

EN SJÄLVINSTÄLLANDE REGULATOR FÖR
SATSPROCESSER

OLA JEPPSSON

RE - 156 Juni 1975
Inst. för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola

EN SJÄLVINSTÄLLANDE REGULATOR FÖR SATSPROCESSER.

Examensarbete utfört VT1975 vid Institutionen för Reglerteknik,
Lunds Tekniska Högskola.

Ola Jeppsson

Handledare: Björn Wittenmark

ABSTRACT.

A number of parallel batch processes are disturbed by a noise signal.

The noise signal is

$$w(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

where

$$C^*(q^{-1}) = 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}$$

$$D^*(q^{-1}) = 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd}$$

$e(t)$ is $N(0, \sigma)$

Every process has two parameters. The processes have two inputs and one output. The variance of the output is to be minimized. The first input is known, the second is used as control signal. A minimum variance regulator is used. $w(t)$ is predicted a number of steps, given of how many processes being active, when the control signal is to be calculated. When the processes- and noise parameters vary in time, an identification method is needed. The extended least square method is used. Simulations have shown, that it is possible to obtain a good control.

SAMMANFATTNING.

Ett antal satsprocesser, som ligger parallellt, påverkas av en gemensam störning. Denna beskrives av

$$w(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

där

$$C^*(q^{-1}) = 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}$$

$$D^*(q^{-1}) = 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd}$$

$e(t)$ är $N(0, \sigma^2)$

Varje process har två parametrar. Processerna har två insignaler och en utsignal. Variansen hos den gemensamma utsignalen skall vara så liten som möjligt. Den ena insignalen är given, och den andra användes som styrsignal. En minimalvariansregulator inkopplas. $w(t)$ måste predikteras ett antal steg, givet av hur många processer som är igång, då styrsignalen skall beräknas. Då processernas och störningens parametrar ändrar sig med tiden, behövs en identifieringsmetod. Den utvidgade minsta kvadratmetoden användes. Simuleringar har visat, att en god styrning kan erhållas.

INNEHÅLL.

1. Problemformulering.
2. Optimal regulator.
3. Identifieringsmetod.
4. Simuleringsprogrammet.
5. Simuleringsresultat.
6. Sammanfattning av resultat. Vad bör man titta på i fortsättningen.
7. Referenser.

1. PROBLEMFÖRMULERING.

Inom pappersindustrin har man ofta satsprocesser, som ligger parallellt i produktionen. I ett batchkokeri finns flera kokare, som var och en har sina egenskaper. Kokarna matas med flis från en gemensam flishög. Ett kok går i princip till så, att en kokare fylls med flis från flishögen och en given mängd lut. Därefter kokar man en viss tid med en temperatur, som kan variera under kokets gång.

Önskemålet är att få en så jämn nedkokningsgrad som möjligt hos den färdiga massan.

Den främsta störkällan är variationerna hos flisen.

Reglering kan åstadkommas genom att som styrsignal välja ΔH , där H är en tidsintegral över en funktion av temperaturen.

Då kokarnas och framför allt flisens egenskaper varierar med tiden, vore det bra att kunna använda en självinställande regulator.

För ett kok gäller

$$\Delta x = k_1 \cdot \Delta H + k_2 \cdot \Delta A + \varepsilon$$

där

x är nedkokningsgraden

H är en tidsintegral över en funktion av temperaturen

A är lutsatsningen

ε är en korrelerad följd av stokastiska variabler och anger framför allt flisens inverkan

k_1 och k_2 är parametrar för kokaren ifråga

För den fortsatta behandlingen införes

$$y(t) = \Delta x$$

$$u(t-1) = \Delta H$$

$$v(t-1) = \Delta A$$

$$b = k_1$$

$$h = k_2$$

$$w(t) = \xi = \frac{1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}}{1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd}} e(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

$e(t)$ är $N(0, \sigma)$

Mätningar inom pappersindustrin har visat att

$$\xi \approx \frac{1}{1 - 0,85q^{-1}} e(t)$$

$e(t)$ är $N(0, 1,5)$

Följande problem uppkommer

Vi har ett antal satsprocesser med gemensam störning. Se figur 1.

Det gäller

$$y(t) = b_i u(t-1) + h_i v(t-1) + w(t)$$

där

$y(t)$ är utsignalen

$u(t-1)$ och $v(t-1)$ är insignaler

b_i och h_i är konstanter för process i

$w(t)$ är störningen och beskrives av

$$w(t) = \frac{1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}}{1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd}} e(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

$e(t)$ är $N(0, \sigma)$

Vi önskar nu styra processerna, så att variansen hos utsignalen

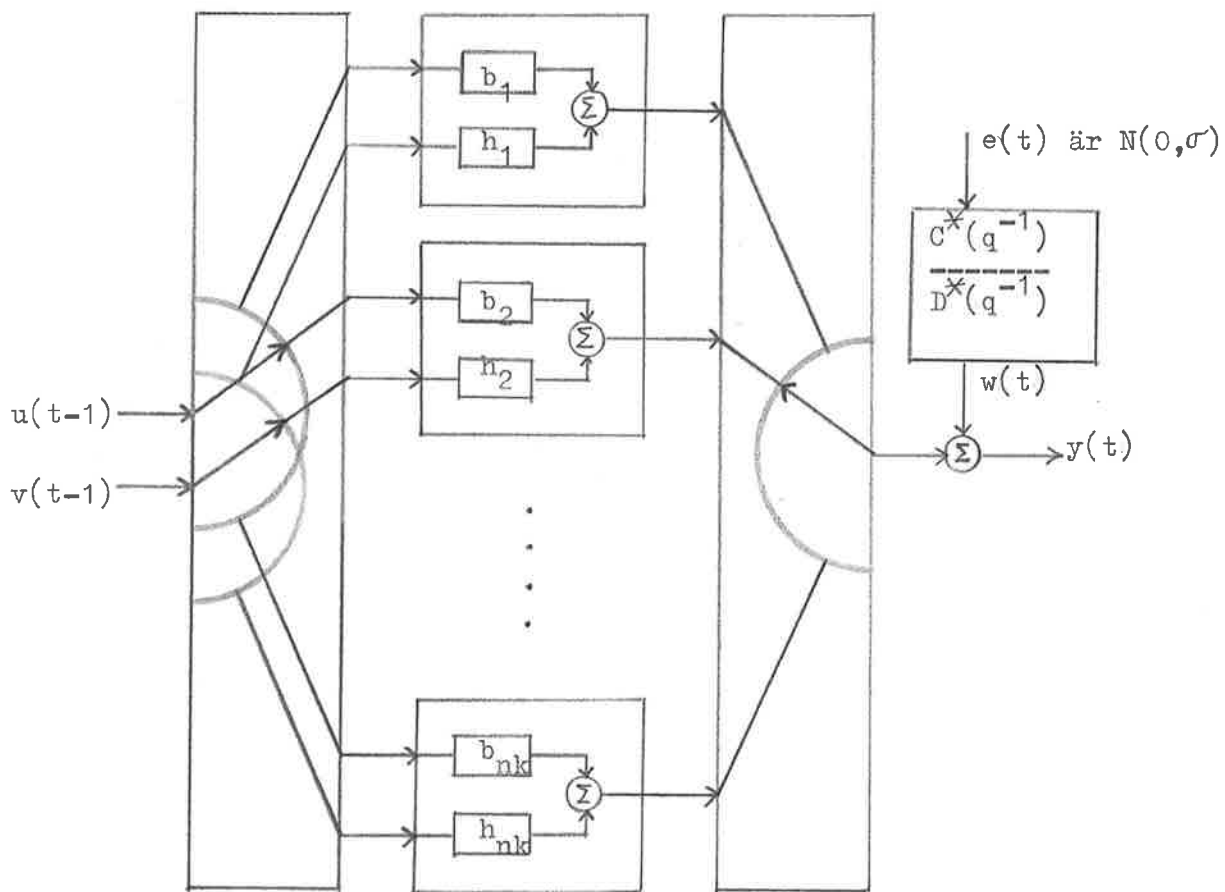
$y(t)$ blir så liten som möjligt, dvs vi vill minimera kvantiteten

$$\sum_0^t y^2(t).$$

Insignalen $v(t)$ antages vara given, och styrsignalen blir $u(t)$.

Då parametrarna b_1, \dots, b_{nk} , h_1, \dots, h_{nk} , c_1, \dots, c_{nc} och d_1, \dots, d_{nd} är kända, skall en optimal regulator beräknas.

Om parametrarna ej är kända, måste även en identifieringsmetod användas.



Figur 1. Satsprocesser med gemensam störning.

2. OPTIMAL REGULATOR.

Beroende på hur många processer som är aktiva, då en given inaktiv process skall startas, erhålles olika regulatorer. Vi skall behandla två olika fall

1. Mätning innan reglering.

Vi sätter igång en process och väntar sedan tills utsignalen $y(t)$ erhållits innan nästa startas, etc..

2. Flera processer igång samtidigt.

När en viss process skall startas, känner vi kanske inte ut-signalen $y(t)$ för tidigare startade processer.

Inför

$$u'(t-1) = b_i u(t-1)$$

$$v'(t-1) = h_i v(t-1)$$

Det gäller då att

$$y(t) = u'(t-1) + v'(t-1) + w(t)$$

där

$$w(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

$e(t)$ är $N(0, \sigma)$

2.1. Mätning innan reglering.

$$y(t) = u'(t-1) + v'(t-1) + \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t) \quad (1)$$

Inför identiteten

$$C^*(q^{-1}) = D^*(q^{-1}) + q^{-1} G_{n-1}^*(q^{-1}) \quad (2)$$

där

$$\begin{aligned} C^*(q^{-1}) &= 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc} \\ D^*(q^{-1}) &= 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd} \\ G_{n-1}^*(q^{-1}) &= g_0 + g_1 q^{-1} + \dots + g_{n-1} q^{-n+1}, \quad n = \max(nc, nd) \end{aligned}$$

(1) och (2) \Rightarrow

$$y(t) = u'(t-1) + v'(t-1) + e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t-1) \quad (3)$$

(1) \Rightarrow

$$e(t-1) = \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} y(t-1) - \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} u'(t-2) - \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} v'(t-2) \quad (4)$$

(3) och (4) \Rightarrow

$$\begin{aligned} y(t) &= u'(t-1) + v'(t-1) + e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} y(t-1) - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} u'(t-2) - \\ &\quad - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} v'(t-2) = \\ &= e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} y(t-1) + \left(1 - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} q^{-1}\right) u'(t-1) + \\ &\quad + \left(1 - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} q^{-1}\right) v'(t-1) \end{aligned} \quad (5)$$

(2) \Rightarrow

$$1 - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} q^{-1} = \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} \quad (6)$$

(5) och (6) \Rightarrow

$$\begin{aligned}
 y(t) &= e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} y(t-1) + \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} u'(t-1) + \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} v'(t-1) = \\
 &= e(t) + \frac{1}{C^*(q^{-1})} (G_{n-1}^*(q^{-1}) y(t-1) + D^*(q^{-1}) u'(t-1) + \\
 &\qquad\qquad\qquad + D^*(q^{-1}) v'(t-1))
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 Ey^2(t) &= Ee^2(t) + E \left(\frac{1}{C^*(q^{-1})} (G_{n-1}^*(q^{-1}) y(t-1) + D^*(q^{-1}) u'(t-1) + \right. \\
 &\qquad\qquad\qquad \left. + D^*(q^{-1}) v'(t-1)) \right)^2
 \end{aligned}$$

$$Ey^2(t) \geq \sigma^2$$

Likhet inträffar då

$$G_{n-1}^*(q^{-1}) y(t-1) + D^*(q^{-1}) u'(t-1) + D^*(q^{-1}) v'(t-1) = 0$$

Minimalvariansstyrlagen blir

$$u'(t) = -\frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} y(t) - v'(t)$$

Den minimala variansen ges av

$$\text{Min} Ey^2(t) = \sigma^2$$

Vi skriver minimalvariansstyrlagen som

$$u'(t) = -G_{n-1}^*(q^{-1}) y(t) - (D^*(q^{-1}) - 1) u'(t) - (D^*(q^{-1}) - 1) v'(t) - v'(t)$$

För att bestämma $G_{n-1}^*(q^{-1})$ användes identiteten (2).

För $nc=nd$ erhålles

$$c_1 = d_1 + g_0$$

$$c_2 = d_2 + g_1$$

\vdots

$$c_{nc} = d_{nd} + g_{n-1}$$

Den enda skillnaden från vanlig minimalvariansstyrning (3) är, att vi har en framkoppling från $v(t)$.

