



**A IV –a Sesiune Științifică**  
**CIB 2008**  
**21 - 22 Noiembrie 2008, Brașov**

**MODELAREA DEFECTELOR IN CONDUCTELE DE TRANSPORT  
COMBUSTIBILI ENERGETICI**

**Mariana FRATU<sup>1</sup>, Aurel FRATU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universitatea TRANSILVANIA Brasov, e-mail: fratu@unitbv.ro

<sup>2</sup>Universitatea TRANSILVANIA Brasov, e-mail: aurelfratu@yahoo.com

**Abstract:** The present work proposes the modeling methods of the imperfections that may appear in the pipes used to transport liquid and gas fuel. The proposed methods are of present interest, due to the special attention given to the protection of the environment, by preventing the pollution. Ground pollution, caused by the leaks of oil products is a problem our days, that needs to be solved. The breakage of some pipes leads at the infiltration of a part of the fuel in the ground. In case of the underground pipes, detecting these leaks is hard, because the leakage of fluids is undetectable in the underground. For this reason the authors propose different mathematical methods for defects modeling.

**Key words:** mathematical modeling, defects detection, parameters estimation, state estimator

## 1. INTRODUCERE

Un defect este definit ca o deviație nepermisă de la o comportare normală a cel puțin unei proprietăți caracteristice a unei variabile cum ar fi presiunea în cazul conductelor magistrale de transport combustibili lichizi și gaze. De aceea defectul este o stare care poate conduce la o proastă funcționare sau o cădere a sistemului. Defectele pot fi diferențiate după forma lor (sistematice sau aleatoare), după comportarea lor în timp (permanent, trecător, intermitent, zgomot sau crescător) sau după extinderea defectului (local sau global).

## 2. MODELARE MATEMATICĂ

Se vor considera procese cu parametri concentrați ce funcționează în bucla deschisă. Comportarea statică poate fi exprimată frecvent printr-o caracteristică neliniară, descrisă de ecuația:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 U + \beta_2 U^2 + \dots + \beta_q U^q = \Psi^\Gamma \times \theta \quad (1)$$

unde  $\Psi^\Gamma = [1U \dots U^q]$   $\theta = [\beta_0 \beta_1 \dots \beta_q]$

Considerând mici deviații ale semnalelor în jurul punctului de funcționare ( $Y_{00}/U_{00}$ ) comportarea intrare/ieșire a procesului poate fi descrisă de ecuații ordinare diferențiale liniare:

$$y(t) + a_1 y^{(1)}(t) + \dots + a_n y^{(n)}(t) = b_0 u(t) + b_1 u^{(1)}(t) + \dots + b_m u^{(m)}(t) \quad (2)$$

unde  $y(t) = Y(t) - Y_{00}$      $u(t) = U(t) - U_{\infty}$

iar  $y^{(n)}(t) = \frac{d^n y(t)}{dt^n}$ , reprezintă derivatele de ordin  $n$  ale lui  $y(t)$ .

Modelul procesului poate fi scris în forma vectorială:

$$y(t) = \Psi^T \times \mathcal{G} \tag{3}$$

unde  $\Psi^T = [-y^{(1)}(t) \dots -y^{(n)}(t) \ u^{(1)}(t) \dots u^{(m)}(t)]$

$$\delta^T = [a_1 \dots a_n \ b_0 \dots b_m]$$

Modelul procesului poate fi scris fie sub forma funcției de transfer în relația (4) fie în spațiul stărilor prin ecuațiile (5).

$$H_p(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{b_0 + b_1s + \dots + b_ms^m}{1 + a_1s + \dots + a_ns^n} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}}(t) &= Ax(t) + bu(t) \\ y(t) &= c^T x(t) \end{aligned} \tag{5}$$

Așa cum se arată în figura 1, pentru modelul cu funcție de transfer (a) defectul semnalului de ieșire  $f_u$  și cel al semnalului de intrare  $f_y$  sunt defecte aditive și defectele parametrilor  $\Delta a_i$ ,  $\Delta b_i$  sunt defecte multiplicative, respectiv pentru reprezentarea în spațiul stărilor (b) defectele aditive sunt în general modelate ca defecte de intrare  $f_i$  sau de ieșire  $f_m$ , iar defectele parametrilor  $\Delta a_i$ ,  $\Delta b_i$  sau  $\Delta c_i$  sunt defecte multiplicative

