

STABILIREA STRUCTURII BUCLELOR DE REGLARE ASOCIATE COLOANELOR DE FRAȚIONARE PRIN UTILIZAREA TEHNICII AMPLIFICĂRILOR RELATIVE

Conf. Dr. ing. Nicolae Paraschiv
Șef lucr. ing. Cornel Marinescu
Asist. ing. Otilia Cangea

Universitatea "Petrol-Gaze" Ploiești

Rezumat: Lucrarea propune utilizarea matricii amplificărilor relative (MAR) ca punct inițial în determinarea structurii de automatizare aferente unei coloane de fracționare. Eficiența unei structuri de automatizare, asociată unui proces multivariabil, deci și unei coloane de fracționare, este determinată și de modul în care aceasta asigură decuplarea pe canalele comandă-mărime reglată. Tehnica amplificărilor relative este exemplificată pentru coloana industrială de separare a amestecului propenă-propan analizată experimental de autori. Ideile exprimate în lucrare se bazează atât pe un studiu bibliografic, cât și pe experiența autorilor în domeniul dezvoltării și implementării structurilor de automatizare evoluată a proceselor de fracționare.

Cuvinte cheie: amplificare relativă, coloană de fracționare, structură de reglare, decuplare, interacțiune, sistem multivariabil.

1. Introducere

Abordarea sistemică a unui proces industrial include, de regulă, în categoria mărimilor de intrare *resursele* (materiale, energetice, financiare, umane), iar în cea a mărimilor de ieșire - *rezultatele* sub forma produselor și/sau serviciilor.

Oricărui proces îi sunt asociate anumite obiective exprimate adesea sub forma unor restricții specifice condițiilor de calitate, costurilor de prelucrare, gradului de securitate și de protecție ecologică etc. De aceste obiective trebuie să se țină obligatoriu cont la fundamentarea strategiei de conducere a procesului.

Mărimile de intrare aferente unui proces pot fi structurate în comenzi aflate la dispoziția mijlocului de conducere și în perturbații, a căror evoluție este aleatoare.

O componentă importantă a fundamentării strategiei de conducere o reprezintă alocarea resurselor la necesități, respectiv atribuirea de comenzi pentru fiecare obiectiv sau clasă de obiective.

Având în vedere caracterul multivariabil al cvasitotalității proceselor industriale, alocarea comenzilor trebuie efectuată de așa manieră încât să se asigure un grad maxim de decuplare.

Fracționarea reprezintă un proces cheie în cadrul unui sistem chimic atât din punctul de vedere al contribuției la calitatea globală, cât și din cel al consumurilor energetice.

Din aceste cauze, problema elaborării unor structuri optime de conducere a acestor procese este de o importanță deosebită și este corespunzător reprezentată în literatura de specialitate [1], [2], [6]. O contribuție importantă o are G. Shinsky [6], [7] care, în lucrările sale, tratează problema automatizării proceselor chimice, pornind de la o cunoaștere profundă a acestora.

Ideile prezentate în lucrarea de față confirmă oportunitatea utilizării matricii amplificărilor relative (MAR) pentru stabilirea structurii de reglare, care să asigure un grad maxim de decuplare.

Primul capitol al lucrării este dedicat prezentării problematicii generale a MAR și a modului de determinare a acesteia atât pentru sistemele pur liniare, cât și pentru cele neliniare, dar cu comportare liniară în jurul unui punct de funcționare.

Următorul capitol este destinat prezentării procesului de fracționare ca obiect al conducerii, insistându-se asupra obiectivelor și a comenzilor disponibile ale acestuia.

În continuare, se prezintă utilizarea MAR în structurarea buclelor de reglare automată pentru coloanele de fracționare, detaliindu-se modul de obținere a componentelor MAR.

Ultimul capitol prezintă utilizarea tehnicii amplificărilor relative în vederea determinării structurii buclelor de reglare pentru o coloană de separare a propenei.

2. Caracterizarea interacțiunilor în sistemele multivariabile cu ajutorul MAR

În cele ce urmează, din considerente practice, se vor face referiri la sistemele multivariabile (SMV) cu două intrări și două ieșiri, generalizarea neridicând probleme deosebite.