För systemet

$$y(t) = u'(t-1) + v'(t-1) + \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

ges minimalvariansstyrningen av

$$u'(t) + v'(t) = -\frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} y(t)$$

dvs

$$u'(t) = -\frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} y(t) - v'(t)$$

2.2. Flera processer igång samtidigt.

Då en ny styrsignal skall beräknas, predikterar vi $w(t)$ och erhåller därigenom en minimalvariansstyrslag. Om $k-1$ processer är igång skall $w(t)$ predikteras k steg. Olika värden på k ger sålunda olika styrlagar.

$$y(t) = u'(t-1) + v'(t-1) + w(t) \quad (1)$$

$$w(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t) \quad (2)$$

Inför identiteten

$$C^*(q^{-1}) = D^*(q^{-1}) F_{k-1}^*(q^{-1}) + q^{-k} G_{n-1}^*(q^{-1}) \quad (3)$$

där

$$\begin{aligned} C^*(q^{-1}) &= 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc} \\ D^*(q^{-1}) &= 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd} \\ F_{k-1}^*(q^{-1}) &= 1 + f_1 q^{-1} + \dots + f_{k-1} q^{-k+1} \\ G_{n-1}^*(q^{-1}) &= g_0 + g_1 q^{-1} + \dots + g_{n-1} q^{-n+1}, \quad n = \max(nc, nd) \end{aligned}$$

(2) och (3) \Rightarrow

$$w(t) = F_{k-1}^*(q^{-1}) e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t-k) \quad (4)$$

(2) \Rightarrow

$$e(t-k) = \frac{D^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} w(t-k) \quad (5)$$

(4) och (5) \Rightarrow

$$w(t) = F_{k-1}^*(q^{-1}) e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} w(t-k) \quad (6)$$

(1) och (6) \Rightarrow

$$y(t) = u'(t-1) + v'(t-1) + F_{k-1}^*(q^{-1}) e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} w(t-k) \quad (7)$$

(1) \Rightarrow

$$w(t-k) = y(t-k) - u'(t-k-1) - v'(t-k-1) \quad (8)$$

(7) och (8) \Rightarrow

$$\begin{aligned}
y(t) &= u'(t-1) + v'(t-1) + F_{k-1}^*(q^{-1})e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}y(t-k) - \\
&\quad \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}u'(t-k-1) - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}v'(t-k-1) = \\
&= F_{k-1}^*(q^{-1})e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}y(t-k) + \left(1 - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}q^{-k}\right)u'(t-1) + \\
&\quad + \left(1 - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}q^{-k}\right)v'(t-1) \quad (9)
\end{aligned}$$

(3) \Rightarrow

$$1 - \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}q^{-k} = \frac{D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} \quad (10)$$

(9) och (10) \Rightarrow

$$\begin{aligned}
y(t) &= F_{k-1}^*(q^{-1})e(t) + \frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}y(t-k) + \frac{D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}u'(t-1) + \\
&\quad + \frac{D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})}v'(t-1) = \\
&= F_{k-1}^*(q^{-1})e(t) + \frac{1}{C^*(q^{-1})}(G_{n-1}^*(q^{-1})y(t-k) + \\
&\quad + D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})u'(t-1) + D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})v'(t-1)) \quad (11)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Ey^2(t) &= E(F_{k-1}^*(q^{-1})e(t))^2 + E\left(\frac{1}{C^*(q^{-1})}(G_{n-1}^*(q^{-1})y(t-k) + \right. \\
&\quad \left. + D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})u'(t-1) + D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})v'(t-1))\right)^2 \\
Ey^2(t) &\geq \sigma^2(1 + f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)
\end{aligned}$$

Likhet inträffar då

$$G_{n-1}^*(q^{-1})y(t-k) + D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})u'(t-1) + D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})v'(t-1) = 0$$

Minimalvariansstyrningen blir

$$u'(t) = -\frac{G_{n-1}^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1})}y(t-k+1) - v'(t)$$

Den minimala variansen ges av

$$\text{MinEy}^2(t) = \sigma^2 (1 + f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$$

Vi skriver minimalvariansstyrningen som

$$u'(t) = -G_{n-1}^*(q^{-1})y(t-k+1) - (D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1}) - 1)u'(t) - \\ - (D^*(q^{-1})F_{k-1}^*(q^{-1}) - 1)v'(t) - v'(t)$$

För att bestämma $G_{n-1}^*(q^{-1})$ och $F_{k-1}^*(q^{-1})$ användes identiteten (3).

För $nc=2$, $nd=2$ och $k=1, 2, 3, 4$ erhålles

$k=1$

$$1 + c_1 q^{-1} + c_2 q^{-2} = (1 + d_1 q^{-1} + d_2 q^{-2}) \cdot 1 + q^{-1} (g_0 + g_1 q^{-1})$$

$$1=1$$

$$c_1 = d_1 + g_0$$

$$c_2 = d_2 + g_1$$

$k=2$

$$1 + c_1 q^{-1} + c_2 q^{-2} = (1 + d_1 q^{-1} + d_2 q^{-2}) \cdot (1 + f_1 q^{-1}) + q^{-2} (g_0 + g_1 q^{-1})$$

$$1=1$$

$$c_1 = d_1 + f_1$$

$$c_2 = d_2 + d_1 f_1 + g_0$$

$$0 = d_2 f_1 + g_1$$

$k=3$

$$1 + c_1 q^{-1} + c_2 q^{-2} = (1 + d_1 q^{-1} + d_2 q^{-2}) \cdot (1 + f_1 q^{-1} + f_2 q^{-2}) + q^{-3} (g_0 + g_1 q^{-1})$$

$$1=1$$

$$c_1 = d_1 + f_1$$

$$c_2 = d_2 + d_1 f_1 + f_2$$

$$0 = d_2 f_1 + d_1 f_2 + g_0$$

$$0 = d_2 f_2 + g_1$$

k=4

$$1+c_1q^{-1}+c_2q^{-2}=(1+d_1q^{-1}+d_2q^{-2})\cdot(1+f_1q^{-1}+f_2q^{-2}+f_3q^{-3})+q^{-4}(g_0+g_1q^{-1})$$

$$1=1$$

$$c_1=d_1+f_1$$

$$c_2=d_2+d_1f_1+f_2$$

$$0=d_2f_1+d_1f_2+f_3$$

$$0=d_2f_2+d_1f_3+g_0$$

$$0=d_2f_3+g_1$$

3. IDENTIFIERINGSMETOD.

Vår modell är

$$y(t) = b_i u(t-1) + h_i v(t-1) + w(t)$$

där

$$w(t) = \frac{1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}}{1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd}} e(t) = \frac{C^*(q^{-1})}{D^*(q^{-1})} e(t)$$

och

$$i = 1, \dots, nk$$

Ekvationerna skrives som

$$y(t) = b_i u(t-1) + h_i v(t-1) + (C^*(q^{-1}) - 1)e(t) - (D^*(q^{-1}) - 1)w(t) + e(t)$$

$$w(t) = y(t) - b_i u(t-1) - h_i v(t-1)$$

$$e(t) = w(t) - (C^*(q^{-1}) - 1)e(t) + (D^*(q^{-1}) - 1)w(t)$$

Inför

$$b^T = (b_1, \dots, b_{nk})$$

$$h^T = (h_1, \dots, h_{nk})$$

$$c^T = (c_1, \dots, c_{nc})$$

$$d^T = (d_1, \dots, d_{nd})$$

$$\theta^T = (b^T \ h^T \ c^T \ -d^T)$$

$$u_{t-1} = (u_1(t-1), \dots, u_{nk}(t-1))$$

där

$$u_k(t-1) = \begin{cases} 0 & \text{för } k \neq i \\ u(t-1) & \text{för } k = i \end{cases}$$

$$v_{t-1} = (v_1(t-1), \dots, v_{nk}(t-1))$$

där

$$v_k(t-1) = \begin{cases} 0 & \text{för } k \neq i \\ v(t-1) & \text{för } k = i \end{cases}$$

$$e_{t-1} = (e(t-1), \dots, e(t-nc))$$

$$w_{t-1} = (w(t-1), \dots, w(t-nd))$$

$$\Psi_t = (u_{t-1} \ v_{t-1} \ e_{t-1} \ w_{t-1})$$

Det gäller då att

$$y(t) = \varphi_t^T \theta + e(t)$$

$$w(t) = y(t) - (u_{t-1} \ v_{t-1}) \begin{bmatrix} b \\ h \end{bmatrix}$$

$$e(t) = w(t) - (e_{t-1} \ w_{t-1}) \begin{bmatrix} c \\ -d \end{bmatrix}$$

Vi skall nu skatta våra parametrar med utvidgade minsta kvadratmetoden (1).

De rekursiva beräkningarna skall i vårt fall följa följande schema

$$\theta_{t-1}^T = (b_{t-1}^T \ h_{t-1}^T \ c_{t-1}^T \ -d_{t-1}^T)$$

$$\varphi_t = (u_{t-1} \ v_{t-1} \ e_{t-1} \ w_{t-1})$$

$$\theta_t = \theta_{t-1} + P_{t-1} \varphi_t^T (1 + \varphi_t^T P_{t-1} \varphi_t)^{-1} (y(t) - \varphi_t^T \theta_{t-1})$$

$$P_t = \frac{1}{\lambda} (P_{t-1} - P_{t-1} \varphi_t^T (1 + \varphi_t^T P_{t-1} \varphi_t)^{-1} \varphi_t P_{t-1})$$

$$w(t) = y(t) - (u_{t-1} \ v_{t-1}) \begin{bmatrix} b_t \\ h_t \end{bmatrix}$$

$$e(t) = w(t) - (e_{t-1} \ w_{t-1}) \begin{bmatrix} c_t \\ -d_t \end{bmatrix}$$

Initialt sättes $P = a \cdot I$, där I är enhetsmatrisen, och a är ett stort tal. Faktorn λ (glömskefaktorn) anger hur starkt nya värden skall viktas i förhållande till gamla.

4. SIMULERINGSPROGRAMMET.

För simuleringen användes simuleringsprogrammet SIMNON (2). Uppbyggnaden av programmet visas i figur 2. För de olika delarna redogöres nedan. Motsvarande programbeteckningar anges efter tidigare införda beteckningar.

NOISE

Insignaler : saknas

Utsignaler : $e(t) - E1(\text{NOISE})$

$e(t) - E2(\text{NOISE})$

Funktion : Genererar två utsignaler som är $N(0, \sigma)$.

FLIS

Insignaler : $e(t) - EI(\text{FLIS})$

Utsignaler : $w(t) - EO(\text{FLIS})$

Funktion : Den gemensamma störningen $w(t)$ bildas här.

MODEL

Insignaler : $u(t-1) - UI(\text{MODEL})$

$v(t-1) - VI(\text{MODEL})$

$w(t) - EI(\text{MODEL})$

Utsignaler : $y(t) - YO(\text{MODEL})$

Funktion : Satsprocesserna finns här.

RTEST

Insignaler : $y(t) - YI(\text{RTEST})$

Utsignaler : $y(t) - YO(\text{RTEST})$

Funktion : Identifieringen göres här.

LUT

Insignaler : $e(t) - EI(\text{LUT})$

Utsignaler : $v(t) - VO(\text{LUT})$

Funktion : Bildar den givna insignalen till processerna. Den kan vara

1. $v(t) - VO(\text{LUT}) = A$

2. $v(t) - VO(\text{LUT}) = e(t) - EI(\text{LUT})$ som är $N(0, \sigma)$

3. $v(t) - VO(LUT) = A$ med perioden PER

A och PER är konstanter.

BMV

Insignaler : $v(t) - VI(BMV)$

$y(t) - YI(BMV)$

Utsignaler : $u(t) - UO(BMV)$

$v(t) - VO(BMV)$

Funktion : Två fall särskiljes

1. Minimalvariansstyrning.

$u(t) - UO(BMV)$ beräknas med minimalvariansstyrningen

$v(t) - VO(BMV) = v(t) - VI(BMV)$, dvs samma signal som LUT genererar

2. Identifiering.

$u(t) - UO(BMV) = v(t) - VI(BMV)$

$$v(t) - VO(BMV) = AB \frac{1 + CBq^{-1}}{1 + DBq^{-1}} v(t) - VI(BMV)$$

AB, CB och DB är konstanter.

Variabler, som skall vara tillgängliga i olika delar, samt index, för att ange vilken process som avses, har lagts i COMMON-block.

Två program med samma struktur har användts.

1. Mätning innan reglering.

$nk \leq 4$, $nc \leq 4$ och $nd \leq 4$.

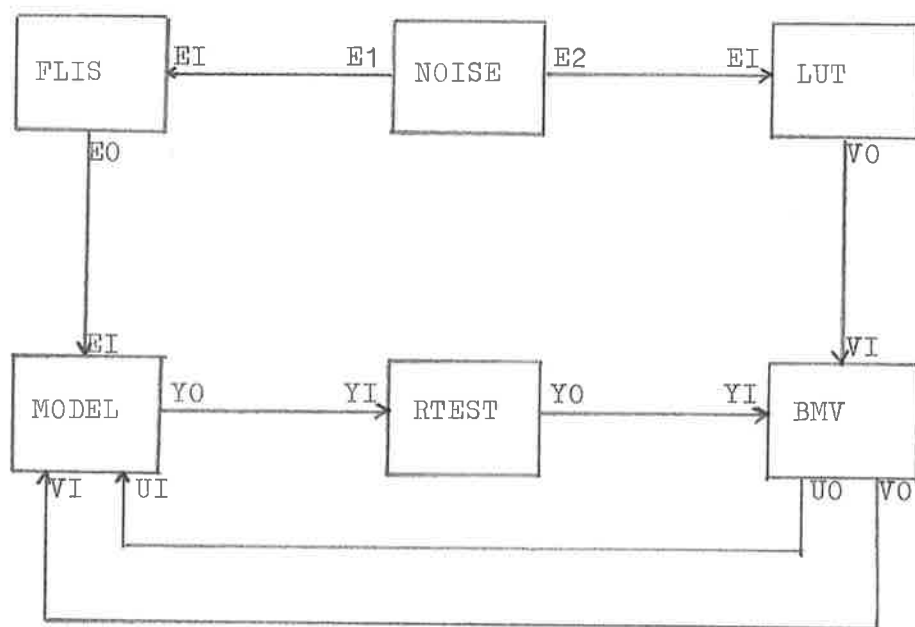
BMV innehåller endast en regulator.

2. Flera processer igång samtidigt.

$nk \leq 4$, $nc \leq 2$ och $nd \leq 2$.

BMV innehåller fyra olika regulatorer samt vektorer, där beräknade utsignaler temporärt lagras. Vektorerna behövs för att simulera flera processer igång samtidigt.

FLIS, MODEL, RTEST, LUT, BMV samt det sammankopplande systemet TOT, för de båda programmen, återfinnes i appendix.



Figur 2. Uppbyggnaden av simuleringsprogrammet.

5. SIMULERINGSRISULTAT.

Vi undersöker följande system

Process 1:

$$y(t) = 2,00u(t-1) + 3,00v(t-1) + w(t)$$

Process 2:

$$y(t) = 3,00u(t-1) + 2,00v(t-1) + w(t)$$

Process 3:

$$y(t) = 3,00u(t-1) + 2,50v(t-1) + w(t)$$

Process 4:

$$y(t) = 2,50u(t-1) + 3,00v(t-1) + w(t)$$

där

I

$$w(t) = \frac{1 - 0,20q^{-1}}{1 - 0,80q^{-1}} e(t)$$

II

$$w(t) = \frac{1 + 0,50q^{-1}}{1 - 1,40q^{-1} + 0,50q^{-2}} e(t)$$

III

$$w(t) = \frac{1}{1 - 0,95q^{-1}} e(t)$$

IV

$$w(t) = \frac{1 + 0,50q^{-1}}{1 - 0,50q^{-1} - 0,16q^{-2} + 0,08q^{-3}} e(t)$$

Vi önskar nu skatta parametrarna i vår modell

Process 1:

$$y(t) = b_1 u(t-1) + h_1 v(t-1) + w(t)$$

Process 2:

$$y(t) = b_2 u(t-1) + h_2 v(t-1) + w(t)$$

Process 3:

$$y(t) = b_3 u(t-1) + h_3 v(t-1) + w(t)$$

Process 4:

$$y(t) = b_4 u(t-1) + h_4 v(t-1) + w(t)$$

där

$$w(t) = \frac{1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}}{1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{nd} q^{-nd}} e(t)$$

samt, då $e(t)$ är $N(0,1)$, och $v(t)$ är given, beräkna $u(t)$ med minimalvariansstyrningen, dvs så att $\sum_0^t y^2(t)$ blir så liten som möjligt.

