

METODE DE CONTABILIZARE EXERGOECONOMICĂ ȘI DE OPTIMIZARE A CONSTRUCȚIEI ȘI OPERĂRII SISTEMELOR ENERGETICE COMPLEXE

AI. DOBROVICESCU

UNIVERSITATEA POLITEHNICA București

Abstract. The aim of this work is to bring an argument on behalf of the use of the exergy concept in the operating and optimization analysis of energetic complex systems.

To assess the proper unitary cost to each one of the several products of a complex system, the economic global balance equation of the system must be completed with additional conditions.

The exergetic equivalence succeeds in bringing to the same level different types of energy; by this way the cost assessing gets close to reality. The extraction method and the principal product hypothesis can also be considered. For a single product system, the optimization procedure based only on the first principle of thermodynamics leads to extremely difficult calculations. The use of the exergy concept in this last case represents a useful instrument that can lead to the decentralization of the complex system making possible the local optimization of the productive zones.

Nomenclator

A	matrice de incidentă
A_{cb}	matrice de combustibili
A_I	matrice de distrugeri de exergie
A_P	matrice de produși
A_{Pi}	matrice de pierderi
a	factor de recuperare anuală a capitalului investit (1/an)
C	cost (EU)
c	cost unitar energie/exergie (EU/kJ, EU/kg)
\dot{C}	flux de cost (EU/an, EU/s)
C_b	combustibil (exergie combustibil) (kJ),
Cd	condensator
Ex	exergie (kJ)
G	generator de abur
GE	generator electric
I	distrugere de exergie (ireversibilitate) (kJ)
\dot{I}	distrugere de exergie/unitatea de timp (kW)
K	compresor
k^*	cost exergetic unitar
\dot{N}_a	flux de neganergic (kW)
P	produs (exergie produs) (kJ)
P_i	pierdere de exergie (kJ)
\dot{P}_{IP}	pompă de înaltă presiune
\dot{P}_{JP}	pompă de joasă presiune
\dot{Q}	flux de căldură (kW)
T	temperatură (K)
\dot{W}_e	putere electrică (kW) (fig.1, tabelul 1)
\dot{W}'	putere electrică (kW) (fig.1, tabelul 1)
\dot{W}''	putere electrică (kW) (fig.1, tabelul 1)
\dot{T}_{IP}	turbană de înaltă presiune
\dot{T}_{JP}	turbană de joasă presiune
VL	ventil de laminare

Vp vaporizator
x parametru decizional

Indici inferiori
c condensare
cb combustibil, combustor
e ieșire
F camera frigorifică
i intrare
k zonă funcțională
l zonă funcțională alta decât k
0 parametrii mediului ambiant
v vaporizare

Indici superiori
* cost exergetic

Litere grecești

χ coeficient de salt extern
 σ coeficient structural de salt intern
 τ timp de operare (s/an)
 ξ coeficient de cost (rel. 9)

1. DEFINIREA COMBUSTIBILULUI ȘI A PRODUSULUI

Din punct de vedere strict termodinamic ecuația de bilanț exergetic aplicată unui sistem oarecare este

$$\sum Ex_i = \sum Ex_e + I \quad (1)$$

unde I reprezintă distrugerea totală de exergie din sistem datorită ireversibilității interne a proceselor de lucru.

Practic nu toate exergile Ex_i care intră în sistem se constituie în resursele consumate de acesta și similar nici toate exergile Ex_e care părăsesc sistemul nu reprezintă produși ai acestuia. De exemplu gazele de ardere evacuate în atmosferă de generatorul de vaporii al unei termocentrale, nu reprezintă un produs, ci o

pierdere a sistemului, atât timp cât exergia lor nu se recuperează, ci se aruncă în mediul ambient.

Dacă sistemul considerat este un sistem termodinamic productiv, ecuația de bilanț exergetic (1) rescrisă, prin rearanjarea pe considerente economice a termenilor, devine [8]:

$$C_b = P + P_i + I \quad (2)$$

Termenii ecuației (2) capătă un sens clar economic. Produsul P reprezintă exergia netă, rezultatul dorit al sistemului sau zonei considerate. El este realizat în scopul de a fi cumpărat și utilizat de alte sisteme exterioare.

