

B. Zupančič, D. Matko, F. J. Essomba

SAOPŠTENJE

Fakulteta za elektrotehniko
61000 Ljubljana, Tržaška c. 25POIZKUS SPROTNE IDENTIFIKACIJE Z UPORABO
HIBRIDNEGA SISTEMAAN ATTEMPT OF THE ON-LINE IDENTIFICATION METHOD
ON THE HYBRID SYSTEM

POVZETEK - Hibridni sistemi so zelo primerni za proučevanje in razvijanje metod za sprotno identifikacijo dinamičnih procesov. Zvezni proces simuliramo na analognem računalniku, celotni identifikacijski postopek pa izvaja digitalni računalnik. Na ta način dobimo najbolj verno predstavitev razmer pri identifikaciji dejanskega procesa. Ker predstavlja delo enega začetnih poizkusov pri uporabi hibridnega sistema, smo uporabili enostavnejši identifikacijski algoritem, ki uporablja enačbe občutljivosti. Podali smo enačbe za realizacijo identifikacijskega algoritma, simulacijske sheme in rezultate pri sprotni identifikaciji procesa 2. reda z dvema neznanima parametroma.

ABSTRACT - Hybrid systems are very suitable for studying and developing of the on line identification methods. So we obtain the most realistic way with properties that occur in practice. This paper represents one of the first attempts of the on-line identification method on the hybrid system, so one of the simpler identification algorithms with sensitivity equations was used. All equations, schemes for realisation and results of simulation for the illustrative example are also given.

1. UVOD

Aplikacija vseh sodobnejših metod vodenja zahteva modeliranje obravnavanih procesov. Modeli morajo biti čim bolj adekvatni, v nasprotnem primeru tudi najnaprednejše metode vodenja ne dajo želenih rezultatov.

Kompletni hibridni računalniški sistemi so zelo primerni za proučevanje identifikacijskih metod, zlasti za proučevanje metod za sprotno identifikacijo. Na analognem delu hibridnega sistema simuliramo zvezni proces, ki ga želimo identificirati, digitalni računalnik

pa dobiva informacijo o procesu preko A/D pretvornikov in izvaja diskretni identifikacijski algoritem. Taka realizacija nam daje najbolj verno predstavitev razmer v primeru identifikacije dejanskega procesa.

Naloga predstavlja enega začetnih poizkusov uporabe hibridnega sistema na področju identifikacije. Uporabili smo eno od metod, ki uporabljajo referenčni model. Ta metoda je dokaj preprosta pri programiranju in zahteva relativno kratek računalniški čas, kar je pomembno pri sprotni identifikaciji.

2. OPTIMIZACIJSKI ALGORITEM PRI IDENTIFIKACIJI Z ADAPTIVNIM MODELOM

Pri identifikaciji smo uporabili optimizacijsko metodo najstrmejšega spusta. Pri tej metodi nastavljamemo neznan parameter po rekurzivnem algoritmu

$$q_1(k+1) = q_1(k) + k_{q_1} \frac{\partial F}{\partial q_1}(k) \quad (1)$$

Pri tem predstavlja $\partial F / \partial q_1$ odvod kriterijske funkcije $F(k)$ po parametru q_1 . k_{q_1} je konstanta, ki vpliva na stabilnost metode in na hitrost konvergence ter je odvisna tudi od časa vzorčenja.

Ponavadi izberemo za kriterijsko funkcijo srednji kvadratični pogrešek med izhodnim signalom procesa ter adaptivnega modela na določenem časovnem intervalu. Pri sprotni identifikaciji pa zaradi precejšnje enostavnosti dostikrat minimiziramo kar trenutno vrednost pogreška

$$F = \frac{1}{2} e^2(k) \quad (2)$$

Največji problem je sprotno izračunavanje odvoda kriterijske funkcije po parametru. Zelo primerna je uporaba teorije občutljivosti [1].

3. ENAČBE OBČUTLJIVOSTI PRI IDENTIFIKACIJI DINAMIČNIH SISTEMOV

Linearni dinamični sistem opisuje enačba

$$f(\ddot{z}, \dot{z}, z, t, q_1) = 0 \quad (3)$$

z rešitvijo

$$z = z(t, q_1) \quad (4)$$

Kompleksni dinamični koeficient občutljivosti veličine $z(t, q_i)$ glede na parameter q_i pa definira enačba

$$v(t, q_i) = \frac{dz(t, q_i)}{d \ln q_i} . \quad (5)$$

Vzemimo linearni dinamični proces 2. reda z dvema neznanima parametroma α_p in β_p

$$\ddot{y} + \alpha_p \dot{y} + \beta_p y = u(t) . \quad (6)$$

Ob predpostavki, da poznamo strukturo procesa, uporabimo adaptivni model

$$\ddot{z} + \alpha_m \dot{z} + \beta_m z = u(t) . \quad (7)$$

Signal pogreška je pri tem definiran z izrazom

$$e = z - y , \quad (8)$$

kriterijsko funkcijo pa podaja enačba (2).