5.1. Mätning innan reglering.

Vi skall köra dels endast process 1 dels alla 4 processerna i ordningsföljden 123412341234... .

5.1.1. Identifiering.

$e(t)$ är $N(0,1)$

$u(t)$ är $N(0,A)$

$$v(t) = \frac{1}{1+0,50q^{-1}} u(t)$$

Initialt sättes $P=a \cdot I$, där I är enhetsmatrisen och $a=1000000$.

Glömskefaktorn $\lambda=1$. Då a är stor, varierar parameterskattningarna kraftigt i början. Detta medför att initialvärdena inte behöver vara nära de rätta.

För att samtliga parametrar skall skattas bra, skall bidraget till utsignalen $y(t)$ vara ungefär lika stort från insignalerna $u(t-1)$, $v(t-1)$ och $e(t)$ respektive. $A=1$ ger bra resultat.

Figurerna 3 och 4 visar skattningarna för 1 process resp.

4 processer i fall I.

För figurerna gäller: BI1-BI4, HI1-HI4, CI1 och DI1 är initialvärden; B1-B4, H1-H4, C1 och D1 är skattningar; $A=a$.

5.1.2. Identifiering och styrning.

$e(t)$ är $N(0,1)$

$u(t)$ beräknas med minimalvariansstyrningen och begränsas till ± 10

$$v(t) = \begin{cases} (a) & 1 \\ (b) & \pm 1 \text{ med perioden } 10 \end{cases}$$

$\sum_{51}^t y^2(t)$ i jämförelse med $\sum_{51}^t e^2(t)$ utgör ett mått på styrningen.

$\sum_0^{50} y^2(t)$ jämfört med $\sum_0^{50} e^2(t)$ anger den transienta egenskapen.

Genomgående erhålles bättre skattningar och styrning, då $v(t)$ varierar, än när $v(t)$ är konstant.

Figurerna 5, 6, 7 och 8 visar skattningarna, och figur 9 visar

$\sum_0^t y^2(t)$ och $\sum_0^t e^2(t)$, då vi kör 4 processer i fall IV.

För figurerna gäller: BI1-BI4, HI1-HI4, CI1 och DI1-DI3 är initialvärden; B1-B4, H1-H4, C1 och D1-D3 är skattningar; $VARY = \sum_0^{1000} y^2(t)$, $VARY1 = \sum_0^{50} y^2(t)$, $VARY2 = \sum_1^{1000} y^2(t)$, $VARE = \sum_0^{1000} e^2(t)$, $VARE1 = \sum_0^{50} e^2(t)$, $VARE2 = \sum_1^{1000} e^2(t)$; $A=a$.

Enligt figur 9 erhålles i början av simuleringen en stor transient. $u(t)$ stöter i begränsningen ca 5 gånger, och $y(t)$ blir då stor. För $t > 20$ är $\sum_0^t y^2(t)$ och $\sum_0^t e^2(t)$ nästan parallella, vilket motsvarar bra styrning.

I fall II varierar $w(t)$ mycket snabbt, och styrningen blir dålig. Startar vi i fall III med initialvärden, enligt figur 10, blir $d_1 \approx 0$ i början av simuleringen och har sedan "svårt att komma bort från nollan". Styrningen fungerar inte alls. Ändrar vi nu initialvärdet d_1 , enligt figur 11, "hittar d_1 aldrig nollan", och styrningen fungerar bra.

Om a är liten, kan transienten, dvs $\sum_0^{50} y^2(t)$, minskas betydligt. Då a är liten, konvergerar skattningarna långsamt, och de behöver vara nära de rätta värdena från början.

Figurerna 12 och 13 visar skattningarna för dåliga resp. bra initialvärden, då $a=1$.

Sättes $\lambda = 0,99 + 0,01(1 - \exp(-t/100))$ snabbas skattningen upp något.

För b- och h-skattningarna gäller att de snabbt svänger in sig så att

$$b_1 : h_1 = 0,68$$

$$b_2 : h_2 = 1,50$$

$$b_3 : h_3 = 1,20$$

$$b_4 : h_4 = 0,80$$

även om de konvergerar långsamt mot de rätta parametervärdena.

5.2. Flera processer igång samtidigt.

Vi kör alla fyra processerna och har 0, 1, 2 eller 3 processer igång, då vi startar nästa, dvs $k=1, 2, 3$ eller 4.

$e(t)$ är $N(0,1)$

$u(t)$ beräknas med den minimalvariansstyrning, som gäller för aktuellt k , och begränsas till ± 10 .

$v(t) = \pm 1$ med perioden 10

Ett mått på styrningen blir $\sum_{s_1}^t y^2(t)$ jämfört med $\sum_{s_1}^t e^2(t) \cdot (1 + f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$.

f_1, \dots, f_{k-1} erhålles genom identiteten

$$C^*(q^{-1}) = D^*(q^{-1}) F_{k-1}^*(q^{-1}) + q^{-k} G_{n-1}^*(q^{-1})$$

där

$$C^*(q^{-1}) = 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{n_c} q^{-n_c}$$

$$D^*(q^{-1}) = 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{n_d} q^{-n_d}$$

$$F_{k-1}^*(q^{-1}) = 1 + f_1 q^{-1} + \dots + f_{k-1} q^{-k+1}$$

$$G_{n-1}^*(q^{-1}) = g_0 + g_1 q^{-1} + \dots + g_{n-1} q^{-n+1}, \quad n = \max(n_c, n_d)$$

I

$$C^*(q^{-1})=1-0,20q^{-1}$$

$$D^*(q^{-1})=1-0,80q^{-1}$$

k=1

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1$$

k=2

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+0,60q^{-1}$$

$$1+f_1^2=1+0,36=1,36$$

k=3

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+0,60q^{-1}+0,48q^{-2}$$

$$1+f_1^2+f_2^2=1+0,36+0,2304=1,5904 \approx 1,59$$

k=4

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+0,60q^{-1}+0,48q^{-2}+0,384q^{-3}$$

$$1+f_1^2+f_2^2+f_3^2=1+0,36+0,2304+0,147456=1,737856 \approx 1,74$$

II

$$C^*(q^{-1})=1+0,50q^{-1}$$

$$D^*(q^{-1})=1-1,40q^{-1}+0,50q^{-2}$$

k=1

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1$$

k=2

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+1,90q^{-1}$$

$$1+f_1^2=1+3,61=4,61$$

k=3

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+1,90q^{-1}+2,16q^{-2}$$

$$1+f_1^2+f_2^2=1+3,61+4,6656=9,2756\approx 9,28$$

k=4

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+1,90q^{-1}+2,16q^{-2}+1,2964q^{-3}$$

$$1+f_1^2+f_2^2+f_3^2=1+3,61+4,6656+1,679616=10,95216\approx 10,96$$

III

$$C^*(q^{-1})=1$$

$$D^*(q^{-1})=1-0,95q^{-1}$$

k=1

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1$$

k=2

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+0,95q^{-1}$$

$$1+f_1^2=1+0,9025=1,9025 \approx 1,90$$

k=3

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+0,95q^{-1}+0,95^2q^{-2}$$

$$1+f_1^2+f_2^2=1+0,9025+0,814506=2,717006 \approx 2,72$$

k=4

$$F_{k-1}^*(q^{-1})=1+0,95q^{-1}+0,95^2q^{-2}+0,95^3q^{-3}$$

$$1+f_1^2+f_2^2+f_3^2=1+0,9025+0,814506+0,735092=3,452098 \approx 3,45$$

Skattningarna och summorna ges i tabellerna 1, 2 och 3.

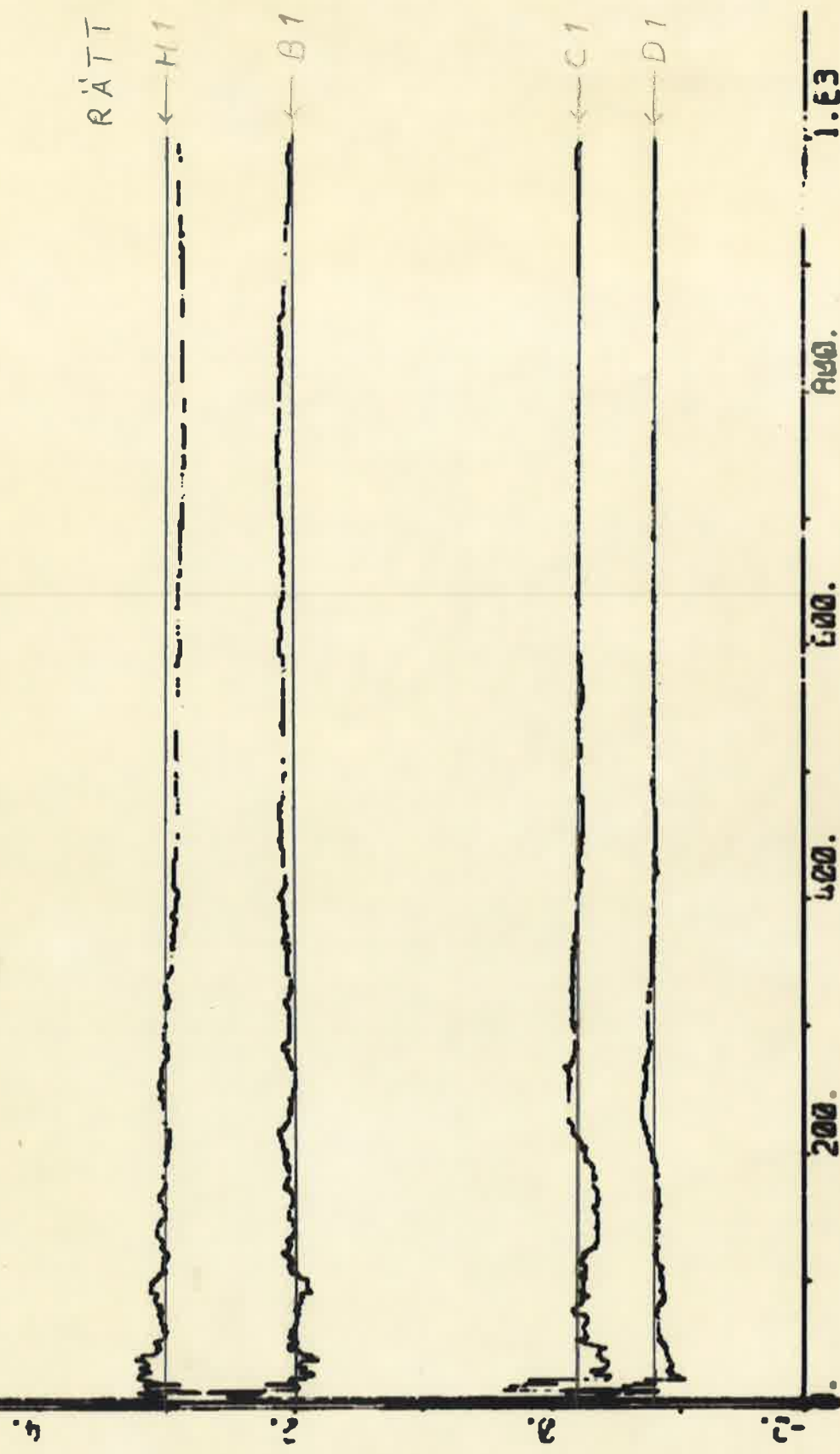
För I och III erhålles bra resultat (med undantag för I och $k=2$).

Med den snabba störningen II fungerar styrningen dåligt.

I fall I och $k=2$ "hittar d_1 nollan", och c_1 konvergerar mot fel värde. Se figur 14. Om vi har bra initialvärden och $a=1$, konvergerar d_1 och c_1 mot rätt värden. Styrningen blir nu bra och transienten liten. Se figur 15.

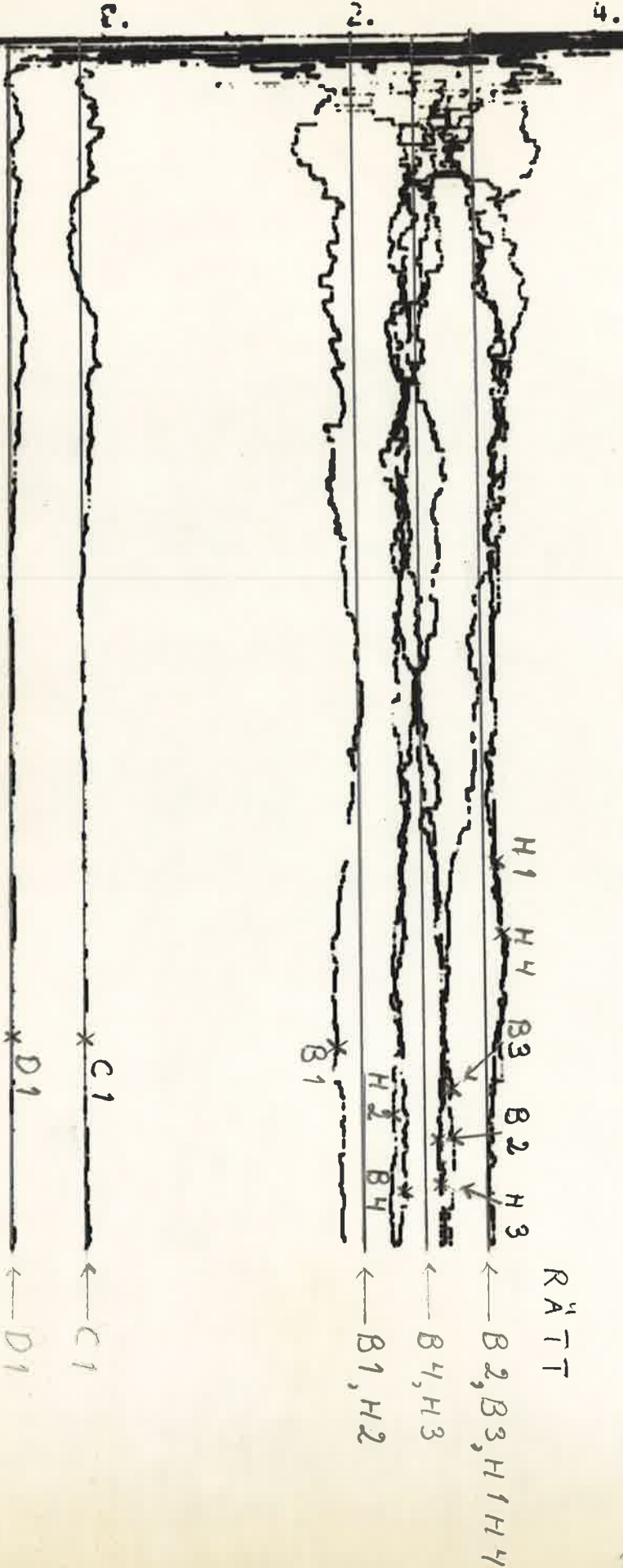
Slutligen låter vi process 3 vara periodiskt bortkopplad halva tiden, dvs den står stilla då $t=51-100, 151-200, \dots$. Se tabell 4. Styrningen blir fortfarande bra. Jämför med att en kokare behöver repareras och därför tillfälligt tas ur produktionen.