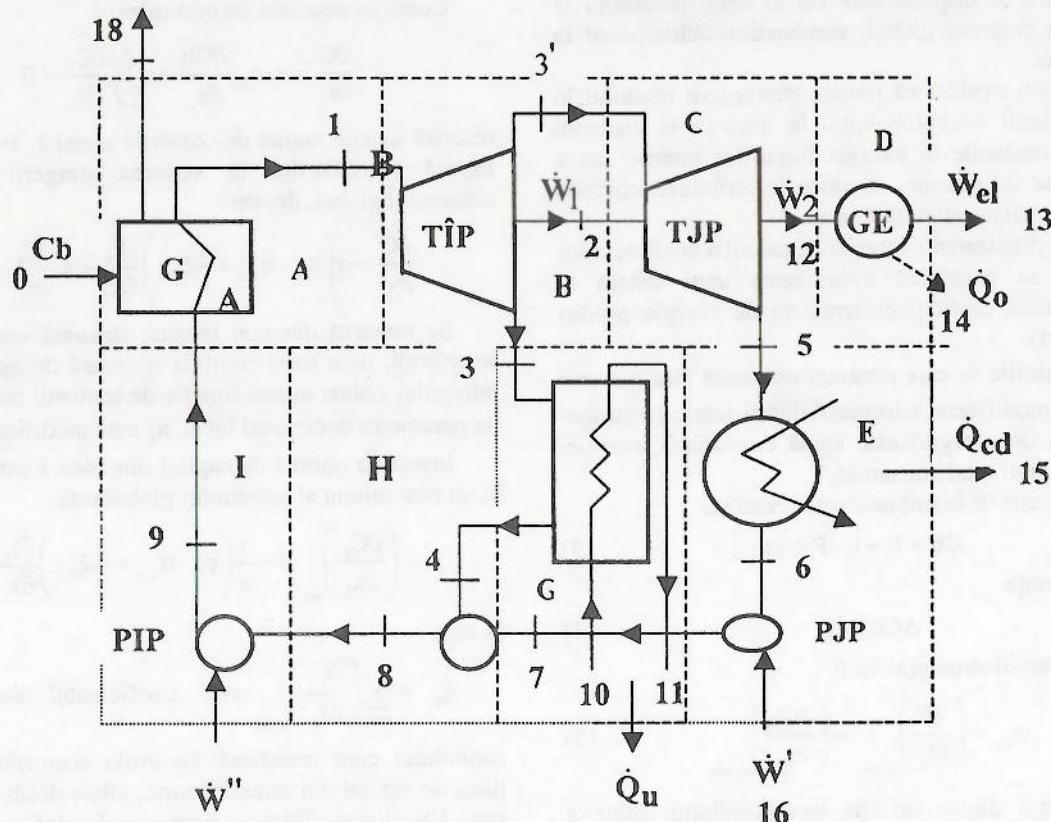
Combustibilul C_b reprezintă consumul energetic net al tuturor resurselor utilizate în procesul de realizare al produsului.

Termenul P_i reprezintă pierderile de exergie, adică exergia asociată fluxurilor de masă și energie aruncate în mediul exterior.

Pe baza conceptelor de „produs” și „combustibil” poate fi definit de o manieră coerentă *coeficientul de performanță* al sistemului sau zonei productive considerate. Definirea coeficientului de performanță trebuie să aibă sens atât din punct de vedere termodinamic cât și economic.

Conceptele de combustibil și produs permit construirea de rapoarte cu rol de criterii de performanță [9], extrem de utile în evidențierea posibilităților de îmbunătățire a caracteristicilor echipamentelor și în estimarea sensibilității sistemului global la schimbările locale.

Ca exemplu de aplicare a conceptelor de „combustibil” și „produs” se consideră cazul instalației de cogenerare energie electrică, căldură prezentată în fig. 1 [6]. Instalația de turbină cu abur care oferă consumatorilor doi produși \dot{W}_{el} și \dot{Q}_o a fost descompusă în zone funcționale. Fiecare zone i-s-a identificat combustibilul și produsul (tabelul 1).



17

Fig. 1

Tabelul 1

Zona	Exergie combustibil	Exergie produs
A	C_b	$\dot{E}x_1 - \dot{E}x_9$
B	$\dot{E}x_1 - \dot{E}x_3 - \dot{E}x_5$	\dot{W}_1
C	$\dot{E}x_3 - \dot{E}x_5$	\dot{W}_2
D	$\dot{W}_1 + \dot{W}_2$	$\dot{W}_{el} + \dot{W}' + \dot{W}''$
E	\dot{W}'	$\dot{E}x_7 - \dot{E}x_5$
G	$\dot{E}x_3 - \dot{E}x_4$	$\dot{E}x_{11} - \dot{E}x_{10}$
H	$\dot{E}x_4 + \dot{E}x_7$	$\dot{E}x_8$
I	\dot{W}''	$\dot{E}x_9 - \dot{E}x_8$

2. OPTIMIZAREA EXERGOECONOMICĂ PE BAZA METODEI COEFICIENTILOR STRUCTURALI

În optimizarea unui sistem este de mare importanță cunoașterea efectului pe care îl are asupra consumului total de combustibil (la intrarea în sistemul global) modificarea ireversibilității locale a unui echipament datorată schimbării unei variabile independente a zonei.

Aceste efecte relative se pot exprima prin coeficienții structurali [6; 7].

Coefficienții structurali se pot folosi pentru a studia efectul structurii unei instalații asupra eficienței sale, pentru optimizarea echipamentelor individuale și pentru evaluarea corectă a costurilor fluxurilor interne și a produșilor.

Construcția coeficienților structurali pornește de la ideea că pentru estimarea costului corect al fluxurilor interne și a distrugerilor de energie, singurul cost unitar real de care se dispune este cel al combustibilului la intrarea în sistemul global, combustibil achiziționat la prețul pieței.

Este deci evident că reușita cunoașterii modului în care consumul de combustibil la intrarea în sistemul global se regăsește în energia fluxurilor interne sau a distrugerilor de energie, conduce la atribuirea costului unitar corect al acestora din urmă.

