

CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNOR REGIMURI TERMICE IMPUSE ÎN SCHIMBĂTOARELE DE CĂLDURĂ LICHID-LICHID

V. HODOR, T. MĂDĂRĂȘAN, R. BĂLAN, Paula UNGUREȘAN

UNIVERSITATEA TEHNICA Cluj-Napoca

Abstract. This paper presents the study of the heat transfer in liquid-liquid heat exchangers, using information's that are given in "on line" evolutions of the process. We have built a numerical alternative code, which substitute the usual criteria equations. The study offer a new way to ensure the accuracy of a "best fit" heat exchanger selection, and point out that the fluids properties must not be mathematically emphases.

1. INTRODUCERE

Pentru o dimensionare/alegere a unui schimbător de căldură, parametrii fizici ai agenților termici au o importanță limitată. Explicitarea matematică a acestora s-ar justifica numai în cazul în care simularea numerică a proceselor ar fi un scop în sine.

În lucrarea de față se argumentează această aserțiune provocatoare. Noul punct de vedere propus ca alternativă la dimensionarea / alegerea schimbătoarelor se bazează pe substituirea nomogramelor ce ar rezulta ca urmare a exploatării relației criteriale [de tip clasic: $Nu = C Re^m \cdot Pr^n \cdot (\eta_f/\eta_w) \cdot (\rho_f/\rho_w)$], cu nomograme ce se obțin în urma stabilirii unui algoritm de identificare bazat pe controlul adaptiv – predictiv al proceselor în desfășurarea lor *on line*.

Dimensionarea și alegerea schimbătorului cel mai adecvat din oferta de fabricație a unei firme producătoare de schimbătoare de căldură, implică o apreciere corectă a dimensionării fizice a suprafeței de schimb de căldură. În mod obișnuit termotehnicianul caută ca pe baza unor relații criteriale (exprimate sub formă matematică sau sub forma unor nomograme), să evalueze cât mai aproape de realitate coeficientul de transfer termic, diferența medie logaritmică și factorul de formă, urmând ca prin înmulțirea acestora cu suprafața de schimb să se ajungă fie la fluxul de căldură, fie la temperatura considerată obiectiv.

Mai jos se prezintă inconvenientele majore ale acestei abordări în special din punct de vedere practic. Un prim aspect este legat de faptul că în practică, coeficienții și proprietățile fizice ale agenților ce apar în relațiile criteriale clasice de tipul $Nu = C Re^m \cdot Pr^n \cdot (\eta_f/\eta_w) \cdot (\rho_f/\rho_w)$, depind nu numai de temperatură ci și de regimul de curgere și de alte condiții greu/riscant de reprodus matematic. De asemenea, apare o variație a parametrilor în timp, cauzată de: fluctuații aleatoare de presiune/debit, îmbătrânirea unor componente, depuneri etc., și trebuie avut în vedere și caracterul neliniar și neuniform distribuit al procesului de schimb de căldură.

Ca urmare, un obiectiv al lucrării este prezentarea modalității prin care această raportare la o ecuație criterială clasică poate fi substituită prin intermediul utilizării controlului adaptiv predictiv bazat pe model.

Identificarea parametrilor caracteristici ai modelului schimbătorului în timpul desfășurării procesului este esențială pentru definirea algoritmului de control. Pe baza identificării *on line* a modelului procesului, algoritmul permite estimarea valorilor temperaturilor viitoare. Comparând aceste valori cu valorile efectiv realizate, algoritmul ia decizii cu privire la modificarea în timpul funcționării a parametrilor modelului procesului. Se poate spune că un astfel de algoritm este capabil să învețe modul în care se comportă procesul. Chiar dacă valorile inițiale ale parametrilor modelului procesului sunt departe de cele reale, în timp relativ scurt, ele sunt corectate, ceea ce trebuie să asigure o anticipare bună a evoluției viitoare și implicit luarea unor decizii corecte de control. De asemenea, această abordare conduce la reducerea semnificativă a modificărilor cauzate de îmbătrânire, depuneri etc.

