

Lucrări practice, exerciții și probleme

Informatica industrială este un domeniu cu preponderență aplicativ, în care o serie de cunoștințe teoretice din diverse domenii (ex: fizica, chimie, mecanică, automatică, calculatoare, telecomunicații, etc.) sunt transpuse în practică în scopul realizării de sisteme autonome mai performante, mai eficiente sau mai ieftine. Din această perspectivă prezentarea acestui domeniu, realizată în capitolele precedente, nu ar fi completă fără un set de lucrări practice. Rolul acestor lucrări este acela de a transpune concepte și metode teoretice în exerciții practice de modelare, proiectare și implementare. În cadrul acestor lucrări se vor prezenta o serie de echipamente tipice (ex. microcontroloare PIC, PLC-uri, rețele senzoriale, etc.), utilizate în urmărirea și controlul proceselor, precum și platformele de proiectare și dezvoltare dedicate acestor echipamente.

Lucrarea 1. Modelarea proceselor fizice și controlul automat al acestora

1. Obiectivul lucrării

Lucrarea urmărește identificarea și înțelegerea conceptelor de bază din domeniul Informaticii industriale precum și a problematicei domeniului. În acest scop se vor analiza câteva procese fizice reale din perspectiva posibilităților de automatizare a acestora. Se vor identifica mărimile fizice care descriu procesul studiat și relațiile care definesc comportamentul acestora.

2. Considerații teoretice

Un concept central în studiul informaticii industriale este cel de “**proces**”. Se consideră un proces orice transformare suferită de un sistem, care este vizibilă prin modificări ale unor mărimi fizice. De exemplu deplasarea mecanică a unor obiecte, transformările fizico-chimice ale unor fluide, modificările de formă ale unor componente, variațiile unor mărimi fizice precum temperatură, nivel, concentrație, etc. sunt exemple de procese.

Din punct de vedere al sistemelor de automatizare ne interesează în speță procesele tehnice și în particular procesele industriale. Prin atributul “industrial” se face referire la acele procese care au scopul de a produce în mod controlat diverse produse sau servicii. De exemplu producerea de energie electrică, de ciment sau de substanțe chimice diverse intră în categoria de procese industriale. Dar și sistemele în care rezultă un anumit serviciu, cum ar fi controlul parametrilor unei clădiri, distribuția energiei electrice sau sistemele de securitate intră în categoria de **proces** “**industriale**”. Într-o accepțiune mai largă face obiectul studiului nostru orice proces în care sunt implicate mărimi fizico-chimice măsurabile. Astfel procesele economice, politice, sociale, psihologice sau de altă natură în care nu avem de a face cu mărimi fizico-chimice nu sunt obiectul acestui studiu, deși tehnici de reglaj automat sunt aplicabile și în aceste domenii.

Parametrii unui proces sunt acele mărimi ce caracterizează evoluția și starea unui proces. În funcție de rolul acestora distingem parametrii de intrare, de ieșire sau de stare ai procesului. Informația cu privire la parametrii de proces se transmite prin intermediul unor **semnale**. Un semnal este o mărime fizică ce este capabilă să transmită o informație. De exemplu nivele de tensiune sau de curent, impulsuri electrice sau optice,

unde radio, etc. sunt diverse tipuri de semnale. În funcție de natura acestora distingem semnale analogice sau continue și semnale digitale sau discrete. Caracterul continuu sau discret se poate referi atât la evoluția în timp a semnalelor (semnale continue sau eșantionate) cât și la modul de variație a acestora (semnale continue sau digitizate).

Indiferent de natura fizică a proceselor analizate (chimice, mecanice, electrice, etc.) , **modelarea** acestora se poate realiza printr-un set de ecuații matematice ce derivă din diverse legi fizice, chimice sau de altă natură, ce guvernează procesele respective. În majoritatea cazurilor reale, procesele sunt foarte complexe, implicând un număr mare de mărimi fizice care interacționează în diverse moduri.

În mod inerent prin modelarea procesului se omit o serie de detalii considerate mai puțin importante pentru descrierea și mai ales pentru evoluția procesului. Supozițiile și restricțiile simplificatoare sunt necesare pentru reducerea complexității sistemului și mai ales pentru a putea aplica o anumită tehnică de control automat. De exemplu în mod frecvent se omit condițiile de mediu care influențează un anumit proces (temperatură, umiditate, vibrații, etc.), datorită dificultății de cuantizare a acestora. Influența cumulativă a factorilor de mediu se modelează prin conceptul de “**zgomot**”. Zgomotul sau **perturbația** este un semnal a cărei evoluție este necunoscută sau imposibil de descris prin formule matematice exacte.