Pentru precizarea expresiei de calcul a coeficienților structurali se consideră optimizarea unui sistem în condițiile unei cantități determinate de energie produs total ($P = ct$).

În condițiile în care sistemul operează fără pierderi (P_i) orice modificare a ireversibilității totale (distrugerea internă de energie) este egală cu variația energiei combustibilului total consumat.

Din ecuația de bilanț exergetic, rezultă:

$$C_b = P + I, \quad P = ct \quad (3)$$

și în consecință

$$\Delta C_b = \Delta I \quad (4)$$

Coefficientul structural va fi

$$\sigma_{k,i} = \left(\frac{\partial I}{\partial I_k} \right)_{x_i, \text{var}} = \left(\frac{\partial C_b}{\partial I_k} \right)_{x_i, \text{var}} \quad (5)$$

adică raportul dintre variația ireversibilității totale a sistemului și cea locală I_k (corespunzătoare zonei k) atunci când parametrul decizional x_i al zonei k se modifică.

Este evident că în procedura de optimizare prin modificarea parametrului decizional x_i din zona k se urmărește reducerea ireversibilității zonale I_k ($\Delta I_k < 0$).

În funcție de variația consumului total de combustibil la modificarea ireversibilității zonale I_k se disting cazurile:

$$\sigma_{k,i} > 1 ; \quad 0 < \sigma_{k,i} < 1 \quad și \quad \sigma_{k,i} < 0$$

Primul caz este evident cel mai favorabil, obținându-se o economie de combustibil la intrarea în sistemul global mai mare decât scăderea ireversibilității

locale I_k . Pentru celelalte cazuri trebuie analizată structura sistemului.

Metoda coeficienților structurali se utilizează cu succes în optimizarea exergoeconomică a sistemelor alimentate practic cu un singur tip de combustibil.

Scopul procedurii de optimizare este determinarea costului capitalului investit al unui element k selectat al sistemului, astfel încât costul total investițional și de operare al sistemului global să fie minim. Optimizarea are loc în condițiile precizării produsului total al sistemului global.

Funcția obiectiv de minimizat în raport cu decizia x_i a zonei k este costul total al sistemului global

$$\dot{C}(x_i) = \tau \cdot c_{cb} \cdot \dot{C}_{cb}(x_i) + a \sum_{l=1}^n C_l(x_i) \quad (6)$$

Condiția necesară de minimizare

$$\frac{\partial \dot{C}}{\partial x_i} = \tau \cdot c_{cb} \frac{\partial \dot{C}_{cb}}{\partial x_i} + a \sum_{l=1}^n \frac{\partial C_l}{\partial x_i} = 0 \quad (7)$$

rescrisă funcție numai de costurile zonei k , singura zonă supusă schimbărilor în vederea atingerii optimului sistemului global, devine

$$\frac{\partial \dot{C}}{\partial x_i} = \tau \left(c_{cb} \cdot \sigma_{k,i} + \frac{a}{\tau} \xi_{k,i} \right) \frac{\partial I_k}{\partial x_i} + a \frac{\partial C_k}{\partial x_i} = 0 \quad (8)$$

Se remarcă din nou reușita, datorată coeficienților structurali, de a scrie condiția necesară de optimizare a întregului sistem numai funcție de termenii zonei k unde un parametru decizional local x_i este modificat.

Investiția optimă de capital din zona k care conduce la un cost minim al sistemului global este:

$$\left(\frac{\partial C_k}{\partial x_i} \right)_{\text{opt}} = -\frac{\tau}{a} \left(c_{cb} \cdot \sigma_{k,i} + \frac{a}{\tau} \xi_{k,i} \right) \frac{\partial I_k}{\partial x_i} \quad (9)$$

în care

$$\xi_{k,i} = \sum_{l \neq k} \left(\frac{\partial C_l}{\partial I_k} \right)_{x_i, \text{var}} \quad \text{este coefficientul de cost al}$$

capitalului care marchează variațiile costurilor investițiilor de capital din celelalte zone, altele decât k , când în zona k are loc modificarea parametrului decizional k .

În ecuațiile (8) și (9) suma $c_{cb} \cdot \sigma_{k,i} + \frac{a}{\tau} \xi_{k,i} = c_{k,i}^1$ reprezintă costul local al ireversibilității I_k .

Acest indicator pune în evidență neechivalența exergoeconomică a distrugerilor de energie din diferențele zone ale sistemului global.

Metoda coeficienților structurali se dovedește a fi un instrument valoros în optimizarea globală a unui sistem complex prin intervenția locală numai în anumite zone de interes.

Se observă că $\sigma_{k,i}$, coeficienții structurali bazați pe proprietățile ecuației de bilanț exergetic, reușesc să atruiju costul corect al distrugerii locale (zona k) de energie, precizând în acest scop cât din energia

combustibilului consumat la intrarea în sistemul global se pierde prin irreversibilitate în zona considerată.

Dificultatea majoră o constituie determinarea coeficienților structurali pentru care adeseori este nevoie de construirea unui model fizico-matematic al sistemului de optimizat și în final, de apelarea la un simulator.