Construirea acestui algoritm este oricum necesară, pentru o rezolvare profesionistă a unei comenzi de schimbător de căldură. Achiziția de date rezultate în urma parcurgerii/baleierii performanțelor câtorva tipodimensiuni de schimbătoare cu algoritmul de identificare și control menționat, se prezintă apoi sub forma unor diagrame/nomograme de Temperaturi - Debite (Presiune) - Suprafață de schimb (sau număr de elemente tipizate). Alura acestor diagrame va fi diferită de la agent la agent, dar tocmai aici este cazul să subliniem influența majoră pe care o au în fapt condițiile de execuție, montaj și exploatare (tensiuni termice, cavitație, degazare, depuneri etc.). Astfel, practic se constată că tentativa de reconstituire matematică a coeficientului de transfer termic prin intermediul unei relații criteriale (depinzând explicit de parametrii fluidului: densitate, vâscozitate, viteză etc.) nu este necesară și ar putea fi chiar „purtătoare” de erori cumulative.

Aparatura necesară pentru alcătuirea unui astfel de algoritm de identificare și conducere a proceselor, este nesemnificativă ca preț în raport cu prețul schimbătoarelor, și este formată dintr-un microsistem programabil sau o placă multi I/O conectată la un PC, un motoras de reglare debit și un set de 4 termometre. Concepția și experimentarea unor astfel de algoritmi cu aplicații în industria termoenergetică, se face în cadrul

laboratorului catedrei de „Termotehnică, Mașini și Echipamente Termice” a Universității Tehnice din Cluj-Napoca.

Algoritmul se construiește prin adoptarea (la început) a unor valori pur orientative (fără pretenție de conformitate) a coeficientului de transfer termic și a unor debite și temperaturi, pentru întocmirea unui model al desfășurării procesului, care este ulterior revizuit/substituit (chiar și în semnificația lui) prin niște parametri de proces identificați pe baza controlului efectiv a procesului fizic în desfășurarea lui reală (*on line*). Deosebirea esențială față de maniera clasică de tratare a problemei rezidă din faptul că acești parametri au o natură nepersonalizată ca atare – și prezintă avantajul că valoarea lor nu se raportează la proprietățile fizice explicite ale fluidelor și la dependența acestora de temperatură. Această aparentă superficialitate se justifică prin faptul că oricum efectele secundare legate de execuție, montaj și exploatare, au un rol mult mai mare, și ele sunt cu adevărat necuantificabile (nereproductibile printr-o relație matematică) – altfel decât printr-un algoritm de tipul celui conceput și folosit.

În industria alimentară și respectiv industria chimică, cerința capitală este respectarea cu strictețe (încadrarea în toleranțe foarte strâmte) a *debitului* agentului „produs” și a *temperaturii* la care acesta trebuie obținut.

Pentru a răspunde cât mai competitiv unor comenzi ferme de schimbătoare de căldură, obligativitatea stipulării fără echivoc a condițiilor impuse de proces și limitele/plaja în care rezultatele urmează a fi obținute, prin raportul preț-serviciu, trebuie stabilită de comun acord cu beneficiarul. Costul mai ridicat al serviciului (definitivării algoritmului) rezultând ca urmare a solicitării/acceptării unor limite cât mai largi în ceea ce privește condițiile de intrare și, respectiv, a unor condiții cât mai restrictive din punct de vedere al condițiilor/parametrilor de ieșire/obiectiv. Din acest punct de vedere munca de definitivare a algoritmului este mai mult sau mai puțin laborioasă.

Strategia obligatorie, care ar trebui urmată pentru ridicarea caracteristicilor schimbătoarelor, implică:

1) Existența/construirea unor tipodimensiuni reprezentative – rezultate din prospecțiunile de piață. Producătorul se dotează cu utilajele specifice pentru executarea unor anumite game/gabarite de schimbătoare de căldură, considerate a avea o piață suficient de atractivă.

2) Lansarea în execuție a cel puțin trei tipodimensiuni/gabarite considerate a fi potențial reprezentative pentru majoritatea aplicațiilor, se va face la acest stadiu doar pe baza unor valori vagi/orientative – fără nici o pretenție de conformitate – pentru coeficientul de transfer termic și respectiv diferența medie de temperatură.

3) Definirea cât mai completă a caracteristicilor de funcționare cărora schimbătorul ar putea să le facă față este procedeul tehnic cel mai pretențios. În momentul participării la licitație (pentru angajarea unui contract) trebuie ca de la bun început beneficiarului să i se pună

în vedere distincția clară dintre: (A) Situația în care beneficiarul „se leagă contractual” să asigure invariabil aceleași condiții de intrare – debit constant, temperatură, presiune și nivelul de degazare al fluidelor/agenților; și (B) Situația cea mai de dorit – și singura soluție cu adevărat profesionistă – în majoritate covârșitoare a cazurilor, este când beneficiarul – de la bun început – reușește să înțeleagă, și să se lase convins de „obligativitatea” ca o dată cu schimbătorul (sau cu pachetul de schimbătoare) să-și procure și un sistem (relativ ne semnificativ ca preț) de supraveghere și control a procesului, sau măcar să încheie un contract separat de efectuare periodică a unor revizii a reglajelor.