PLOT B1 H1 C1 D1
 B11:5. H11:5. C11:0. D11:-0.6
 B1:2.062 H1:2.941 C1:-0.2042 D1:-0.0003
 A:1.E6



200. 600. 1.E3
 Aug. I. E3
 Figur 3. 1. process i fall I.

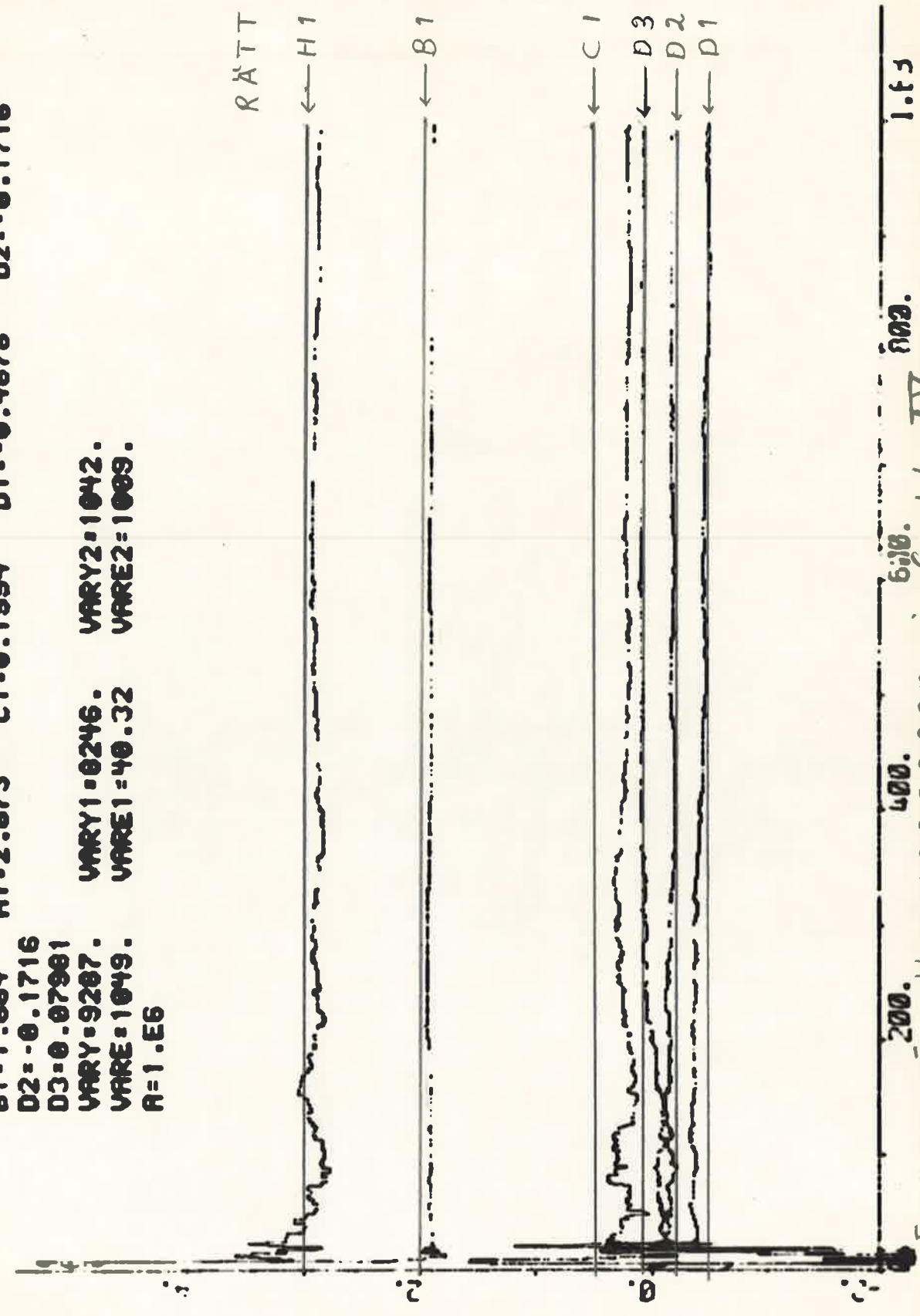
PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 C1 D1
 B11.5. H11.5. B12.5. H12.5. B13.5. H13.5.
 B14.5. H14.5. C11.0. D11.-0.6
 B1.1.907 H1.3.113 B2.2.7 H2.2.317 B3.2.705
 H3.2.712 B4.2.358 H4.3.136 C1.-0.197 D1.-0.004
 A.1.E6



200. 400. 600. 800. 1.03
 Figure 4. 4 processor & fall 1 I. R.W.

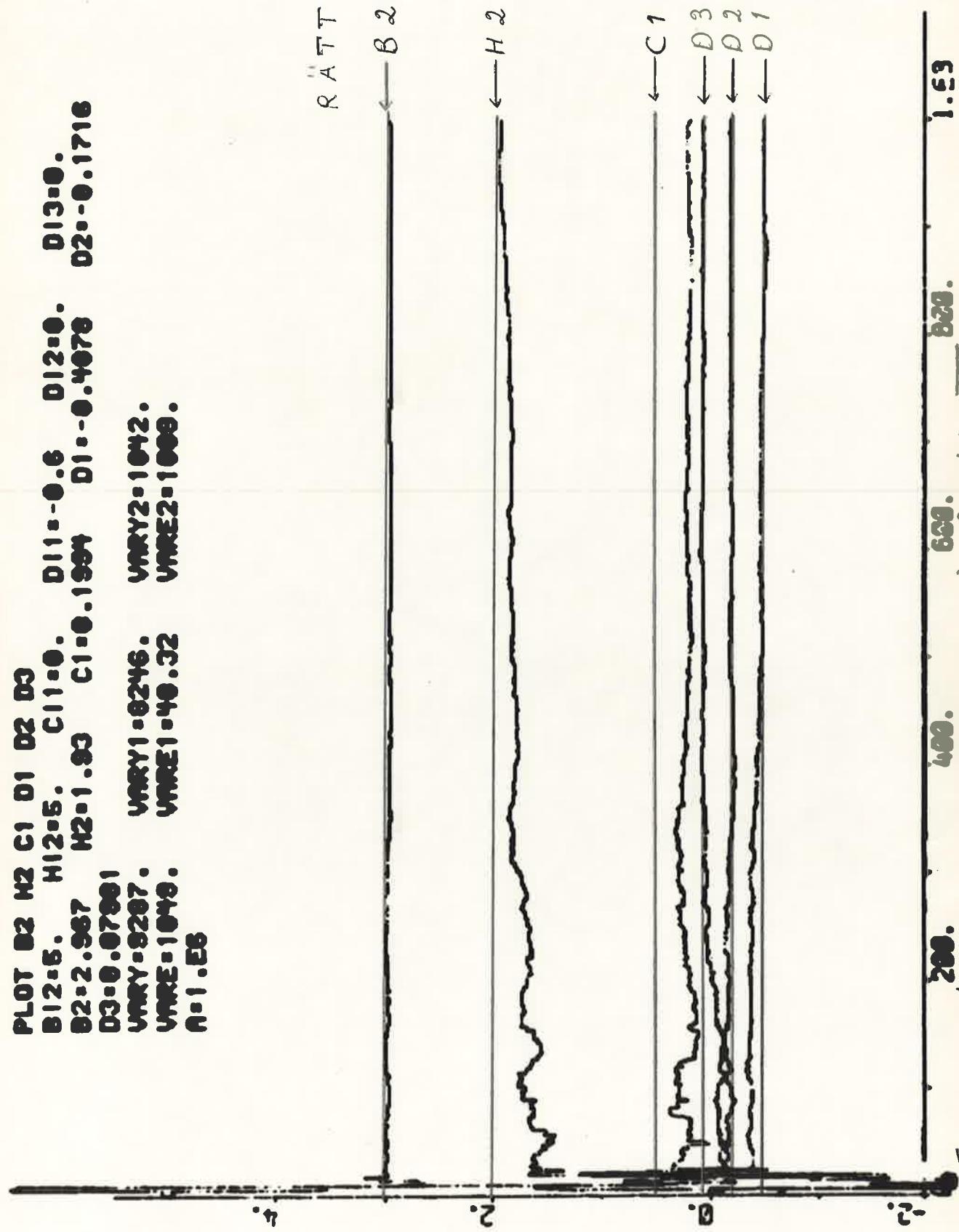
PLOT B1 H1 C1 D1 D2 D3
 B11=5. H11=5. C11=0. D11=-0.6 D12=0. D13=0.
 B1=1.884 H1=2.873 C1=0.1994 D1=-0.4878 D2=-0.1716
 D2=-0.1716
 D3=0.07981
 VARY=9287. VARY1=0246. VARY2=1042.
 VARE=1049. VARE1=40.32 VARE2=1009.
 A=1.E6

RÄTT



Figur 5. 200. 4 processer i fall IV. 600. 800. 1.f3

PLOT B2 H2 C1 D1 D2 D3
 B12=5. H12=5. C11=0. D11=-0.6 D12=0. D13=0.
 B2=2.967 H2=1.93 C1=0.1994 D1=-0.4078 D2=-0.1716
 D3=0.07881
 VARY1=0246. VARY2=1042.
 VARE1=1049. VARE2=1000.
 A=1.56



1.53

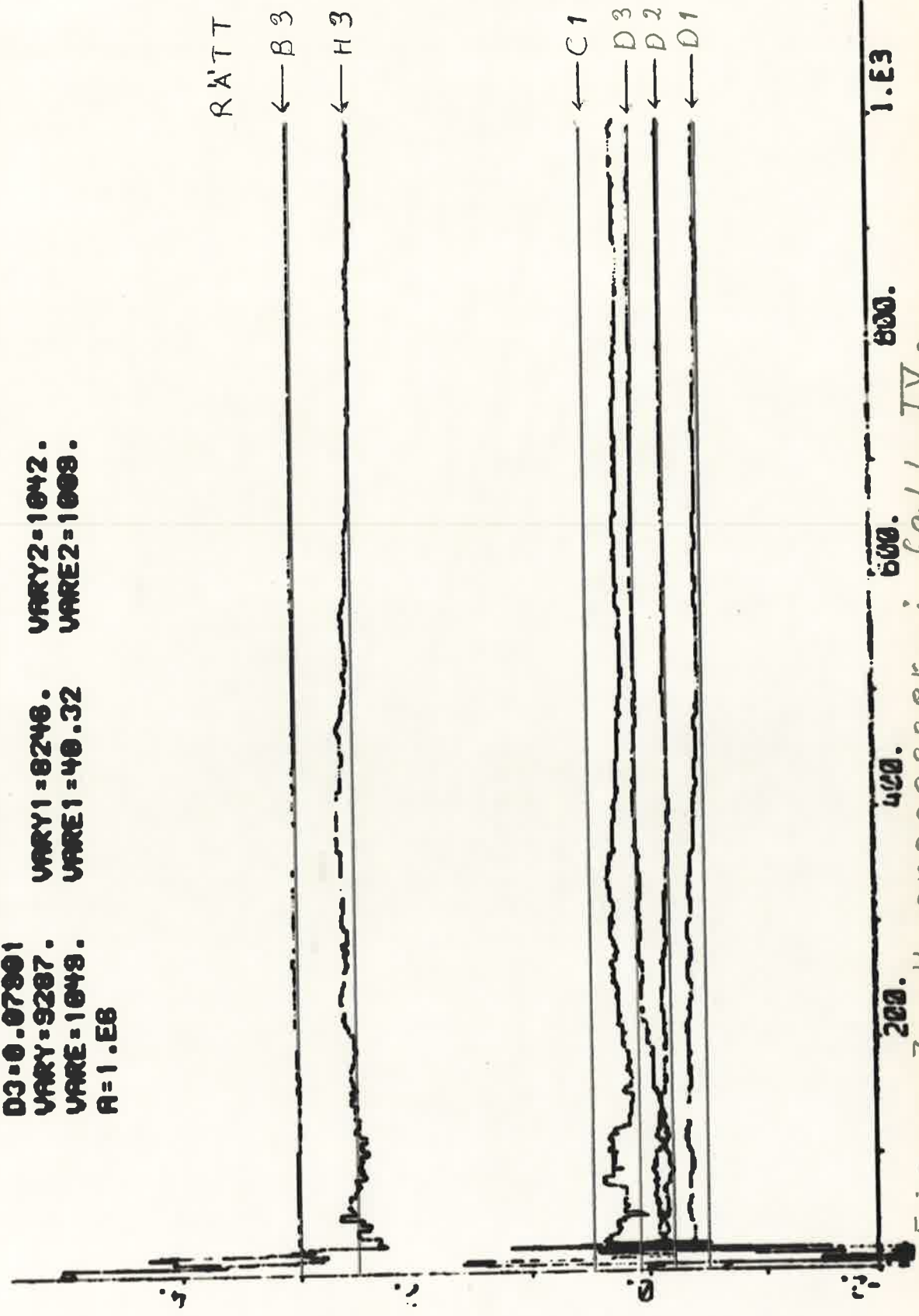
620. 820.