Informațiile obținute pe baza coeficienților struc-

$$\sigma_{x,i} = \left(\frac{\partial C_b}{\partial I_k} \right)_{x_i, var}$$

intern sunt completate de precizările aduse de coeficien-

$$\chi_{k,i} = \left(\frac{\partial C_b}{\partial \dot{E}_{(i,e)k}} \right)_{x_i, var}$$

reprezintă exergia fluxului de intrare i sau ieșire e din zona k .

În condițiile unei zone cu produs constant cei doi coeficienți sunt egali.

3. TEORIA COSTULUI EXERGETIC

Mediul ambient reprezintă în mod formal acele resurse ale mediului fizic disponibile în cantități nelimitate și cu o valoare termodinamică nulă.

Odată definite condițiile ambientale, exergia reprezintă o funcție de stare care reflectă cantitatea minimă de lucru necesară pentru a sintetiza un produs funcțional plecând de la elementele mediului ambient.

Pe de o parte exergia este independentă de procesul utilizat pentru fabricarea produsului considerat și pe de altă parte reprezintă costul minim necesar realizării produsului, cost evaluat în raport cu mediul ambient definit.

Dar procesele reale sunt ireversibile, procesele de fabricație fiind însotite de pierderi și distrugeri de exergie.

Rezultă că totdeauna exergia necesară pentru obținerea unui produs funcțional, numită *cost exergetic*, este o funcție de procesul utilizat și totdeauna, indiferent de acest proces, vom avea:

$$Cost exergetic > Exergia \quad (10)$$

Cantitatea de exergie consumată într-un proces real pentru realizarea unei unități de exergie de produs reprezintă costul unitar exergetic

$$k^* = \frac{Cost exergetic}{Exergie} \quad (11)$$

Conceptul de *cost exergetic* este fundamental în analiza exergoeconomică a proceselor industriale [10].

Metoda se încadrează în categoria metodelor de „contabilizare” a distrugerilor de exergie, și se bazează în atribuirea costului exergetic al fiecarui flux de substanță sau energie, pe o idee pe căt de simplă pe atât de inovatoare în analiza exergoeconomică.

Dacă despre relația (2) spuneam că nu este altceva decât rescrierea cu tentă economică a ecuației de bilanț exergetic (1), în continuare Valero și colaboratorii săi [10] observă că din punct de vedere economic costul

produsului este determinat de costul total al exergiei combustibilului consumat pentru producerea sa. Din moment ce nimeni nu cumpără pierderile sau distrugerile de exergie, este evident că unica utilitate a procesului de producție, reprezentată prin exergia produsului P , a fost obținută pe cheltuiala exergiei combustibilului C_b .

În acest mod inegalitatea prin care se exprimă principiul al doilea al termodinamicii

$$C_b > P \text{ sau } \sum \dot{E}_x_i > \sum \dot{E}_x_e \quad (12)$$

se transformă în egalitatea

$$C_b = P^* \text{ pentru sistemul global, sau}$$

$$C_b^* = P_k^* \text{ pentru zona } k \text{ din sistem, ceea ce devine în final}$$

$$(\sum \dot{E}_x^*)_k = (\sum \dot{E}_x^*)_e \quad (13)$$

în care \dot{E}_x^* reprezintă costul exergetic al unui flux de exergie.

Cu alte cuvinte dacă exergia este o mărime neconservativă, costul exergetic se conservă.

Costul exergetic al fiecarui flux de substanță sau energie din interiorul sau de la ieșirea sistemului global este dat de cantitatea de exergie a combustibilului consumată pentru producerea sa la intrarea în sistemul global.

Pentru calcularea costurilor exergetice este necesară definirea pentru fiecare echipament sau zonă productivă a „combustibilului” C_b , a „produsului” P și a pierderii P_i zonale.

În acest sens fiecarui sistem complex i se atașează o matrice de incidență (matricea A) care contabilizează echipamentele și fluxurile de materie și energie care le interconectează conform definiției generale:

$$\begin{aligned} Sistem energetic = & Subsisteme sau Echipamente + \\ & + Fluxuri de materie și/sau Energie \end{aligned}$$

Matricea de incidență A este de forma (n,m) unde n este numărul de subsisteme iar m numărul de fluxuri.

Pentru instalația de cogenerare prezentată în fig. 1, matricea de incidență este dată în tabelul 2.

În cazul funcționării în regim staționar bilanțurile de materie, energie și exergie sunt date de relațiile

$$A \times M = 0, \quad A \times E = 0, \quad A \times \dot{E}_x = I$$

unde M , E , \dot{E}_x sunt vectorii coloană de dimensiune m ai căror elemente corespund masei, energiei și respectiv exergiei fluxurilor.

Atașat matricei de incidență A se construiesc matricele de „combustibili” A_{cb} , „produsi” A_p , pierderi A_{P_i} și distrugeri de exergie A_{I_i} .