4) Încheierea contractului abia după ce firma producătoare (spre binele renumelui ei) se obligă să asiste efectiv la punerea în funcțiune a schimbătorului – citirea concomitentă a parametrilor pe intrare și respectiv pe ieșire, și întocmirea unui proces verbal de recepție. Producătorul trebuie să atenționeze beneficiarul că, oricum, la momentul punerii în funcțiune se va folosi un astfel de microsistem dedicat – pentru reglajele finale necesare atingerii (cu un compromis bilateral acceptat) a parametrilor de funcționare prestabiliți. În procesul verbal de recepție trebuie stabilit că eventualele contestații vor fi examinate numai în cazul în care condițiile de intrare precizate la recepție sunt respectate.

5) O dată reglajul făcut și citirea parametrilor /performanței schimbătorului însușită de comun acord, microsistemul dedicat poate fi detașat, și responsabilitatea atingerii temperaturii prescrise rămâne exclusiv în seama utilizatorului, care va trebui să-și supravegheze/evidențieze permanent nivelul presiunilor și al temperaturilor – respectiv nivelul fluctuațiilor acestora.

Atenție: – În cazul dotării echipamentului cu microsistemul de control al procesului, stresul utilizatorului (și respectiv a fabricantului) pot fi practic eliminate.

Introducerea controlului automat poate conduce la următoarele avantaje:

– simplificarea proiectării deoarece condițiile impuse pot fi relaxate; – fabricația devine mai simplă și practic se pot elimina rebuturile; – la utilizator, modificarea datelor de intrare poate fi compensată prin acțiunea sistemului automat de control, iar precizia de realizare a sarcinilor schimbătorului crește foarte mult.

Singurul dezavantaj al introducerii automatizării este legat de prețul de cost, dar în timp beneficiile pot fi mari.

2. SIMULARE NUMERICĂ PRELIMINARĂ

O primă etapă în formularea unor algoritmi practici de conducere a acestor procese este utilizarea simulării. Experimentul demarat inițial printr-o simulare prezintă avantajul modificării simple a condițiilor de funcționare. În plus, timpul necesar pentru realizarea unei simulări poate fi mult mai redus decât timpul necesar realizării unui experiment practic. Pe de altă parte, experimentul practic permite validarea sau invalidarea unui algoritm de control, putând duce la reconsiderarea unor aspecte teoretice și la reluarea experimentului de simulare.

Pentru realizarea experimentelor de simulare se consideră un schimbător de tip tub concentric într-un singur pas, în care fluidul cald este uleiul industrial, iar fluidul rece este apa. S-a considerat că pot fi măsurate debitele agenților primar și secundar, precum și temperaturile agentului primar, secundar și peretelui la intrare și la ieșirea din schimbător.

Caracteristicile schimbătoarelor de căldură utilizate în simulare

Pentru simulare s-a utilizat mediul Delphi-Pascal. S-au folosit datele prezentate în figura 1.

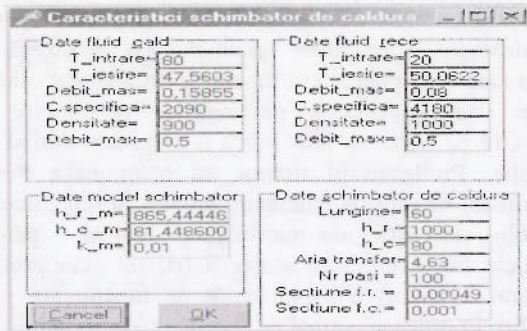


Fig.1. Fereastra parametrilor schimbătorului.

Utilizatorul poate modifica datele de intrare (temperaturi de intrare, debitul fluidului secundar, coeficienți de transfer termic etc.), ceea ce permite studiul pentru alte date de pornire. În timpul execuției, valorile de temperatură de ieșire (pentru fluidul rece, respectiv cald), precum și datele modelului se modifică automat.