400.

200.

Figur 6. 4 processer i fall IV.

PLOT B3 H3 C1 D1 D2 D3
 B13:5. H13:5. C11:0. D11:-0.6 D12:0. D13:0.
 B3:3.019 H3:2.484 C1:0.1894 D1:-0.4878 D2:-0.1716
 D3:0.07801 VARY1:8246. VARY2:1042.
 VARY:9287. VARE1:40.32 VARE2:1008.
 VARE:1049. A=1.E6



1.E6

600.

400.

200.

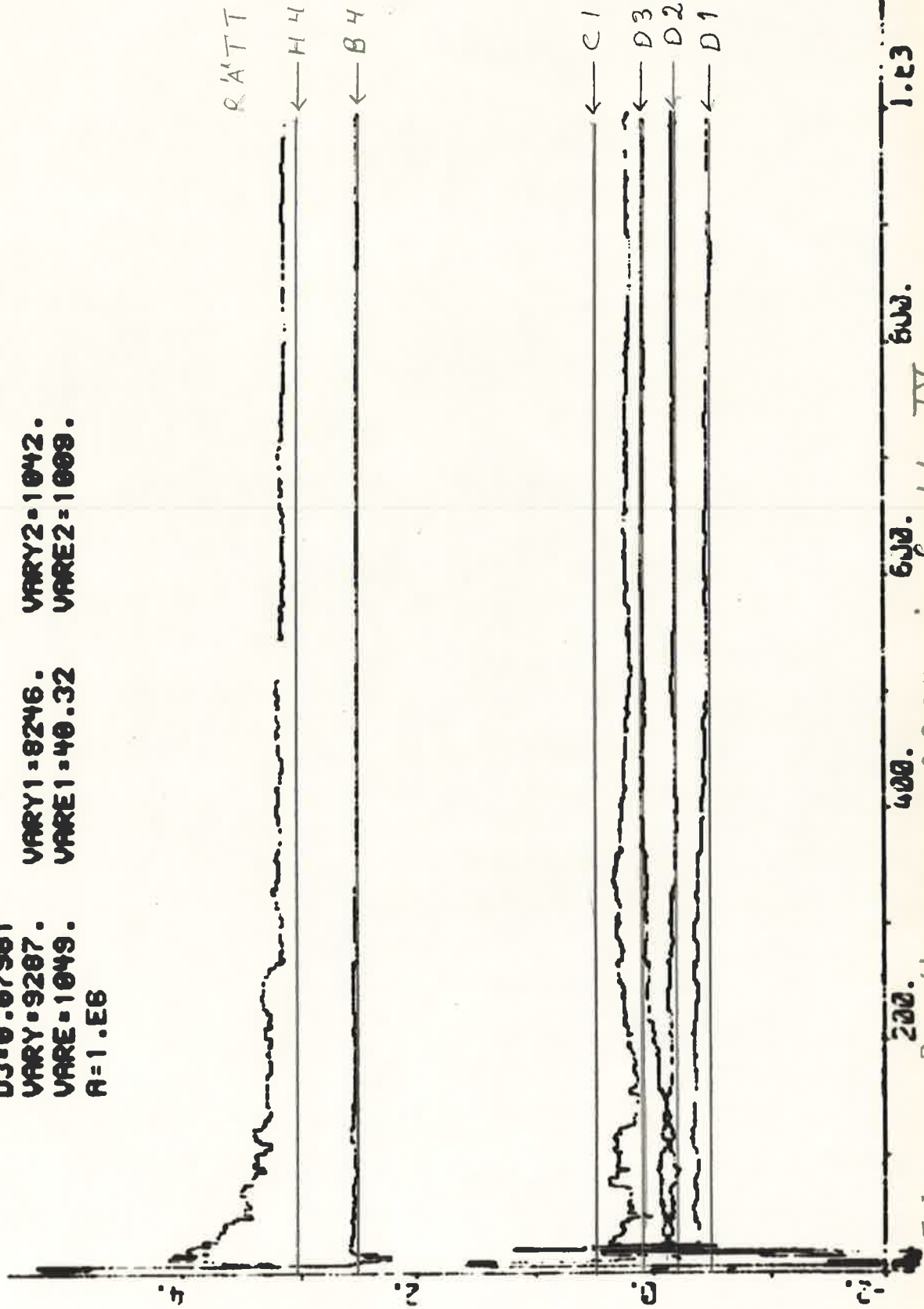
1

2

3

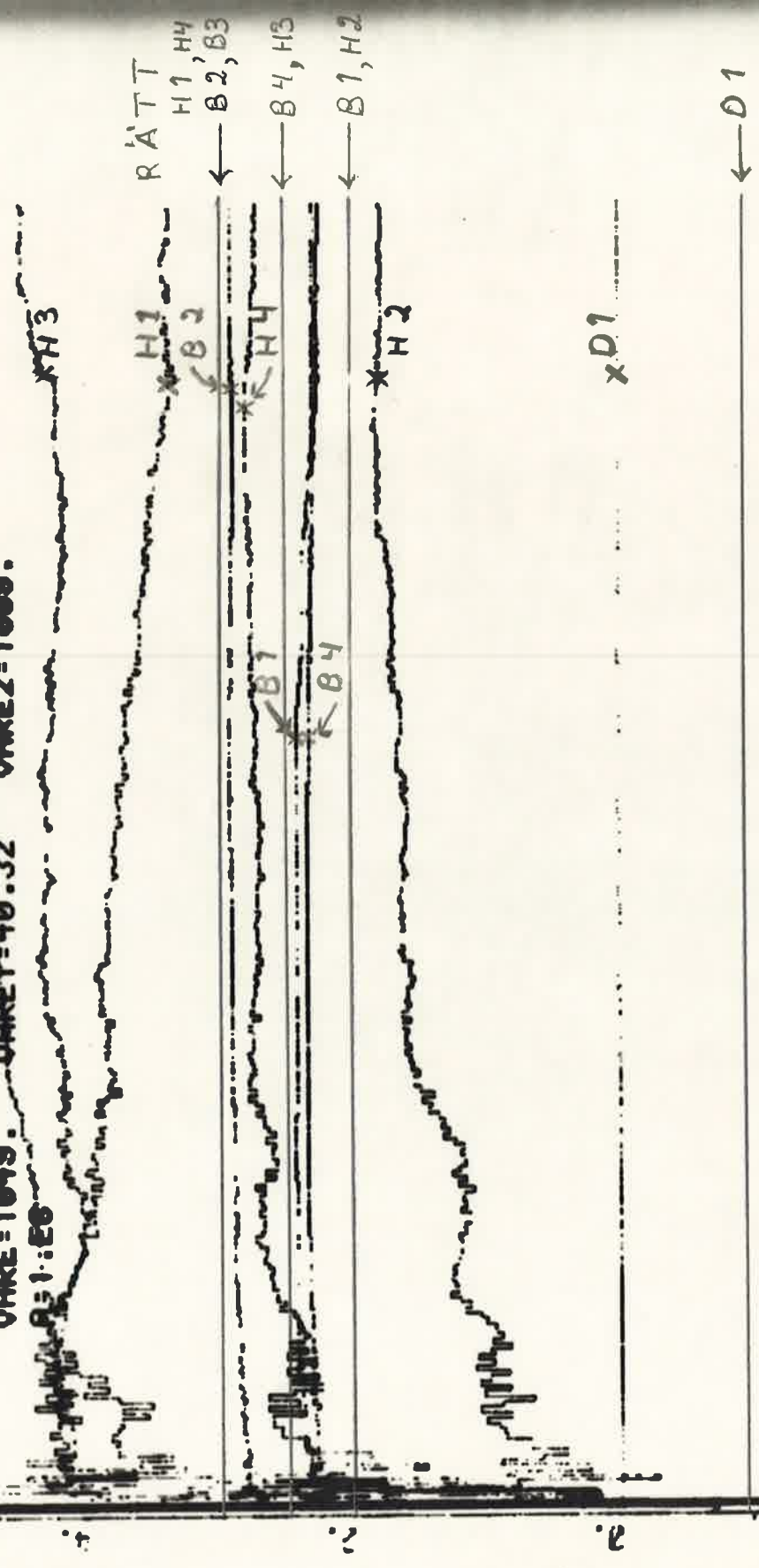
Figur 7. 4 processor i fall IV.

PLOT B4 H4 C1 D1 D2 D3
 B14=5. H14=5. C11=0. D11=-0.6 D12=0. D13=0.
 B4=2.511 H4=3.123 C1=0.1994 D1=-0.4678 D2=-0.1716
 D3=0.07981
 VARY=9287. VARY1=8246. VARY2=1042.
 VARE=1049. VARE1=40.32 VARE2=1009.
 A=1.E6



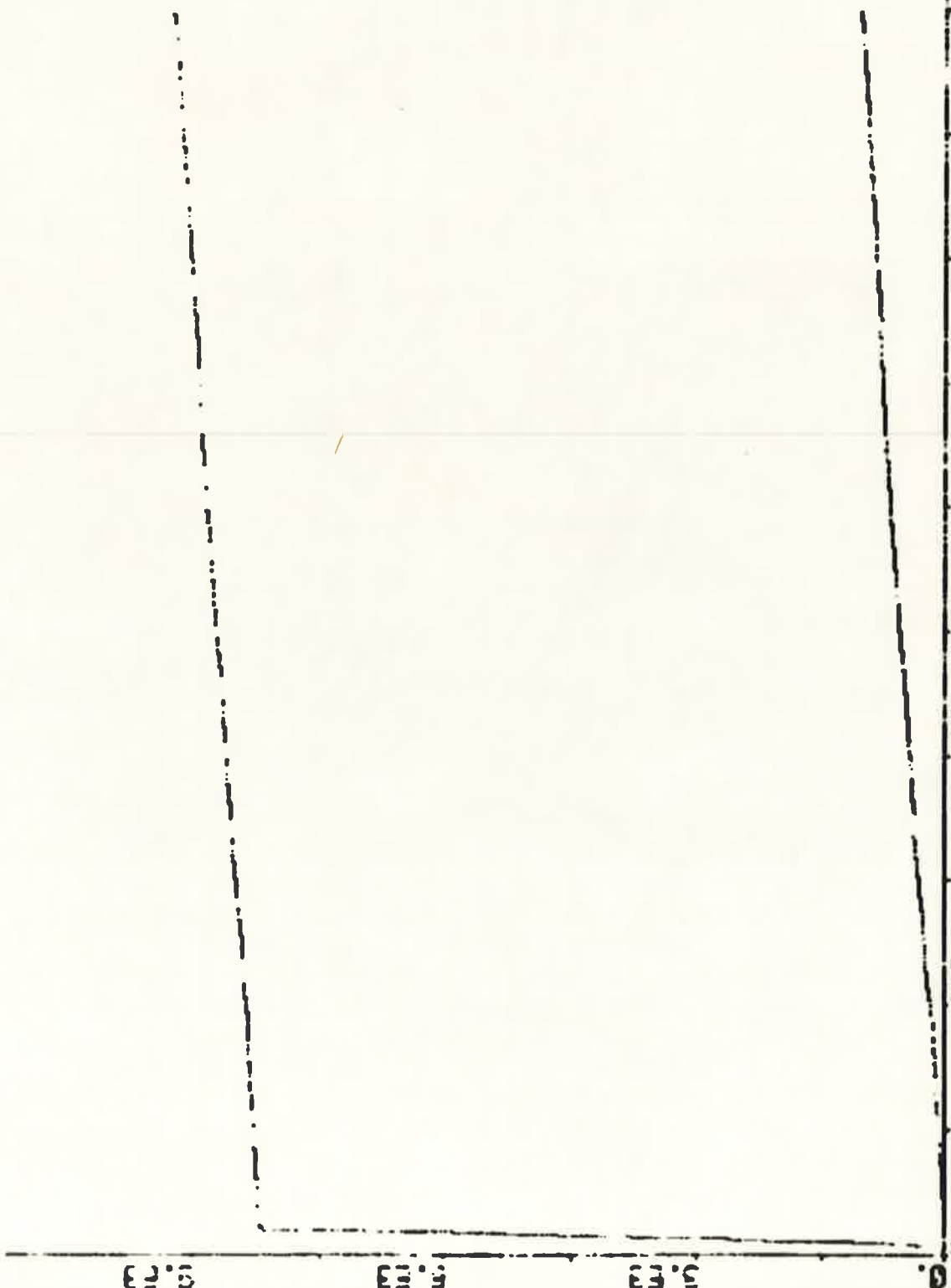
Figur 8. 4 processor i fall IV. 600. 400. 1.E3

PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 D1
 B11:5. H11:5. B12:5. H12:5. B13:5. H13:5.
 B14:5. H14:5. D11:-0.6
 B1:2.264 H1:3.432 B2:2.921 H2:1.792 B3:5.328
 H3:4.514 B4:2.288 H4:2.733 D1:-0.01061 *B3
 VARY:1.458E4 VARY1:4196. VARY2:1.030E4
 VARE:1049. VARE1:40.32 VARE2:1000.



