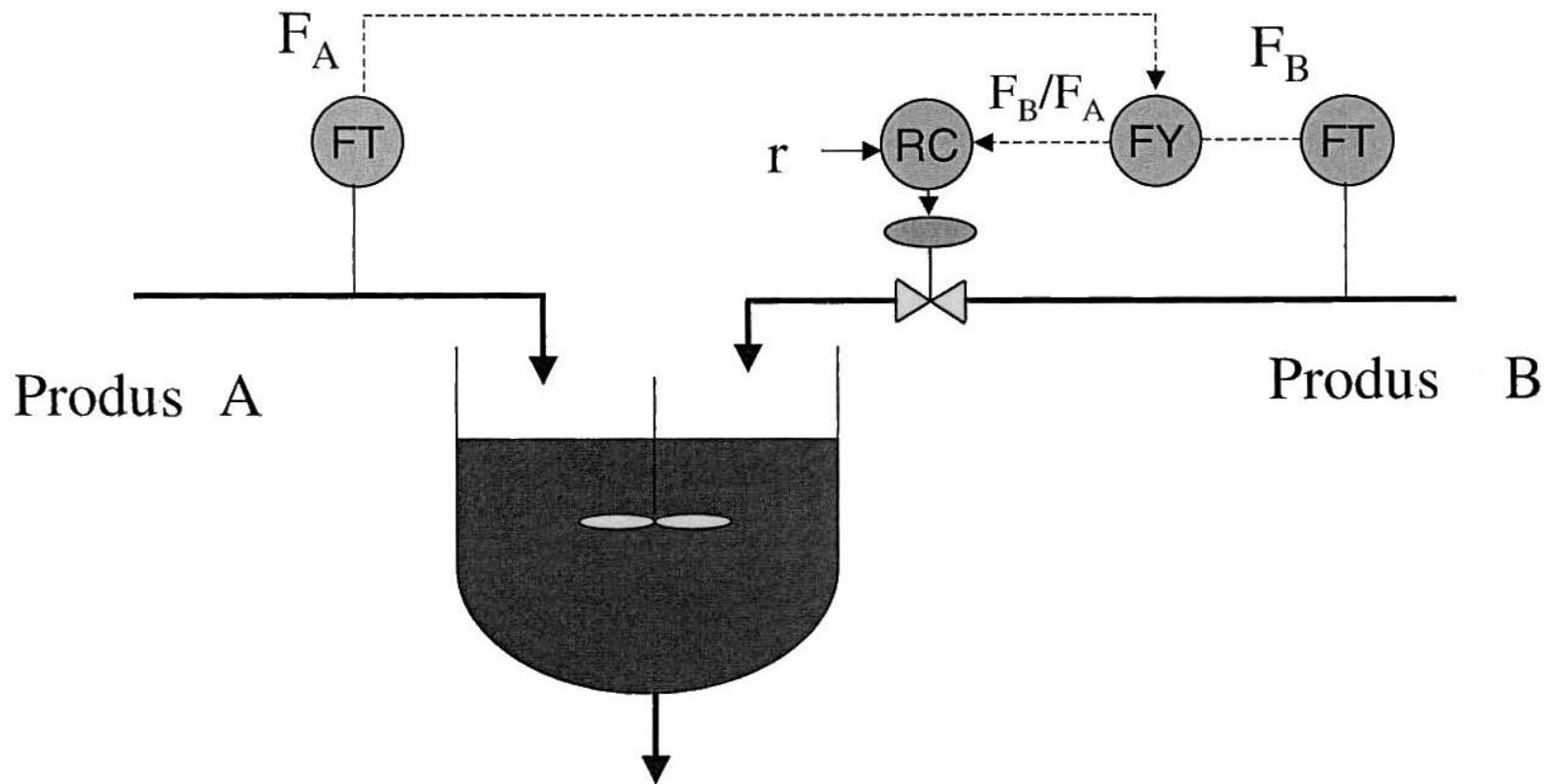
K_F se determină din modelul static

Trebuie inclusă dimamica regulatorului și a procesului

Cascada+Feedforward

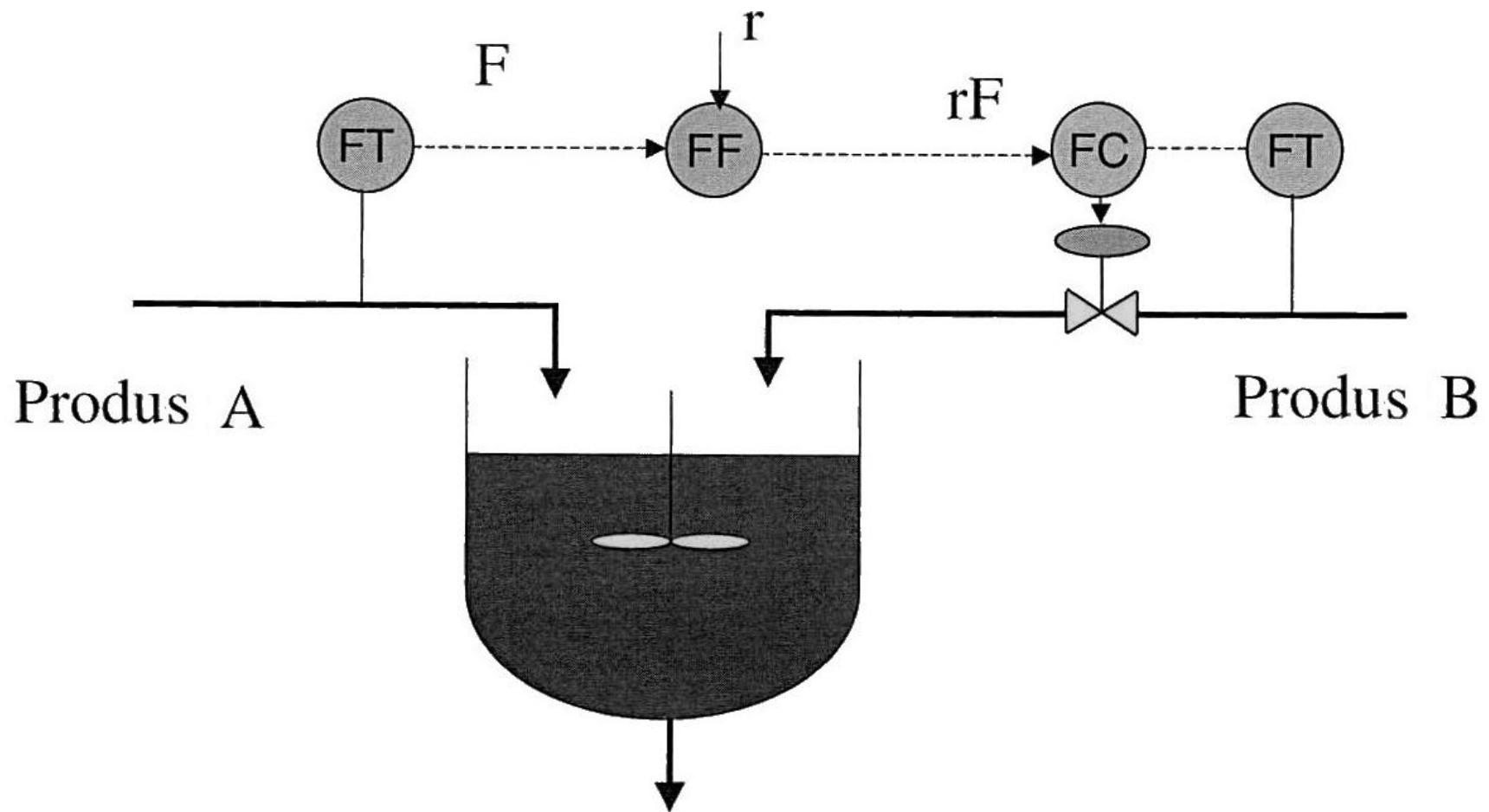


Reglare de raport

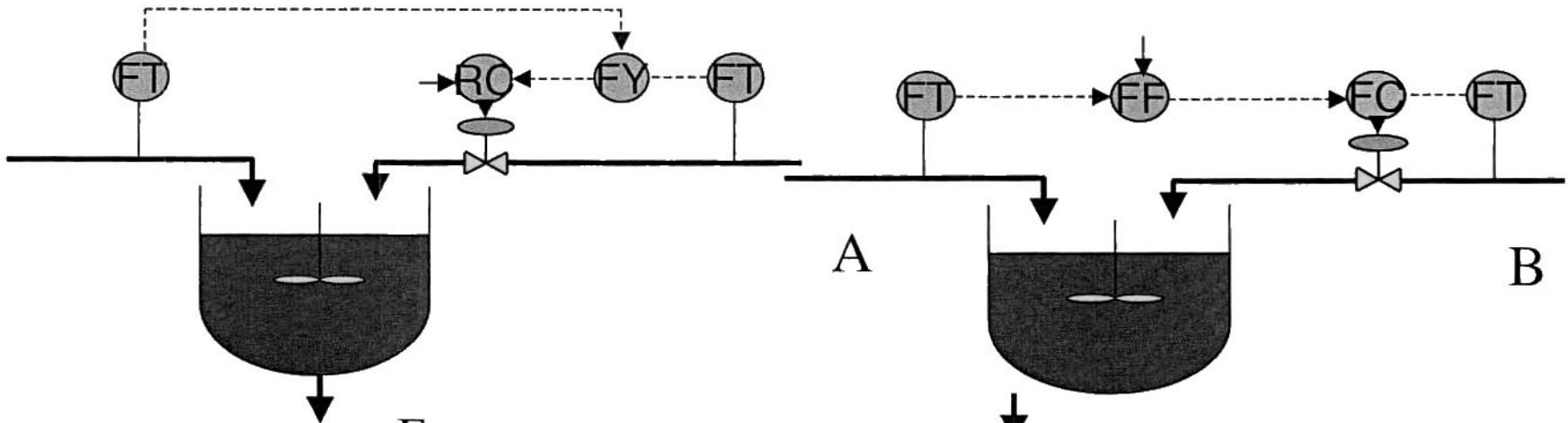


A si B se amesteca intr-o anumita proportie

Reglare de raport



Reglare de raport



$$r = \frac{F_B}{F_A}$$

Variabila reglata

$$F_B = rF_A$$

$$\frac{\partial r}{\partial F_A} = -\frac{F_B}{F_A^2}$$

Amplificarea f.d. perturb

$$\frac{\partial F_B}{\partial F_A} = r$$

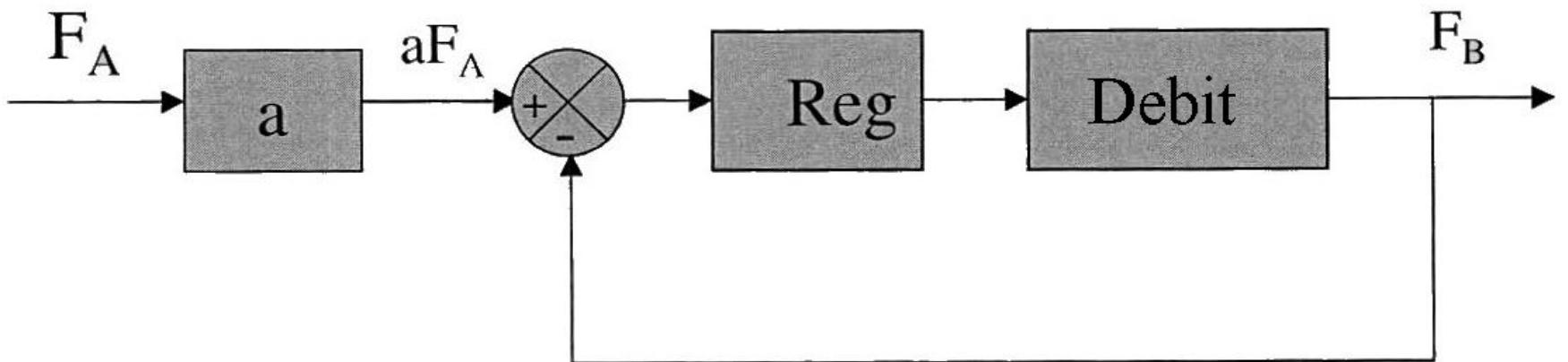
amplif
constante

$$\frac{\partial r}{\partial F_B} = \frac{1}{F_A}$$

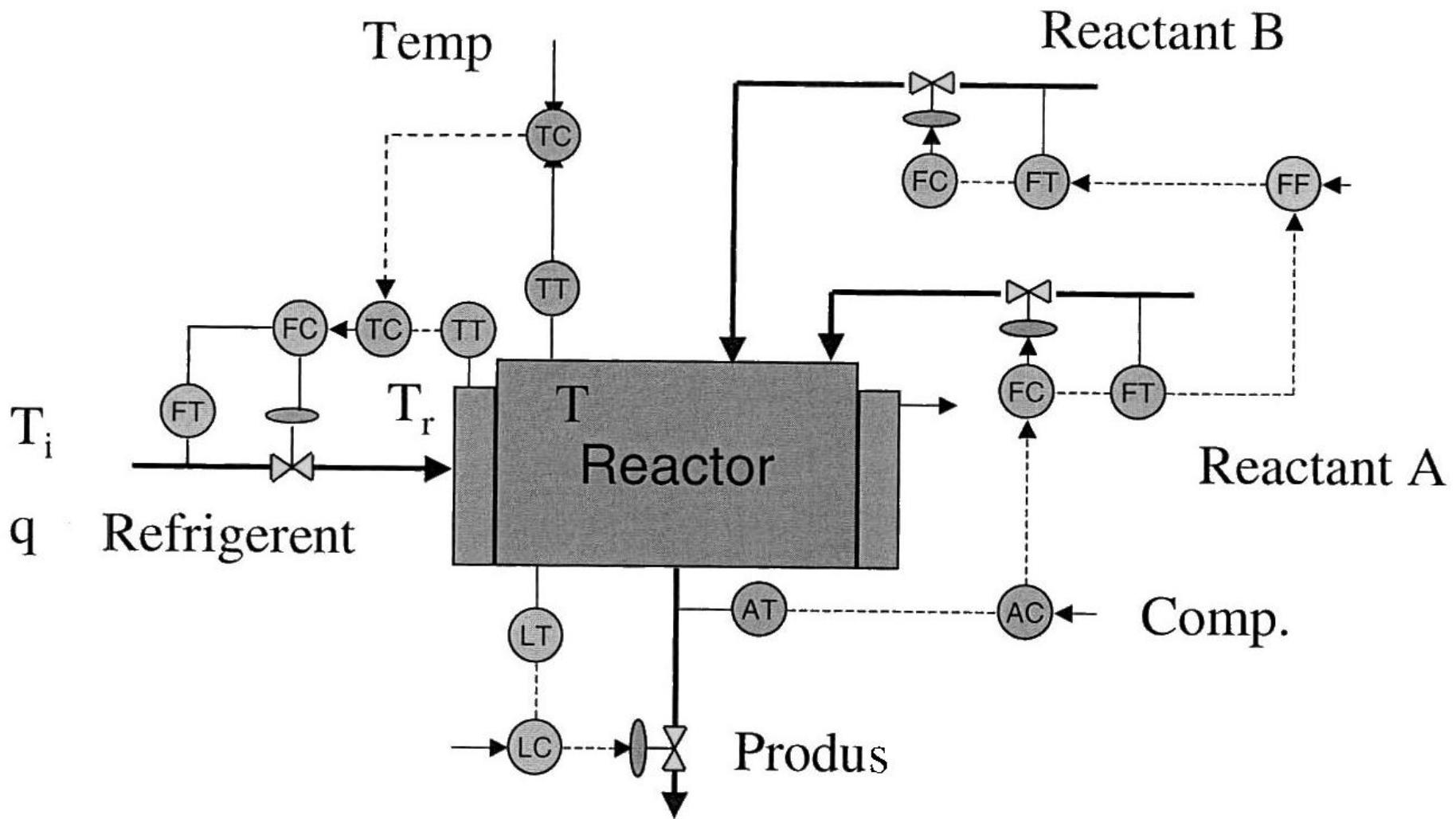
Amplificarea f.d. comanda

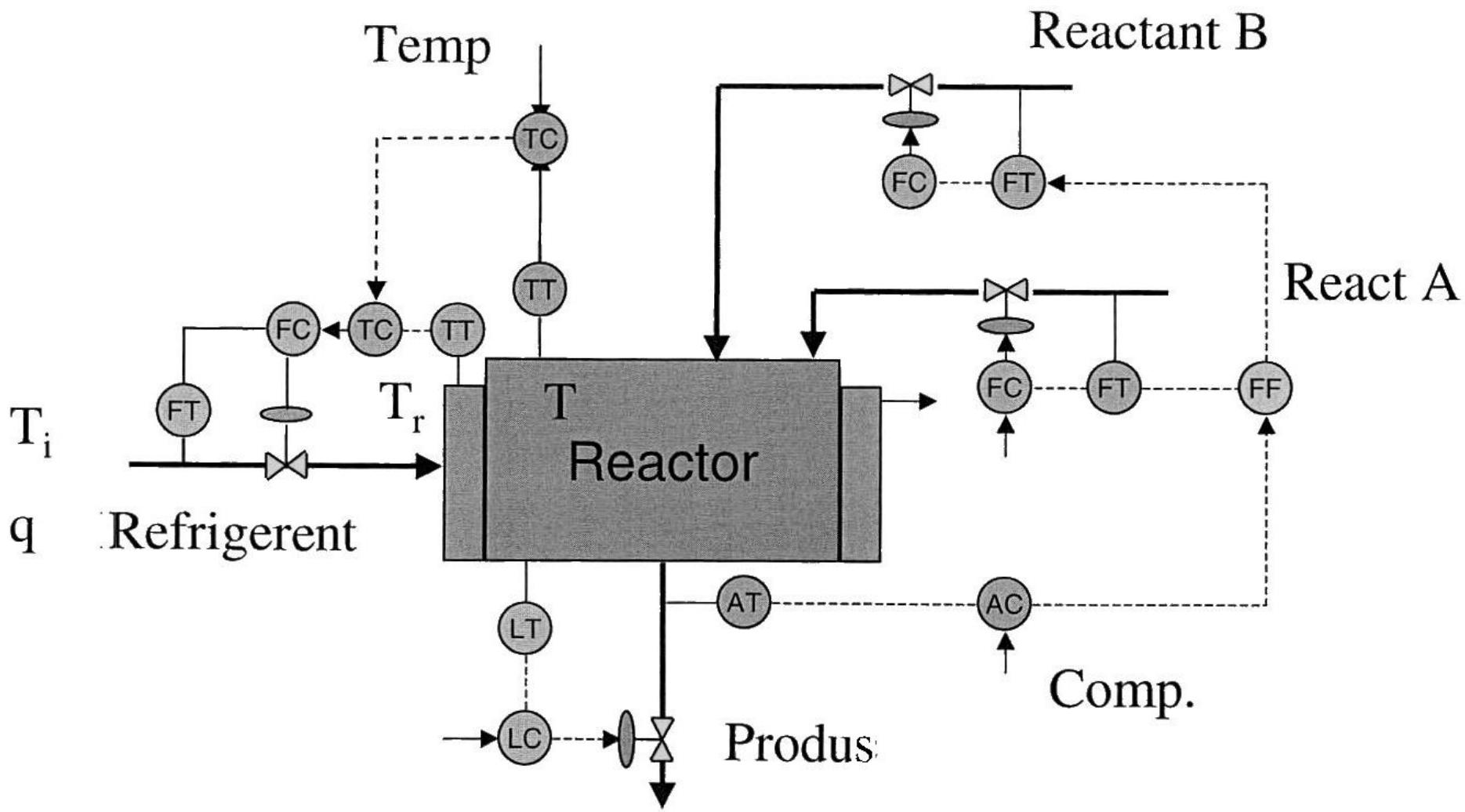
$$\frac{\partial F_B}{\partial F_B} = 1$$