Modelul utilizat în cazul schimbătorului de căldură – de tip contracurent

Se studiază un schimbător de căldură în contracurent, a cărui diagramă de temperatură este reprezentată în figura 2. Pentru obținerea distribuției temperaturii în schimbător se utilizează metoda diferențelor finite. Se consideră atât distribuția în timp, cât și distribuția în spațiu.

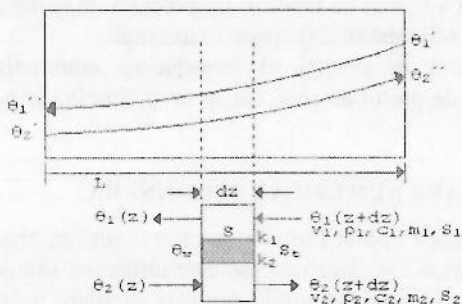


Fig. 2. Diagrama de temperaturi pentru schimbătorul tip contracurent.

Se consideră un element înfinitesimal Δz pe direcția de curgere a fluidelor și se admite că: densitățile fluidelor (ρ_1, ρ_2); căldurile specifice (c_1, c_2); coeficienții de schimb de căldură prin convecție (k_1, k_2); vitezele

fluidelor (v_1, v_2) sunt constante și că nu există gradienti de temperatură radiali.

Vom considera elementul de discretizare pe lungime Δz și respectiv timp Δt . Pentru temperaturi se va folosi notația generală: $\theta_{a(i,j)}$ unde: $a=1$ pentru fluidul cald, $a=2$ pentru fluidul rece, $a=w$ pentru perete

i, j semnifică indice element discretizat în spațiu, respectiv timp.

Alte notații: S (suprafața de schimb de căldură), $S1, S2$ (suprafețele transversale pe direcțiile de curgere a celor două fluide).

Se pot obține ecuațiile cu diferențe finite:

$$\theta_{1(i,j+1)} = \theta_{1(i,j)} \left[1 - v_1 \frac{\Delta t}{\Delta z} - \frac{k_1 S \Delta t}{L c_1 \rho_1 S_1} \right] + v_1 \frac{\Delta t}{\Delta z} \theta_{1(i-1,j)} + \frac{k_1 S \Delta t}{L c_1 \rho_1 S_1} \theta_{w(i,j)} \tag{2}$$

$$\theta_{2(i,j-1)} = \theta_{2(i,j)} \left[1 + v_2 \frac{\Delta t}{\Delta z} - \frac{k_2 S \Delta t}{L c_2 \rho_2 S_2} \right] - v_2 \frac{\Delta t}{\Delta z} \theta_{2(i+1,j)} + \frac{k_2 S \Delta t}{L c_2 \rho_2 S_2} \theta_{w(i,j)} \tag{3}$$

$$\theta_{w(i,j+1)} = \theta_{w(i,j)} + \frac{S \Delta t}{L} [k_1 \theta_{1(i,j)} + k_2 \theta_{2(i,j)} + (k_1 + k_2) \theta_{w(i,j)}] \tag{4}$$

Relațiile (2), (3), (4) permit calculul temperaturilor celor două fluide și a peretelui la secvența de timp $j+1$ funcție de date accesibile la secvența de timp j . Implementarea celor trei ecuații pe un sistem de calcul este simplă. Trebuie remarcat că, pentru stabilitate, este necesar ca în (2) coeficientul lui $\theta_{1(i,j)}$ să fie pozitiv, iar în (3) coeficientul lui $\theta_{2(i,j)}$ de asemenea trebuie să fie pozitiv.

Totuși, pentru controlul automat al proceselor termice dintr-un schimbător de căldură, ecuațiile cu diferențe finite (2), (3), (4) nu pot fi utilizate datorită faptului că ecuațiile au fost obținute în ipoteza $v_1 = \text{constant}$, $v_2 = \text{constant}$; în realitate v_2 variază datorită consumului variabil de agent rece, iar v_1 variază în situația (des întâlnită) în care controlul temperaturii agentului rece se face prin variația debitului de intrare în schimbător al agentului cald.

Deci, pentru obținerea unui model utilizabil în practică se ține seama de următoarele:

1) Debitul masic ale agentului primar, respectiv secundar, au valori cuprinse între două limite impuse:

$$m_{1(\min)} < m_1 < m_{1(\max)} \tag{5}$$

$$m_{2(\min)} < m_2 < m_{2(\max)} \tag{6}$$

Implicit:

$$v_{1(\min)} < v_1 < v_{1(\max)} \tag{7}$$

$$v_{2(\min)} < v_2 < v_{2(\max)} \tag{8}$$

$$\text{Fie } v_{\max} = \max(v_{1(\max)}, v_{2(\max)})$$

2) Intervalul de discretizare pe axa timpului Δt se alege astfel încât în acest interval deplasarea de fluid cald sau rece să fie mai mică decât Δz (în cazul cel mai defavorabil la viteza maximă acceptabilă v_{\max}).

