

Modulul 7

Sisteme de reglare automată cu structură specială

Obiective

- Particularități la proiectarea structurii sistemului automat
- Sistemul de reglare în cascadă
- Reglarea raportului a două debite
- Probleme și întrebări

7.1. Particularități la proiectarea structurii sistemului automat

Sistemele de reglare automată cu structură specială au fost proiectate pentru a rezolva situații particulare în automatizarea proceselor. Dintre aceste situații menționăm:

- Reglarea unui parametru din proces în cascadă cu un sistem de reglare ca îndeplinește funcția de element de execuție.
- Reglarea raportului a două debite.

Aceste sisteme automate realizează funcții ce nu pot fi implementate prin intermediul structurilor automate descrise anterior, funcții ce sunt necesare în rezolvarea situațiilor particulare.

7.2. Sistemul de reglare în cascadă

Reglarea în cascadă reprezintă o structură specială a unui sistem de reglare monovariabil, caracterizat prin:

- a) Reglarea unei singure variabile.
- b) Utilizarea unui sistem de reglare automată ca element de execuție.
- c) Rejecția efectului perturbației introduse de variațiile aleatoare ale fluxului utilizat ca agent de reglare asupra mărimii reglate.

Pentru a evidenția performanțele sistemului de reglare în cascadă se compară funcționarea unui sistem de reglare simplu cu sistemul de reglare în cascadă. Se alege procesul cuptorului tubular și sistemul de reglare a temperaturii fluxului încălzit. În figura 7.1 este prezentat sistemul de reglare a temperaturii iar în figura 7.2 schema bloc a acestuia.

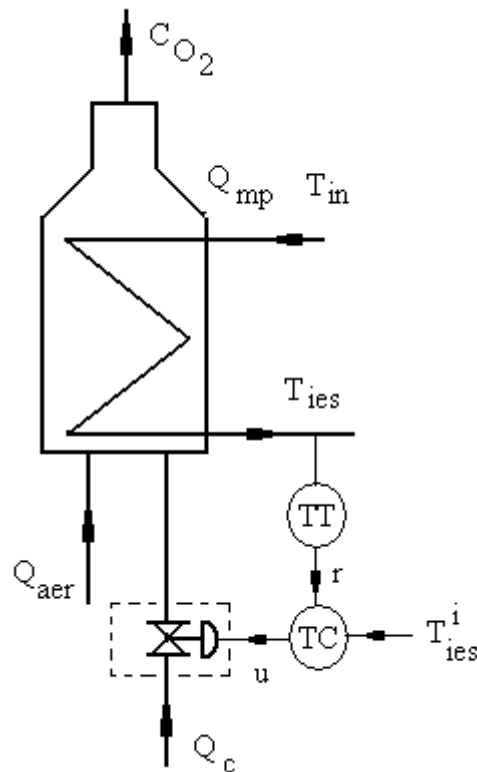


Fig. 7.1. Sistemul simplu de reglare a temperaturii.

Funcționare.

- A.** Agentul de reglare este debitul de combustibil Q_c . Atunci când acesta se modifică aleator, se produc variații ale temperaturii produsului încălzit, variații care sunt eliminate în timp (minute) de către SRA-T.
- B.** La modificarea unei perturbații, Q_{mp} , T_{in} sau Q_{aer} , se produc variații ale temperaturii produsului încălzit, variații care sunt eliminate în timp (minute) de către SRA-T.