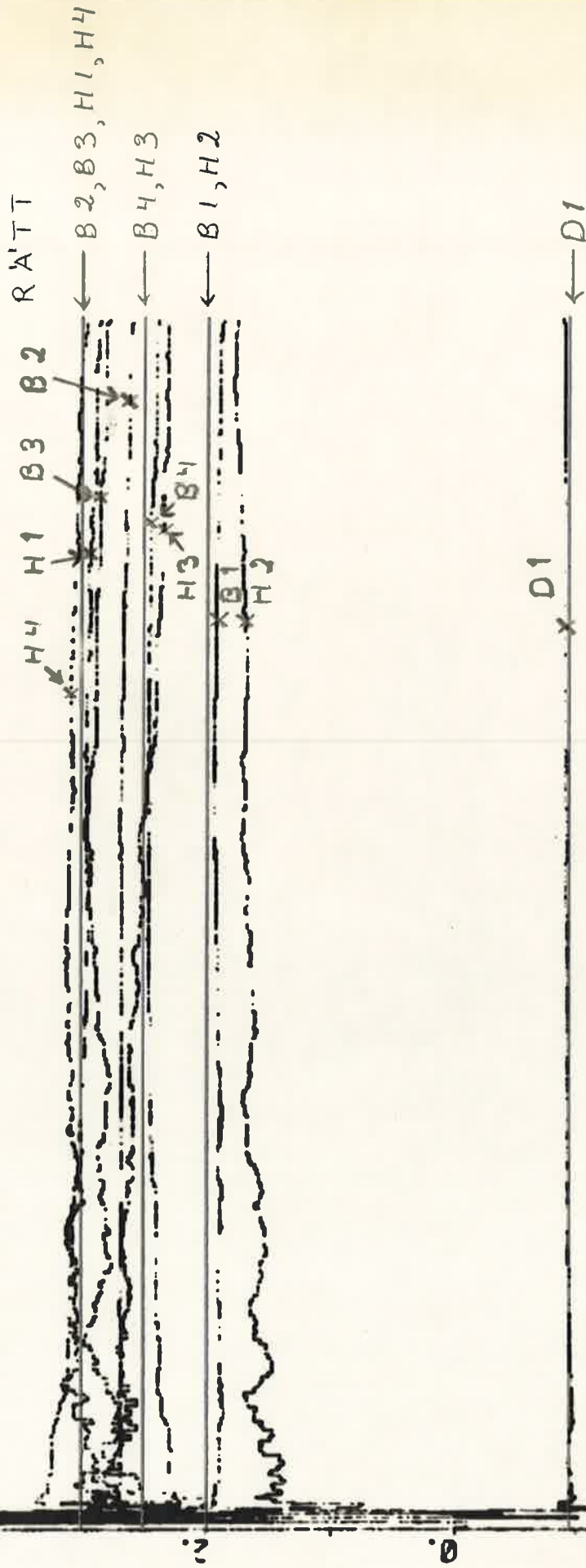
200. 400. 600. 800. 1000. 1.E3
 Figur 10. 4 processor i fall III.

PLOT VARY VAR2
 VARY=9287. VARY1=6246. VARY2=1042.
 VAR2=1049. VAR21=40.32 VAR22=1000.



2. Figur 9.4 processor i fall IV. ^{400.} ^{600.} ^{800.} ^{1.000.}

PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 D1
 B11=5. H11=5. B12=5. H12=5. B13=5. H13=5.
 B14=5. H14=5. D11=0.
 B1=1.079 H1=2.006 B2=2.628 H2=1.756 B3=2.019
 H3=2.326 B4=2.412 H4=2.996 D1=-0.9156
 VARY=5004. VARY1=3003. VARY2=1121.
 VARE=1049. VARE1=40.32 VARE2=1009.
 A=1.E6



200. 100. 1.63
 Figure 11. 4 processor i fall III.

PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 D1
 B11=5. H11=5. B12=5. H12=5. B13=5. H13=5.
 B14=5. H14=5. D1=0.
 B1=3.534 H1=5.297 B2=5.315 H2=3.312 B3=5.183 H3=5.183
 H4=4.207 H1=5.163 H2=5.526 D1=0.9753
 VARY1=1363. VARY2=1236.
 VARE1=1049. VARE2=1009.
 R=1.

RÄTT

← B2, B3, H1, H4

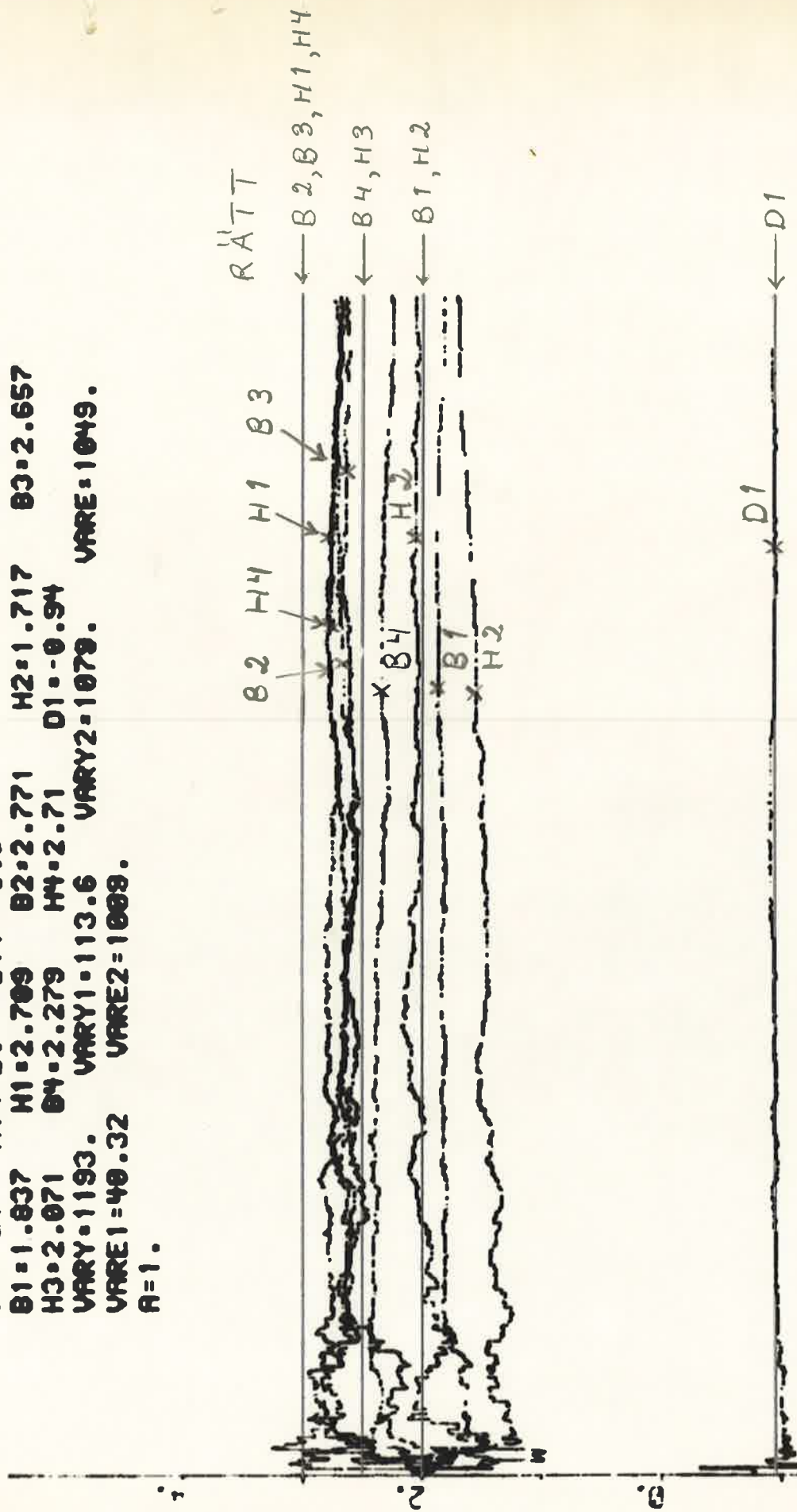
← B4, H3

← B1, H2

x D1 ← D1

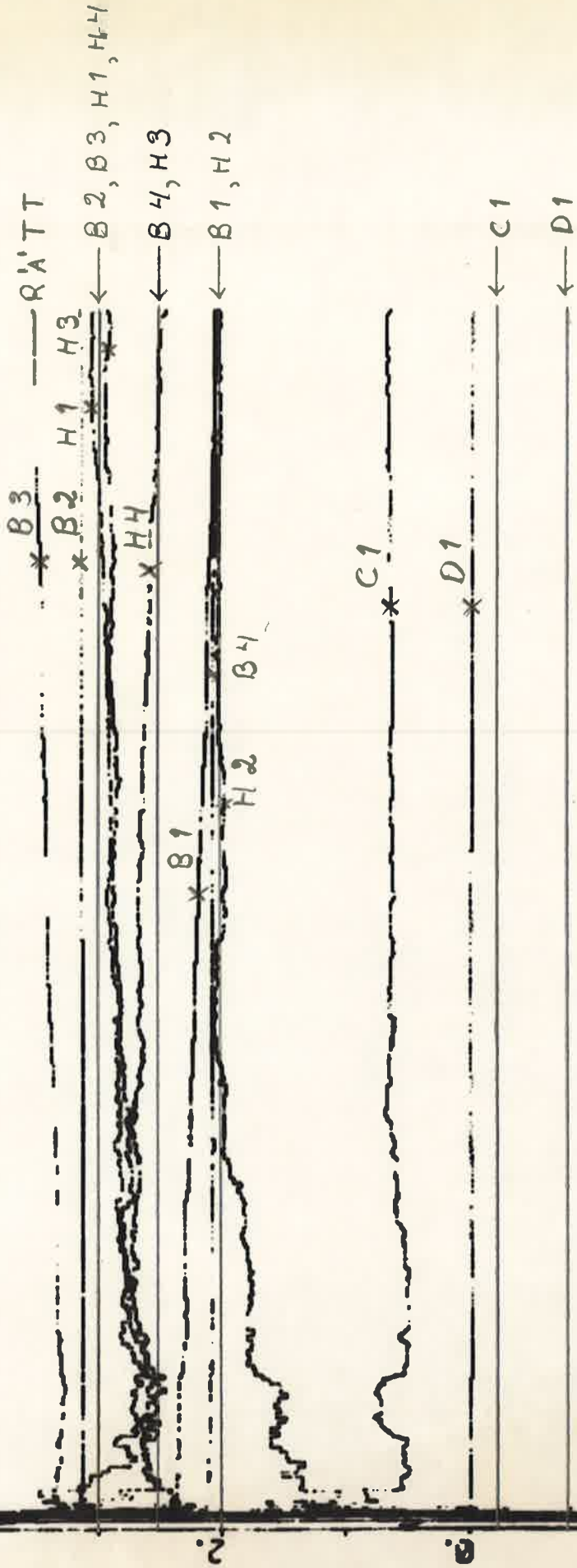
Figur 12. 4 processor i fall III. 1. E3

PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 D1
 B11=2. H11=2. B12=2. H12=2. B13=2. H13=2.
 B14=2. H14=2. D11=-0.8
 B1=1.837 H1=2.709 B2=2.771 H2=1.717 B3=2.657
 H3=2.071 B4=2.279 H4=2.71 D1=-0.94
 VARY=1193. VARY1=113.6 VARY2=1079. VARE=1049.
 VARE1=40.32 VARE2=1009.
 A=1.



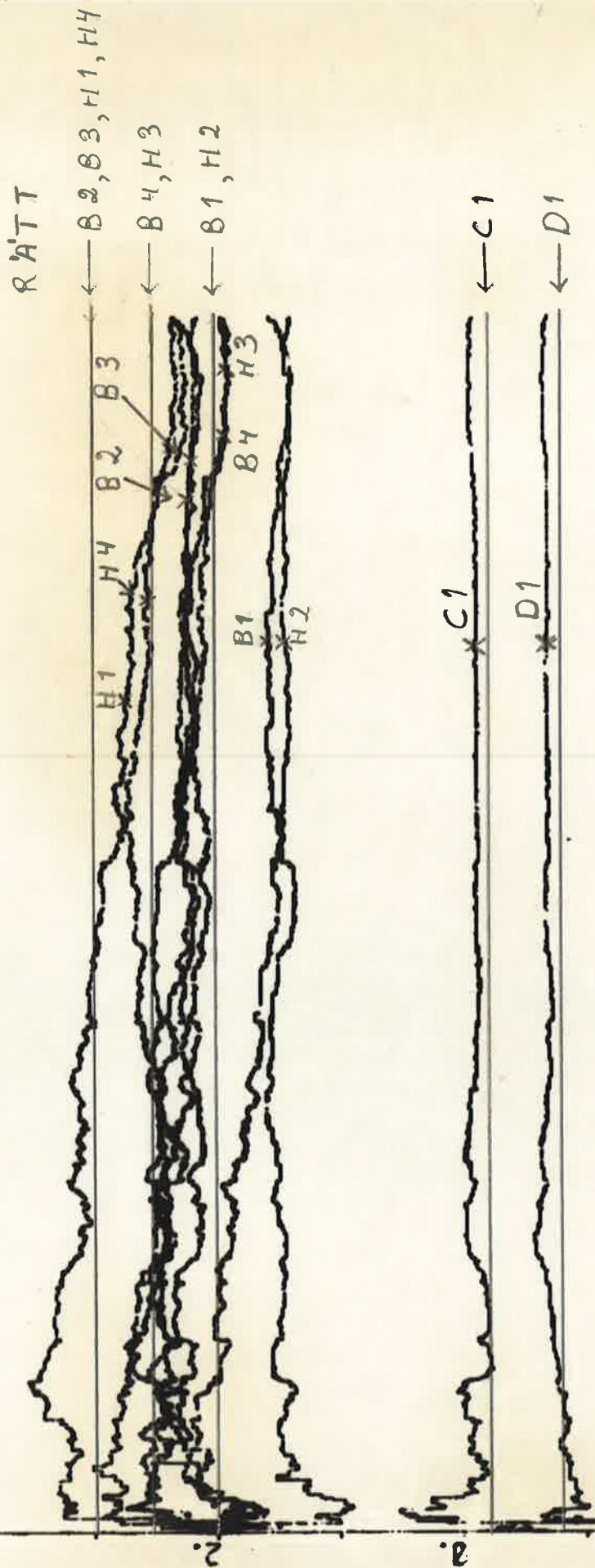
Figur 13. 4 processer i fall III.

PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 C1 D1
 B11=5. H11=5. B12=5. H12=5. B13=5. H13=5.
 B14=5. H14=5. C11=0. D11=-0.8
 B1=2.07 H1=3.089 B2=2.03 H2=2.03 B3=3.556
 H3=2.944 B4=2.036 H4=2.467 C1=0.6365 D1=-0.0363
 VARY=7605. VARY1=5546. VARY2=2059.
 VARE=1049. VARE1=40.32 VARE2=1009.
 A=1.E6
 AP=2.



Figur 14. 4 processer i fall I och K=2. 1.23
 400. 600.

PLOT B1 H1 B2 H2 B3 H3 B4 H4 C1 D1
 B11=2. H11=2. B12=2. H12=2. B13=2. H13=2.
 B14=2. H14=2. C11=0.1 D11=-0.7
 B1=1.583 H1=2.372 B2=2.181 H2=1.415 B3=2.309
 H3=1.996 B4=1.974 H4=2.376 C1=-0.07201 D1=-0.6718
 VARY=1575. VARY1=109. VARY2=1466.
 VARE=1049. VARE1=40.32 VARE2=1009.
 A=1.
 AP=2.