3) Se consideră că vitezele de deplasare ale fluidelor sunt constante pe lungimea L a schimbătorului (dar pot varia în timp): $v_1=v_1(t)$, $dv_1/dz=0$, $v_2=v_2(t)$, $dv_2/dz=0$. Vom considera că lungimea L a schimbătorului de căldură este discretizată în n elemente de lungime Δz deci:

$$L=n\Delta z \tag{9}$$

Putem alege Δt punând condiția: $n \cdot v_{max} \Delta t = \Delta z$ unde n , este numărul de intervale Δt în care fluidul (având viteza v_{max}) parcurge elementul de lungime Δz .

$$\Delta t < \Delta z / (n \cdot v_{max}) \text{ deci } \Delta t < L / (n \cdot v_{max}) \tag{10}$$

Evident că pentru Δz , Δt aleși, funcție de vitezele de deplasare ale fluidelor, un element dz va fi parcurs de fluid într-un număr (în general neîntreg) de perioade de timp Δt . Dacă ne referim la figura 2, observăm că elementul dz este parcurs de cele două fluide în timpi diferiți, funcție de v_1 , v_2 .

Să introducem două mărimi Δz_c , Δz_r în care se contorizează deplasările de fluid cald respectiv rece pe intervalele de timp Δt . Facem următoarea aproximație (necesară în stabilirea bilanțului termic) asupra deplasării fluidului rece (similar pentru cel cald):

– atât timp cât $\Delta z_r < \Delta z$, fluidul rece nu se deplasează

– dacă $\Delta z_r \geq \Delta z$, deplasăm fluidul rece cu un pas Δz și se face atribuirea:

$$\Delta z_r \leftarrow \Delta z_r - \Delta z \tag{11}$$

Deplasarea se face pentru întreg traseul de fluid rece (similar pentru cel cald).

Cu alte cuvinte, mișcarea continuă a fluidului este înlocuită (doar în calcule) cu o mișcare în pași Δz .

Dacă intervalele de spațiu/timp Δz , Δt sunt suficient de mici, această aproximație de calcul poate fi acceptată. Trebuie remarcat faptul ca „deplasările” fluidului cald, respectiv rece, în general, nu sunt simultane ci (de obicei) la momente diferite de timp.

Aceste aproximații permit obținerea unui model cu diferențe similar cu modelul (2)...(4) în care însă se acceptă variația în timp a vitezelor fluidelor. În plus, dacă e necesar, procedeul poate fi extins și pentru cazul variației altor parametri de-a lungul schimbătorului.

3. CONTROLUL ADAPTIV-PREDICTIV TEMPERATURA IEȘIRE AGENT SECUNDAR

Controlul temperaturii fluidului rece la ieșire este o problemă dificilă datorită:

- caracterului neliniar și distribuit al procesului;
- variației debitelor și temperaturilor de intrare ale fluidelor, a consumului de fluid rece (agent secundar);
- coeficienții globali de transfer termic pot varia cu temperatura sau datorită depunerilor de material pe conducte.

Controlul adaptiv predictiv bazat pe model este din ce în ce mai utilizat în special în conducerea proceselor lente neliniare sau/și cu timp mort semnificativ. În [2] se prezintă o variantă de control bazată pe simularea on-line și utilizarea unui set de reguli pentru alegerea semnalului de control. Ideea de bază este următoarea:

- Se aleg un număr de secvențe de comandă considerate reprezentative. De obicei controlul tempe-

raturii de ieșire a fluidului rece se face prin variația debitului de intrare a fluidului cald. O secvență de comandă este de forma:

$$u(.) = \{ u(t), u(t+1), \dots, u(t+N) \} \tag{12}$$

unde pentru debitul de intrare agent primar la momentul t s-a utilizat notația uzuală $u(t)$.

Prin $u(t+i)$ $i=1..N$ se notează valorile semnalului de control în viitor, la momentele de eșantionare. N este numărul de perioade de eșantionare pentru care se calculează evoluția viitoare a semnalului de ieșire și se numește orizont de predicție.

