

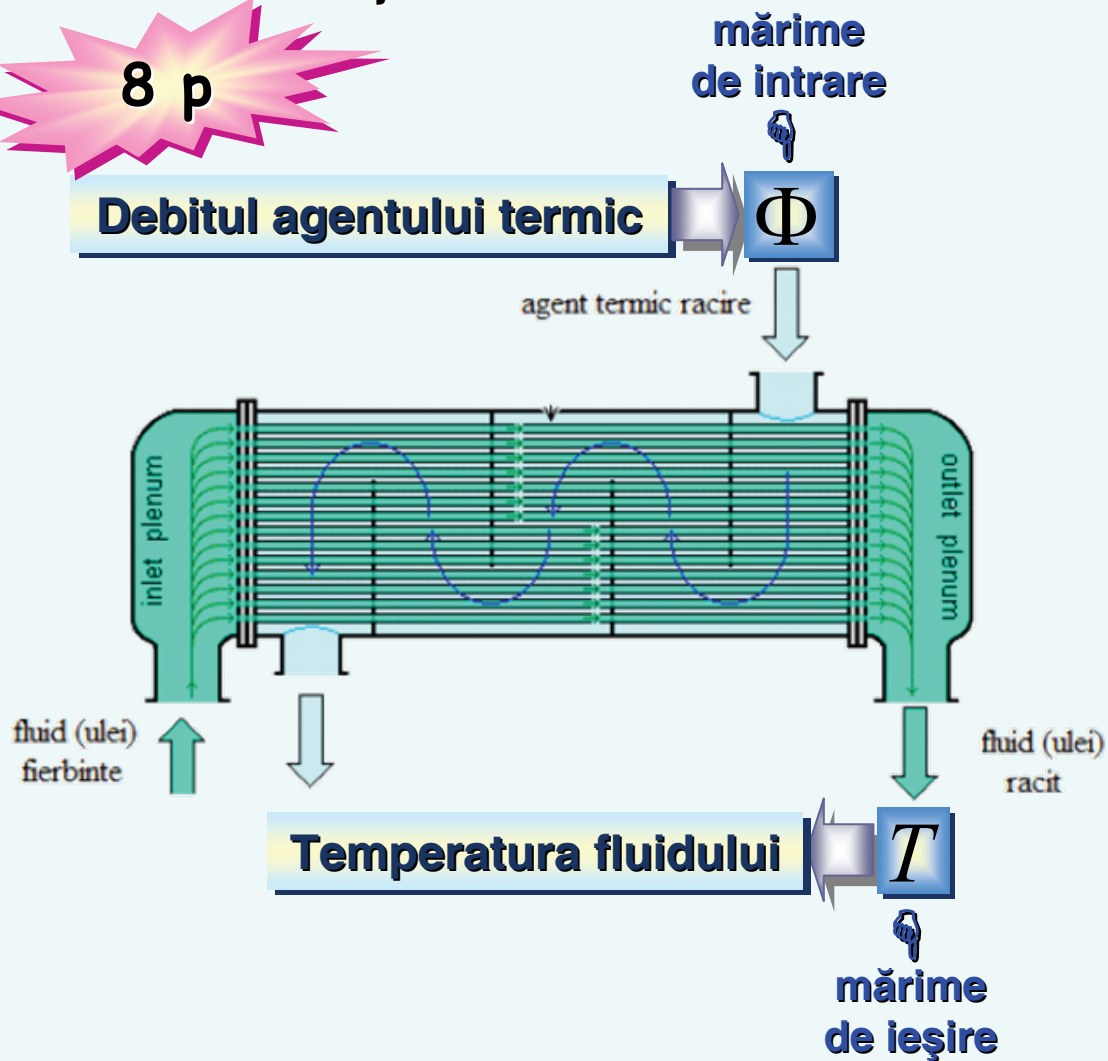


10 Identificarea unui schimbător de căldură

Contextul de lucru

- Un subansamblu frecvent întâlnit în industria chimică este și **schimbătorul de căldură**.
- În **variantă simplificată**, schema schimbătorului este cea de mai jos:

8 p



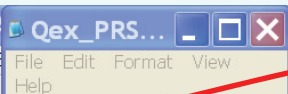


10 Identificarea unui schimbător de căldură

Contextul de lucru

Obiectiv

- Identificarea neparametrică și parametrică (în clasa **ARMAX**) a schimbătorului de căldură.