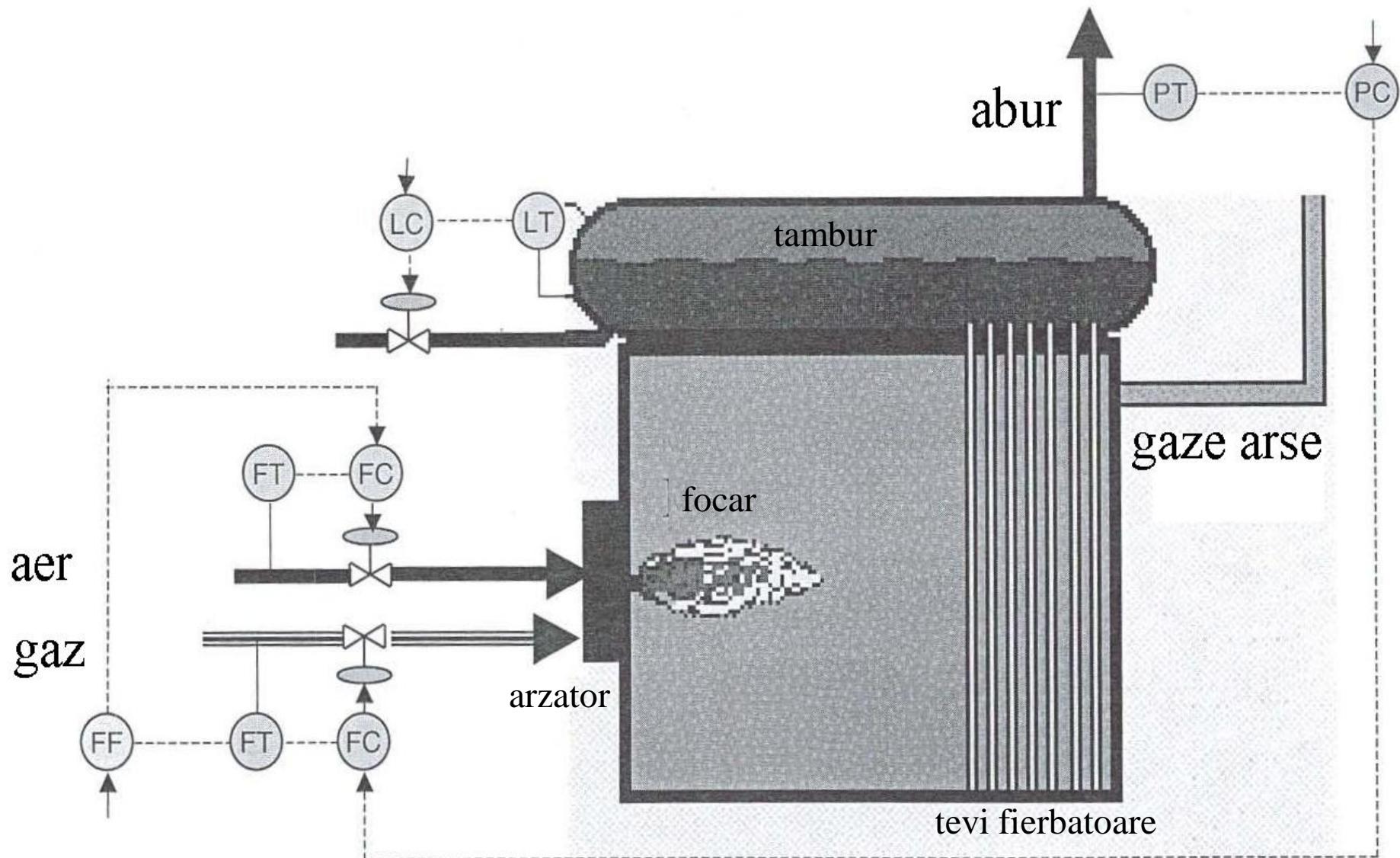
Schema bloc

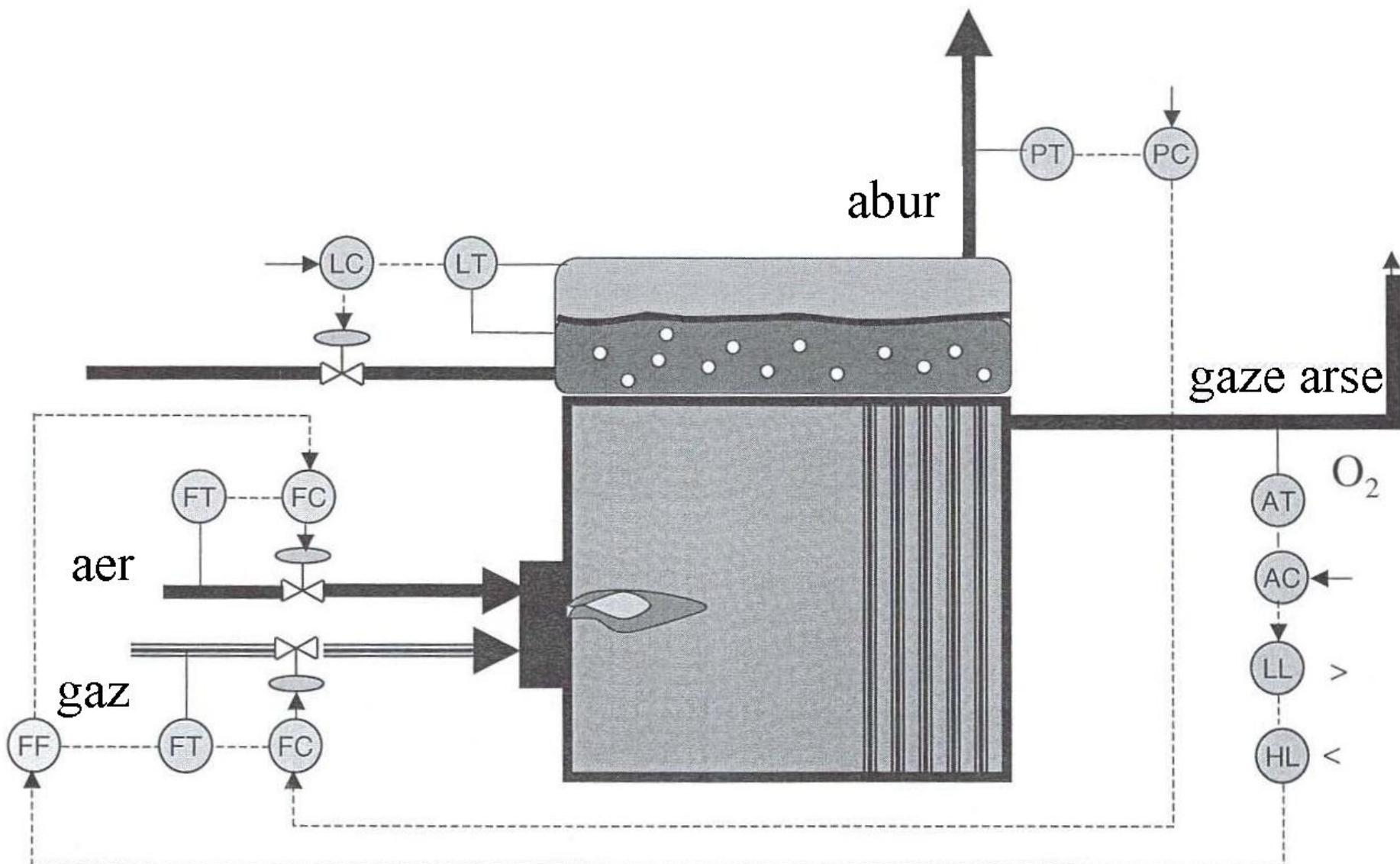


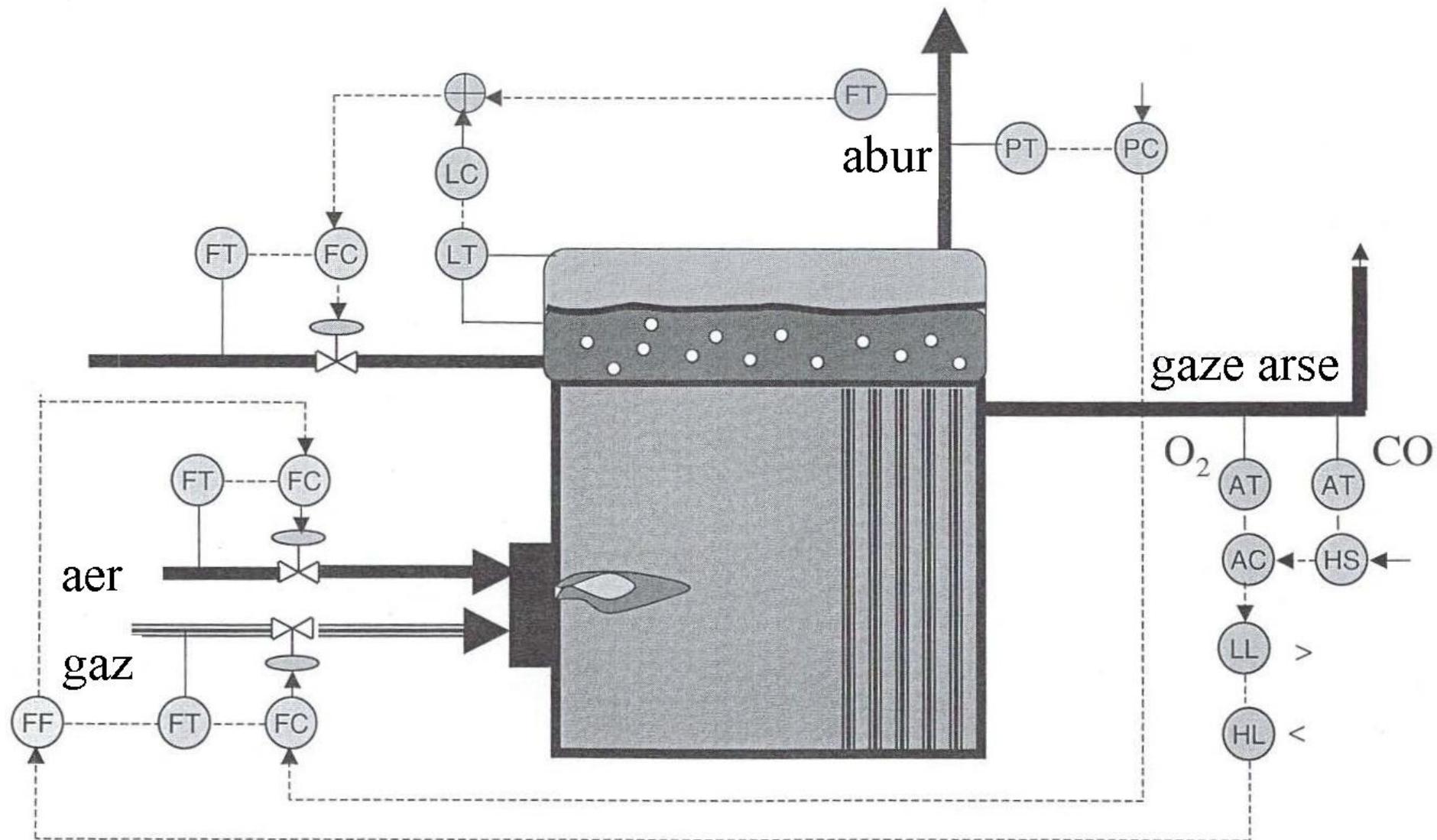
Referinta pentru debitul F_B se modifica in mod continuu in raport cu debitul F_A







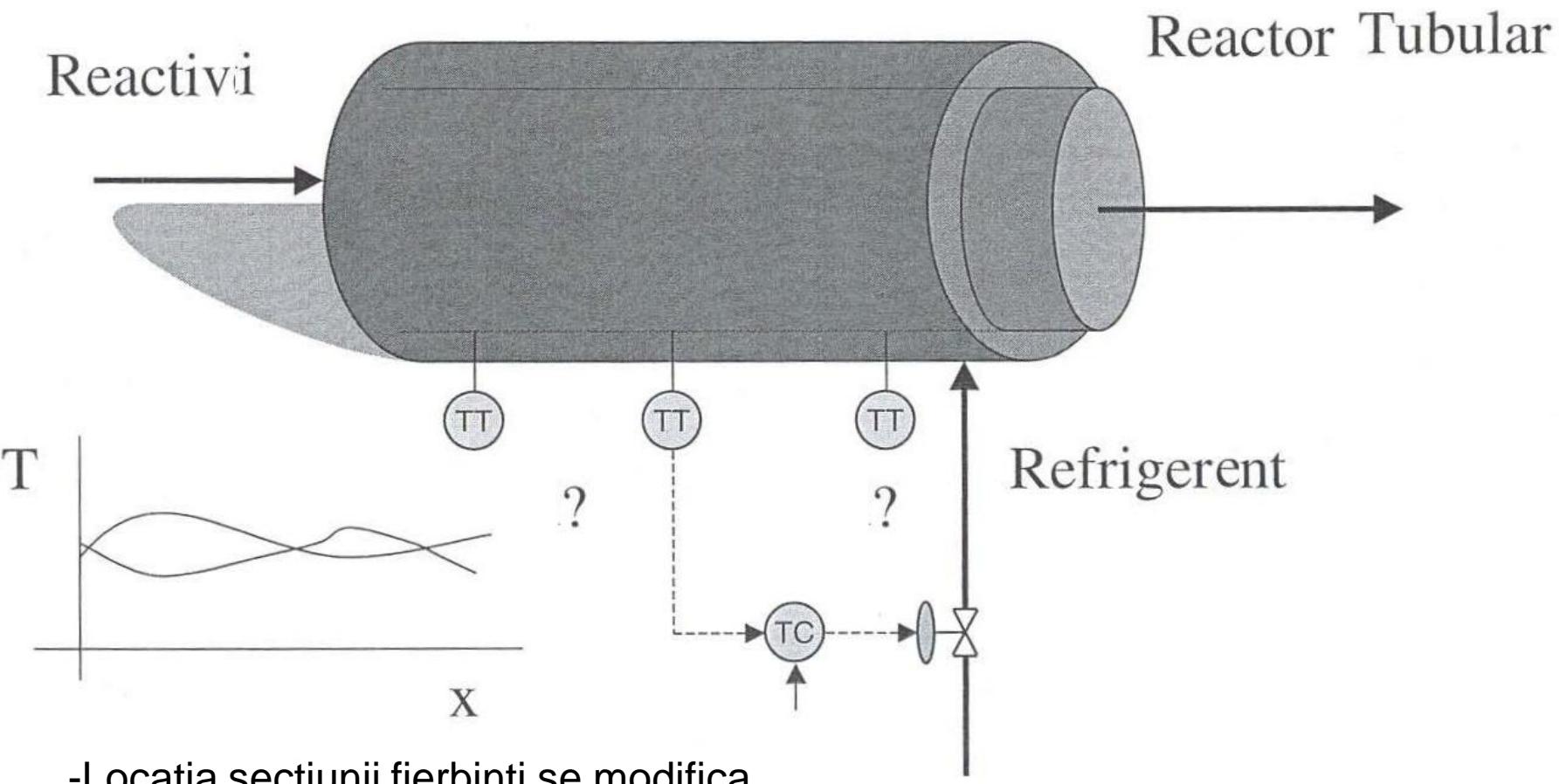




Control selectiv

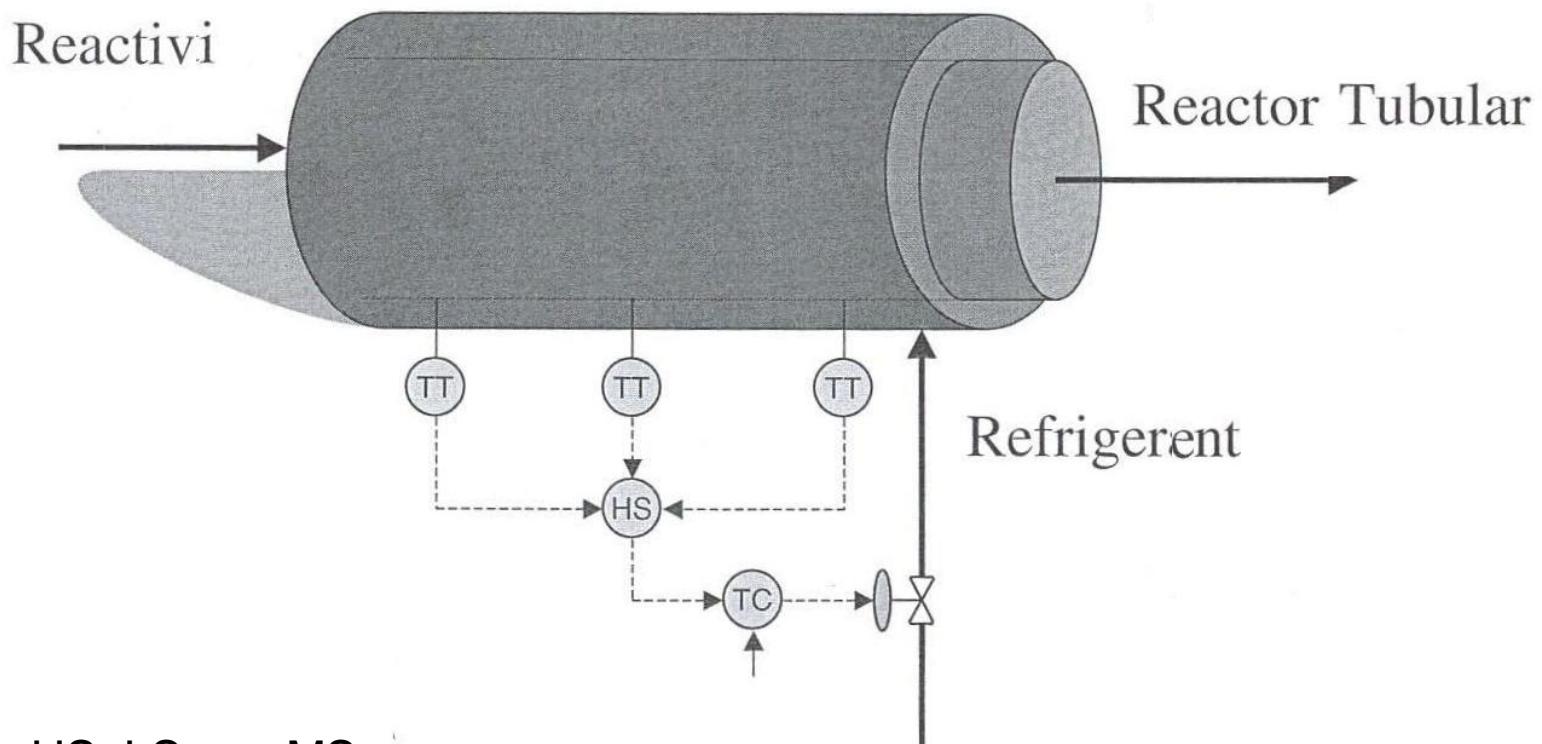
- Aceste sisteme selectează din mai multe măsurători ale aceluiesi parametru reglat una singură, aceasta fiind considerată intrarea de mărură a regulatorului.
- Se consideră un reactor catalitic tubular în care are loc o reacție puternic exotermă. Distribuția temperaturii în reactor este caracterizată de un maxim numit pată caldă reprezentând temperatura în secțiunea cea mai fierbinte. Poziția acesteia în reactor nu este fixă, ci depinde de condițiile alimentării (temperatură, concentrație, debit) sau de activitatea catalizatorului. Reglarea temperaturii în reactor presupune mai întâi localizarea petei calde. Primul obiectiv al reglării este de a menține temperatura sub o snumită limită maximă a cărei atingere ar determina ambalarea reactorului. Pentru aceasta este necesar un sistem de reglare care identifică poziția petei calde și realizează o acțiune de reglare corespunzătoare. În acest scop se plasează mai mulți senzori de temperatură pe lungimea reactorului. Un sistem de evaluare va selecta cea mai mare valoare a temperaturii după care se va face reglarea temperaturii manevrând debitul de agent de răcire.