• Pe baza modelului procesului, a secvențelor de comandă și de ieșire anterioare, se calculează evoluțiile prezise ale semnalului controlat

• Se calculează un indice de performanță pentru fiecare evoluție prezisă din secvența ce minimizează indicele de performanță, se alege semnalul de control ce va fi aplicat la momentul de timp t adică $u(t)$.

Un alt aspect ce trebuie avut în vedere este corecția parametrilor modelului procesului. Modelul este utilizat pentru calcule de predicție. S-a considerat că cei mai importanți parametri ce influențează comportarea schimbătorului de căldură sunt coeficienții globali de schimb de căldură.

Prin urmare s-a ajuns la schema de control adaptiv din fig. 3.

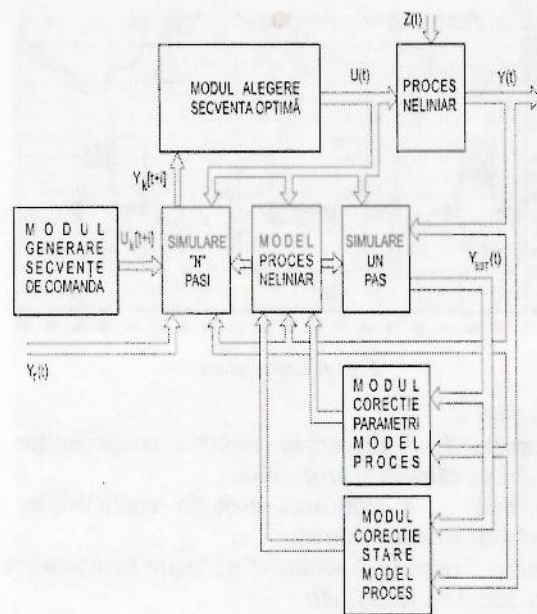


Fig. 3. Schema de principiu a sistemului de conducere pentru schimbătoarele de căldură.

S-au utilizat notațiile obișnuite în automatică: $u(t)$ pentru semnalul de intrare, respectiv debitul de intrare a agentului primar, $y(t)$ pentru semnalul de ieșire, respectiv temperatura agentului secundar la ieșire. Prin $y_r(t)$ s-a notat semnalul de referință, iar prin $y_{est}(t)$ s-a notat semnalul prezis pentru ieșire.

Procesul neliniar este reprezentat de schimbătorul de căldură. Modelul procesului este utilizat pentru calcule de predicție. Pe baza diferențelor ce apar între $y(t)$ și $y_{est}(t)$ se face corecția parametrilor procesului,

respectiv a coeficienților globali de schimb de căldură. Modulul de corecție a stării modelului procesului realizează pe baze geometrice o corecție a temperaturilor estimate în interiorul schimbătorului (care nu se măsoară).

4. REZULTATE

4.1. Experimentul 1 (fig. 4)

Obiectiv: Studiul comportării procesului în condițiile variației coeficienților de transfer termic.

Condiții: Semnalul de referință se modifică în trepte – paliere de 60 de pași la temperaturile de 42, 47, 52 °C atât crescător, cât și descrescător. Limitele semnalului de comandă (debit agent primar): $u_{min}=0,05$; $u_{max}=0,5$.

Se presupun coeficienții globali de transfer termic dependenți de temperatura de ieșire a agentului secundar (rece) după relații de forma:

$$h_r := 1000[1 \pm 0.01(y(t)-42)]; \quad h_c := 80(1 \pm 0.01(y(t)-42)).$$

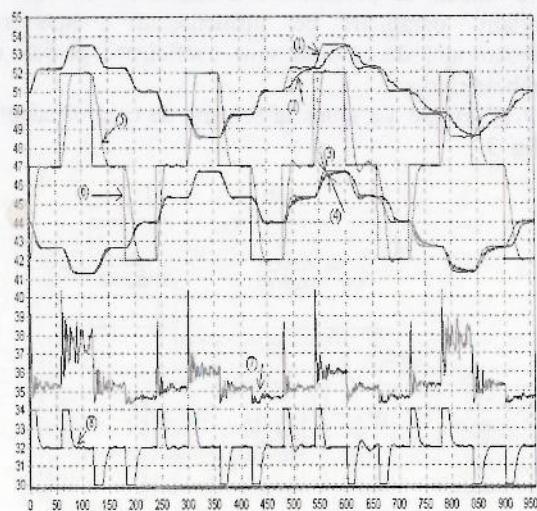


Fig. 4. Experiment 1.