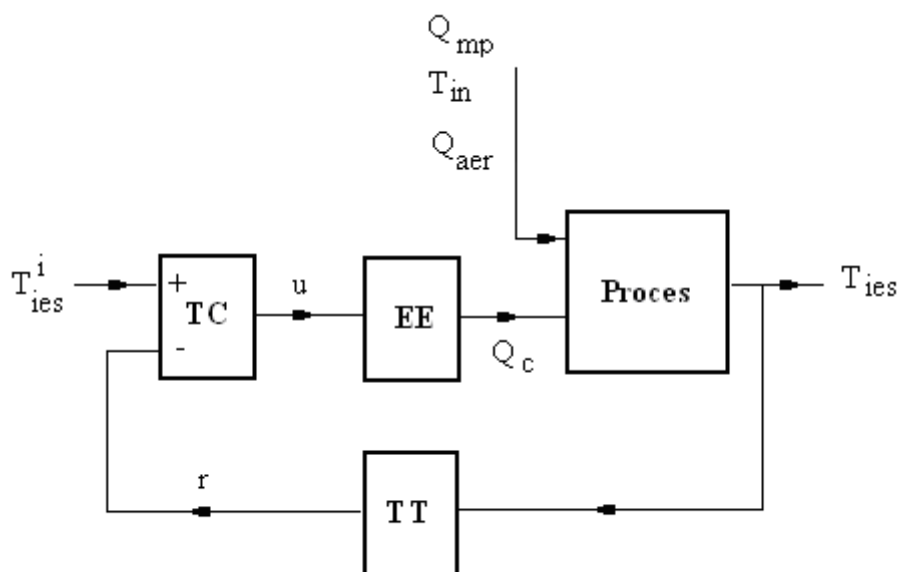


Fig. 7.2. Schema bloc a sistemului clasic de reglare.

În figura 7.3 este prezentat sistemul de reglare a temperaturii în cascadă cu debitul de combustibil. Mărimea reglată este tot temperatura fluxului încălzit T_{ies} . Structura sistemului automat de reglare cuprinde:

- Procesul (cuptorul tubular).
- Traductorul de temperatură TT.
- Regulatorul de temperatură TC.
- Elementul de execuție. Acesta este alcătuit dintr-un sistem automat de reglare a debitului. Referința sistemului de reglare a debitului de combustibil este în același timp semnalul de comandă al sistemului automat de reglare a temperaturii u_1 .

În figura 7.4 este prezentată schema bloc a sistemului automat de reglare a temperaturii în cascadă cu debitul de combustibil. Din figură se observă complexitatea elementului de execuție al sistemului de reglare a temperaturii, respectiv SRA-D. Conexiunea celor două componente este realizată atât la intrarea în SRA-D cât și la ieșirea din acest sistem. La intrare, comanda u_1 a regulatorului de temperatură TC este preluată de SRA-D ca prescriere, Q_c^i . La ieșirea din SRA-D, mărimea de ieșire, Q_c , devine agent de reglare pentru procesul cuptor.