Fie un SMV liniar cu două intrări și două ieșiri a cărui structură este prezentată în figura 1.

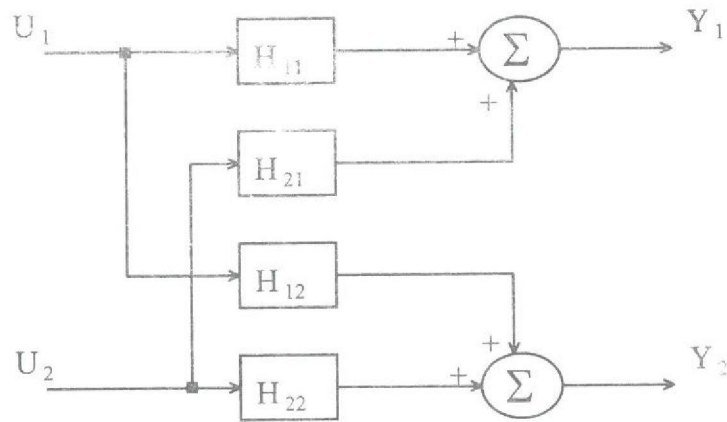


Figura 1. Sistem multivariabil cu două intrări și două ieșiri

Pentru sistemul din figura 1 sunt valabile relațiile:

$$\begin{cases} Y_1 = H_{11} \cdot U_1 + H_{21} \cdot U_2 \\ Y_2 = H_{12} \cdot U_1 + H_{22} \cdot U_2 \end{cases} \quad (1)$$

unde H_{ij} reprezintă funcția de transfer pe canalul $i \rightarrow j$:

$$H_{ij} = \frac{Y_j}{U_i} \quad (2)$$

Un deziderat important al reglării procesului multivariabil îl reprezintă sinteza regulatorului care să conducă la o decuplare maximă pe fiecare canal referință → mărime reglată. Una din metodele de alocare optimă a comenzilor disponibile la necesitățile de reglare o reprezintă utilizarea MAR, pornind de la abordările oferite de Bristol [1] și Shinskey [7].

Determinarea amplificării relative (AR) pe un canal, în cazul SMV din figura 1, presupune stabilizarea celui alt canal cu un SRA abateră. Astfel, dacă se dorește definirea amplificării relative pe canalul $U_1 \rightarrow Y_1$, se va presupune ieșirea Y_2 reglată cu comanda U_2 , situație evidențiată în figura 2, în care H_{c22} reprezintă funcția de transfer a regulatorului, iar R_2 referința.

O variație a intrării U_1 va conduce la o modificare a ieșirii Y_2 care va trebui corectată cu o comandă:

$$U_2 = -H_{c22} \cdot Y_2 \quad (3)$$

Eliminând între relațiile (1), (2) și (3) mărimile U_2 și Y_2 se obține:

$$Y_1 = \left(H_{11} - \frac{H_{12} \cdot H_{21} \cdot H_{c22}}{1 + H_{22} \cdot H_{c22}} \right) \cdot U_1 \quad (4)$$

În comportarea SMV pe canalul $U_1 \rightarrow Y_1$ pot fi

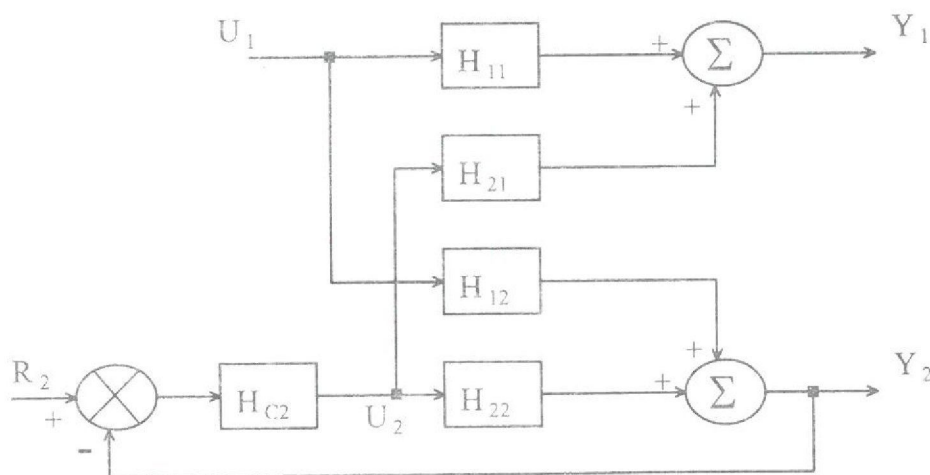


Figura 2. SMV în care mărimea Y_2 este reglată cu comanda U_2 .