Există date I/O?

DA

Qex_PRS.txt

256 perechi de date I/O obținute cu o intrare din clasa **SPA**

+

Qex_STEP.txt

49 perechi de date I/O obținute cu o intrare de tip **treaptă**, afectată de un mic zgomot

Cum se încarcă fișierele text în spațiul de lucru MATLAB?

```
>> load Qex_PRS.txt
```

variabila Qex_PRS

```
>> load Qex_STEP.txt
```

variabila Qex_STEP

Pe prima coloană

y y_0

Pe a doua coloană

u u_0

L.122



①② Identificarea unui schimbător de căldură

👉 Probleme de simulare

Problema 11.1 (Identificare neparametrică)

Proiectați și implementați mini-simulatorul **ISLAB_11A** în care:

- Să se reprezinte grafic ambele seturi de date I/O achiziționate în timpul funcționării schimbătorului de căldură. Poate fi estimat timpul mort al procesului nk din aceste variații? Dacă da, propuneți o valoare a acestuia. Dacă nu, argumentați de ce și propuneți o metodă simplă și rapidă de estimare. (Sugestie: priviți cu atenție primele valori din fișierele text.)
- Să se reprezinte grafic funcțiile de autocovarianță ale semnalului de intrare (r_u , r_{u_0}) și densitățile spectrale de putere asociate (ϕ_u , ϕ_{u_0}). Analizând aceste grafice, credeți că semnalele de intrare sunt suficient de persistente? Argumentați răspunsul, eventual verificând definiția persistenței în domeniul timpului.
- Să se estimeze și să se afișeze grafic răspunsurile cauzal la impuls și indicial (la treapta unitară) ale sistemului dat, utilizând analiza pe bază de corelație, în cazul ambelor seturi de date. (Se poate apela funcția MATLAB **cra**.) Există diferențe notabile între cele două analize? Argumentați riguros răspunsul.
- Să se estimeze și să se afișeze grafic răspunsurile în frecvență ale sistemului utilizând analiza spectrală, în cazul ambelor seturi de date. (Se poate apela funcția MATLAB **spa**.) Comparați rezultatele obținute.
- Să se estimeze ordinul sistemului, cu ajutorul răspunsurilor indicial și în frecvență. Dacă este posibil, să se estimeze parametrii sistemului pe cale grafică.



①② Identificarea unui schimbător de căldură

🔑 Probleme de simulare

Problema 11.2 (Identificare parametrică)

Proiectați și implementați mini-simulatorul **ISLAB_11B** în care să fie parcurși următorii pași:

- Sincronizarea datelor de intrare cu cele de ieșire. Dacă $nk > 1$, atunci se vor înlătura primele $nk - 1$ date ale ieșirii și ultimele $nk - 1$ date ale intrării. Această operație va fi efectuată pentru ambele seturi de date.
- Centrarea datelor pe medie, pentru ambele seturi de date (cu memorarea mediilor intrării și ieșirii – ca parametri ai modelului). (Se poate utiliza funcția MATLAB **detrend**, cu condiția ca ea să extragă doar media, nu tendința liniară.)
- Separarea datelor din primul experiment în două submulțimi I/O: una pentru identificare și a doua pentru validare. De ce credeți că nu s-ar putea aplica această operație și setului de date din al doilea experiment de identificare? Justificați răspunsul.
- Estimarea parametrilor unor modele din clasa ARMAX, cu ajutorul funcției MATLAB **armax**, pe baza datelor de identificare. Se vor alege 20 de combinații de indici structurali, aproximativ în jurul valorilor $na = 3$, $nb = 4$, $nc = 5$. Se recomandă, totuși, ca, printre aceste modele, să figureze și 5 de tip ARX. (Evitați să abuzați de combinații cu indici structurali egali!)
- Testarea adecvănței celor 20 de modele de la punctul precedent. Pentru aceasta, se vor evalua testele de adecvănță, plecând de la funcția MATLAB **pe** (care returnează eroarea de predicție). Astfel, se va estima dispersia erorii de predicție ($\hat{\lambda}^2$) și se vor proiecta rutine pentru evaluarea testelor F, FPE, GAIC, \mathcal{E}_N (potrivire) și poli-zero-uri. (De notat că se pot utiliza și funcțiile Matlab **fpe**, **pzmap**, **sim**, **compare**, **resid**.) Se vor alege cele mai bune 3 modele (care sunt optime pentru cele mai multe dintre criterii) și se vor afișa valorile criteriilor pentru ele. Există printre acestea și un model de tip ARX? Dacă nu, care credeți că este motivul principal?