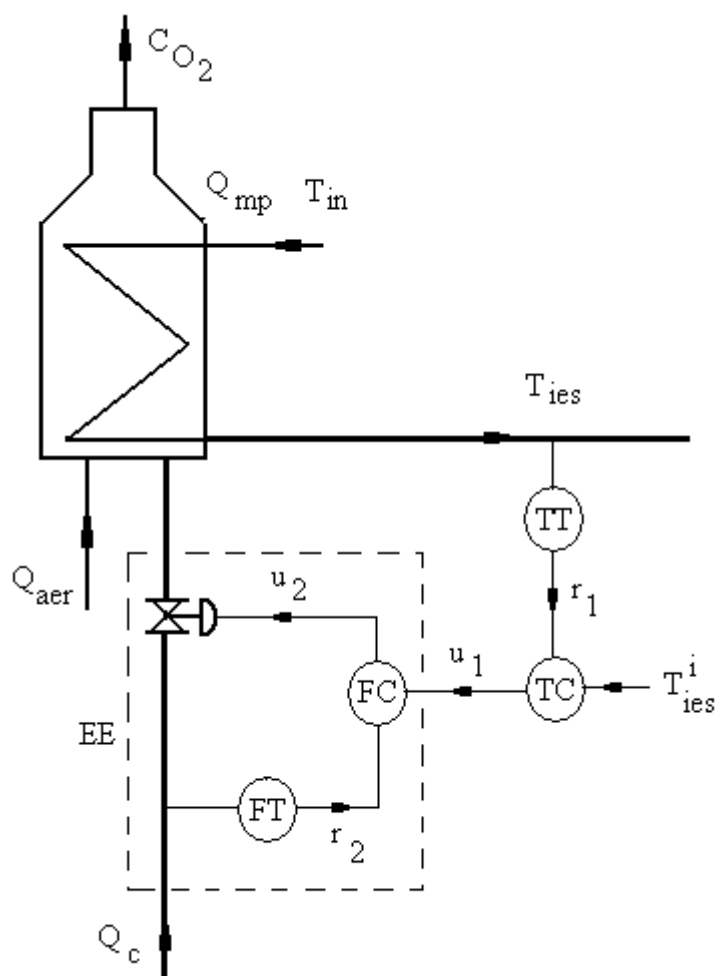


Fig. 7.3. Sistemul automat de reglare a temperaturii în cascadă cu debitul de combustibil.

Funcționare.

- A. Agentul de reglare este debitul de combustibil Q_c . Atunci când acesta se modifică aleator, SRA-D readuce debitul la valoarea prescrisă într-un interval de timp de ordinul secundelor. În această perioadă scurtă nu se produc variații ale temperaturii produsului încălzit.
- B. La modificarea unei perturbații, Q_{mp} , T_{in} sau Q_{aer} , se produc variații ale temperaturii produsului încălzit, variații care sunt eliminate în timp (minute) de către SRA-T.

Comparând funcționarea celor două structuri de reglare a temperaturii se obțin rezultatele sintetice din tabelul 7.1. Se observă că, în raport cu sistemul clasic, sistemul de reglare în cascadă răspunde mult mai bine la modificarea aleatoare a agentului de

reglare utilizat, debitul de combustibil. Performanța sistemului de reglare în cascadă este legată de dinamica celor două subsisteme. Este necesar ca dinamica sistemului condus (în acest caz SRA-D) să fie cu un ordin de mărime mai mic decât dinamica sistemului conducător (în acest caz SRA-T).

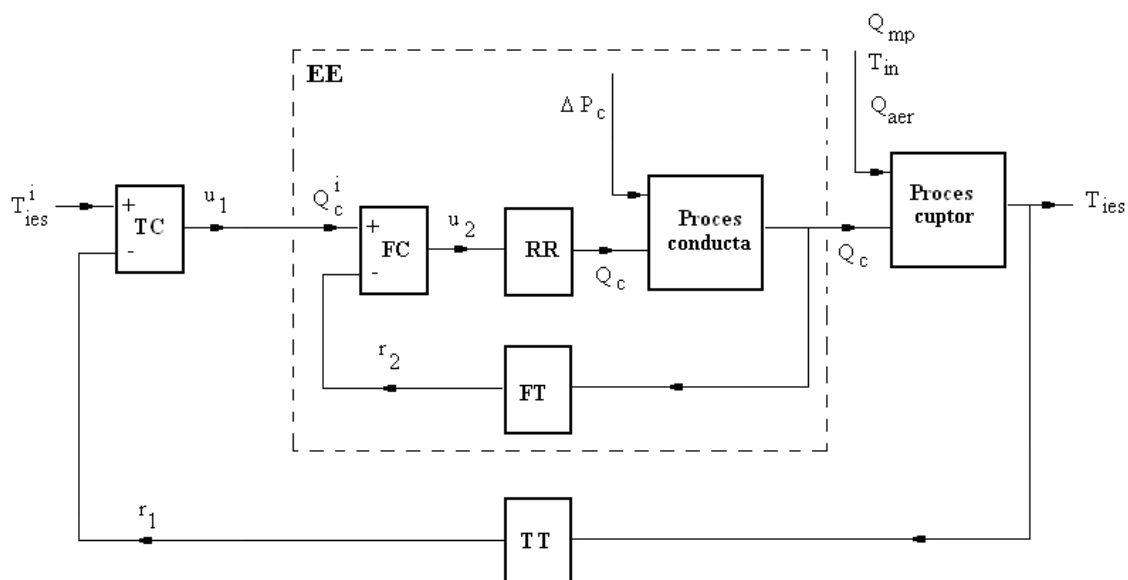


Fig. 7.4. Schema bloc a sistemului de reglare a temperaturii în cascadă cu debitul de combustibil.