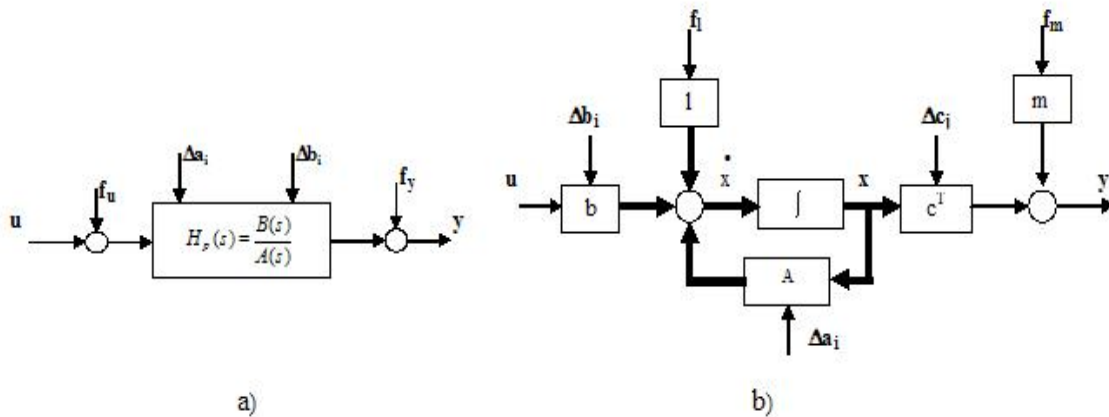


Fig. 1 Reprezentări ”intrare-ieșire” și ”intrare-stare-ieșire” ale proceselor supuse la defecte

Reprezentări similare sunt folosite pentru ecuații diferențiale neliniare și modele în spațiul stărilor, precum și pentru procese MIMO, chiar în timp discret. Utilizând modelul procesului pe de o parte și modelele defectelor pe de alta parte, pot fi descrise metode de detectarea a defectelor prin estimarea parametrilor, cum sunt: *Metoda ecuației de eroare de stare si Metoda ecuației de eroare la ieșire*.

### 3. DETECTAREA DEFECTELOR CU ESTIMAREA PARAMETRILOR

În cele mai multe cazuri parametrii proceselor nu sunt cunoscuți de loc sau sunt cunoscuți destul de inexact. Atunci ei pot fi determinați cu metode de estimare a parametrilor prin măsurarea

semnalelor de intrare și de ieșire, dacă structura de bază a modelului este cunoscută. Se cunosc următoarele metode:

### 3.1 Metoda ecuației de eroare de stare

Modelul de stare este scris sub forma vectorială (3) cu vectorul parametrilor  $\theta$  și vectorul de date  $\Psi(t)$ . Pentru estimarea parametrilor se introduce ecuația de eroare de stare,  $e_x(t)$ .

$$\begin{aligned} e_x(t) &= y(t) - \Psi^T(t)\theta \\ e_x(s) &= \hat{B}(s)u(s) - \hat{A}(s)y(s) \end{aligned} \quad (6)$$

După eșantionarea cu timpul discret  $k=t/T_0 = 0,1,2,\dots$  cu  $T_0$  (cel mai mic), minimizarea sumei celor mai mici pătrate se scrie:

$$V = \sum_{k=2}^N e_x^2(k) = e_x^T e_x \quad (7)$$

$$\text{cu } \frac{dV}{d\theta} = 0 \quad (8)$$

conducând la estimarea cu cele mai mici pătrate:

$$\hat{\theta}(N) = [\Psi^T \Psi]^{-1} \Psi^T y \quad (9)$$

sau în forma recursivă :

$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + \gamma(k)[y(k+1) - \Psi^T(k+1)\hat{\theta}(k)] \quad (10)$$

$$\gamma(k) = \frac{1}{\Psi^T(k+1)P(k)\Psi(k+1) + 1} P(k)\Psi(k+1) \quad (11)$$

$$P(k+1) = [I - \gamma(k)\Psi^T(k+1)]P(k) \quad (12)$$

Pentru îmbunătățirea metodelor numerice sunt recomandați algoritmi de filtrare a derivatelor vectorului  $\Psi(k)$ .

O realizare corespunzătoare a filtrului de variabile de stare este esențială pentru obținerea cât mai corectă a parametrilor estimați.