identificate două situații limită și anume:

a) regulatorul C_{22} are o amplificare foarte mică, deci $H_{c22} \approx 0$ în domeniul frecvențelor în care canalul $U_1 \rightarrow Y_1$ este activ, caz în care relația (4) devine:

$$Y_1 = H_{11} \cdot U_1, (5)$$

echivalentă cazului în care comanda U_2 este constantă;

b) regulatorul C_{22} are o amplificare foarte mare, deci $H_{c22} \rightarrow \infty$ în domeniul frecvențelor în care

canalul $U_1 \rightarrow Y_1$ este activ, caz în care relația (4) devine:

$$Y_1 = \left(H_{11} - \frac{H_{12} \cdot H_{21}}{1 + H_{22}} \right) \cdot U_1, (6)$$

Din relațiile (5) și (6) rezultă funcțiile de transfer pe canalul $U_1 \rightarrow Y_1$ în cele două situații analizate și anume:

$$H' = H_{11} \text{ dacă } H_{c22} \approx 0, (7)$$

$$H'' = H_{11} - \frac{H_{12} \cdot H_{21}}{1 + H_{22}} \text{ dacă } H_{c22} \rightarrow \infty. (8)$$

Amplificarea relativă pe canalul $U_1 \rightarrow Y_1$ se definește ca raport al funcțiilor de transfer H' și H'' respectiv:

$$\lambda_{11} = \left(1 - \frac{H_{12} \cdot H_{21}}{H_{11} \cdot H_{22}} \right)^{-1}. (9)$$

Printr-un raționament similar se obțin și celelalte trei amplificări relative și anume:

$$\lambda_{22} = \left(1 - \frac{H_{12} \cdot H_{21}}{H_{11} \cdot H_{22}} \right)^{-1}, (10)$$

dacă Y_2 se reglează cu U_2 ,

$$\lambda_{21} = \left(1 - \frac{H_{22} \cdot H_{11}}{H_{12} \cdot H_{21}} \right)^{-1}, (11)$$

dacă Y_1 se reglează cu U_2 , respectiv:

$$\lambda_{12} = \left(1 - \frac{H_{22} \cdot H_{11}}{H_{12} \cdot H_{21}} \right)^{-1}, (12)$$

dacă Y_2 se reglează cu U_1 .

Cu ajutorul amplificărilor relative astfel determinate se construiește MAR:

$$\Lambda = \begin{matrix} & U_1 & U_2 \\ \begin{matrix} Y_1 \\ Y_2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} \end{bmatrix} \end{matrix} (13)$$

Din relațiile (9)-(12) rezultă că suma elementelor MAR atât pe fiecare linie, cât și pe fiecare coloană este unitară. Din acest motiv, pentru obținerea MAR asociate unui SMV similar celui din figura 1. este suficient calculul unei singure amplificări relative.

În cazul general (nu neapărat liniar, dar cu comportare liniară în jurul unui punct) amplificarea relativă pe canalul $U_i \rightarrow Y_j$ se poate calcula cu o relație de tipul:

$$\lambda_{ij} = \frac{\partial y_i}{\partial u_i} \Big|_{u_j} / \frac{\partial y_i}{\partial u_i} \Big|_{y_j} (14)$$

dacă $i=j$, respectiv:

$$\lambda_{ij} = \frac{\partial y_i}{\partial u_j} \Big|_{u_i} / \frac{\partial y_i}{\partial u_j} \Big|_{y_i} (15)$$

pentru situația $i \neq j$.

Din relațiile (14) și (15) rezultă că amplificarea relativă pe canalul $i \rightarrow j$ se calculează ca raport al amplificărilor pe acest canal, când bucla de pe celălalt canal este deschisă sau funcționează perfect.