Tabelul 7.1

Analiza comparativă a sistemului de reglare clasic și a sistemului de reglare în cascadă

Perturbația	Sistem clasic	Sistem în cascadă
Debit combustibil	Se produc variații ale temperaturii produsului încălzit, variații care sunt eliminate în timp (minute) de către SRA-T	SRA-D reduce debitul la valoarea prescrisă într-un interval de timp de ordinul secundelor. În această perioadă scurtă nu se produc variații ale temperaturii produsului încălzit
Debit materie primă Temperatură intrare Debit aer	Se produc variații ale temperaturii produsului încălzit, variații care sunt eliminate în timp (minute) de către SRA-T	Se produc variații ale temperaturii produsului încălzit, variații care sunt eliminate în timp (minute) de către SRA-T

Performanța descrisă anterior se obține cu un efort financiar semnificativ. Cu excepția robinetului de reglare, toate celelalte elemente ale sistemului automat sunt dublate. Această particularitate implică o analiză tehnico-financiară detaliată pentru a evidenția sustenabilitatea financiară a implementării sistemelor de reglare în cascadă. Uzual acestea sunt proiectate pentru procesele cu dinamică mare, respectiv transferul de căldură și de masă.

7.3. Reglarea evoluată a unei variabile

Pentru o coloană de fracționare a amestecului propenă-propan este necesară reglarea calității produselor separate, respectiv a concentrațiilor x_D și x_B . Având în vedere variațiile debitului alimentării, se recomandă implementarea unui sistem de reglare cu acțiune după perturbație. Regulatorul cu acțiune după perturbație, regulator numeric, are structura prezentată în figura 7.5.

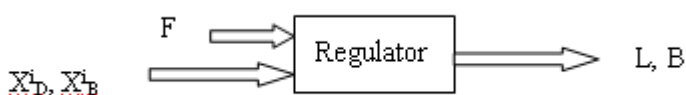


Fig. 7.5. Schema bloc a regulatorului după perturbație.

Modelul matematic de conducere al procesului are forma Fenske-Gilliland-Underwood:

$$B = F \frac{x_D^i - x_F}{x_D^i - x_B^i}; \quad [\text{kmol/h}] \quad (7.1)$$

$$N_{min} = \frac{\ln \left(\frac{x_D^i}{1-x_D^i} * \frac{1-x_B^i}{x_B^i} \right)}{\ln \alpha}; \quad (7.2)$$

$$\theta = \frac{\alpha}{x_F(\alpha-1)+1}; \quad (7.3)$$

$$R_{min} = \frac{\alpha x_D^i}{\alpha - \theta} + \frac{1 - x_D^i}{1 - \theta} - 1; \quad (7.4)$$

$$A = \left(1 - 1,333 * \frac{N - N_{min}}{N + 1} \right)^{1,7587}; \quad (7.5)$$

$$R = \frac{A + R_{min}}{1 - A}; \quad (7.6)$$

$$L = R(F - B); [\text{kmol/h}], \quad (7.7)$$

în care α reprezintă volatilitatea medie relativă a componentului ușor în raport cu cel greu;

θ - parametru în relația Underwood;

R_{min} – rația minimă de reflux;

N - numărul teoretic de echilibre lichid-vapori (talere teoretice);

N_{min} - numărul minim de echilibre teoretice;

R_{min} – rația minimă de reflux;

R – rația reală de reflux;

A - parametru în relația Eduljee;

L - debitul de reflux;

i - indice asociat prescrierii sistemului automat de conducere.