①② Identificarea unui schimbător de căldură

🔑 Probleme de simulare

Problema 11.2 (Identificare parametrică - final)

- f. Reluarea pașilor d. și e. pentru setul de date din al doilea experiment de identificare (răspunsul schimbătorului la o intrare de tip treaptă cu zgomot). De această dată, se vor identifica 10 modele ARMAX, dintre care 3 ar trebui să fie de tip ARX. Se vor selecta tot cele mai bune 3 dintre ele. Cum considerați că este calitatea acestor 3 modele față de cele 3 anterior estimate?
- g. Aplicarea MVI pentru cele 8 modelele ARX din colecție. (Pentru aceasta, se va utiliza funcția MATLAB `iv4`. Atenție la setul de date I/O care trebuie utilizat!)
- h. Testarea adecvănței modelelor ARX, ca la punctul e. Se vor alege cele mai bune 3 modele ARX. Există vreunul dintre aceste modele printre cele mai bune 6 determinate anterior? Comparați performanțele celor mai bune modele ARX cu ale celor mai bune modele ARMAX. Oferiți toate explicațiile necesare, incluzând referirea la tipul de experiment de identificare.
- i. Validarea celor mai bune modele identificate (de tip ARMAX și ARX), cu ajutorul funcțiilor `valid_LS` (disponibilă) și `valid_IV` (care trebuie proiectată). În mod normal, validarea se efectuează cu ajutorul celui de-al doilea subset de date din primul experiment de identificare. Cu toate acestea, încercați să validați modelele de la punctul e. și cu ajutorul setului de date din al doilea experiment de identificare. Se vor afișa rezultatele validărilor și se va selecta unul dintre modelele valide ca fiind câștigătorul competiției. (Dacă nici unul dintre modele nu se validează, vor trebui reluate punctulele c. și f., cu alte combinații de indici structurali.)
- j. Afișarea performanței modelului selectat pentru ambele experimente de identificare. Se vor afișa: ieșirea măsurată (necentrată pe medie și cu întârzierea înglobată), cea simulată și eroarea de predicție (într-o fereastră cu 3 grafice succesive); spectrul ieșirii măsurate, al celei simulate și eroarea spectrală (într-o a doua fereastră cu 3 grafice succesive). Pentru a genera datele simulate cu ajutorul modelului de identificare, se pot utiliza funcțiile `sim` sau `compare`. Nu trebuie uitată nici media datelor măsurate, care se va adăuga datelor simulate și nici întârzierea, care va desincroniza la loc datele de intrare față de cele de ieșire.



①② Identificarea unui schimbător de căldură

👉 Probleme de simulare

Problema 11.3 (Utilizarea interfeței grafice IDENT)

Lansați în execuție interfața grafică **IDENT**. Se vor efectua comparații între cele 30 de modele de identificare din problema precedentă. Pentru aceasta, mai întâi se vor încărca, pe rând, datele din cele două experimente de identificare efectuate cu ajutorul schimbătorului de căldură. Această operație se poate realiza cu ajutorul opțiunii **Import data**, după ce, în prealabil, datele au fost înglobate în obiecte **IDDATA**. Odată încărcate, datele permit identificarea modelelor prin precizarea tipului și indicilor structurali. Se va selecta opțiunea de identificare focalizată pe simulare (a se folosi butonul **Estimate** pentru a selecta **Parametric models**, după care se alege **Focus on Simulation**.)

- Se confirmă modelul de identificare obținut în finalul problemei precedente? Dacă nu, încercați să descoperiți din ce cauză și fie să o înlăturați, fie să o explicați în manieră riguroasă.
- Focalizați identificarea pe operația de predicție și repetați experimentele de identificare. Este modelul cel mai bun același cu al punctului precedent? Dacă nu, care credeți că sunt motivele?
- Focalizați identificarea pe submulțimea de modele stabile și repetați experimentele de identificare. Este stabilitatea modelelor o proprietate naturală sau mai degrabă un impediment în identificarea schimbătorului de căldură? Argumentați răspunsul.