Deoarece aspectele dinamice nu constituie obiectul prezentei lucrări, în cele ce urmează va fi avut în vedere numai regimul staționar.

Considerând pentru SMV analizat regimul staționar și aplicând relații de tipul (14) și (15) se obțin amplificările relative staționare pentru cele patru canale:

$$\bar{\lambda}_{11} = \frac{\partial y_1}{\partial u_1} \Big|_{u_2} / \frac{\partial y_1}{\partial u_1} \Big|_{y_2} = \left(1 - \frac{b_{12} \cdot b_{21}}{b_{11} \cdot b_{22}} \right)^{-1} (16)$$

$$\bar{\lambda}_{22} = \frac{\partial y_{21}}{\partial u_2} \Big|_{u_1} / \frac{\partial y_2}{\partial u_2} \Big|_{y_1} = \left(1 - \frac{b_{12} \cdot b_{21}}{b_{11} \cdot b_{22}} \right)^{-1} (17)$$

$$\bar{\lambda}_{21} = \frac{\partial y_2}{\partial u_1} \Big|_{u_2} / \frac{\partial y_2}{\partial u_1} \Big|_{y_1} = \left(1 - \frac{b_{11} \cdot b_{22}}{b_{12} \cdot b_{21}} \right)^{-1} (18)$$

$$\bar{\lambda}_{12} = \frac{\partial y_1}{\partial u_2} \Big|_{u_1} / \frac{\partial y_1}{\partial u_2} \Big|_{y_2} = \left(1 - \frac{b_{11} \cdot b_{22}}{b_{12} \cdot b_{21}} \right)^{-1} (19)$$

unde b_{ij} reprezintă coeficientul de transfer asociat canalului $i \rightarrow j$.

Din valorile elementelor MAR, se pot trage concluzii în legătură cu comportarea SMV pe diverse canale [3].

Referitor la stabilirea structurii de reglare (alocarea comenzilor disponibile la necesitățile de reglare) se vor închide acele bucle pentru care amplificarea este cât mai aproape de valoarea unitară.

3. Obiective ale procesului de fracționare și resurse disponibile

Fracționarea sau distilarea fracționată reprezintă cea mai răspândită metodă de separare a unui amestec în componenți puri sau în fracțiuni. Mecanismul fracționării se bazează pe diferența dintre temperaturile de fierbere (volatilitățile relative) ale componentelor amestecului respectiv [8].

Obiectivul principal al fracționării este reprezentat de obținerea **calităților** specificate pentru produsele separate. Având în vedere că acestea sunt întotdeauna mai valoroase decât amestecul supus separării, alături de calitate mai apar două obiective importante și anume cantitatea și prețul.

Realizarea obiectivelor propuse este determinată printre altele de:

- starea utilajelor
- parametrii utilităților
- strategia de conducere

Procesul de fracționare presupune transferul de masă între cele două faze, lichid și vaporii, la nivelul unor dispozitive de contactare numite **talere** care echipează coloanele de fracționare. Căldura necesară vaporizării este furnizată de un agent termic, transferul având loc într-un rețierbător care poate fi incorporat în baza coloanei sau poate fi exterior acesteia. Produsele separate se extrag de regulă pe la vârful și baza coloanei sau chiar de anumite talere laterale.

După ce produsul din vârf (distilatul) este condensat, o parte din acesta se reintroduce în coloană sub formă de reflux. Fluxul descendent de lichid este determinat de debitul de reflux, iar fluxul ascendent de vaporii - de debitul de agent termic în rețierbător.

În figura 3 se prezintă o coloană de fracționare a unui amestec binar, la care produsele separate se extrag la vârful și la baza coloanei.

Cunoașterea completă a stării procesului de fracționare se poate realiza prin măsurarea a 14

mărimi care reprezintă numărul gradelor de libertate pentru un sistem de separare binar [3].

Pentru coloana din figura 3 sunt disponibile cinci comenzi, marcate prin prezența câte unui robinet de reglare pe fluxul respectiv. Rezultă că pot fi reglate maximum cinci mărimi marcate ca în figura 2 prin prezența a cinci traductoare.