### 3.2 Metoda ecuației de eroare la ieșire

În locul ecuațiilor de eroare de stare putem utiliza eroarea la ieșire:

$$e_y(t) = y(t) - y_M(\hat{\theta}, t) \quad (13)$$

$$\text{unde, } y_M(\hat{\theta}, s) = \frac{\hat{B}(s)}{\hat{A}(s)}u(s). \quad (14)$$

În acest caz nu este posibil calculul direct al parametrului estimat  $\theta$ , deoarece  $e_y(t)$  este neliniară. De aceea, funcția de pierderi (7) este minimizată cu metode numerice de optimizare. Efortul de

calcul este mai mare și, în general, o aplicație în timp real nu este posibilă. În schimb se pot obține estimări relativ precise ale parametrilor.

Principiul celor două metode de estimare a parametrilor este ilustrat în figura 2:

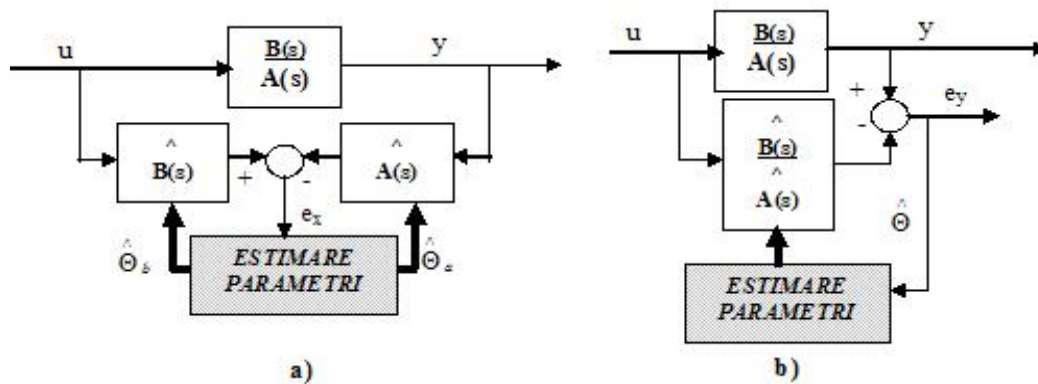


Fig. 2 Structuri de model pentru estimarea parametrilor:  
a) eroare de stare; b) eroare la ieșire

Dacă un defect în interiorul procesului schimbă unul sau mai mulți parametri cu  $\Delta\theta_j$ , semnalul de ieșire va sesiza mici deviații, în conformitate cu:

$$\Delta y(t) = \Psi^T(t)\Delta\theta(t) + \Delta\Psi^T(t)\theta(t) + \Delta\Psi^T(t)\Delta\theta(t) \quad (15)$$

și estimatorul parametrilor indică o modificare  $\Delta\theta$ .

#### 4. CONCLUZII

Informațiile culese despre starea internă a procesului modelat constituie informațiile primare pentru modelarea unui observer matematic. Reprezentarea stării observerului matematic se realizează printr-o reprezentare a stării fizice a procesului supravegheat.

În cazul sistemelor automatizate de supraveghere a proceselor de transport și distribuție, calitatea izolării a cât mai multor anomalii depinde de informațiile disponibile despre proces (numărul variabilelor măsurabile): cu cât numărul acestora este mai mare, cu atât se pot distinge mai multe tipuri de anomalii. Astfel metoda de modelare a procesului de distribuție și transport de tip *intrare-ieșire* sub forma funcției de transfer și respectiv *intrare-stare ieșire* prin modelare în spațiul stărilor, ține cont de defecte de tipul scăderi bruște de presiune din cauza apariției de spărturi (fisuri) în pereții conductelor. Fluctuațiile de presiune în rețeaua de transport sunt un prim indiciu, o primă simptomă a apariției de fisuri în pereții conductelor. Cunoașterea modelelor matematice a rețelelor de distribuție este punctul de plecare în introducerea supravegherii automatizate.

#### BIBLIOGRAFIE

1. Fratu Mariana, Fratu, A.: *Cresterea gradului de incredere in sistemele de masurare prin folosirea informatiei redundante*. Conferinta Internationala de Biblioteconomie si Stiinta Informarii, Brasov 2007, Editura Universitatii TRANSILVANIA Brasov, ISBN 978-973-635-973-6, p.169-172.
2. Fratu Mariana, Fratu, A.: *Metoda de diagnoza a anomaliilor bazata pe rețele neuronale*. Lucrarile sesiunii științifice Constructii-Instalatii CIB 2007, Brasov, 15-16 noiembrie 2007, Editura Universitatii Transilvania Brasov, ISSN 1843-6617, p55-59.
3. Isermann, R. - *Supervision, Fault-Detection and Fault-Diagnosis Methods - An Introduction, Control Engineering Practice*, Vol.5, No.5, pp.639-652, 1997.