Če odvajamo enačbo (2) na $\ln q_i$, kjer je parameter q_i eden od neznanih parametrov α_m ali β_m , dobimo izraz

$$\frac{\partial J}{\partial \ln q_i} = e(t) \cdot v(t, q_i) , \quad (9)$$

kjer je $v(t, q_i)$ definirana z enačbo (5).

Da lahko generiramo občutljivostne funkcije, odvajamo enačbo (7) na parameter $\ln \alpha_m$ in parameter $\ln \beta_m$. Kot rezultat dobimo naslednji diferencialni enačbi občutljivosti

$$\begin{aligned} \ddot{v}_1 + \alpha_m \dot{v}_1 + \beta_m v_1 &= -\alpha_m \dot{z} , \\ \ddot{v}_2 + \alpha_m \dot{v}_2 + \beta_m v_2 &= -\beta_m z . \end{aligned} \quad (10)$$

S sprotnim generiranjem občutljivostnih funkcij v_1 in v_2 med on-line identifikacijo lahko sprotno izračunamo tudi odvod kriterijske funkcije ter potek neznanega parametra po rekurzijski enačbi (1).

4. HIBRIDNA REALIZACIJA IDENTIFIKACIJSKEGA SISTEMA

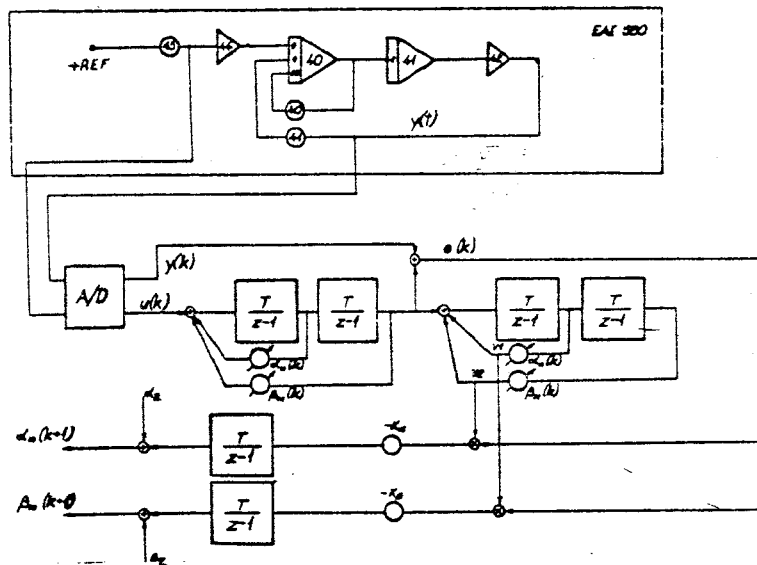
Proces z "neznanimi" parametri, ki ga podaja enačba (6) smo simulirali na analogno-hibridnem računalniku EAI 580, celotni identifikacijski postopek pa je izvajal digitalni računalnik PDP 11/34, ki je informacije o procesu dobival preko A/D pretvornika. Da smo lahko

adaptivni model, enačbe občutljivosti in optimizacijski algoritem izvedli z digitalnim računalnikom, smo morali diskretizirati diferencialne enačbe modela in občutljivostnih funkcij. Za diskretizacijo enačb (7) in (10) smo uporabili dve metodi: Eulerjevo integracijsko metodo in bilinearno transformacijo.

Pri diskretizaciji z Eulerjevo integracijsko metodo vsak zvezni integrator pri analogni realizaciji prenosne funkcije zamenjamo z diskretno prenosno funkcijo