Control Selectiv



-Locatia sectiunii fierbinti se modifica

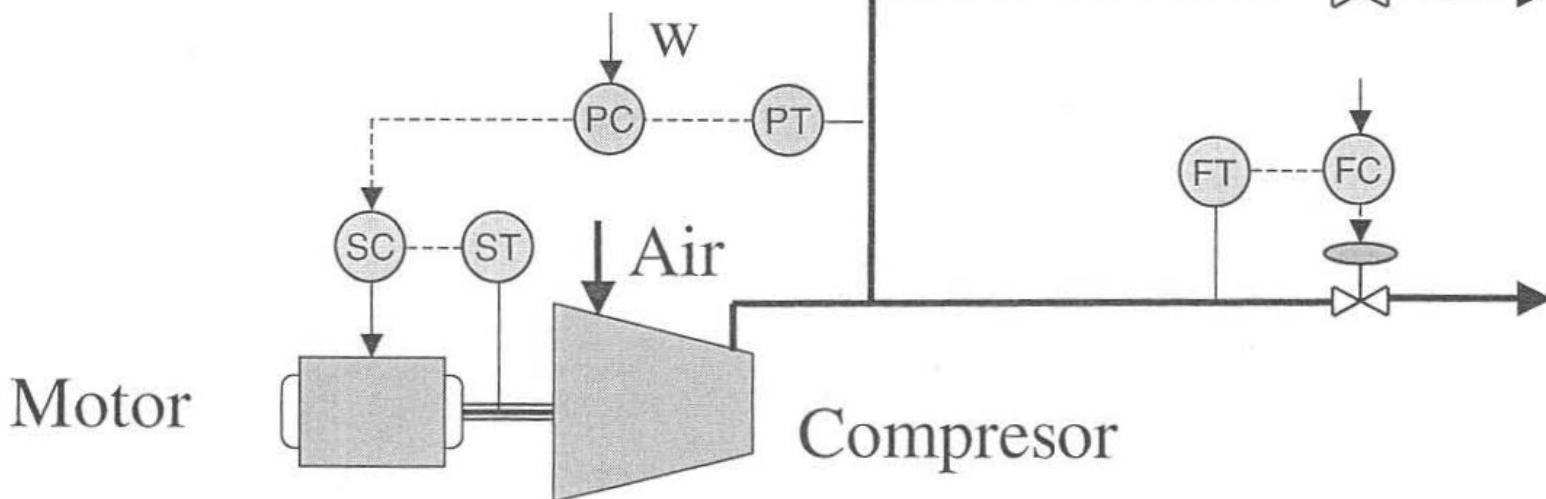
Control Selectiv



- HS, LS sau MS
- Senzori distribuiti sau interpolare
- Auctioneerering control

Control Selectiv

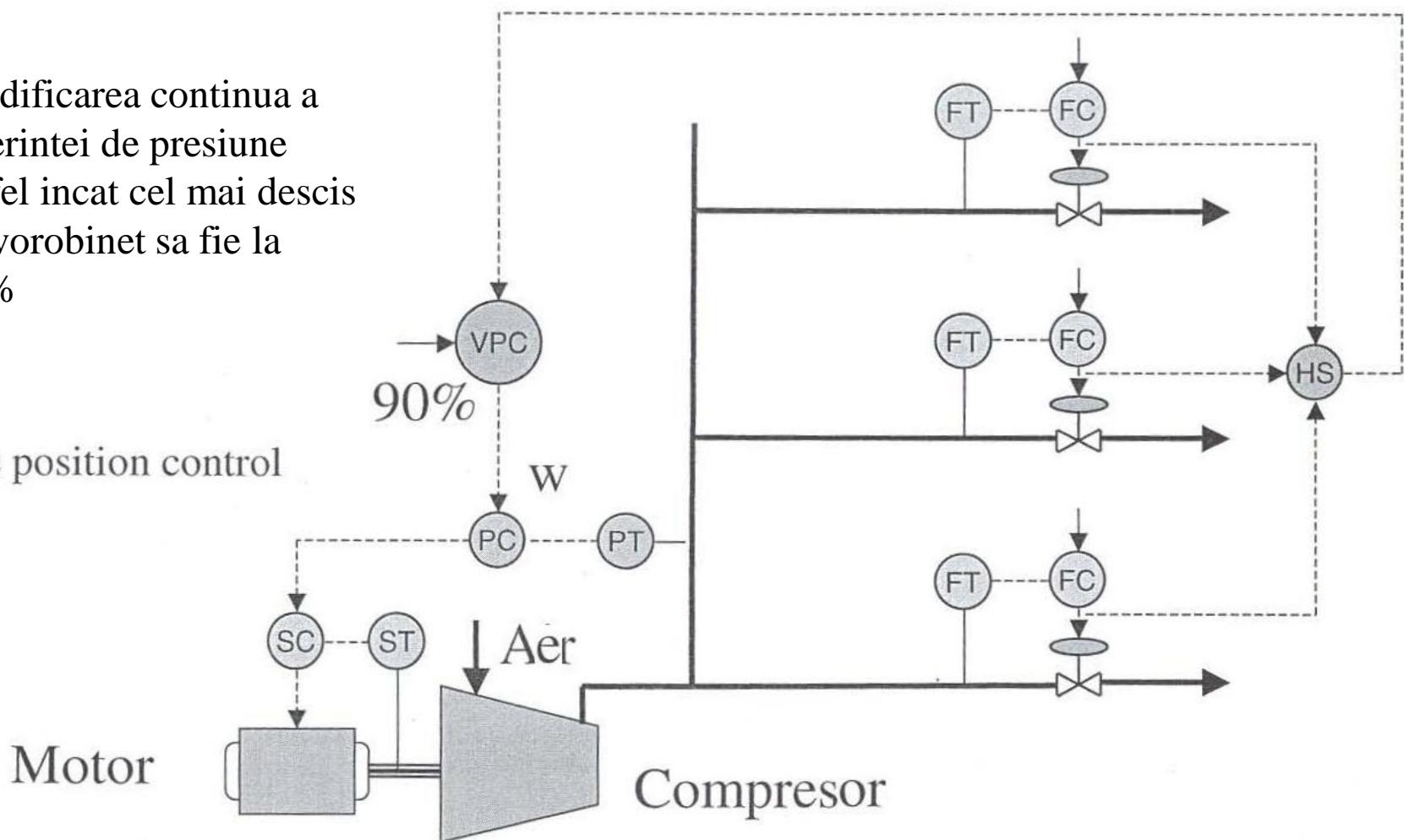
W se alege astfel incat sistemul sa faca fata celei mai defavorabile situatii



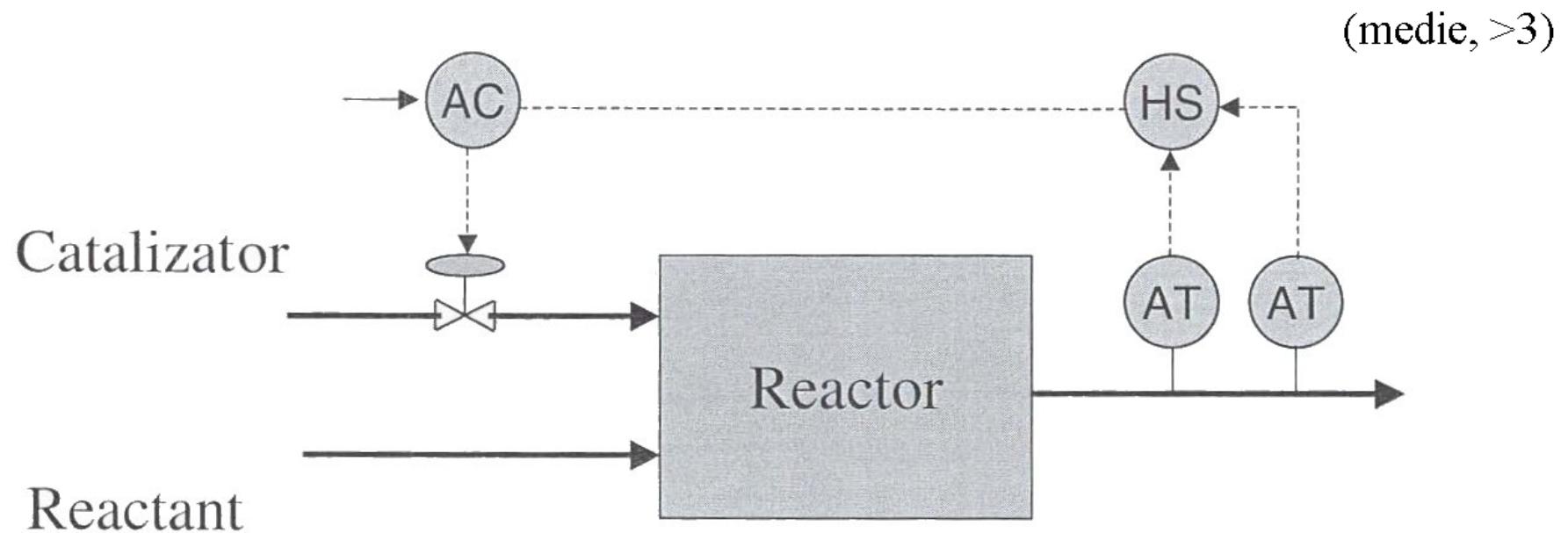
Control selectiv/VPC

Modificarea continua a referintei de presiune astfel incat cel mai deschis servorobinet sa fie la 90%

VPC:
Valve position control



Control selectiv /Securitate

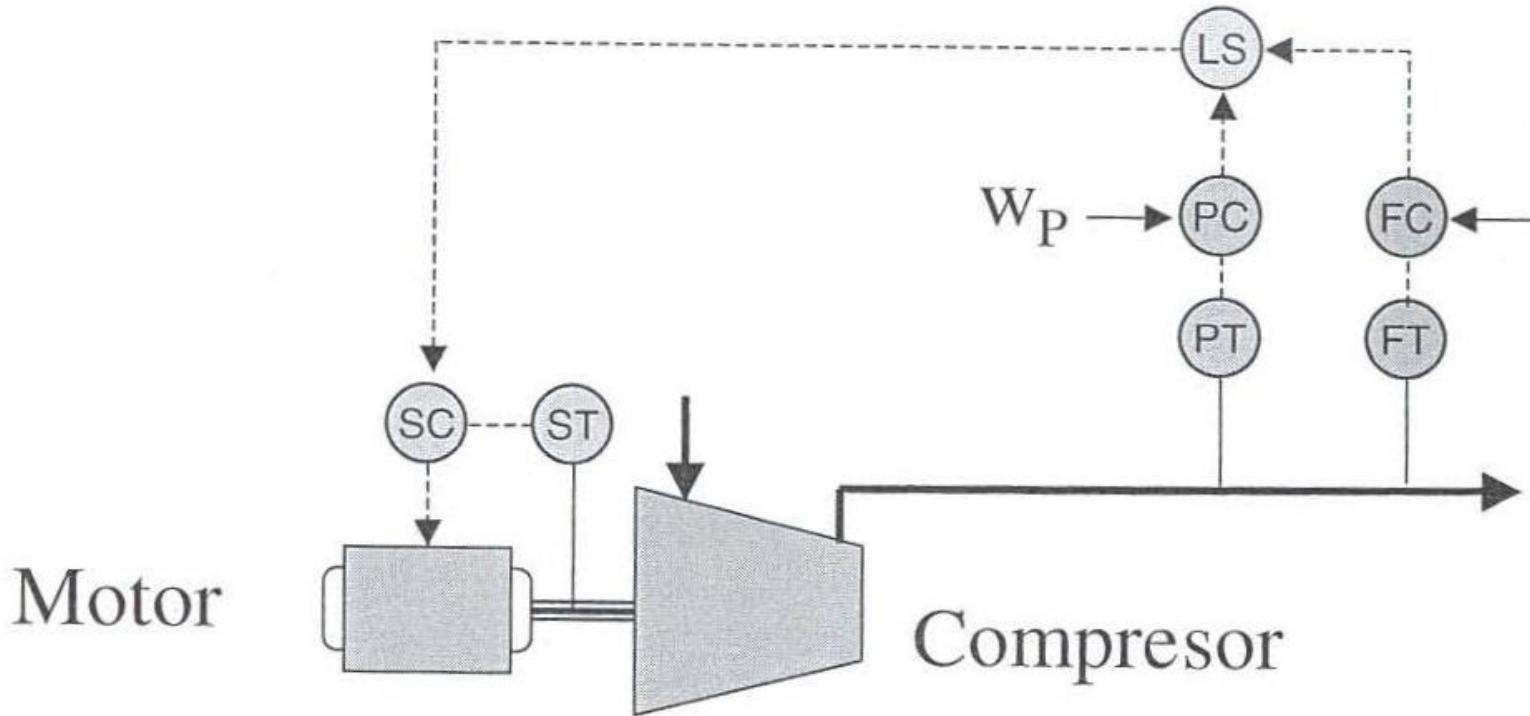


Comandă prioritără

- Override control - comandă prioritără (comandă suplimentară având prioritate asupra comenzi normală a unui aparat); comandă de corectie; reglare de depăşire
- Uneori este considerată o subcategorie a reglării selective.
- Se folosește, de obicei, pentru protejarea echipamentelor sau a personalului în cazurile în care apar situații periculoase ca urmare a depășirii unor limite de funcționare
- Se aplică în sistemele în care există mai multe ieșiri reglate și o singură variabilă de control (variabilă manipulată). Deoarece, aşa cum am mai menționat, cu o singură variabilă de control se poate regla o singură ieșire, sistemele cu comandă prioritără selectează parametrul reglat în concordanță cu situația parametrilor procesului, transferând acțiunea de reglare către acesta.
- În acest scop se utilizează blocuri selectoare cu rolul de a transfea acțiunea de reglare de la un parametru ce a condus la depășirea unei limite admisibile pentru o mărime stabilită la alt parametru care menține acea mărime sub limita admisibilă.