Structura sistemului de conducere ierarhică a procesului de fracționare a amestecului propenă-propan cuprinde nivelul unu al automatizării de bază, nivel care conține sistemele de reglare a debitului (2), sistemul de reglare a presiunii și sistemul de reglare al nivelului (2). La nivelul 2 se găsește nivelul 2 de automatizare, respectiv regulatorul cu acțiune după perturbație, figura 7.6. Prescrierile regulatorului cu acțiune după perturbație sunt concentrația în propenă a distilatului și a produsului din bază, perturbația măsurată este debitul de alimentare F , iar comenzile nivelului 2 de conducere sunt materializate ca prescrieri ale sistemelor de reglare a debitului de reflux L și a debitului din bază B , sisteme situate la nivelul ierarhic 1. Această structură de reglare este similară cu sistemul de reglare în cascadă, elementul de execuție al sistemului automat de reglare a concentrației fiind reprezentat de cele două sisteme de reglare a debitului (reflux și debitul produsului din bază).

Structura conține atât o interfață analog-numeric (pentru conversia numerică a debitului măsurat de traductor) cât și două convertoare numeric-analog (pentru obținerea prescrierilor externe ale celor două regulatoare de debit).

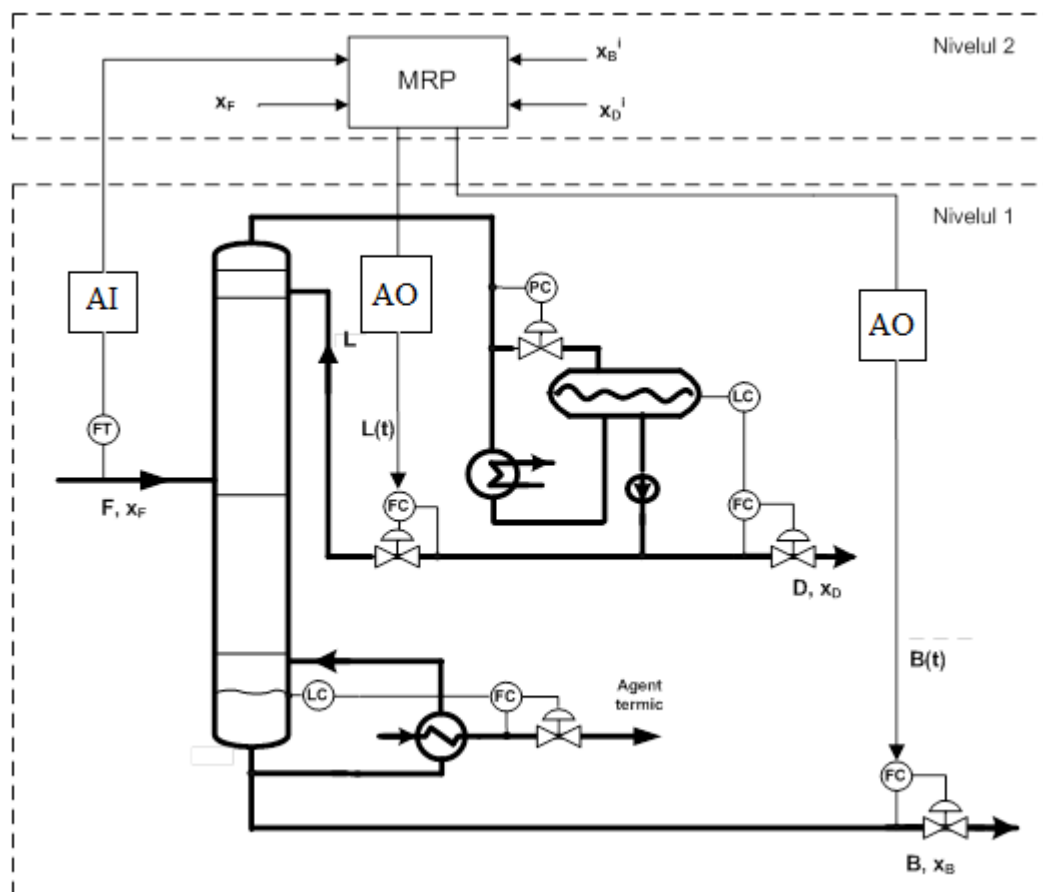


Fig. 7.6. Sistemul de reglare cu acțiune după perturbație.