$$H(z) = \frac{T}{z-1} \quad (11)$$

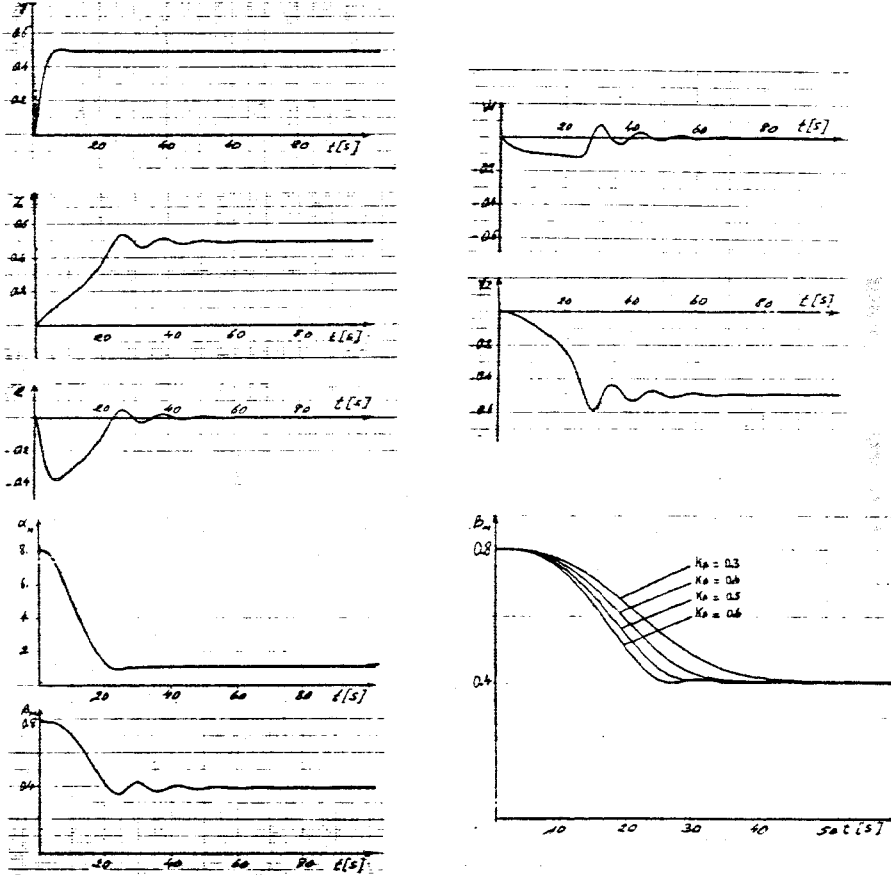
kjer je T perioda vzorčenja. Z upoštevanjem enačb (1), (6), (7), (8), (9), (10) in (11) dobimo celotno hibridno realizacijo sistema za identifikacijo. Ustrezno shemo prikazuje slika 1.



Slika 1. Bločna shema hibridne realizacije sistema za identifikacijo (uporaba Eulerjeve integracijske metode)

Slika 2 prikazuje veličine $y, z, e, a_m, \beta_m, v_1, v_2$ pri stopničastem testnem signalu $u = 0.2$ in pri naslednjih parametrih: $T = 0.1s$,

$\alpha_p = 1$, $\beta_p = 0.4$, $\alpha_z = 8$, $\beta_z = 0.8$, $k_a = 14.33$, $k_b = 0.91$. Zadnji diagram na sliki 2 prikazuje družino krivulj za parameter β_m pri različnih ojačenjih k_β . Na ta način zelo učinkovito, relativno hitro in tudi enostavno določimo najprimernejše ojačenje v optimiza-
cijskem algoritmu.

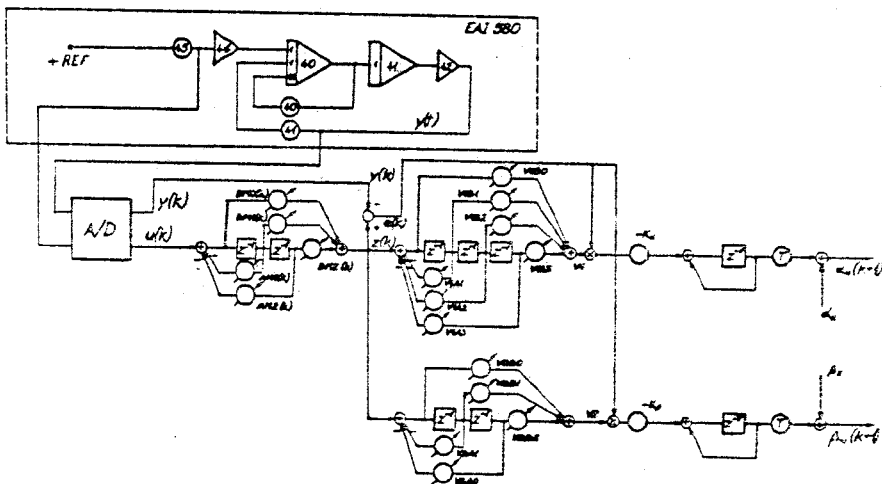


Slika 2. Potek veličin pri identifikaciji (diskretizacija z Eulerjevo integracijsko metodo)

Pri diskretizaciji enačb (7) in (10) z bilinearno transformacijo uporabljamo naslednjo povezavo med spremenljivkami s in z

$$s = \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}, \quad (12)$$

kar pomeni, da uporabljamo trapezno aproksimacijo zvezne integracije. Hibridno realizacijo celotnega sistema za identifikacijo nam za ta primer podaja slika 3.