Control prioritар

(Override control)

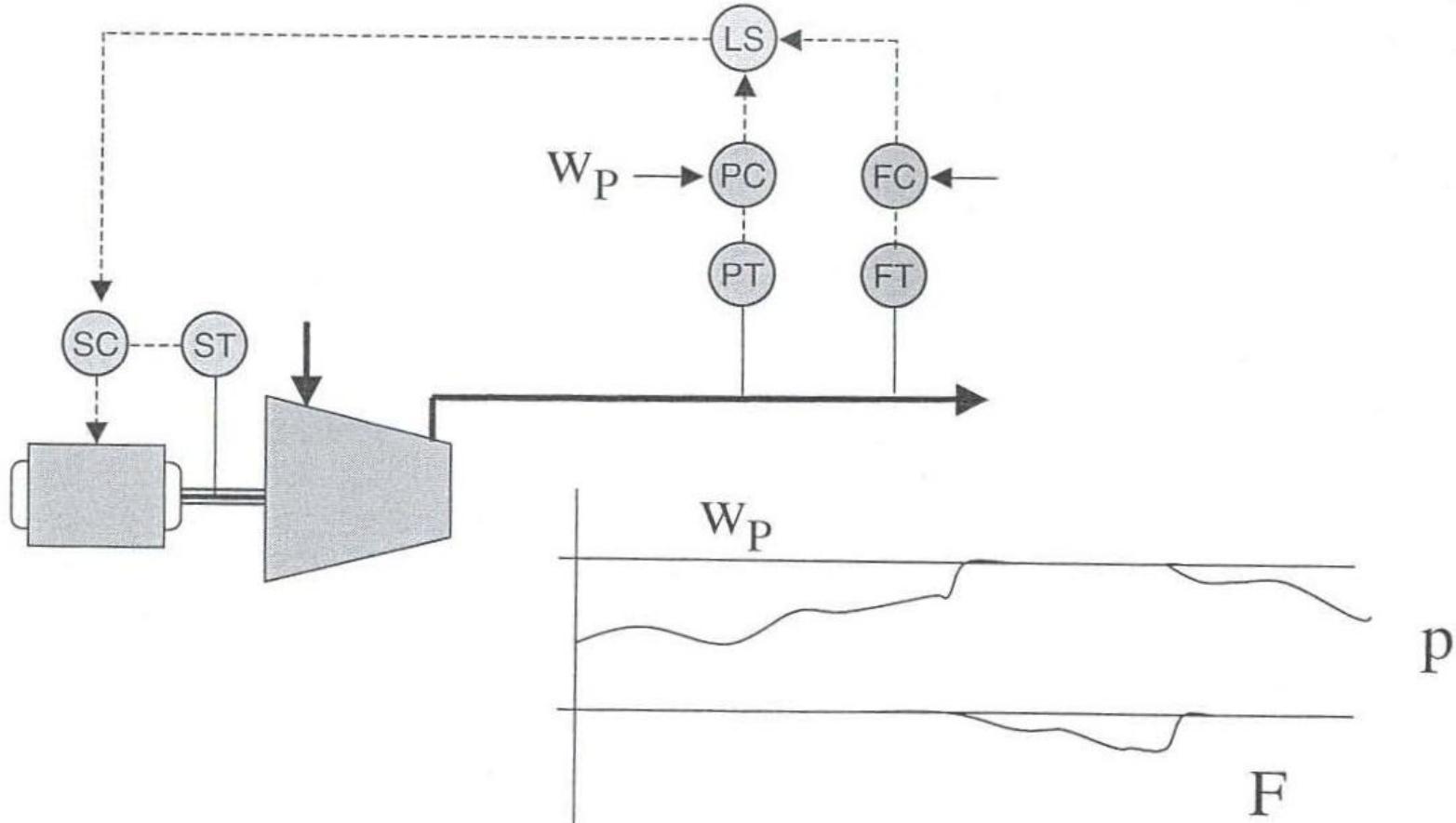


Scop:

- Debitul pe cat posibil constant
- Presiune maxima pe linie sub W_P in prezența modificărilor de sarcină

Control priorită

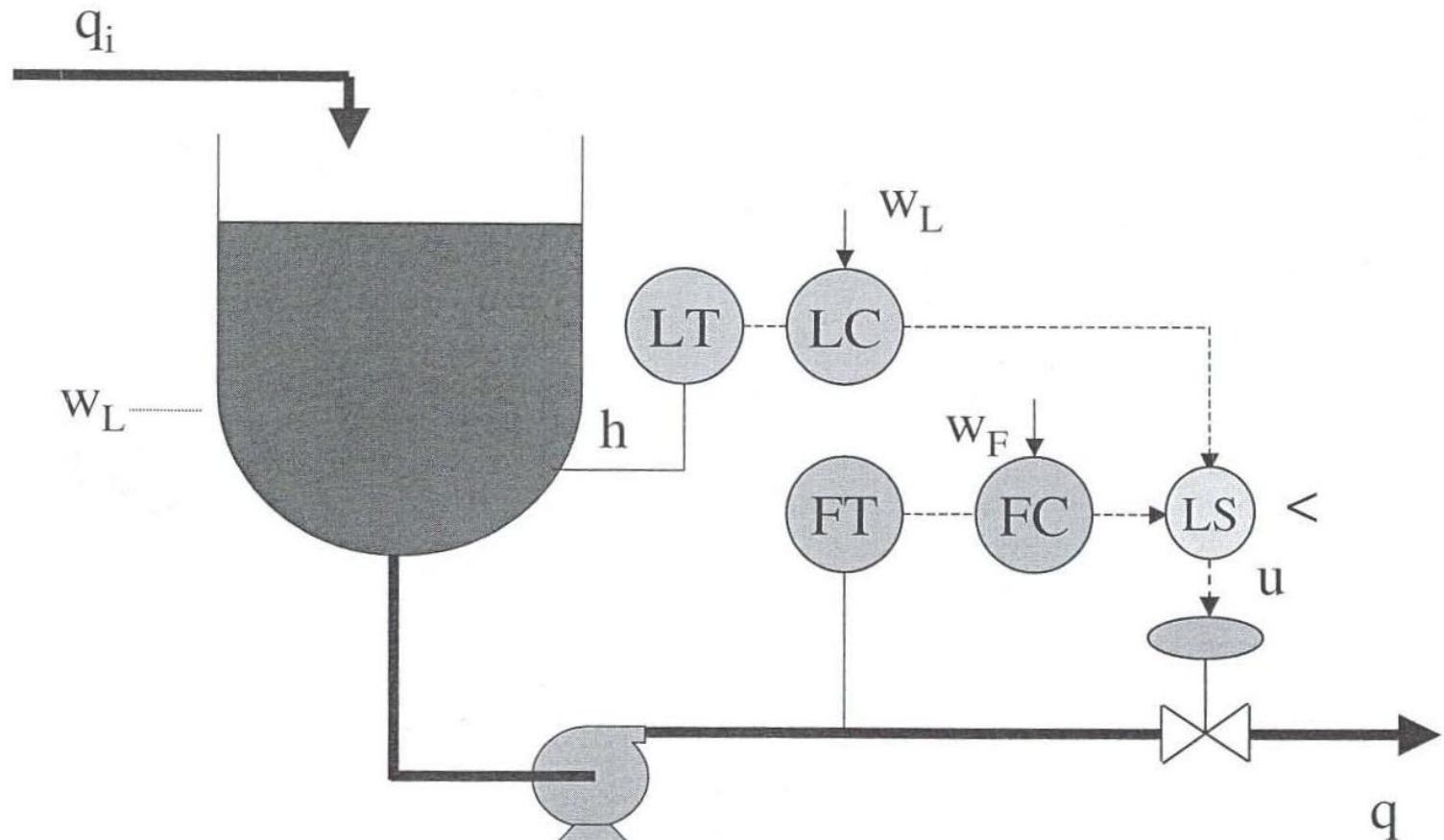
(Override control)



Încărcarea compresorului este reglată de cascadea FC-SC (FC – regulator de debit, SC – regulator de viteză). Se măsoară debitul de gaz și se acționează asupra vitezei motorului compresorului. În momentul în care presiunea tinde să depășească valoarea de maxim specificată prin W_p ieșirea regulatorului de debit FC depășește ca valoare ieșirea regulatorului de presiune PC și selectorul LS transferă acțiunea de reglare cascadei PC-SC.

Control priorităr

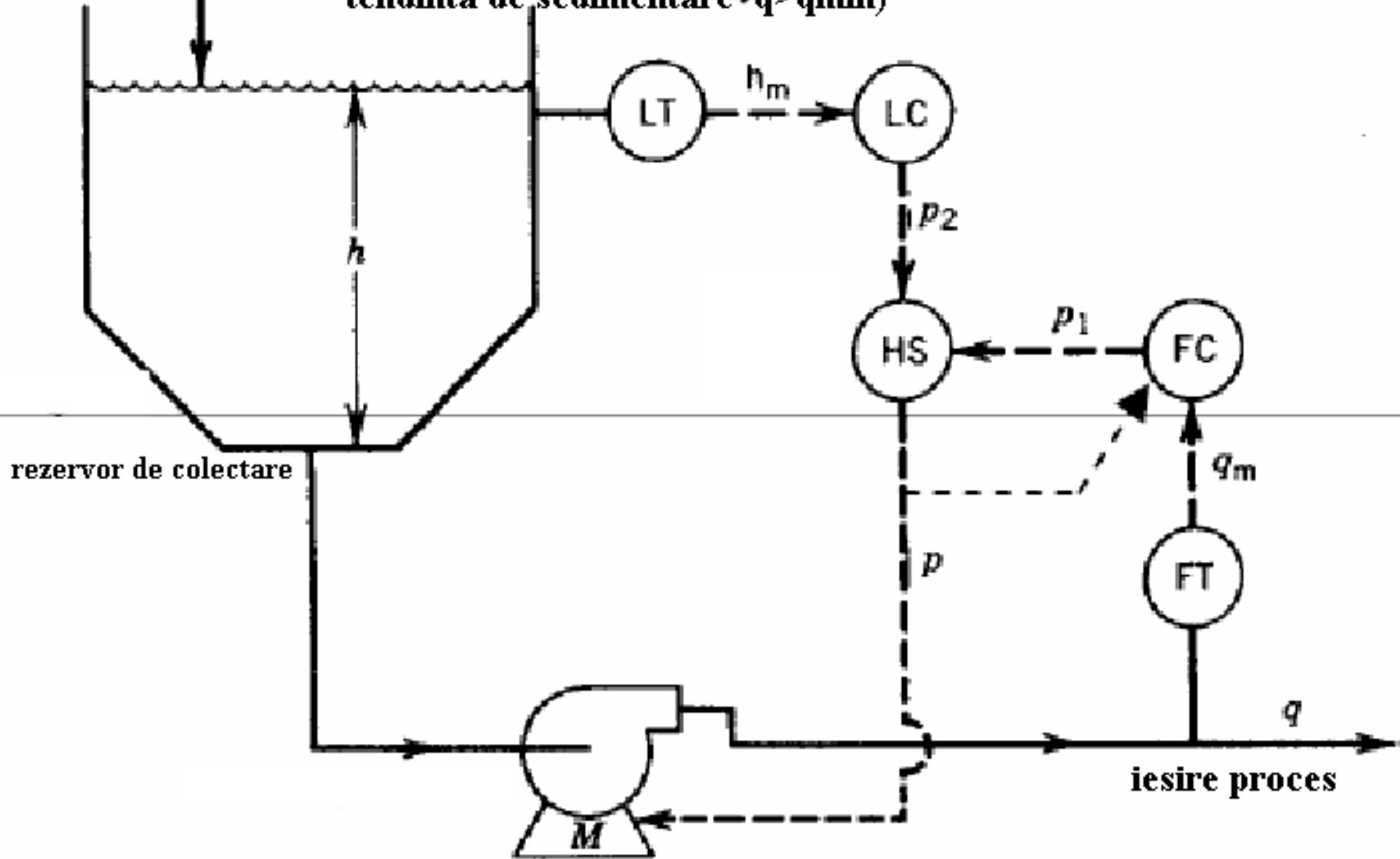
(Override control)



- Nivel minim peste WL
- Q cat mai constant posibil

intrare proces

(suspensie apoasa de nisip - la depit mic
tendinta de sedimentare $\rightarrow q > q_{min}$)