În formă matricială definirea $C_b - P - P_i$ a echipamentelor componente sistemului trebuie să satisfacă condițiile

$$C_b - P - P_i = 0 ; \quad A_{cb} \times \dot{E}_x = C_b$$

$$A_p \times \dot{E}_x = P ; \quad A_{P_i} \times \dot{E}_x = P_i \text{ și}$$

$$A = A_F - A_p - A_{P_i}$$

Tabelul 2

Echipamente (n)	Fluxuri (m)																		
	0	1	2	3	3'	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
B	0	1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	1	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0	-1	-1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
G	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sist Total	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	-1	-1	0	0	0	-1
Mediu ambient	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	1	1	0	0	0	1

În atribuirea costului exergetic ecuația (13) aplicată celor n echipamente devine

$$\mathbf{A} \times \mathbf{Ex}^* = \mathbf{0} \quad (14)$$

Deoarece în orice sistem numărul fluxurilor (m) este superior numărului de subsisteme sau echipamente (n) sunt necesare ($m - n$) ecuații adiționale ecuațiilor (14) pentru a rezolva problema atribuirii costurilor exergetice tuturor celor m fluxuri.

Acet lucru înseamnă că trebuie determinați coeficienții unei matrici $\alpha(m-n, m)$ și ai unui vector coloană $\omega(m-n)$ care să satisfacă condiția

$$\alpha \times \mathbf{Ex}^* = \omega \quad (15)$$

Tehnica propusă de Valero și colaboratorii săi [10] rezolvă într-un mod elegant problema atribuirii costurilor exergetice.

Trecerea de la costurile exergetice la cele exergo-economice se face prin luarea în considerare în ecuațiile (14) a costurilor de investiție, și prin atribuirea fluxurilor de energie la intrarea în sistemul global, a prețurilor lor de achiziție de pe piață.

Se observă că atât metoda coeficienților structurali cât și a „costurilor exergetice” urmăresc același deziderat și anume de a calcula costurile fluxurilor de energie interni și finali prin prisma consumului de combustibil (la intrarea în sistemul global) necesar realizării lor.

Metoda costurilor exergetice se poate aplica oricărui sistem indiferent de complexitatea sa. Este o metodă de contabilizare și nu de optimizare dar care urmărind a evita aşa numitele greșeli legate de cel de al doilea principiu al termodinamicii, conduce prin studiu de variante la atingerea unui punct de optim economic.

Analiza exergetică, ca în toate celelalte cazuri, este numai instrumentul prin care se reușește a se atribui costul corect distrugerilor de energie locale în raport cu costurile investițiilor locale de capital. În final optimul este dat însă numai de costul tranzacțiilor cu mediu exterior.

Analiza exergetică oferă numai indicațiile (de importanță capitală) privind direcția în care trebuie intervenit în sistem, în încercarea reducerii costului total.

Trebuie remarcat faptul, că oricât de atrăgătoare ar fi o astfel de tehnică de abordare în care experiența și intuiția inginerului în descoperirea zonei de optim nu mai sunt pe primul plan, metoda nu trebuie aplicată orbește ci sub o permanentă analiză a evoluției fizice și economice a proceselor și echipamentelor supuse modificării.

Succesul aplicării tehniciilor de acest tip, denumite de *contabilizare* [8; 9], constă în formularea corectă, apropiată de realitate a conceptelor de energie de produs și combustibil.

Când unei anumite zone nu i se poate identifica un „produs” care să intereseze un alt sistem în sensul de a-l cumpăra (de exemplu condensatorul centralei termoelectrici din fig. 1), i se atașează acesteia, zona următoare pe care o deservește (adică în exemplul dat, pompa de apă).

4. ANALIZĂ FUNCȚIONALĂ INGINEREASCĂ

În încercarea de a defini în mod real produsul și combustibilul zonelor productive componente ale unui sistem complex, să analizăm cazul unei instalații rigorifice cu comprimare mecanică de vaporii [3; 4; 5] (fig. 2).