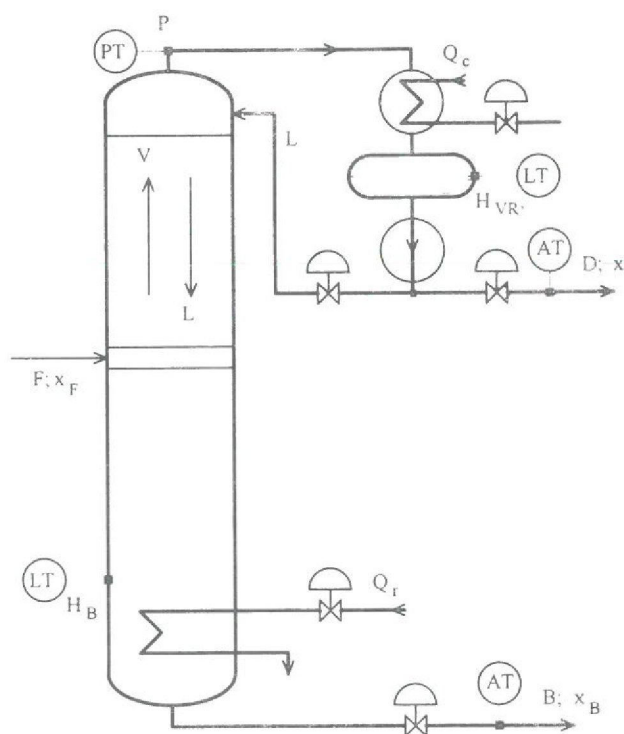


Figura 3. Coloană de fracționare a unui amestec binar

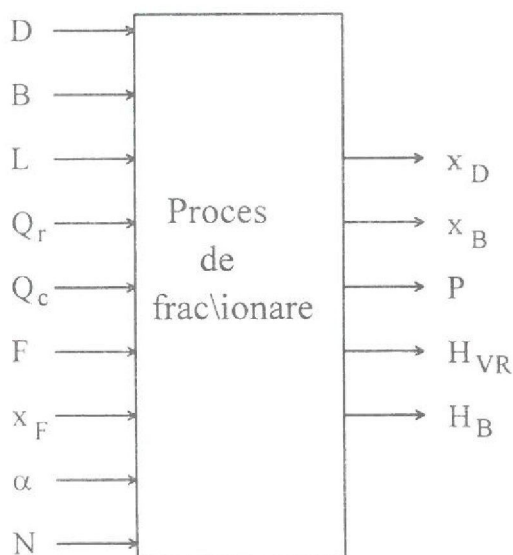


Figura 4. Caracterizarea intrare-ieșire a procesului de fracționare

În figura 4, se prezintă sintetic principalele mărimi de intrare și ieșire asociate procesului de fracționare. După cum se observă, în categoria variabilelor independente intră, în afară de comenzi, perturbații asociate alimentării, caracteristicilor amestecului care se separă și stării coloanei de fracționare.

Mărimile asociate procesului de fracționare pot fi grupate în trei vectori, după cum urmează:

- vectorul mărimilor perturbatoare:

$$P=[F, x_F, \alpha, N] \quad (20)$$

- vectorul mărimilor de comandă:

$$U=[D, B, L, Q_r, Q_c] \quad (21)$$

- vectorul mărimilor reglate:

$$Y=[x_D, x_B, P, H_{VR}, H_B] \quad (22)$$

În figura 5, se prezintă semnificațiile componentelor celor trei vectori.

Simbol	Vector	Semnificație
F	P	debit alimentare
x_F	P	concentrație component ușor în alimentare
α	P	coeficient volatilitate relativă
N	P	număr de talere teoretice
D	U	debit distilat
L	U	debit reflux
Q_r	U	debit agent termic în rețierbător
Q_c	U	debit agent de răcire
x_D	Y	concentrație component ușor în distilat
x_B	Y	concentrație component ușor în reziduu
P	Y	presiunea pe sistem
H_{VR}	Y	nivelul în separator
H_B	Y	nivelul în baza coloanei

Figura 5. Semnificațiile componentelor vectorilor P, U și V

Mărimile x_D și x_B vor putea fi reglate numai în condițiile existenței analizoarelor în flux. Dacă acestea nu sunt disponibile, reglările de concentrație vor fi înlocuite cu reglări de temperatură, lucru posibil datorită asemănării între profilurile de temperatură și concentrație în lungul coloanei. În ambele situații, tractoarele vor fi amplasate în zonele în care parametrii respectivi prezintă sensibilitatea cea mai ridicată.