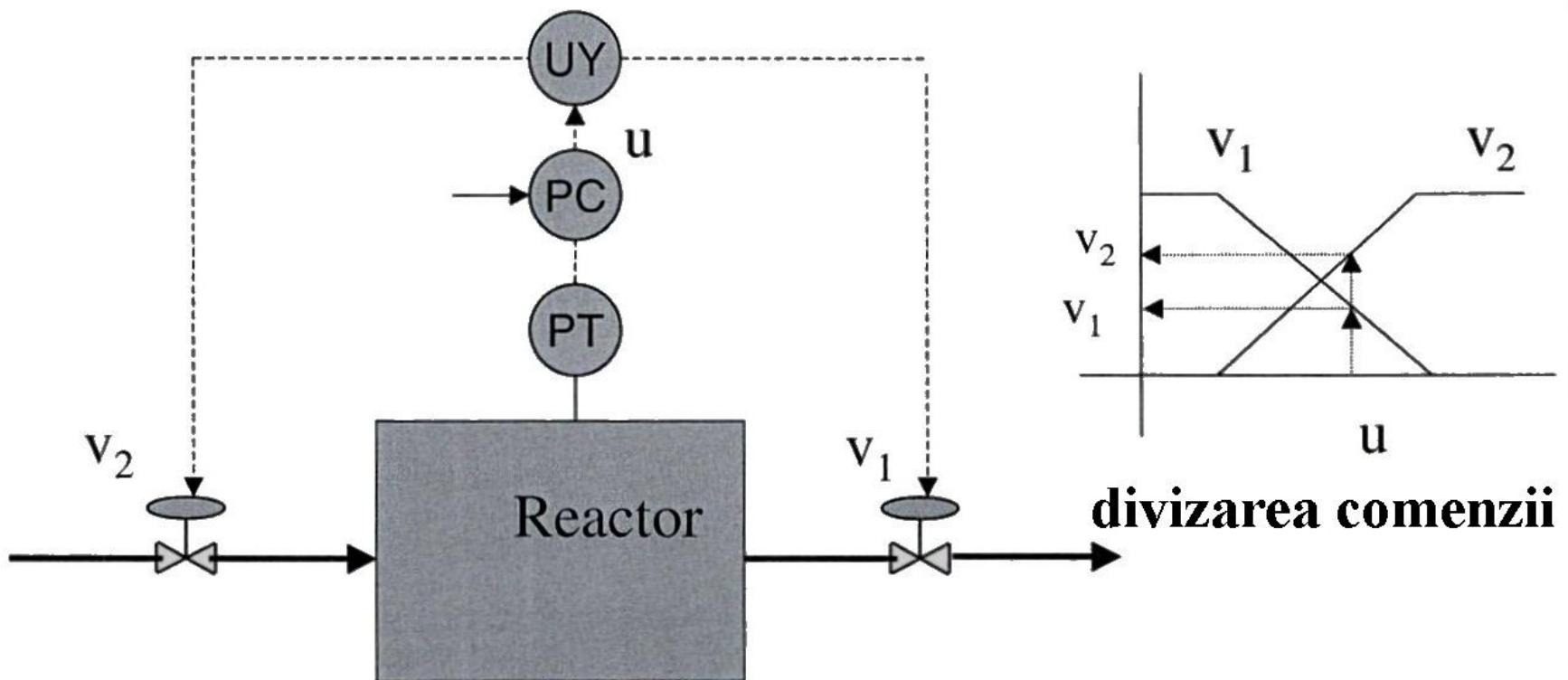


Reglare cu divizarea comenzi

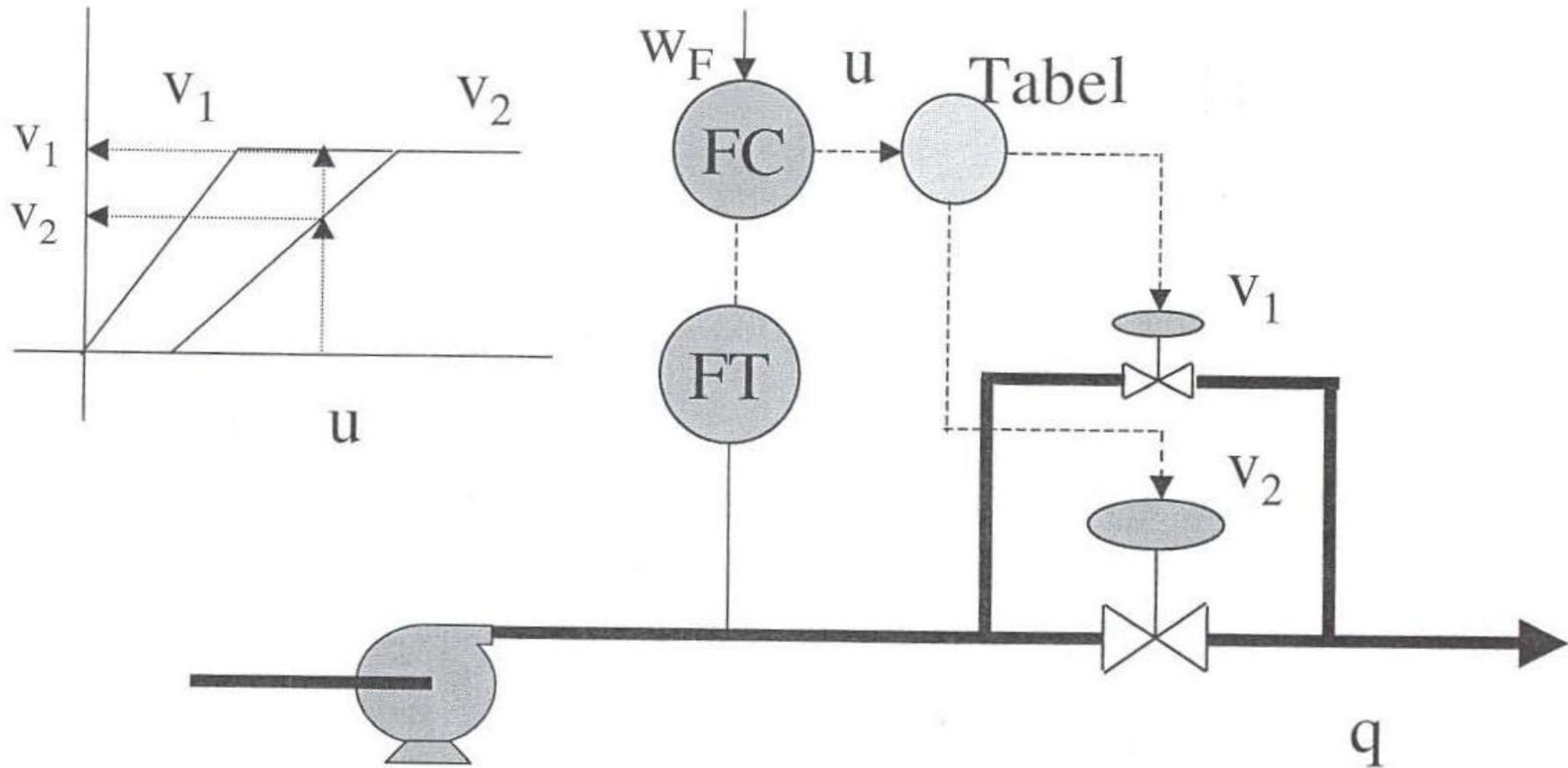
- Este denumită și split-range control. Se utilizează atunci când există mai multe variabile de control și o singură mărime controlată.
- Se consideră un reactor în care are loc o reacție în fază gazoasă. În acest reactor este necesară reglarea presiunii. Pe fluxurile reactanților și produselor se plasează două ventile asupra cărora acționează simultan și coordonat un regulator de presiune. În cazul în care presiunea în reactor este prea mare, regulatorul comandă deschiderea parțială ventilului de evacuare și închiderea parțială a ventilului de alimentare.
Acțiunea ventilelor V1 și V2 se face conform diagramei alăturate.

Deoarece există un singur parametru reglat, rezultă la ieșirea regulatorului PC o singură mărime de comandă. Aceasta este însă divizată în mai multe componente, fiecare determinând acționarea a câte unui ventil, deci modificarea câte unei variabile de control. Sistemul este caracterizat prin utilizarea mai multor variabile de control care afectează în același sens parametrul reglat.

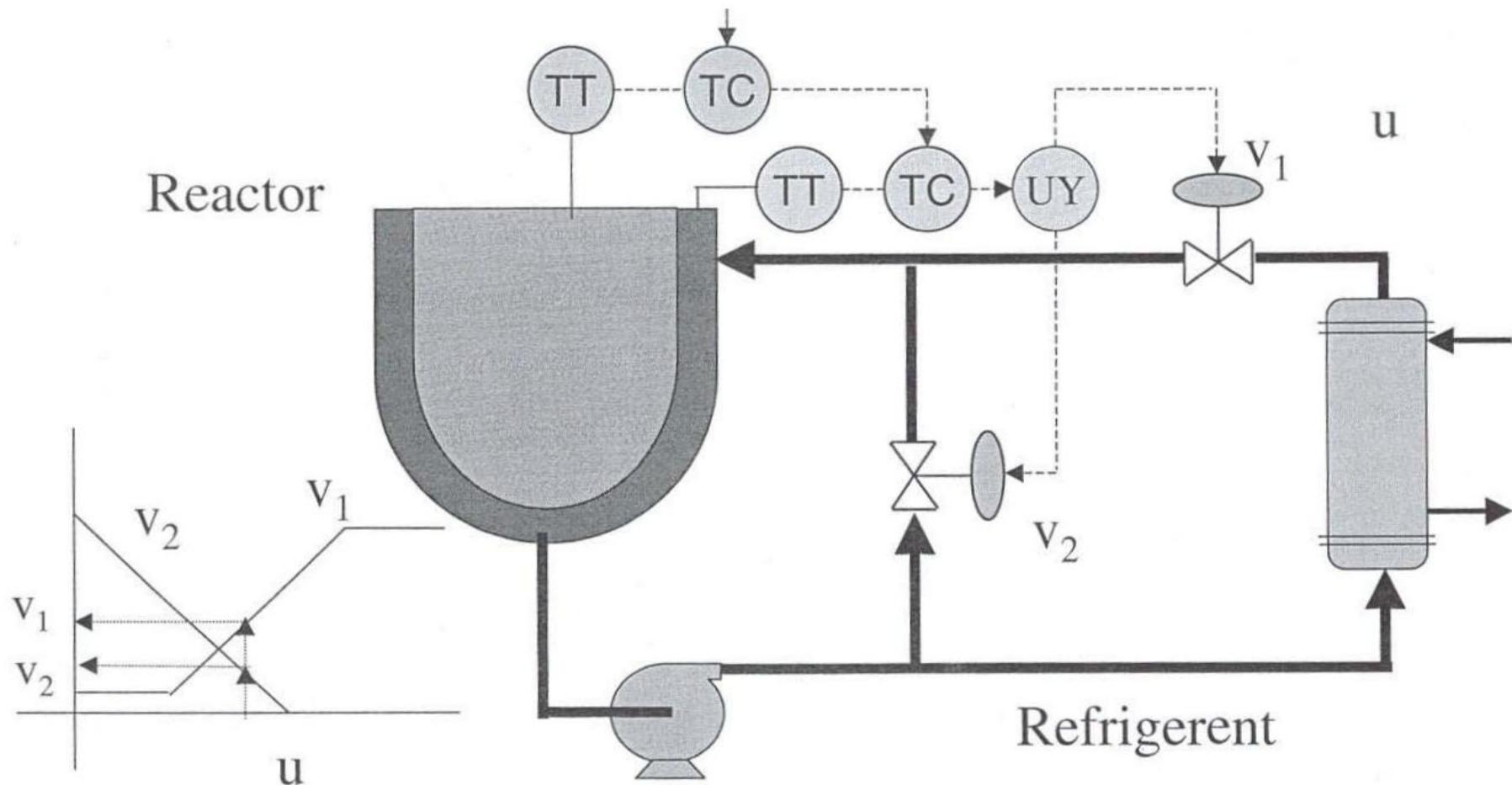
Reglare cu divizarea comenzi (Split range control)