Comentarii:

- Curbele 1, 3 reprezintă evoluția coeficienților de transfer de căldură ai procesului.
- Curbele 2, 4 reprezintă evoluția coeficienților de transfer de căldură estimați.
- Curba 5 reprezintă semnalul de ieșire (temperatura la ieșire agent secundar) $y(t)$.
- Curba 6 reprezintă referința.
- Curba 7 reprezintă semnalul de control $u(t)$ (debit agent primar).
- Curba 8 reprezintă abaterea.

Observație: Semnalele $y(t)$, $y(t)$ sunt reprezentate la scara 1/1; în reprezentarea semnalului $u(t)$ s-a utilizat ecuația $y=33,6+15x$; de asemenea coeficienții de transfer sunt reprezentați prin utilizarea ecuației $y=51+(x-1000)/40$ pentru h_r respectiv $y=44+(x-80)/3$ pentru h_c . Pentru reprezentarea abaterii s-a utilizat ecuația $y=x+32$ și limitarea abaterii la $\pm 2^\circ\text{C}$.

• În figura 5 este reprezentată distribuția de temperaturi în schimbător la un moment de timp când coeficienții de transfer termic ai modelului diferă semnificativ de cei reali.

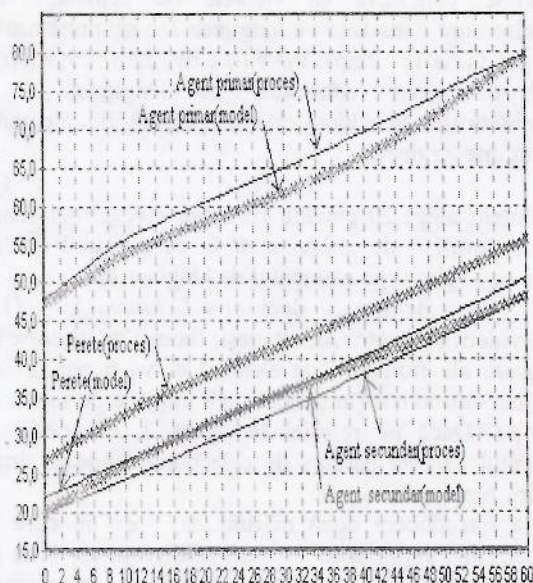


Fig. 5. Diagrame de temperatură proces/model schimbător în contracurent.

4.2. Experimentul 2 (fig. 6)

Obiectiv: Studiul comportării procesului în condițiile variației sarcinii (debitul agent secundar)

Condiții: Semnalul de referință se modifică în trepte – paliere de 60 de pași la temperaturile de 42, 47, 52 °C atât crescător cât și descrescător. Limitele semnalului de comandă: $u_{min}=0,05$; $u_{max}=0,5$.



Fig. 6. Experimentul 2.

Comentarii:

- Curba 1 reprezintă evoluția debitului agentului secundar (0,09 ; 0,085 ; 0,08 ; 0,075).
- Curbele 2, 3 reprezintă evoluția ieșirii și a referinței.
- Curba 4 reprezintă semnalul de control $u(t)$.
- Curba 5 reprezintă abaterea.

Observație: Semnalele $y(t)$, $y_r(t)$ sunt reprezentate la scara 1/1; în reprezentarea semnalului $u(t)$ s-a utilizat ecuația $y=33,6+15x$; Pentru reprezentarea abaterii s-a utilizat ecuația $y=x+32$ și limitarea abaterii la $\pm 2^\circ\text{C}$.

• Modificarea debitului agentului secundar (sarcina) conduce la valori diferite ale semnalului de control în regim staționar.

5. CONCLUZII

Stabilirea unui algoritm de control al procesului prin identificarea unor parametri adimensionali (nepersonalizați din punct de vedere al mărimilor de stare ale agenților), este oricum o necesitate obiectivă legată de ceea ce se cheamă serviciu de înaltă calitate.

Efortul de a descoperi în literatura de specialitate, sau de a stabili cu minuțiozitate o astfel de relație criterială pentru calculul coeficientului de transfer funcție de vâscozitate, densitate, capacitate termică specifică... și în final toate acestea în funcție de temperatura agenților sau a pereților, ar fi justificat doar dacă studiul s-ar opri la etapa de simulare numerică a procesului de transfer termic din schimbător.