Un **sistem de control** are rolul de a influența un anumit proces astfel încât să se mențină unul sau mai mulți parametri de proces la valori prescrise sau să se imprime sistemului o anumită evoluție prestabilită. De exemplu menținerea temperaturii unui cuptor la o valoare stabilită sau deplasarea unui obiect cu ajutorul unui braț robotic pe un anumit traseu prestabilit reprezintă posibile obiective ale unui sistem de control. Dacă controlul se realizează prin tehnologii digitale, în particular prin folosirea unui microsistem de calcul, atunci vorbim despre un **sistem digital de control**.

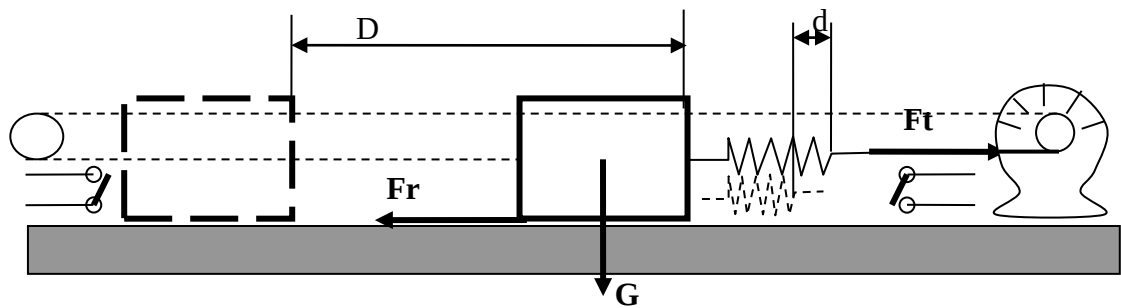
2.1 Modelarea proceselor

Așa cum s-a arătat în paragraful precedent, prin modelarea unui proces se urăște exprimarea prin ecuații matematice exacte a comportamentului unui sistem. Modelarea este necesară în cazul în care dorim să influențăm într-un anumit fel procesul ce urmează a fi controlat. Astfel vom ști care parametru de proces trebuie modificat pentru a obține efectul dorit. Așa cum se va vedea în continuare pe exemple următoare, procesul de modelare este unul relativ complex și adesea imprecis datorita elementelor care se omit.

Modelarea unui proces se poate face pe cale analitică sau experimentală (empirică). În primul caz se consideră cunoscute regile fizico-chimice care guvernează procesul respectiv. În al doilea caz procesul este mult prea complex pentru a fi descris prin ecuații matematice exacte; în acest caz se presupune că sistemul are un comportament de sistem liniar de ordinul 1 sau doi (ordinul fiind dat de numărul de constante de timp dominante) și prin măsurători experimentale se determină coeficienții (constantele) ecuației diferențiale ce descrie comportamentul sistemului. Această ultimă tehnică poartă numele de “identificarea procesului”. În literatura de specialitate sunt date diverse tehnici de identificare experimentală a proceselor.

2.2 Exemple de procese fizice și modelarea analitică a acestora

Exemplul 1 Deplasarea pe orizontala a unui obiect.



Mărimi fizice identificate în cadrul procesului:

- F_t – forța de tracțiune
- F_r – forța rezistentă (de frecare)
- F_i – forța de inerție
- F_e – forța de elongație a arcului
- D – deplasarea obiectului
- d – elongația arcului
- P - puterea motorului
- U – tensiunea electrică
- I – curentul electric
- N – turatia motorului
- L – lucrul mecanic produs de motor
- R – raza axului motorului
- a – accelerația
- v_0 – viteza inițială

Cazul I – fără element elastic (fără arc)

$$\begin{cases}
 P = U \cdot I \cdot \eta & \text{- puterea transmisă de motor} \\
 L = P \cdot t & \text{- lucrul mecanic produs de motor} \\
 L = F_t \cdot D & \text{- lucrul mecanic consumat prin frecare} \\
 F_t = F_r + m \cdot a & \text{- ecuația forțelor} \\
 F_r = \mu \cdot m \cdot g & \text{- forța de frecare} \\
 D = (a \cdot t^2) / 2 & \text{- deplasarea} \\
 v = dD/dt & \text{- viteza} \\
 a = dv/dt & \text{- accelerația}
 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_t &= L/D = (P \cdot t) / D = (U \cdot I \cdot \eta \cdot t) / D = \end{aligned} \right.$$

$$F_t = F_r + m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g + m \cdot 2 \cdot D / t^2$$

$$(U \cdot I \cdot \eta \cdot t) / D = \mu \cdot m \cdot g + m \cdot 2 \cdot D / t^2$$

$$D = f(U, t)$$

Factori perturbatori:

- U – variabil
- μ - variabil
- m – variabil
- limita de turatie n

Controlul deplasării în buclă închisă:

- senzor de deplasare sau de rotație a axului (turometru), senzor de deplasare absolută sau relativă
 - semnal digital (Step) sau analogic (Deplasare),
- punte pentru acționarea motorului, comandă tip PWM pentru controlul puterii transmise
 - 2 semnale pentru comandă punții (motor de C.C.) – DirDr, DirSt sau
 - 2 semnale pentru motor pas cu pas – Dir, Pas
- 2 senzori (ex. optici pentru limite de cursă și pentru stabilire referință zero)
 - 2 semnale digitale: LimDr, LimSt

Initializare: aducerea obiectului într-o stare inițială

Algoritm:

timeout= time_max;

while (LimDr = 1 AND timeout != 0)

{ DirDr= 1;

DirSt=0;

timeout--}

.....

Deplasare într-o anumită direcție un număr de pași

Bool Deplasare(Dir, Nr_pasi) – returnează true dacă deplasarea s-a efectuat

-

Cazul II – cu element elastic

- mai multe faze :
 1. rotire motor fără deplasare obiect
 2. fază de oscilație a resortului
 3. fază de deplasare staționară

Ecuatii integro-diferențiale complexe pentru fiecare fază:

- lucrul mecanic este o integrală a forței și a deplasării
- forța de tracțiune este variabilă,
- accelerația nu este constantă (oscilează)
- forța de frecare este variabilă

$$F_e = d \cdot k$$

$$F_t = F_e$$

$$L = \int F_t \cdot dx$$

$$x = D + d$$

In faza 1:

$$F_e = F_r \text{ (var)}$$

In faza 2:

$$F_e = F_r + F_i = \mu \cdot m \cdot g + m \cdot a$$

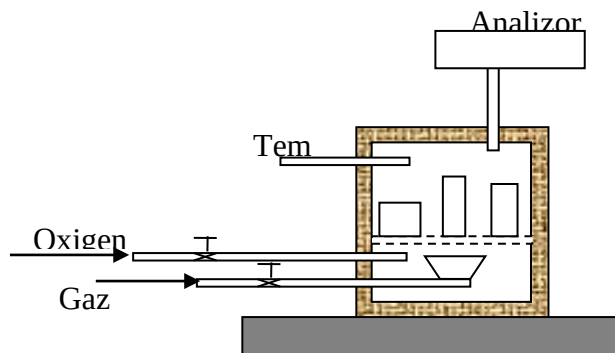
$$a = D''$$

Concluzie: dificil de descris analitic

Exemplul 2. Reglarea temperaturii unui cuptor cu gaz

Parametri:

- debit de gaz
- randament de ardere
- pierderi calorimetrice
- temperatura



$m_{CH_4} + n_{O_2} = i_{CO_2} + j_{CO} + k_{H_2O}$ - ecuația de ardere a cazului metan

$$m = M_{CH_4} / \text{masa_molară}(CH_4)$$

$$n = M_{O_2} / \text{masa_molară}(O_2)$$

i, j, k, idem

$$M_{CH_4} = Q_{CH_4} \cdot t$$

$$M_{O_2} = Q_{O_2} \cdot t$$

$$Q = M_{CH_4} \cdot \lambda_{CH_4} \cdot \eta$$

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + M_{cuptor}) \cdot c \cdot (t_1 - t_0) + Q_{pierderi}$$

Factori perturbatori:

- temperatura, umiditatea externa
- presiunea gazului metan și a oxigenului
- neliniaritatea robinetelor de gaz
- timpul de propagare a caldurii/temperaturii in incinta

Ce se urmareste:

- mentinerea cuptorului la o anumita temperatura
- mentinerea unei anumite concentratii de CO₂ (factor de călire)

Controlul in bucla inchisa:**Semnale:**

- temperatura – semnal analogic
- concentratia de CO₂ – semnal analogic
- semnale de actionare a robinetelor de gaz și de oxigen – semnale analogice

3. Mersul lucrarii

- Se vor analiza conceptele prezentate in paragraful anterior si se vor da mai multe exemple practice de sisteme de control. Exemple posibile:
 - Sistem de reglaj temperatura, nivel
 - Sistem de monitorizare a unei cladiri
 - Masina automata de spalat
 - Robot industrial
- Pentru exemplele date se vor identifica: procesul controlat, sistemul de control, parametri de intrare/iesire si de stare, semnale implicate, functia de control, etc.
- Se vor scrie ecuatiile care descriu diferitele procese controlate.