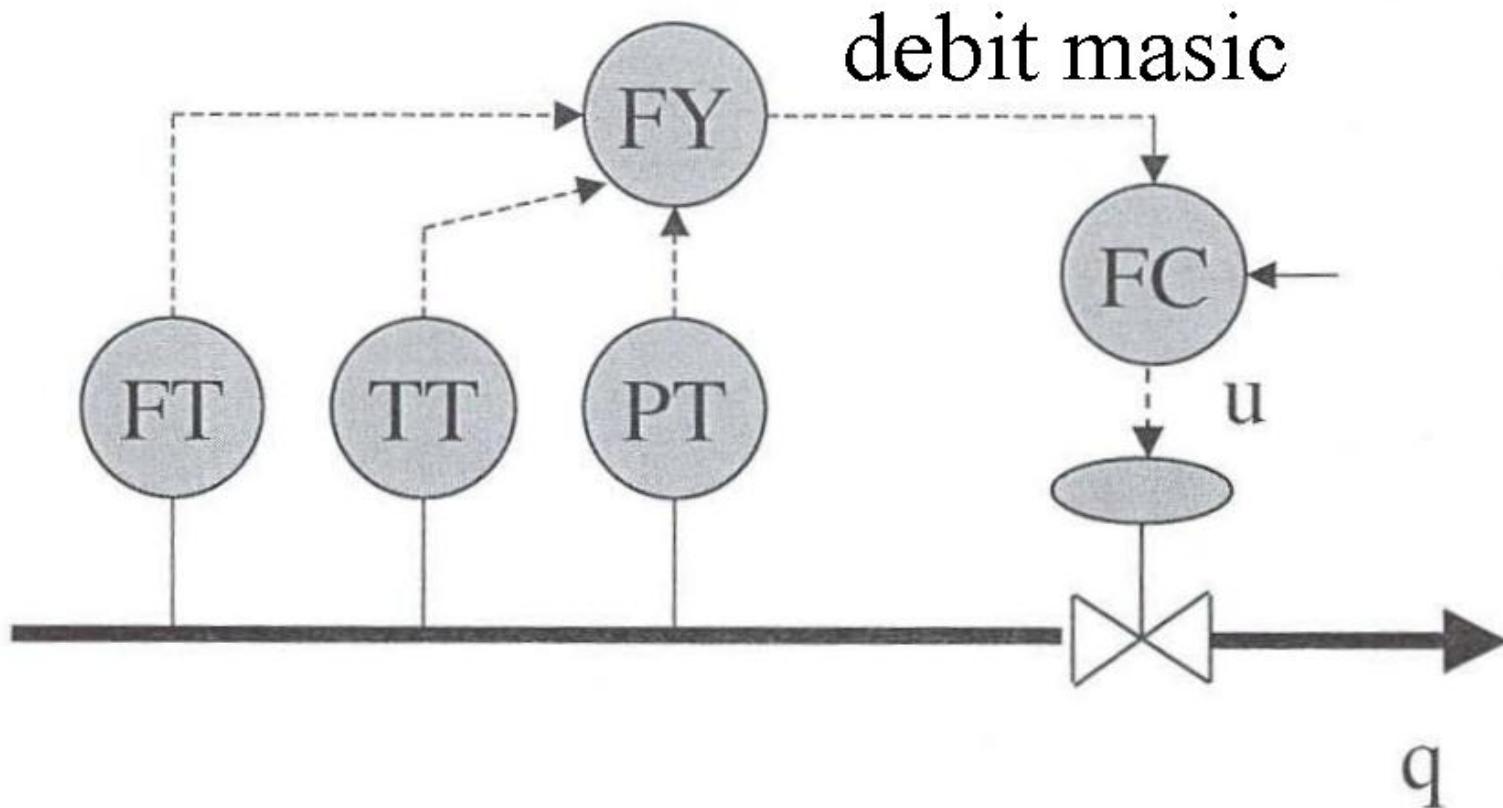
Reglare cu divizarea comenzi (Split range control)



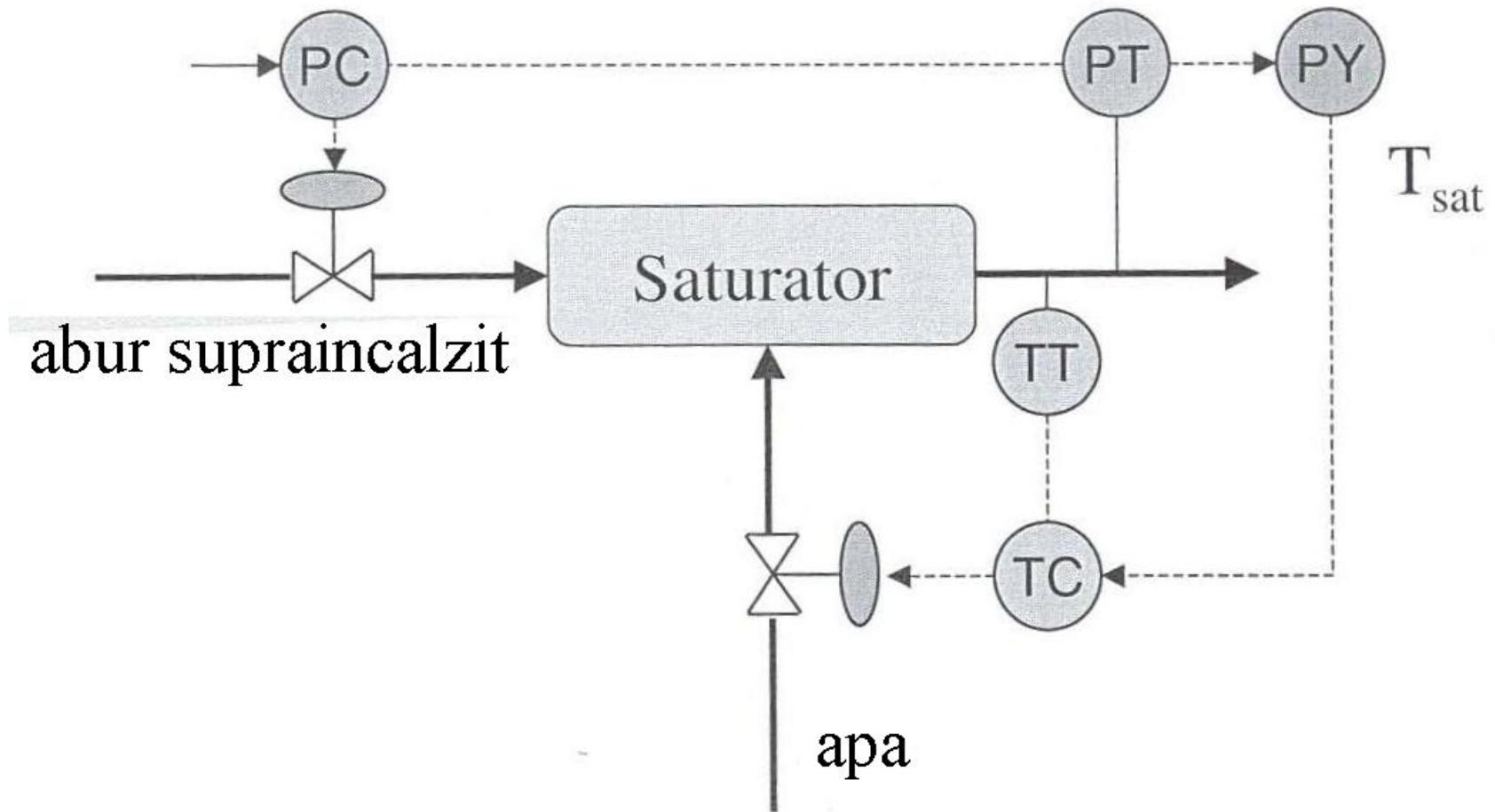
Reglare cu divizarea comenzi (Split range control)



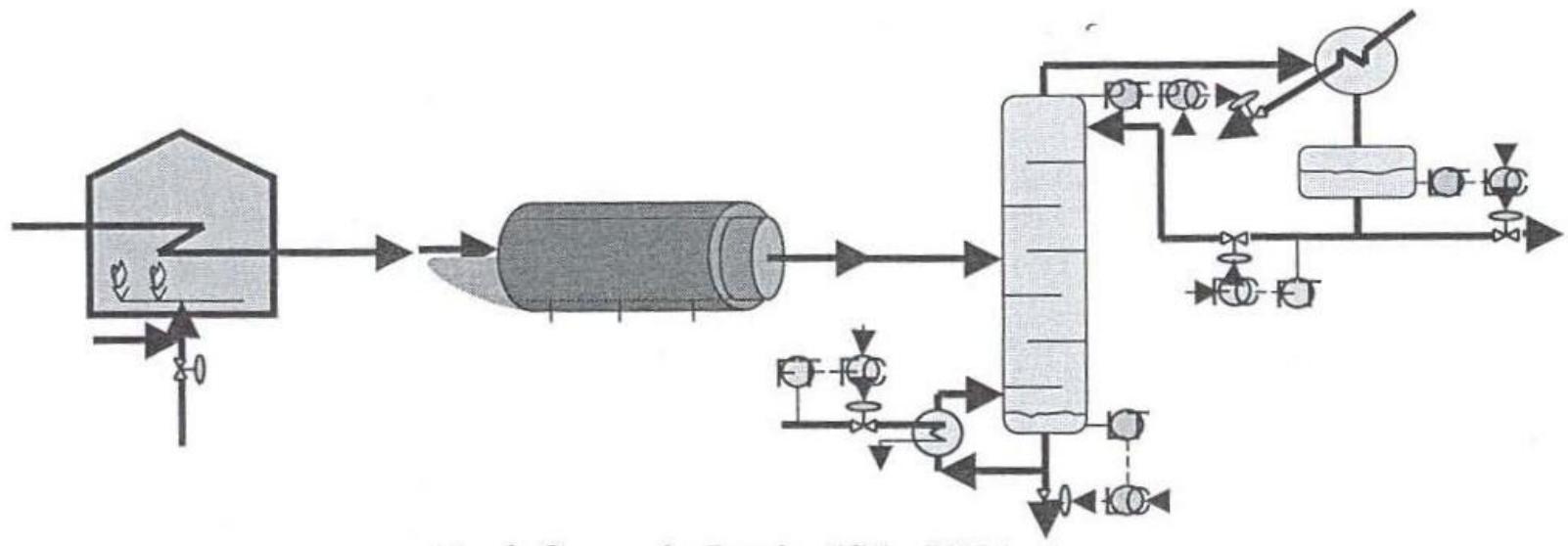
Control Inferential



Control Inferential



Sisteme de reglare la nivel de Instalatie / sectie / unitate



Sinteza sistemelor de reglare automata constituite din unitati care interactioneaza

- Sinteza sistemelor de reglare automată necesare pentru această instalație se realizează parcurgând următoarele etape:
 - se divide instalația în blocuri, fiecare din acestea având o anumită sarcină
 - pentru fiecare bloc se determină configurațiile buclelor de reglare funcție de o serie de obiective cum ar fi stabilizarea unor parametrii sau realizarea unor deziderate economice
 - se reconstituie instalația inițială prin recombinarea blocurilor. Deoarece nu s-a ținut cont de faptul că unitățile componente interacționează este posibilă apariția unor conflicte, respectiv același flux poate fi variabilă de comandă sau variabilă reglată în bucle diferite.

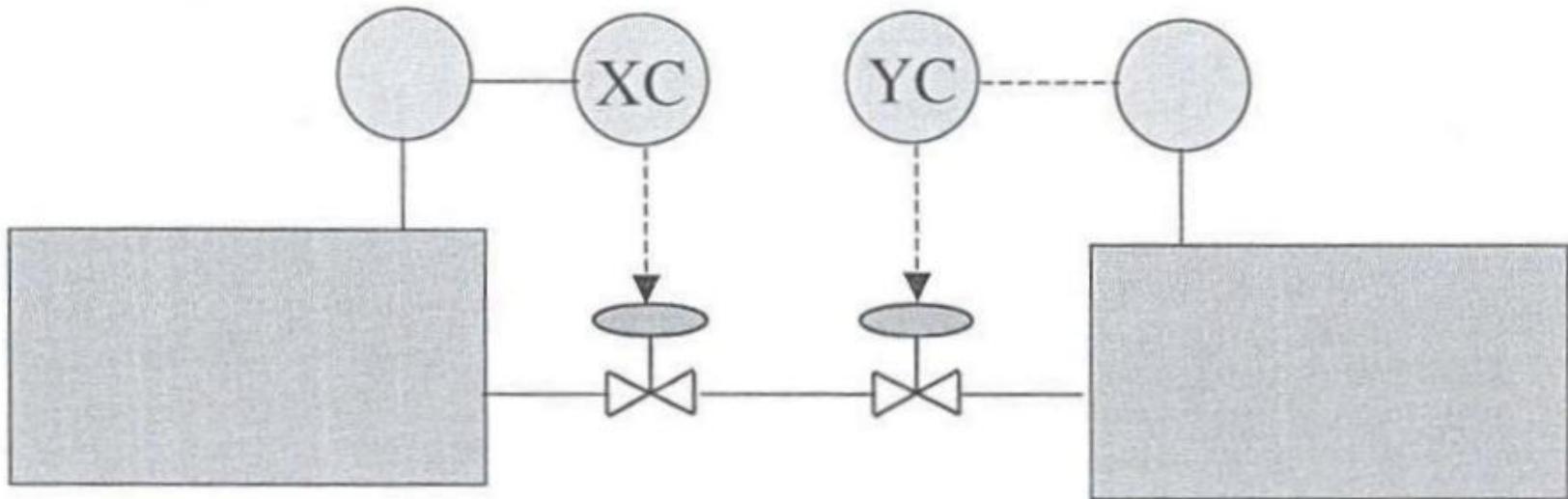
Implementarea sistemelor de control automat

Numărul elementelor de execuție poate fi considerat ca fiind numărul gradelor de libertate ce poate fi utilizat pentru a menține un nivel dat al producției, asigurând în același timp condițiile de calitate, siguranță în funcționare etc.