Figur 15. 4 processer i fall I och K=2. 1.E3

	k=1	k=2	k=3	k=4	rätt
b_1	2,17	2,07	2,17	2,15	2,00
b_2	3,24	3,17	3,08	3,70	3,00
b_3	3,31	3,56	3,01	4,40	3,00
b_4	2,87	2,04	2,67	2,88	2,50
h_1	3,24	3,06	3,19	3,21	3,00
h_2	2,03	2,03	2,05	2,45	2,00
h_3	2,70	2,94	2,56	3,60	2,50
h_4	3,51	2,46	3,13	3,41	3,00
c_1	-0,13	0,64	-0,22	-0,20	-0,20
d_1	-0,79	-0,04	-0,81	-0,81	-0,80
$\sum_{s=1}^{1000} y^2(t)$	1042	2059	1668	1876	-
$\sum_{s=1}^{1000} e^2(t) \cdot (1+f_1^2+\dots+f_{k-1}^2)$	1009	1372	1604	1756	-
$\sum_{s=0}^{50} y^2(t)$	6118	5546	2631	135	-
$\sum_{s=0}^{50} e^2(t) \cdot (1+f_1^2+\dots+f_{k-1}^2)$	40	54	64	70	-
$a=1000000$					
$\lambda=1$					

Tabell 1. Identifiering och styrning i fall I.

	k=1	k=2	k=3	k=4	rätt
b_1	2,15	2,02	1,87		2,00
b_2	3,05	2,67	2,91		3,00
b_3	3,15	2,69	3,21		3,00
b_4	2,79	2,57	2,87		2,50
h_1	3,35	3,00	2,71		3,00
h_2	1,93	1,54	1,56		2,00
h_3	2,40	1,95	2,76		2,50
h_4	3,38	2,99	3,57		3,00
c_1	0,80	0,85	1,00		0,50
d_1	-0,99	-0,73	-0,08		-1,40
d_2	0,12	-0,09	-0,07		0,50
$\sum_{51}^{1000} y^2(t)$	1839	6933	42774		-
$\sum_{51}^{1000} e^2(t) \cdot (1+f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$	1009	4651	9360		-
$\sum_{50}^{50} y^2(t)$	13763	8487	13902		-
$\sum_{50}^{50} e^2(t) \cdot (1+f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$	40	180	372		-
$a=1000000$					
$\lambda=1$					

Tabell 2. Identifiering och styrning i fall II.

	k=1	k=2	k=3	k=4	rätt
b_1	1,88	1,99	2,05	1,96	2,00
b_2	2,63	2,83	3,10	2,97	3,00
b_3	2,82	2,87	2,99	2,92	3,00
b_4	2,41	2,49	2,63	2,34	2,50
h_1	2,89	2,81	2,83	3,06	3,00
h_2	1,76	1,65	1,84	2,09	2,00
h_3	2,33	2,22	2,35	2,52	2,50
h_4	3,00	2,85	2,93	2,88	3,00
d_1	-0,92	-0,92	-0,93	-0,95	-0,95
$\sum_{j=1}^{1000} y^2(t)$	1121	2195	3264	3630	-
$\sum_{s=1}^{1000} e^2(t) \cdot (1+f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$	1009	1917	2744	3481	-
$\sum_{o=0}^{50} y^2(t)$	3882	1492	1962	2206	-
$\sum_{o=0}^{50} e^2(t) \cdot (1+f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$	40	76	109	138	-
$a=1000000$					
$\lambda=1$					

Tabell 3. Identifiering och styrning i fall III.

	k=1	k=2	k=3	k=4	rätt
b_1	2,27	2,07	2,21	2,18	2,00
b_2	3,22	3,17	3,07	3,52	3,00
b_3	3,32	3,55	3,07	4,87	3,00
b_4	2,85	2,02	2,58	2,94	2,50
h_1	3,45	3,14	3,21	3,30	3,00
h_2	2,12	1,94	2,06	2,29	2,00
h_3	2,67	2,85	2,51	3,91	2,50
h_4	3,31	2,47	3,13	3,50	3,00
c_1	-0,13	0,63	-0,22	-0,20	-0,20
d_1	-0,80	-0,04	-0,82	-0,80	-0,80
$\sum_{s=1}^{1000} y^2(t)$	1044	2062	1668	1885	-
$\sum_{s=1}^{1000} e^2(t) \cdot (1+f_1^2+\dots+f_{k-1}^2)$	1009	1372	1604	1756	-
$\sum_{o=0}^{50} y^2(t)$	6118	5547	2631	136	-
$\sum_{o=0}^{50} e^2(t) \cdot (1+f_1^2+\dots+f_{k-1}^2)$	40	54	64	70	-
$a=1000000$					
$\lambda=1$					

Tabell 4. Identifiering och styrning i fall I. Process 3 periodiskt bortkopplad halva tiden.

6. SAMMANFATTNING AV RESULTAT. VAD BÖR MAN TITTA PÅ I FORTSÄTTNINGEN.

Det primära är att $\sum_0^t y^2(t)$ blir liten, optimalt lika med $\sum_0^t e^2(t) \cdot (1 + f_1^2 + \dots + f_{k-1}^2)$.

I början erhålles en transient, dvs $\sum_0^{50} y^2(t)$ blir stor. Då c-, d- och b:h-skattningarna är tillräckligt bra, börjar styrningen att fungera, dvs $\sum_0^t y^2(t)$ blir nästan parallell med $\sum_0^t e^2(t)$. Detta inträffar för $t < 50$. För en tidigare manuellt styrd process, som skall automatiseras, är det lämpligt att först enbart identifiera. Då $t \sim 50$ kopplar regulatorn in.

Ett stort a i den initiala P-matrisen, som är $P = a \cdot I$, där I är enhetsmatrisen, medför att skattningarna ändrar sig med stora steg i början av identifieringen. För ett litet a sker ändringarna i små steg.

Om parametrarna är helt okända, måste ett stort a användas, för att skattningarna skall konvergera snabbt. Detta leder till att transienten blir stor. När man ungefär vet parametrarna, kan ett mindre a användas, och transienten minskar betydligt.

För en god styrning får inte störningen $w(t)$ variera alltför snabbt, och insignalen $v(t)$ bör variera något. Störningen III varierar långsamt. Denna ansluter sig tämligen väl till den, som uppmätts inom pappersindustrin. För III erhålles bra styrning om d_1 inte "hittar nollan" i början av simuleringen.

Även om $w(t)$ behöver predikteras mer än ett steg erhålles bra styrning, likaledes om en process är bortkopplad för $t = 51-100, 151-200, 251-300, \dots$.

Då a är stort tar parameterskattningarna i början helt fel värden. Detta kan medföra, att de konvergerar mot fel värden, och att styrningen blir sämre eller inte alls fungerar.

Den använda identifieringsmetoden konvergerar ej alltid, inte ens om systemet är öppet (4).

Följande frågor är ännu obesvarade:

Varför är det "svårt att komma bort från nollan"?

Hur många konvergenspunkter finns det?

Vad gäller för olika konvergenspunkter?

7. REFERENSER.

- (1) Talmon, J.L., van den Boom, A.J.W.: On the Estimation of the Transfer Function Parameters of Process- and Noise Dynamics using a Single-Stage Estimator, Preprint IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation, Haag, 1973.
- (2) Elmqvist, H.: SIMNON - Ett interaktivt simuleringsprogram för olinjära system, RE-113, Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- (3) Åström, K.J.: Stokastiska system, Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- (4) Gustavsson, I.: Private communication, Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology.

APPENDIX.

Subrutinerna FLIS, MODEL, RTEST, LUT, BMV samt det sammankopplande systemet TOT för de två programmen.

```

1
001      SUBROUTINE FLIS
002      DIMENSION CT(4),DT(4),GT(4),DX(4),X(4),XX(4),XI(4)
003      COMMON /TIME/ T
004      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
005      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
006      1 CONTINUE
007      CALL IDENT('DISCR','FLIS')
008      RETURN
009      2 CONTINUE
010      CALL STATEV(X,4,'X')
011      CALL NEWV(XX,4,'XX')
012      CALL INITV(XI,4,'XI')
013      CALL INPUT(EI,'EI')
014      CALL OUTPUT(EO,'EO')
015      CALL VAR(VARE1,'VARE1')
016      CALL VAR(VARE2,'VARE2')
017      CALL VAR(VARE,'VARE')
018      CALL PAR(VE,'VE')
019      CALL PAR(AC,'AC')
020      CALL PAR(AD,'AD')
021      CALL PAR(AG,'AG')
022      CALL PARV(CT,4,'CT')
023      CALL PARV(DT,4,'DT')
024      CALL TSAMP(TS,'TS')
025      RETURN
026      3 CONTINUE
027      AC=2.
028      AD=3.
029      AG=3.
030      DO 70 J=1,4
031      70 CT(J)=0.
032      DO 71 J=1,4
033      71 DT(J)=0.
034      DO 72 J=1,4
035      72 XI(J)=0.
036      VE=50.5
037      RETURN
038      4 CONTINUE
039      NC=INT(AC)
040      ND=INT(AD)
041      NG=INT(AG)
042      DO 73 J=1,NG
043      73 GT(J)=0.
044      DO 74 J=1,NC
045      74 GT(J)=CT(J)
046      DO 75 J=1,ND
047      75 GT(J)=GT(J)-DT(J)
048      DO 76 J=1,NG
049      76 DX(J)=0.
050      DO 77 J=1,ND
051      77 DX(J)=DT(J)
052      VARE1=0.
053      VARE2=0.
054      VARE=0.
055      RETURN
056      5 CONTINUE
057      T1=0.
058      DO 78 J=1,NG
059      78 T1=T1+GT(J)*X(J)
060      EO=T1+EI
061      IF(T.GT.VE)GO TO 178
062      VARE1=VARE1+EI*EI
063      VARE=VARE1

```

```
064 GO TO 278
065 178 VARE2=VARE2+E1*E1
066 VARE=VARE+E1*E1
067 278 CONTINUE
068 RETURN
069 6 CONTINUE
070 T2=0.
071 DO 79 J=1,NG
072 79 T2=T2+DX(J)*X(J)
073 XX(1)=-T2+E1
074 IF(NG.EQ.1)GO TO 81
075 DO 80 J=2,NG
076 80 XX(J)=X(J-1)
077 81 CONTINUE
078 TS=T+1.
079 RETURN
080 7 CONTINUE
081 RETURN
082 8 CONTINUE
083 RETURN
084 END
```

```

1.
001      SUBROUTINE MODEL
002      DIMENSION BT(4),HT(4)
003      COMMON /TIME/ T
004      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
005      COMMON /KOK/ I
006      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
007      1 CONTINUE
008      CALL IDENT('DISCR','MODEL')
009      RETURN
010      2 CONTINUE
011      CALL STATE(Z,'Z')
012      CALL NEW(ZZ,'ZZ')
013      CALL INIT(ZI,'ZI')
014      CALL INPUT(EI,'EI')
015      CALL INPUT(UI,'UI')
016      CALL INPUT(VI,'VI')
017      CALL OUTPUT(YO,'YO')
018      CALL VAR(VARY1,'VARY1')
019      CALL VAR(VARY2,'VARY2')
020      CALL VAR(VARY,'VARY')
021      CALL PAR(VY,'VY')
022      CALL PAR(AK,'AK')
023      CALL PARV(BT,4,'BT')
024      CALL PARV(HT,4,'HT')
025      CALL TSAMP(TS,'TS')
026      RETURN
027      3 CONTINUE
028      AK=1.
029      DO 90 J=1,4
030      BT(J)=1.
031      90 HT(J)=1.
032      TS=0.
033      ZI=0.
034      VY=50.5
035      RETURN
036      4 CONTINUE
037      NK=INT(AK)
038      I=1
039      VARY1=0.
040      VARY2=0.
041      VARY=0.
042      RETURN
043      5 CONTINUE
044      YO=Z+EI
045      IF(T.GT.VY)GO TO 100
046      VARY1=VARY1+YO*YO
047      VARY=VARY1
048      GO TO 200
049      100 VARY2=VARY2+YO*YO
050      VARY=VARY+YO*YO
051      200 CONTINUE
052      RETURN
053      6 CONTINUE
054      ZZ=BT(I)*UI+HT(I)*VI
055      TS=T+1.
056      RETURN
057      7 CONTINUE
058      RETURN
059      8 CONTINUE
060      RETURN
061      END

```

```

1.
001      SUBROUTINE RTEST
002      DIMENSION E(4),W(4),F(16),R(16),P(16,16),
003      *BI(4),HI(4),CI(4),DI(4),
004      *S1(16),S4(16,16),S5(16,16)
005      COMMON /TIME/ T
006      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
007      COMMON /SKAIT/ B(4),H(4),C(4),D(4)
008      COMMON /STYR/ U(4),V(4)
009      COMMON /KOK/ I
010      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
011      1 CONTINUE
012      CALL IDENT('DISCR','RTEST')
013      RETURN
014      2 CONTINUE
015      CALL INPUT(YI,'YI')
016      CALL OUTPUT(YO,'YO')
017      CALL VARV(U,4,'U')
018      CALL VARV(V,4,'V')
019      CALL VARV(B,4,'B')
020      CALL VARV(H,4,'H')
021      CALL VARV(C,4,'C')
022      CALL VARV(D,4,'D')
023      CALL PARV(BI,4,'BI')
024      CALL PARV(HI,4,'HI')
025      CALL PARV(CI,4,'CI')
026      CALL PARV(DI,4,'DI')
027      CALL PAR(AK,'AK')
028      CALL PAR(AC,'AC')
029      CALL PAR(AD,'AD')
030      CALL PAR(AR,'AR')
031      CALL VAR(VIKT,'VIKT')
032      CALL PAR(VC,'VC')
033      CALL PAR(VA,'VA')
034      CALL PAR(VB,'VB')
035      CALL PAR(ALT,'ALT')
036      CALL PAR(A,'A')
037      CALL TSAMP(TS,'TS')
038      RETURN
039      3 CONTINUE
040      AK=1.
041      AC=2.
042      AD=3.
043      AR=7.
044      DO 20 J=1,4
045      BI(J)=1.
046      20 HI(J)=1.
047      DO 21 J=1,4
048      21 CI(J)=0.
049      DO 22 J=1,4
050      22 DI(J)=0.
051      VC=1.
052      VA=0.
053      VB=20.
054      ALT=1.
055      A=1000000.
056      RETURN
057      4 CONTINUE
058      NK=INT(AK)
059      NC=INT(AC)
060      ND=INT(AD)
061      NR=INT(AR)
062      IALT=INT(ALT)
063      VIKT=VC