4. Implicarea MAR în configurarea buclelor de reglare pentru o coloană de fracționare

În cazul unui proces de separare, decuplarea are în vedere eliminarea, într-o măsură cât mai ridicată, a interacțiunilor între vârful și baza coloanei.

Ținând cont de structurarea vectorilor U și Y, rezultă o MAR de dimensiuni 5×5 . Configurarea lejeră a sistemului de reglare (în mod deosebit a celor patru compoziții) impune o reducere a acestuia. Reducerea se poate realiza prin fixarea comenzilor asociate reglării mărimilor P, H_{VR} și H_B . La reducerea dimensiunilor trebuie avut în vedere faptul că, din punct de vedere dinamic, buclele aprioric structurate să fie cu cel puțin un ordin de mărime mai rapide decât cele a căror structură urmează a se determina.

O posibilitate de reducere a dimensiunilor MAR este ilustrată în figura 6, unde, pentru reglarea mărimilor P, H_{VR} și H_B au fost alocate următoarele resurse:

- debitul de reflux pentru nivelul H_{VR}
- debitul de reziduu B pentru nivelul H_B
- debitul de agent Q_c (căldura extrasă din sistem) pentru presiunea P.

Din considerente legate de necesitatea prezenței în perechea de comenzi selectate atât a unei comenzi afectate separării, cât și a uneia afectate bilanțului material [3], [6], rezultă șase comenzi posibile pentru reglarea concentrațiilor x_D și x_B și anume: S, L/B, V/B, D/F, L/F și V/F, unde S este factorul de separare, definit ca:

$$S = \frac{x_D}{1 - x_D} \cdot \frac{1 - x_B}{x_B} \quad (23)$$

	D	V	L	B	Q_c
x_D					
x_B					
H_{VR}					
H_B					
P					

Figura 6. O posibilitate de reducere a dimensiunilor MAR la 2×2

Conform celor expuse rezultă că numărul total de MAR cu dimensiune 2×2 care se poate forma este $C_6^2 = 15$.

Înlocuind coeficienții din relațiile (16)-(19) cu derivatele asociate, amplificarea relativă staționară pe un canal se poate calcula cu o relație de tipul:

$$\bar{\lambda}_{x_D}(\Lambda_{12}) = \left(1 - \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_1 / \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_2 \right)^{-1} \quad (24)$$

unde comenzile selectate au fost notate cu 1 și 2.

În relația (24) derivatele $\partial x_D / \partial x_B$ calculate într-un punct reprezintă pantele curbelor asociate dependențelor $1-x_D=f(x_B)$ [1].

Pentru calculul pantelor asociate celor șase comenzi menționate anterior s-au obținut relațiile:

$$\delta = \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_{D/F} = - \frac{x_D - x_F}{x_F - x_B} \quad (25)$$

$$\sigma = \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_S = \frac{x_D(1-x_D)}{x_B(1-x_B)} \quad (26)$$

$$\mu_{L/F} = \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_{L/F} = \frac{\sigma - \delta \cdot \varepsilon}{1 - \varepsilon} \quad (27)$$

$$\mu_{V/F} = \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_{V/F} = \frac{\sigma - \delta \cdot \varepsilon \cdot (1 + D/L)}{1 - \varepsilon \cdot (1 + D/L)} \quad (28)$$

$$\mu_{L/B} = \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_{L/B} = \frac{\sigma - \varepsilon \cdot (\delta - 1)}{1 - \varepsilon \cdot (\delta - 1) / \delta} \quad (29)$$

$$\mu_{V/B} = \frac{\partial x_D}{\partial x_B} \Big|_{V/B} = \frac{\sigma - \varepsilon \cdot (1 + D/L) \cdot (\delta - 1)}{1 - \varepsilon \cdot (1 + D/L) \cdot (\delta - 1) / \delta} \quad (30)$$

unde:

$$\varepsilon = \frac{N \cdot x_D \cdot (1 - x_D)}{2(1 + x_F \cdot L / D) \cdot (x_D - x_B)} \quad (31)$$