Etape:

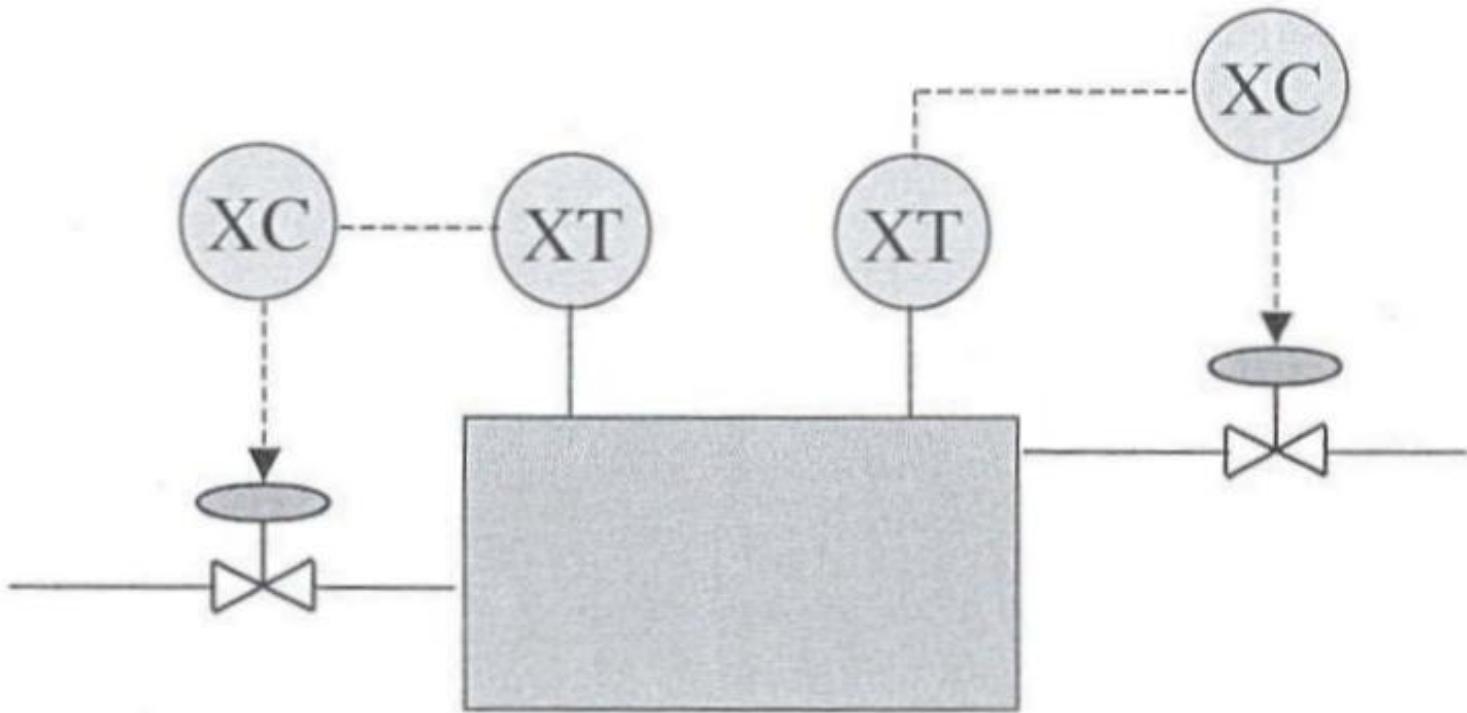
- Se stabilesc acele bucle de reglare care controlează nivelul producției
- Se proiectează apoi buclele de reglare pentru asigurarea calității și a siguranței în funcționare
- Gradele de libertate rămase neutilizate pot fi utilizate pentru optimizarea comportării procesului
- Ultima etapă – validarea sistemelor proiectate prin simularea dinamicii întregului sistem

Interactiuni



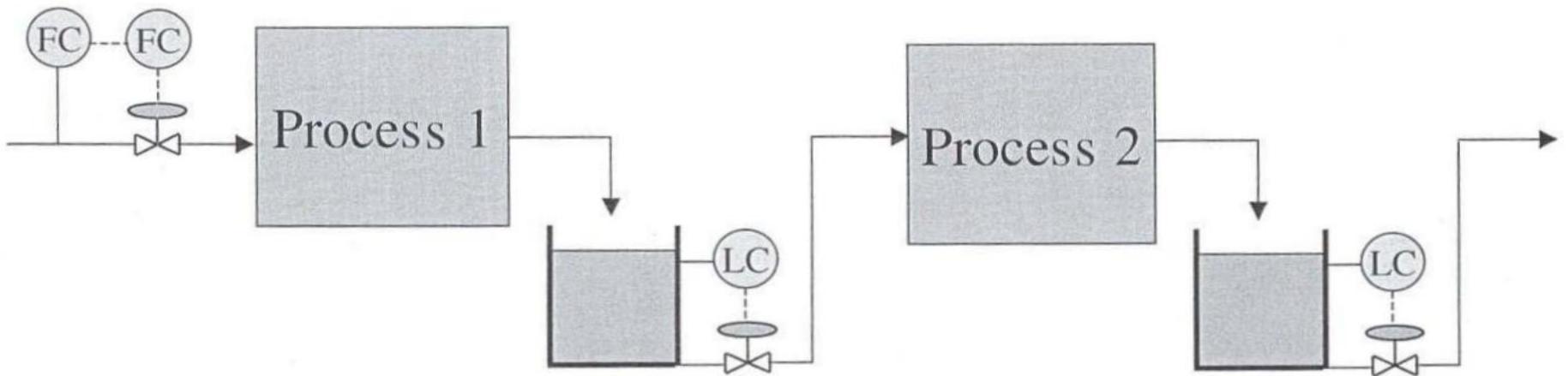
- un singur robinet cu actionare automata pe o conducta

Interactiuni



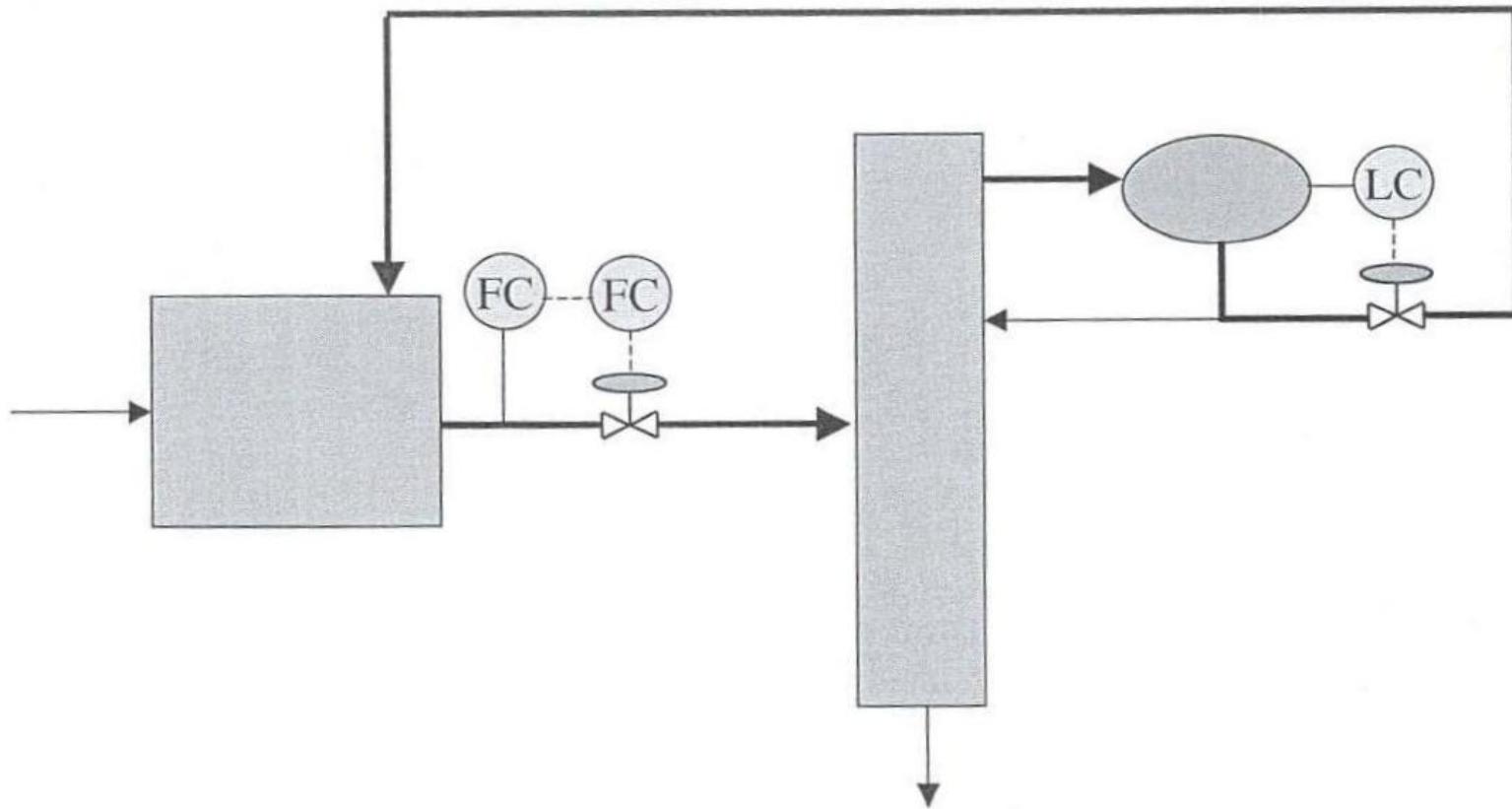
O variabila poate fi controlata doar de un regulator

Interactiuni

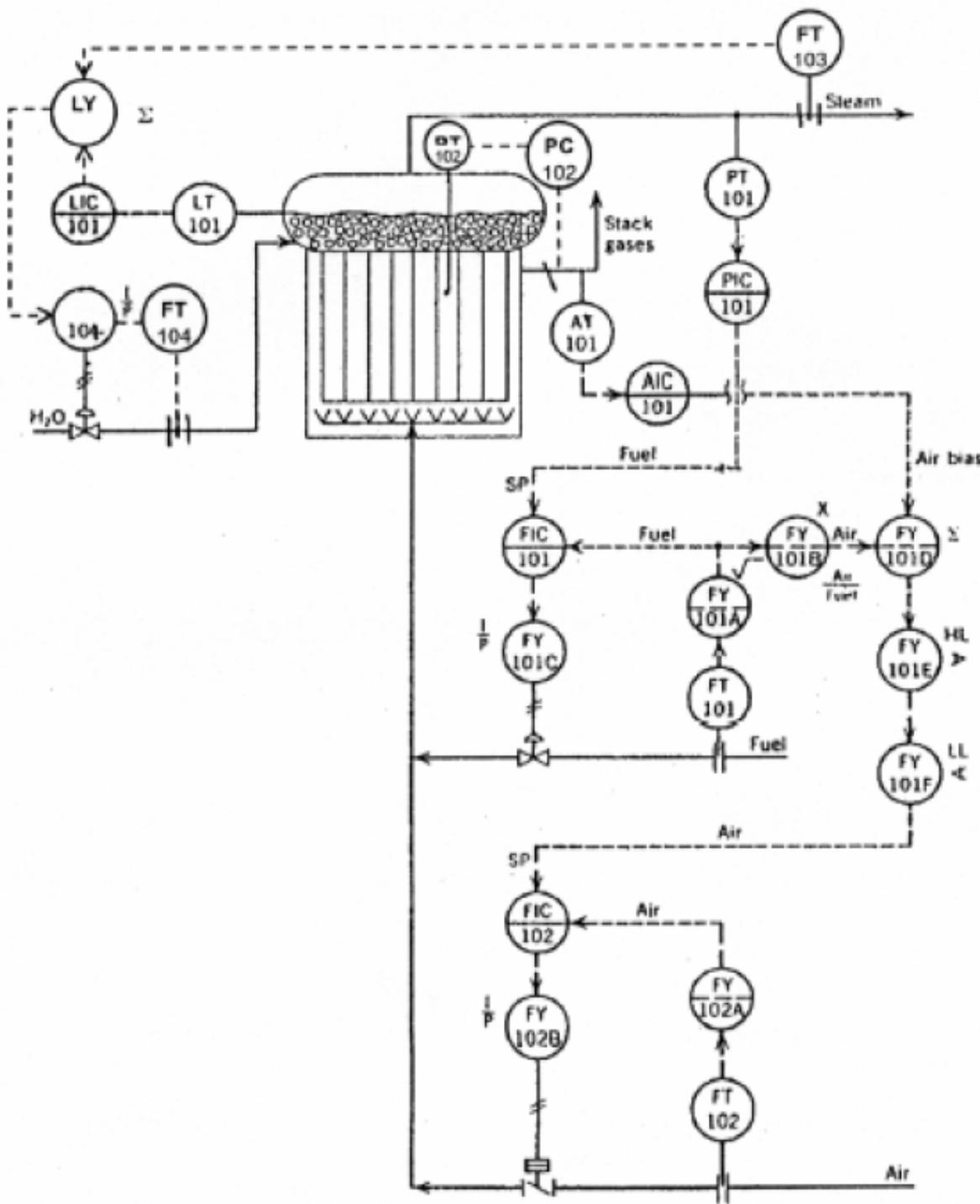


Daca exista mai multe bucle de control automat al nivelului ele vor trebui sa actioneze in acelasi mod (in amonte sau in aval)

Interactiuni



Daca un produs este recirculat, trebuie plasata o reglare de debit undeva pe traseu.



- Where two independent variables need to be controlled with one valve, a cascade control system may be used.
- Example: a steam jacketed vessel full of liquid product. The essential aspects of the process are quite rigorous:
 - The product in the vessel must be heated to a certain temperature.
 - The steam must not exceed a certain temperature or the product may be spoiled.
 - The product temperature must not increase faster than a certain rate or the product may be spoiled.
- If a normal, single loop control was used with the sensor in the liquid, at the start of the process the sensor would detect a low temperature, and the controller would signal the valve to move to the fully open position. This would result in a problem caused by an excessive steam temperature in the jacket.
- The solution is to use a cascade control using two controllers and two sensors:
 - A slave controller (Controller 2) and sensor monitoring the steam temperature in the jacket, and outputting a signal to the control valve.
 - A master controller (Controller 1) and sensor monitoring the product temperature with the controller output directed to the slave controller.
 - The output signal from the master controller is used to vary the set point in the slave controller, ensuring that the steam temperature is not exceeded.