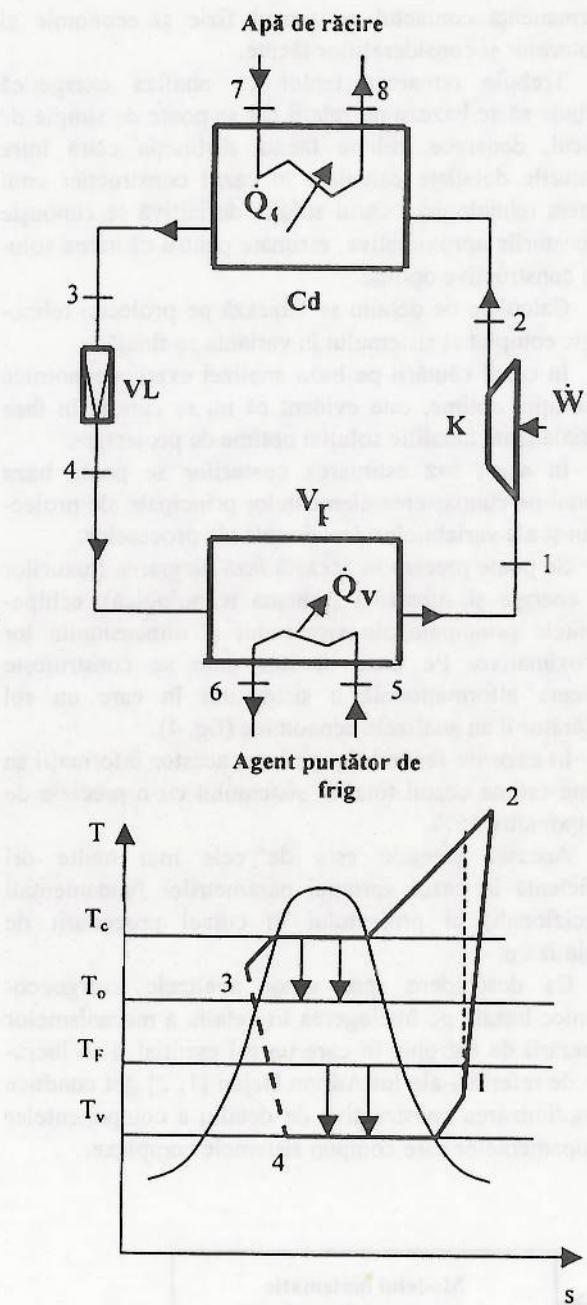


Fig. 2

Condensatorului nu i se poate atribui nici un produs de natură exergetică de tipul celor întâlnite în cazurile precedente.

Produsul este practic identificat după gruparea condensatorului cu ventilul de laminare și vaporizatorul. Împărțirea însă a sistemului în numai două zone simplifică prea mult analiza pierzându-se multe din elementele care influențează optimizarea exergoeconomică a sistemului.

O analiză atentă a condensatorului îi poate atribui acestuia rolul de a transfera în mediul exterior anergia transferată și generată în sistem. Rolul condensatorului este deci acela de a produce neganergie. „Produsul” deci al condensatorului instalației frigorifice este neganergia pentru realizarea căreia consumă energie. Celelalte apa-

rate folosesc drept „combustibil” exergie și neganergie producând la rândul lor exergie.

Analiza se desfășoară pe baza unei diagrame funcționale în care cu linie plină se marchează fluxurile de exergie iar cu linie întreruptă fluxurile de neganergie (fig. 3).

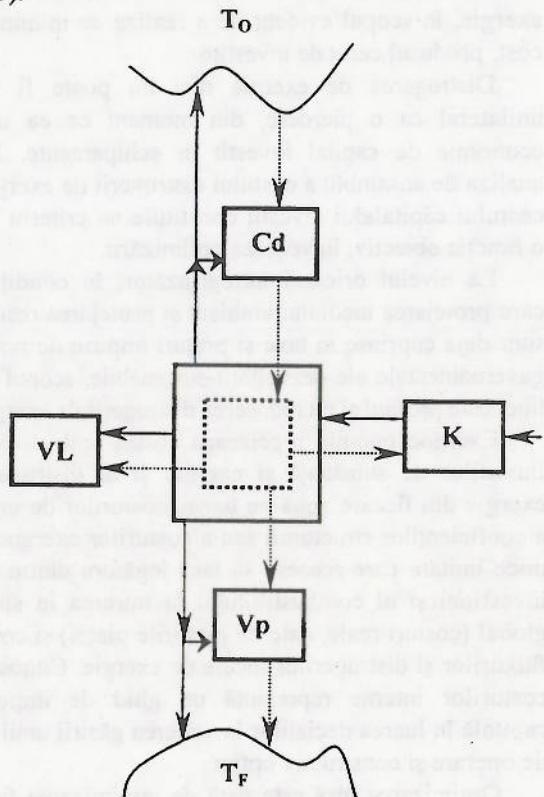


Fig. 3

Pentru exemplificare, produsul și combustibilul condensatorului și vaporizatorului sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

	P	Cb
Cd	$\dot{N}_{A_3} - \dot{N}_{A_2}$	$\dot{E}_{x_2} - \dot{E}_{x_3}$
Vp	$\dot{E}_{x_6} - \dot{E}_{x_5}$	$\dot{E}_{x_4} - \dot{E}_{x_1}$ și $\dot{N}_{A_4} - \dot{N}_{A_1}$

5. CONCLUZII

Discuția purtată și trecerea în revistă a câtorva dintre modelele de investigație a comportării sistemelor energetice se dorește a fi un argument în favoarea utilizării analizei exergetice și exergoeconomice în proiectarea optimizată a sistemelor energetice complexe.

Primul principiu al termodinamicii se oprește la granița dintre sistem și mediul exterior acestuia, fiind capabil de a detecta numai pierderile de energie neutilizată și aruncată în mediul ambient.

Numai cel de al doilea principiu al termodinamicii bazat pe conceptul de exergie reușește să pătrundă în intimitatea proceselor precizând locul și cantitatea de energie utilizabilă distrusă.

Analiza exergetică însă, nu poate constitui un fapt în sine ci pur și simplu un instrument eficace care servește în anumite condiții la descentralizarea sistemelor complexe și care ghidează ingerul în direcția diminuării caracterului dissipativ al proceselor, în corelare cu costul investițional cerut de economia de exergie, în scopul evident de a realiza cu minimum de cost, produsul cerut de investitor.

Distrugerea de exergie nici nu poate fi privită unilateral ca o pierdere, din moment ce ea implică economie de capital investit în echipamente. Numai analiza de ansamblu a costului distrugerii de exergie și a costului capitalului investit constituie un criteriu viabil, o funcție obiectiv, în vederea optimizării.