7.4. Reglarea raportului a două debite

Pentru a produce noi substanțe prin reacție chimică sunt necesari doi sau mai mulți reactanți. Aceștia sunt introduși în reactor în anumite proporții molare, masice sau volumice. Având în vedere faptul că traductoarele de debit volumic sunt cele mai răspândite, în cele ce urmează vor fi prezentate sisteme automate care să asigure raportul de debit volumic necesar desfășurării corecte a reacției chimice.

În exemplul următor se consideră că două fluxuri, denumite generic materie primă și reactant, care trebuie amestecate într-un anumit raport volumic. Fluxul de materie primă este fluxul independent iar fluxul de reactant este dependent. Debitul fluxului de materie primă este nereglat. Sistemul de reglare a raportului celor două debite este proiectat urmărind următoarele etape:

- a) Pe fluxul independent, materia primă, se montează un traductor de debit volumic (traductorul de debit cu diafragmă).

- b) Pe fluxul dependent, reactantul, se implementează un sistem de reglare a debitului volumic.
- c) Semnalul de la traductorul de debit este preluat, ca mărime de intrare, de către blocul de raport.
- d) Semnalul de ieșire al blocului de raport (comanda acestuia) este preluat de regulatorul de debit al fluxului dependent, ca prescriere externă.

În figura 7.7 este prezentată schema P&I a sistemului de reglare a raportului a două debite.

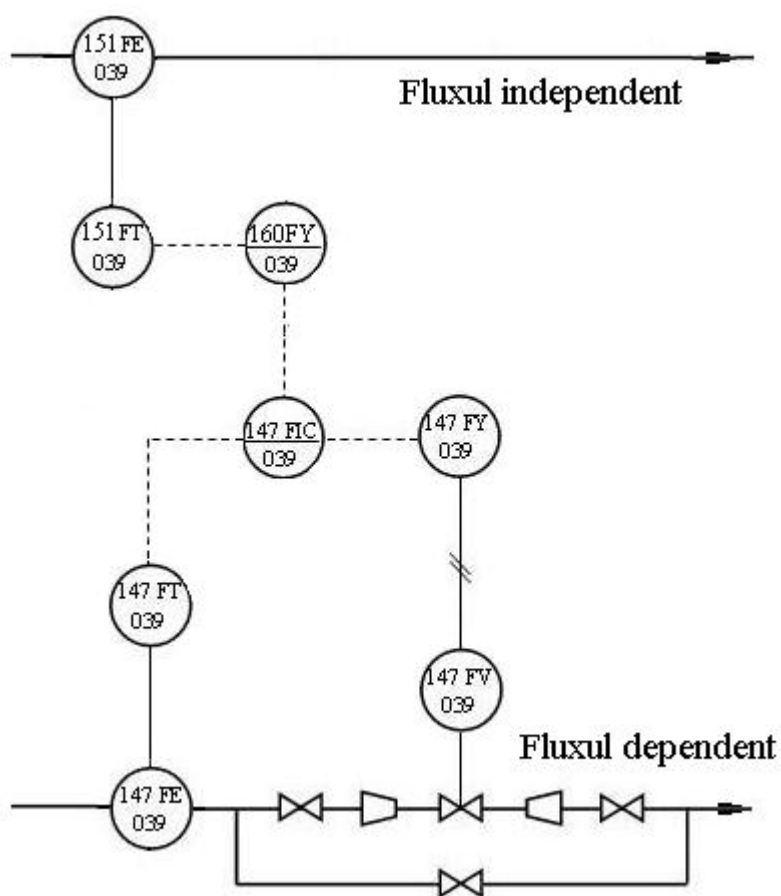


Fig. 7.7. Schema P&I a sistemului de reglare a raportului a două debite.