Practic, accentul trebuie să se mute de pe identificarea/construcția relației criteriale, pe stabilirea unui algoritm de identificare – control, a parametrilor adimensionali/nepersonalizați de proces. Un astfel de algoritm este necesar și suficient în cazul intenției de a satisface piața cu comenzi ferme de astfel de schimbătoare.

Aparatura implicată este constituită sub forma unei truse transportabile, care cuprinde un microsistem (eventual o placă de achiziție și un calculator PC) care să citească cele patru temperaturi, și care să poată controla un debit/ventil pe unul dintre cei doi agenți de lucru.

Deci, se poate afirma că pentru a satisface o comandă fermă de schimbător de căldură nu trebuie să se cunoască neapărat valoarea coeficientului de transfer de căldură. Pentru o soluționare cu adevărat profesionistă se recomandă urmărirea întocmai a procedurilor prezentate în această lucrare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Hodor V., *Cercetări privind modelarea și controlul sistemelor focar-consumator termoenergetic*, Teză de doctorat, Cluj, 1998.
- [2] Balan R., *Contribuții privind utilizarea sistemelor adaptive în conducerea proceselor lente*, Teză de doctorat, 2001.
- [3] Douglas I.M., *Process dynamics and control*, Prentice Hall Inc, 1972.
- [4] Camacho E.F., Bordons, *Model Predictive Control*, Springer Verlag, 1998.
- [5] Călin S., *Conducerea adaptivă și flexibilă a proceselor industriale*, Ed. Tehnică, Buc., 1988.
- [6] Mădărășan T., Balan M., *Termodinamica Tehnică*, Editura Sincron, Cluj 1999.
- [7] Özisik, M.N., *Heat Transfer-a basic approach*, McGraw Hill, 1985.

O APARIȚIE RECENTĂ

ENERGIE PENTRU LUMEA DE MÂINE. SĂ ACȚIONĂM ACUM !

Declarația CME 2000

154 p., Editura Academiei – Editura AGIR, 2002

„Cartea de față, reprezintă versiunea în limba română a Declarației CME 2000, intitulată „Energy for Tomorrow’s World – Acting Now!”, lucrare ce a apărut cu sprijinul Comitetului Național Român al CME, sub îngrijirea editorială a două instituții prestigioase, Academia Română și Asociația Generală a Inginerilor din România. Lucrarea este un nou argument în sprijinul ideii că energia deține un rol cheie în dezvoltarea durabilă a societății, fiind un element de infrastructură indispensabil vieții, că ea trebuie să devină disponibilă tuturor membrilor colectivităților umane și că intrarea în noul secol ne obligă să definim clar strategia pe care trebuie să o adoptăm și acțiunile pe care trebuie să le întreprindem. Un prim semnal în acest sens a fost dat de CME în raportul „Energie pentru lumea de mâine – realități, opțiuni concrete și agenda de realizare”, publicat în 1993, rolul prezentei Declarații fiind acela de a analiza cum au evoluat lucrurile până în anul 2000 și de a delimita mai bine acțiunile ce se impun în prezent. De fapt, lucrarea încearcă să formuleze răspunsuri la o problemă actuală majoră: ce trebuie făcut pentru a asigura accesul la forme moderne de energie pentru cele peste 2 miliarde de persoane dintre cele mai sărace de pe planetă.

Declarația CME 2000, bazată pe rezultatele studiilor întreprinse de un număr mare de experți și personalități din țări ale întregii planete, se referă în principal la trei aspecte legate de energie, definite în lucrare ca *obiective energetice*: accesibilitate, disponibilitate și acceptabilitate, a căror urmărire este imperios necesară pentru precizarea strategiilor pentru un viitor mai bun al omenirii. Sunt prezentate și *zece acțiuni*, considerate ca fiind prioritare pentru sectorul energetic, care înglobează cele mai importante probleme pentru asigurarea unei dezvoltări durabile în următorii 20 de ani. Pentru țara noastră, aflată în plin proces de restructurare economică și socială și preocupată să se integreze în structurile europene, sunt siguri că acțiunile propuse în lucrare vor constitui o sursă de informare de mare utilitate atât specialiștilor ce trebuie să găsească soluții pentru creșterea economică, securitatea aprovizionării cu energie și protecția mediului, dar și beneficiarilor diverselor forme de energie.”

Fragment din *Prefața* lucrării, întocmită de Domnul *Ion Iliescu*, Președintele României