La nivelul oricărui întreprinzător, în condițiile în care protejarea mediului ambiant și protejarea resurselor sunt deja cuprinse în taxe și prețuri impuse de politicile guvernamentale ale dezvoltării sustenabile, scopul investiției este profitul și nu reducerea distrugerii de exergie.

Exergoeconomia precizează costul real al exercierii fluxurilor de substanță și exergie și al distrugerii de exergie din fiecare zonă pe baza „costurilor de umbră”, a coeficienților structurali sau a costurilor exergoeconomice unitare care reușesc să facă legătura dintre costul investiției și al combustibilului la intrarea în sistemul global (costuri reale, date de prețurile pieței) și costurile fluxurilor și distrugerilor locale de exergie. Cunoașterea costurilor interne reprezintă un ghid de importanță capitală în luarea deciziilor în vederea găsirii unui punct de operare și constructiv optim.

Optimizarea însă este dată de minimizarea funcției obiectiv a sistemului care reflectă numai tranzacțiile economice exterioare ale sistemului cu mediul exterior.

Se accentuează asupra faptului că indiferent de tehnica de analiză aleasă, procedura nu trebuie aplicată mecanic ci creativ și cu discernământ păstrând în

permanență contactul cu sensul fizic și economic al ipotezelor și considerațiilor făcute.

Trebuie remarcat faptul că analiza exergetică trebuie să se bazeze pe relații cât se poate de simple de calcul, deoarece trebuie făcută distincția clară între costurile detaliate calculate în cazul construcției unui sistem tehnologic a cărui soluție definitivă se cunoaște și costurile aproximative, estimate pentru căutarea soluției constructive optime.

Calculele de detaliu se bazează pe proiectul tehnologic complet al sistemului în varianta sa finală.

În cazul căutării pe baza analizei exergoeconomice a soluției optime, este evident că nu se cunosc în fază inițială toate detaliile soluției optime de proiectare.

În acest caz estimarea costurilor se poate baza numai pe cunoașterea elementelor principale ale proiectului și ale variabilelor decizionale ale proceselor.

Se poate preciza în această fază diagrama fluxurilor de energie și substanță (schema tehnologică), echipamentele principale ale sistemului și dimensiunile lor aproximative. Pe baza acestor date se construiește schema informațională a sistemului în care un rol hotărâtor îl au analizele economice (fig. 4).

În cazurile favorabile, pe baza acestor informații se poate estima costul total al sistemului cu o precizie de aproximativ 15%.

Această precizie este de cele mai multe ori suficientă în cazul variației parametrilor fundamentali (decizionali) ai proiectului în cursul procedurii de optimizare.

Ca deschidere spre viitor analizele exergoeconomice bazate pe înțelegerea în detaliu a mecanismelor generării de entropie în care un rol esențial îl au lucrările de referință ale lui Adrian Bejan [1; 2] pot conduce la optimizarea constructivă de detaliu a componentelor echipamentelor care compun sistemele complexe.