Funcționare. Atunci când debitul fluxului independent variază, semnalul de reacție generat de traductorul de debit FT 151 se modifică. Simultan se va modifica și semnalul generat de blocul de calcul FY 160 (blocul de raport), astfel încât raportul celor două semnale (ieșire /intrare) să rămână constant. Comanda blocului de calcul

reprezintă prescrierea externă a regulatorului de debit asociat fluxului dependent, FC 147.

În figura 7.8 este prezentată schema bloc a sistemului de reglare a raportului a două debite. Debitul fluxului dependent, Q_{dep} , este în funcție de valoarea debitului fluxului independent, Q_{ind} , și valoarea prescrierii blocului de calcul, $\left[\frac{Q_{dep}}{Q_{ind}} \right]^i$.

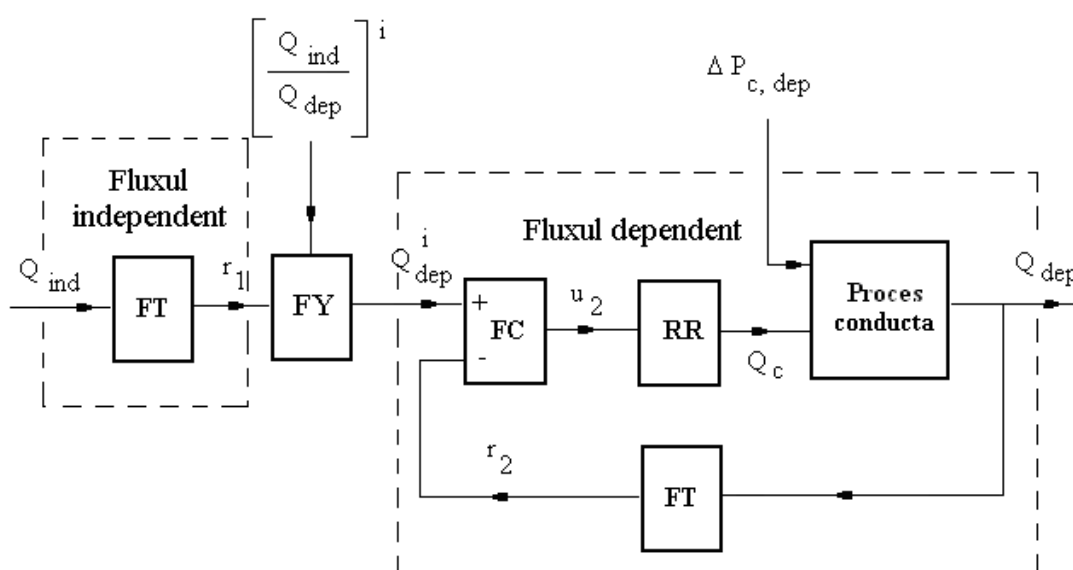


Fig. 7.8. Schema bloc a sistemului de reglare a raportului a două debite.

7.5. Probleme și întrebări

- 7.5.1. Prin ce se caracterizează o structură de reglare în cascadă?
- 7.5.2. Desenați un sistem de reglare în cascadă.
- 7.5.3. Desenați schema bloc a sistemului automat de la punctul anterior.
- 7.5.4. Evidențiați aspecte pozitive și negative ale sistemului de reglare în cascadă prin comparație cu sistemul de reglare simplu.
- 7.5.5. Enunțați regulile de proiectare a unui sistem de reglare a raportului a două debite.
- 7.5.6. Desenați un sistem de reglare a raportului a două debite (nu schema P&I).
- 7.5.7. Desenați un sistem de reglare cu acțiune după perturbație, pentru reglarea temperaturii la un cuptor tubular.