După determinarea pantelor, prin utilizarea relației (24) se obțin amplificările relative. Din considerente practice, cum ar fi:

- sensibilitatea mai ridicată a concentrației x_B la modificarea comenzilor V și B sau a raportului acestora;

- imposibilitatea utilizării simultane într-o structură a comenzilor L și B datorită necesității prezenței unei comenzi asociate separării;
- imposibilitatea utilizării într-o aceeași structură duală a comenzii D și a uneia asociate factorului de separare (L, L/D, D/V, V/L),

Reglarea lui x_D cu

Reglarea lui x_B cu

		S				
		D	L	L/D	D/V	D/L
D			Λ_{LD}			
B					Λ_{SD}	
V		Λ_{DV}	Λ_{LV}		Λ_{SV}	
B/L		$\Lambda_{DL/B}$	$\Lambda_{L/B}$		$\Lambda_{SL/B}$	
V/B		$\Lambda_{DV/B}$	$\Lambda_{LV/B}$		$\Lambda_{SV/B}$	
V/D	S	Λ_{DS}				
V/L						

Figura 7. Amplificările relative utilizabile.

nu se vor calcula toate amplificările, ci numai o parte, evidențiate în figura 7, în care zonele hașurate reprezintă combinații improprii.

$$\Lambda_{DV} = (1 - \delta / \mu_{V/F})^{-1} \quad (32)$$

$$\Lambda_{DL/B} = (1 - \delta / \mu_{L/B})^{-1} \quad (33)$$

$$\Lambda_{DV/B} = (1 - \mu_{L/F} / \delta)^{-1} \quad (34)$$

$$\Lambda_{LV} = (1 - \mu_{L/F} / \mu_{V/F})^{-1} \quad (35)$$

$$\Lambda_{LL/B} = (1 - \mu_{L/F} / \mu_{L/B})^{-1} \quad (36)$$

$$\Lambda_{LV/B} = (1 - \mu_{L/F} / \mu_{V/B})^{-1} \quad (37)$$

$$\Lambda_{SD} = (1 - \sigma / \delta)^{-1} \quad (38)$$

$$\Lambda_{SV} = (1 - \sigma / \mu_{V/F})^{-1} \quad (39)$$

$$\Lambda_{SL/B} = (1 - \sigma / \mu_{L/B})^{-1} \quad (40)$$

$$\Lambda_{SV/B} = (1 - \sigma / \mu_{V/B})^{-1} \quad (41)$$

$$\Lambda_{DS} = (1 - \delta / \sigma)^{-1} \quad (42)$$

Selectarea perechii optime de comenzi se face ținând cont că decuplarea este cu atât mai bună cu

cât amplificarea relativă este mai aproape de valoarea unu (o amplificare relativă unitară conduce la o decuplare totală).

O soluție recomandabilă este aceea ca, din mulțimea AR calculate, să fie selectate acelea cu cea mai mare valoare subunitară, respectiv cu cea mai mică valoare supraunitară.

Alegerea între cele două perechi de comenzi se face având în vedere alte criterii. Un astfel de criteriu este cel al selecției între debitele B și D a aceluia cu domeniul de variație cel mai mic, deoarece astfel se asigură cea mai bună finete a reglării bilanțului material.

5. Stabilirea structurii buclelor de reglare pentru coloana de separare a propenei

Coloana de separare a amestecului propan-propenă a constituit obiectul investigațiilor autorilor în vederea determinării și implementării structurii de automatizare, care să maximizeze eficiența separării [4], [5].

Determinarea structurii buclelor de reglare ca punct inițial al dezvoltării sistemului ierarhic de conducere se face utilizând metoda amplificărilor relative.

Acestei coloane îi sunt specifice următoarele caracteristici: $x_B=0.04$; $x_D=0.90$; $x_F=0.70$; $N=70$; $R=12$ (mărimile x_B , x_D și x_F reprezentând, în fracții molare, concentrația propenei în fluxurile B, D și respectiv F).

Aplicând relațiile (32)-(42) se calculează AR, ale căror valori sunt evidențiate în figura 8.