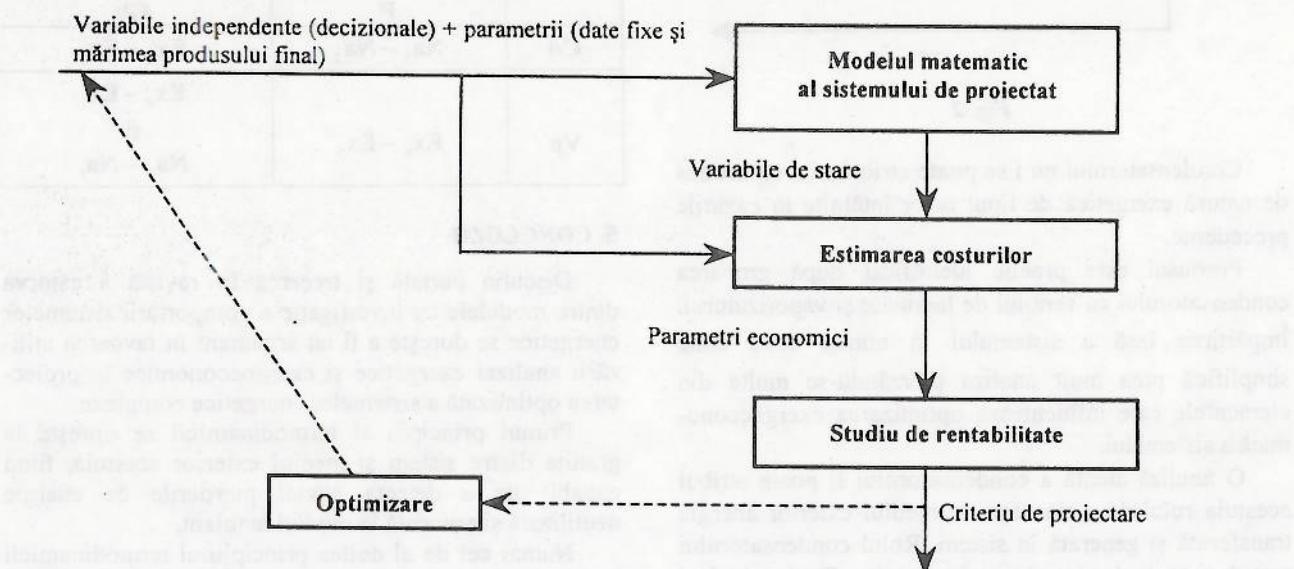


Fig. 4

BIBLIOGRAFIE

- [1] BEJAN, A., *Entropy Generation through Heat and Fluid Flow*, John Wiley, New York, 1982.
- [2] BEJAN, A., TSATSARONIS, G., MORAN, M., *Thermal Design and Optimization*, John Wiley, New York, 1996.
- [3] BENELMIR, R., *Second Analysis of a Cogeneration Cycle*, Ph.D. thesis, Georgia Institute of Technology, 1989.
- [4] BENELMIR, R., LALLEMAND, M., LALLEMAND, A., von SPAKOVSKI, M.R., *Exergetic and Economic Optimization of a Heat Pump Cycle*, International Conference on Analysis of Thermal and Energy Systems, Ed. D.A. Kouremenos, G. Tsatsaronis, C.D. Rakopoulos, Athens, pp. 321, 1991.
- [5] GROSU, L., FEIDT, M., BENELMIR, R., RADCENCO, V., DOBROVICESCU, A., *Synthèse et perspectives des travaux relatifs à l'étude thermoéconomique des machines à cycle inverse*, Entropie, 36, 224/225, pp. 11-19, 2000.
- [6] KOTAS, T.J., *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, Kreiger, Melbourne, 1995.
- [7] LOZANO, M.A., *Termoeconomia*, Universidad de Zaragoza, 1992.
- [8] TSATSARONIS, G., *Thermoeconomic Analysis and Optimization of Energy Systems*, Prog. Energy Combustion Sci., Vol. 19, pp. 227, 1993.
- [9] TSATSARONIS, G., *Design Optimization Using Exergoeconomics*, in *Thermodynamic Optimization of Complex Energy Systems*, ed. A. Bejan and E. Mamut, NATO Science Series, 69, Kluwer Academic Publishers, 101-115, 1999.
- [10] VALERO, A., LOZANO, M.A., MUÑOZ, M., *A General Theory of Exergy Savings*, Computer-Aided Engineering of Energy Systems, Vol. 3: Second Law Analysis and Modelling, Ed. R.A. Gaggioli, ASME, New York, pp. 1-22, 1986.

(Continuarea din pag. I)

Datele obținute prin intermediul tuturor științelor „șifice” în raport cu termodinamica clasică indiscutabil sunt nu numai importante, dar și necesare atât pentru teorie cât și pentru practică. Totuși ele, inevitabil sunt incomplete până în momentul în care nu sunt apreciate prin intermediul metodelor fundamentale ale termodinamicii clasice. Numai ea poate răspunde exact și univoc la trei probleme fundamentale importante și anume: prima dintre ele apare „în abordarea” problemei: „poate oare în principiu să existe unul sau altul dintre sisteme (sau procese)” ? a doua: „în ce măsură sistemul (sau procesul) dat (existent sau proiectat) este perfecționat; în sfârșit, a treia: există rezerve pentru ameliorarea sistemului în condițiile concrete date și unde trebuie căutate aceste rezerve ?

Bazându-se pe legile sale de bază termodinamica clasică continuă să se dezvolte, rezolvând aceste probleme și utilizând în situațiile necesare informația obținută de la științele „șifice” sau din experiență. Este important de subliniat că în această situație ea nu-și pierde caracterul de sine stătător. Toate încercările de a crea o anume termodinamică „generală” introducând noțiunea de timp au suferit un eșec.

Dezvoltarea în continuare a termodinamicii clasice are loc pe două direcții principale:

– prima direcție teoretică, ale cărei baze au fost deja precizate este caracterizată prin depășirea de către termodinamică a limitelor sistemului analizat. Ea este inevitabil legată de includerea în sfera de studiu a exteriorului sistemului, care constă din mediul înconjurător la echilibru și a surselor de energie și substanță aflate la neechilibru dar în stare „frânătă”;

– a doua direcție aplicativă se dezvoltă în legătură cu aplicațiile unui nou aparat termodinamic largit ca și cu unele probleme practice importante nu numai ale tehnicii actuale cât și ale biologiei iar în ultima perioadă de timp și ale economiei.

Aprecierea corectă a acestor direcții și posibilitățile pe care ele le deschid nu poate fi făcută fără „întoarcerea la origini”. Este necesară chiar pe scurt, analizarea în succesiune logică a principalelor etape ale istoriei Termodinamicii clasice, care au pregătit baza dezvoltării sale moderne.

...

Numărul de față al revistei reunește, ca și numerele anterioare, și articole ce au constituit subiectul unor comunicări prezentate la principalele manifestări științifice organizate în anul 2002 de Societatea Română a Termotehnicenilor. Ne cerem scuze că, neobișnând în timp util materialele originale, patru dintre articole n-au mai putut fi prelucrate editorial și ele au fost reproduse așa cum au fost publicate în volumele tipărite pentru Conferința Națională de Termotehnică, ediția a XII-a, desfășurată în luna noiembrie 2002 la Constanța.