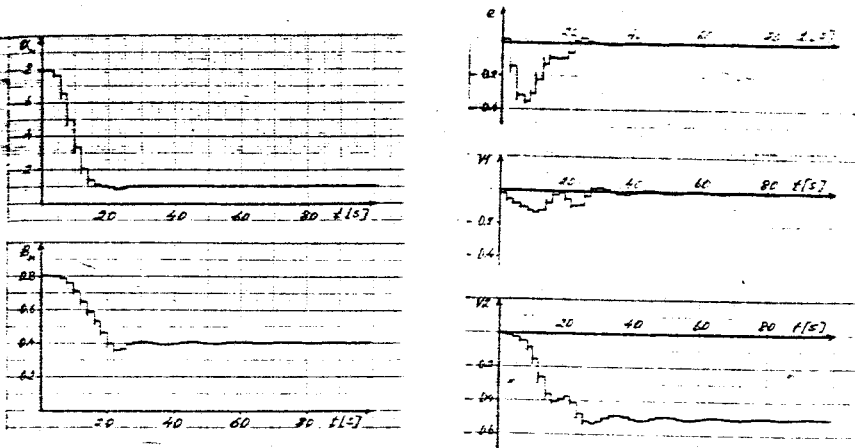
Slika 3. Bločna shema hibridne realizacije sistema za identifikacijo (diskretizacija z bilinearno transformacijo)

Slika 4 pa prikazuje veličine α_m , β_m , e , v_1 , v_2 pri stopničastem testnem signalu $u = 0.2$ in pri naslednjih parametrih: $T = 2s$, $\alpha_p = 1$, $\beta_p = 0.4$, $\alpha_2 = 8$, $\beta_2 = 0.8$, $k_a = 16$, $k_b = 0.6$.

Vse slike potrjujejo uspešnost uporabljene metode pri relativno precej oddaljenih začetnih vrednostih parametrov od pravih vrednosti.

5. ZAKLJUČEK

Povzdelek v tem delu je na hibridni realizaciji identifikacijskega sistema. Zato smo uporabili eno od enostavnejših metod. Na ta način smo si zagotovili tudi dokaj kratek računalniški čas, kar je pomembno pri sprotni identifikaciji hitrejših procesov.



Slika 4. Potek veličin pri identifikaciji (diskretizacija z bilinearno transformacijo)

Za realizacijo diferencialnih enačb na procesnem računalniku smo uporabili Eulerjevo integracijsko metodo in bilinearno transformacijo. Prva metoda ima večjo napako pri relativno hitrih spremembah signalov, zato je primerna le pri krajših časih vzorčenja (v našem primeru mora biti $T \leq 0.3s$). Bilinearna transformacija pa dopušča precej daljše čase vzorčenja ($T \leq 2s$). Razen tega smo pri bilinearni transformaciji dosegli tudi nekoliko krajši čas identifikacije (za 5 do 10%).

Opisana hibridna realizacija zelo nazorno prikazuje razmere v identifikacijskem sistemu. Omogoča relativno hitro določevanje optimalnih ojačenj v optimizacijskem algoritmu, obliko in velikost testnega signala ipd. za čim kvalitetnejšo identifikacijo. Predstavlja pa tudi najrealnejšo sliko razmer, ki jih sredujemo v praksi pri sprotni identifikaciji procesov. Zato bi bilo treba nadaljevati z raziskavami pri drugačnih testnih signalih. Prav tako bi bilo treba sistematično ovrednotiti uporabljeno identifikacijsko metodo s stališča stabilnosti pri različnih začetnih pogojih. Z izkušnjami, ki smo jih dobili pri dosedanjih raziskavah pa bomo v bodoče pri hibridni realizaciji uporabljali tudi zahtevnejše in naprednejše identifikacijske postopke.

6. LITERATURA

- [1] R. Tomović, Sensitivity analysis of dynamic systems, Mc Graw-Hill Book Company, 1963
- [2] T. Čižman, Reševanje identifikacijskih problemov s hibridnim računalnikom, Diplomsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana 1970
- [3] F. Bremšak et al., Simulacija, optimizacija in identifikacija dinamičnih sistemov, I-X del, Fakulteta za elektrotehniko, naloga za SBK, Ljubljana, 1969-1978
- [4] F. Bremšak et al., Simulacija, identifikacija in vodenje sistemov, I-III del, Fakulteta za elektrotehniko, naloga za SBK, Ljubljana 1978-1980