		Reglarea lui x_D cu			S		
		D	L	L/D	D/V	D/L	
Reglarea lui x_B cu	D						
	B		0.07			0.11	
	V	0.934	17.55			2.21	
	B/L	1.093	0.51			0.64	
	V/B	1.077	0.47			2.94	
S	V/D						
	V/L		0.880				

Figura 8. Valorile calculate pentru AR

Analizând datele prezentate în figura 8, se observă că există două structuri acceptabile din punctul de vedere al AR și anume structurile DV/B

și DV. În figura 9 se prezintă buclele de reglare, asociate structurii DV/B.

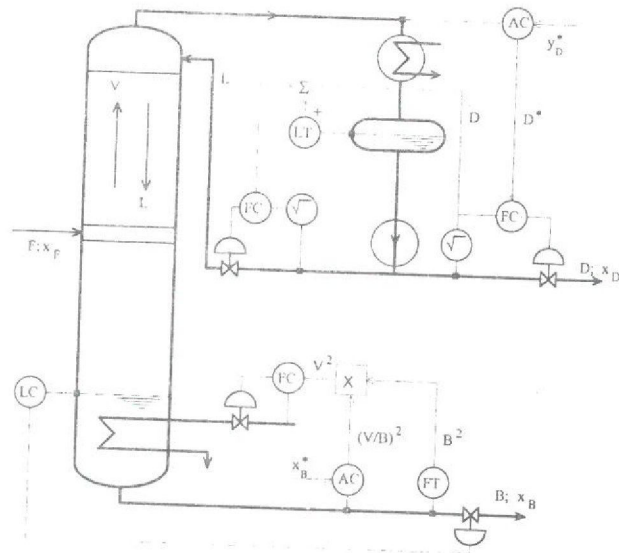


Figura 9. Structura DV/B a buclelor de reglare a compoziției

După cum se observă din figura 9, x_D se reglează cu D, iar x_B cu V/B. Conexiunea dintre D și L prin intermediul sumatorului Σ asigură o modificare simultană a lui L = i D cu implicații în ceea ce privește îmbunătățirea dinamicii buclei de reglare a compoziției la vârful coloanei. Tot din considerente dinamice, traductorul de compoziție pentru produsul de vapor este amplasat pe linia de vapor, și nu pe cea de lichid.

Concluzii

Coloanele de fracționare reprezintă sisteme multivariabile complexe, la care selectarea comenzilor care să conducă la o decuplare cât mai ridicată între vârf și bază are implicații directe asupra eficienței procesului de separare.

Articolul a prezentat determinarea structurii buclelor de reglare, asociate unei coloane de fracționare, prin metoda amplificărilor relative.

După ce în primele două părți se prezintă principiul MAR și se fac considerații în legătură cu obiectivul și resursele procesului de fracționare, în ultima parte se prezintă relațiile de calcul pentru determinarea AR în cazul unei coloane cu două puncte de extragere a produselor separate. În încheiere, se prezintă un exemplu de structurare a buclelor de reglare a concentrației cu utilizarea amplificărilor relative, pentru o coloană de separare a propenei.

Bibliografie

1. **BRISTOL, E. H.:** On a new measure of interaction for multivariable process control. În: IEEE Trans. Autom. Control, no. 1, 1966.
2. **GORDON, M. L.:** Practical evaluation of relative gains: the key to designing dual composition controls. În: Hydrocarbon Processing, no. 12, 1982.
3. **MARINOIU, V., PARASCHIV, N.:** Automatizarea proceselor chimice, Editura Tehnică, București, 1992.
4. **MARINOIU, V., PARASCHIV, N., PĂTRĂȘCIOIU, Cr.:** Conducerea cu calculatorul a procesului de separare a propenei. În: Revista de Chimie nr. 11, 1988.
5. **PARASCHIV, N.:** Echipamente și programe de conducere optimală a proceselor de fracționare. Teză de doctorat, Institutul de Petrol și Gaze, Ploiești, 1987.
6. **SHINSKEY, G. F.:** Distillation control for productivity and energy conservation, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.
7. **SHINSKEY, G. F.:** Process control systems, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988.
8. **STRĂTULĂ, C.:** Fraționarea, principii și metode de calcul, Editura Tehnică, București, 1986.