```

```

1.
064         I=1
065         DO 23 J=1,NK
066           B(J)=BI(J)
067     23   H(J)=HI(J)
068         DO 24 J=1,NC
069     24   C(J)=CI(J)
070         DO 25 J=1,ND
071     25   D(J)=DI(J)
072         DO 26 J=1,NK
073           R(J)=BI(J)
074           K=J+NK
075     26   R(K)=HI(J)
076         DO 27 J=1,NC
077           K=J+NK+NK
078     27   R(K)=CI(J)
079         DO 28 J=1,ND
080           K=J+NK+NK+NC
081     28   R(K)=-DI(J)
082         DO 29 J=1,NR
083           DO 29 K=1,NR
084     29   P(J,K)=0.
085         DO 30 J=1,NR
086     30   P(J,J)=A
087         DO 31 J=1,NK
088           U(J)=0.
089     31   V(J)=0.
090         DO 32 J=1,NC
091     32   E(J)=0.
092         DO 33 J=1,ND
093     33   W(J)=0.
094         DO 34 J=1,NR
095     34   F(J)=0.
096         RETURN
097     5   CONTINUE
098         Y0=YI
099         GO TO(134,234),IALT
100     234  VIKT=VA+(1.-VA)*(1.-EXP(-(T+1.)/VB))
101     134  CONTINUE
102         DO 35 J=1,NK
103           F(J)=0.
104           K=J+NK
105     35   F(K)=0.
106         DO 36 J=1,NC
107           K=J+NK+NK
108     36   F(K)=E(J)
109         DO 37 J=1,ND
110           K=J+NK+NK+NC
111     37   F(K)=W(J)
112           F(I)=U(I)
113           K=I+NK
114           F(K)=V(I)
115         DO 38 J=1,NR
116           S1(J)=0.
117           DO 38 K=1,NR
118     38   S1(J)=S1(J)+P(J,K)*F(K)
119           S2=0.
120         DO 39 J=1,NR
121     39   S2=S2+F(J)*S1(J)
122           S2=1./S2
123         DO 40 J=1,NR
124     40   S1(J)=S1(J)/S2
125           S3=0.
126         DO 41 J=1,NR
127     41   S3=S3+F(J)*R(J)

```



```

1.
128      S3=YI-S3
129      DO 42 J=1, NR
130      42 R(J)=R(J)+S1(J)*S3
131      DO 43 J=1, NR
132      DO 43 K=1, NR
133      43 S4(J,K)=S1(J)*F(K)
134      DO 44 J=1, NR
135      DO 44 K=1, NR
136      S5(J,K)=0.
137      DO 44 L=1, NR
138      44 S5(J,K)=S5(J,K)+S4(J,L)*P(L,K)
139      DO 45 J=1, NR
140      DO 45 K=1, NR
141      45 P(J,K)=(P(J,K)-S5(J,K))/V|KT
142      T1=0.
143      K=NK+NK
144      DO 46 J=1, K
145      46 T1=T1+F(J)*R(J)
146      WA=YI-T1
147      T2=0.
148      K=NK+NK+1
149      DO 47 J=K, NR
150      47 T2=T2+F(J)*R(J)
151      EA=WA-T2
152      K=NC-1
153      DO 48 J=1, K
154      L=NC+1-J
155      48 E(L)=E(L-1)
156      F(1)=EA
157      K=ND-1
158      DO 49 J=1, K
159      L=ND+1-J
160      49 W(L)=W(L-1)
161      W(1)=WA
162      DO 50 J=1, NK
163      B(J)=R(J)
164      K=J+NK
165      50 H(J)=R(K)
166      DO 51 J=1, NC
167      K=J+NK+NK
168      51 C(J)=R(K)
169      DO 52 J=1, ND
170      K=J+NK+NK+NC
171      52 D(J)=-R(K)
172      RETURN
173      6 CONTINUE
174      TS=T+1.
175      RETURN
176      7 CONTINUE
177      RETURN
178      8 CONTINUE
179      RETURN
180      END

```

```

1.
001      SUBROUTINE LUT
002      COMMON /TIME/ T
003      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
004      COMMON /KOK/ I
005      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
006      1 CONTINUE
007      CALL IDENT('DISCR','LUT')
008      RETURN
009      2 CONTINUE
010      CALL INPUT(EI,'EI')
011      CALL OUTPUT(VO,'VO')
012      CALL PAR(AL,'AL')
013      CALL PAR(CL,'CL')
014      CALL PAR(DL,'DL')
015      CALL PAR(PER,'PER')
016      CALL PAR(ALT,'ALT')
017      CALL PAR(AK,'AK')
018      CALL TSAMP(TS,'TS')
019      RETURN
020      3 CONTINUE
021      AL=1.
022      CL=0.
023      DL=0.
024      PER=5.
025      ALT=1.
026      AK=1.
027      RETURN
028      4 CONTINUE
029      VOOLD=0.
030      EAOLD=0.
031      PT=0.5
032      IALT=INT(ALT)
033      NK=INT(AK)
034      I=1
035      RETURN
036      5 CONTINUE
037      GO TO(11,12,13),IALT
038      11 VO=AL
039      GO TO 14
040      12 EA=EI*AL
041      VO=-DL*VOOLD+CL*EAOLD+EA
042      VOOLD=VO
043      EAOLD=EA
044      GO TO 14
045      13 VO=AL
046      IF(PT.GT.PER)VO=-VO
047      PT=PT+1,
048      IF(PT.GT.2.*PER)PT=0.5
049      14 CONTINUE
050      I=I+1
051      IF(I.EQ,NK+1)I=1
052      RETURN
053      6 CONTINUE
054      TS=T+1.
055      RETURN
056      7 CONTINUE
057      RETURN
058      8 CONTINUE
059      RETURN
060      END

```

```

1.
001      SUBROUTINE BMV
002      DIMENSION Y1(4),U1(4),V1(4),G(4)
003      COMMON /TIME/ T
004      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
005      COMMON /SKATT/ B(4),H(4),C(4),D(4)
006      COMMON /STYR/ U(4),V(4)
007      COMMON /KOK/ I
008      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
009      1 CONTINUE
010      CALL IDENT('DISCR','BMV')
011      RETURN
012      2 CONTINUE
013      CALL INPUT(YI,'YI')
014      CALL INPUT(VI,'VI')
015      CALL OUTPUT(UO,'UO')
016      CALL OUTPUT(VO,'VO')
017      CALL PAR(AK,'AK')
018      CALL PAR(AC,'AC')
019      CALL PAR(AD,'AD')
020      CALL PAR(AG,'AG')
021      CALL PAR(AB,'AB')
022      CALL PAR(CB,'CB')
023      CALL PAR(DB,'DB')
024      CALL PAR(ALT,'ALT')
025      CALL PAR(UMAX,'UMAX')
026      CALL PAR(UMIN,'UMIN')
027      CALL TSAMP(TS,'TS')
028      RETURN
029      3 CONTINUE
030      AK=1.
031      AC=2.
032      AD=3.
033      AG=3.
034      AB=1.
035      CB=0.
036      DB=0.
037      ALT=1.
038      UMAX=5.
039      UMIN=-5.
040      RETURN
041      4 CONTINUE
042      NK=INT(AK)
043      NC=INT(AC)
044      ND=INT(AD)
045      NG=INT(AG)
046      VOOLD=0.
047      EAOLD=0.
048      IALT=INT(ALT)
049      I=1
050      DO 60 J=1,NG
051      60 Y1(J)=0.
052      DO 61 J=1,ND
053      61 U1(J)=0.
054      V1(J)=0.
055      RETURN
056      5 CONTINUE
057      GO TO(161,261),IALT
058      161 K=NG-1
059      DO 62 J=1,K
060      L=NG+1-J
061      62 Y1(L)=Y1(L-1)
062      Y1(1)=YI
063      T1=0.

```

```

1.
064          T2=0.
065          T3=0.
066          DO 63 J=1,NG
067      63  G(J)=0.
068          DO 64 J=1,NC
069      64  G(J)=C(J)
070          DO 65 J=1,ND
071      65  G(J)=G(J)-D(J)
072          DO 66 J=1,NG
073      66  T1=T1+Y1(J)*G(J)
074          DO 67 J=1,ND
075          T2=T2+U1(J)*D(J)
076      67  T3=T3+V1(J)*D(J)
077          V1A=V1*H(I)
078          U1A=-T1-T2-T3-V1A
079          UO=U1A/B(I)
080          IF(UO.LE.UMAX)GO TO 167
081          UO=UMAX
082          U1A=UO*B(I)
083          GO TO 267
084      167  IF(UO.GE.UMIN)GO TO 267
085          UO=UMIN
086          U1A=UO*B(I)
087      267  CONTINUE
088          VO=V1
089          K=ND-1
090          DO 68 J=1,K
091          L=ND+1-J
092          U1(L)=U1(L-1)
093      68  V1(L)=V1(L-1)
094          U1(1)=U1A
095          V1(1)=V1A
096          GO TO 361
097      261  UO=V1
098          EA=V1*AB
099          VO=-DB*VOOLD+CB*EAOLD+EA
100          VOOLD=VO
101          EAOLD=EA
102      361  CONTINUE
103          U(I)=UO
104          V(I)=VO
105          RETURN
106          6  CONTINUE
107          TS=T+1.
108          RETURN
109          7  CONTINUE
110          RETURN
111          8  CONTINUE
112          RETURN
113          END

```

1.

CONNECTING SYSTEM TOT

TIME T

```
EI[FLIS]=E1[NOISE]
EI[MODEL]=EO[FLIS]
YI[RTEST]=YO[MODEL]
EI[LUT]=E2[NOISE]
YI[BMV]=YO[RTEST]
VI[BMV]=VO[LUT]
UI[MODEL]=UO[BMV]
VI[MODEL]=VO[BMV]
```

END

```

2.
001      SUBROUTINE FLIS
002      DIMENSION CT(2),DT(2),GT(2),DX(2),X(2),XX(2),XI(2)
003      COMMON /TIME/ T
004      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
005      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
006      1 CONTINUE
007      CALL IDENT('DISCR','FLIS')
008      RETURN
009      2 CONTINUE
010      CALL STATEV(X,2,'X')
011      CALL NEWV(XX,2,'XX')
012      CALL INITV(XI,2,'XI')
013      CALL INPUT(EI,'EI')
014      CALL OUTPUT(E0,'E0')
015      CALL VAR(VARE1,'VARE1')
016      CALL VAR(VARE2,'VARE2')
017      CALL VAR(VARE,'VARE')
018      CALL PAR(VE,'VE')
019      CALL PAR(AC,'AC')
020      CALL PAR(AD,'AD')
021      CALL PAR(AG,'AG')
022      CALL PARV(CT,2,'CT')
023      CALL PARV(DT,2,'DT')
024      CALL TSAMP(TS,'TS')
025      RETURN
026      3 CONTINUE
027      AC=1.
028      AD=1.
029      AG=1.
030      DO 70 J=1,2
031      70 CT(J)=0.
032      DO 71 J=1,2
033      71 DT(J)=0.
034      DO 72 J=1,2
035      72 XI(J)=0.
036      VE=50.5
037      RETURN
038      4 CONTINUE
039      NC=INT(AC)
040      ND=INT(AD)
041      NG=INT(AG)
042      DO 73 J=1,NG
043      73 GT(J)=0.
044      DO 74 J=1,NC
045      74 GT(J)=CT(J)
046      DO 75 J=1,ND
047      75 GT(J)=GT(J)-DT(J)
048      DO 76 J=1,NG
049      76 DX(J)=0.
050      DO 77 J=1,ND
051      77 DX(J)=DT(J)
052      VARE1=0.
053      VARE2=0.
054      VARE=0.
055      RETURN
056      5 CONTINUE
057      T1=0.
058      DO 78 J=1,NG
059      78 T1=T1+GT(J)*X(J)
060      EO=T1+EI
061      IF(T.GT.VE)GO TO 178
062      VARE1=VARE1+EI*EI
063      VARE=VARE1

```

```
064 GO TO 278
065 178 VARE2=VARE2+E1*E1
066 VARE=VARE+E1*E1
067 278 CONTINUE
068 RETURN
069 6 CONTINUE
070 T2=0.
071 DO 79 J=1,NG
072 79 T2=T2+DX(J)*X(J)
073 XX(1)=-T2+E1
074 IF(NG.EQ.1)GO TO 81
075 DO 80 J=2,NG
076 80 XX(J)=X(J-1)
077 81 CONTINUE
078 TS=T+1,
079 RETURN
080 7 CONTINUE
081 RETURN
082 8 CONTINUE
083 RETURN
084 END
```

```

2.
001      SUBROUTINE MODEL
002      DIMENSION BT(4),HT(4)
003      COMMON /TIME/ T
004      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
005      COMMON /KOK/ I
006      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
007      1 CONTINUE
008      CALL IDENT('DISCR','MODEL')
009      RETURN
010      2 CONTINUE
011      CALL STATE(Z,'Z')
012      CALL NEW(ZZ,'ZZ')
013      CALL INIT(ZI,'ZI')
014      CALL INPUT(EI,'EI')
015      CALL INPUT(UI,'UI')
016      CALL INPUT(VI,'VI')
017      CALL OUTPUT(YO,'YO')
018      CALL VAR(VARY1,'VARY1')
019      CALL VAR(VARY2,'VARY2')
020      CALL VAR(VARY,'VARY')
021      CALL PAR(VY,'VY')
022      CALL PAR(AK,'AK')
023      CALL PARV(BT,4,'BT')
024      CALL PARV(HT,4,'HT')
025      CALL TSAMP(TS,'TS')
026      RETURN
027      3 CONTINUE
028      AK=1.
029      DO 90 J=1,4
030      BT(J)=1.
031      90 HT(J)=1.
032      TS=0.
033      ZI=0.
034      VY=50.5
035      RETURN
036      4 CONTINUE
037      NK=INT(AK)
038      I=1
039      VARY1=0.
040      VARY2=0.
041      VARY=0.
042      RETURN
043      5 CONTINUE
044      YO=Z+EI
045      IF(T.GT.VY)GO TO 100
046      VARY1=VARY1+YO*YO
047      VARY=VARY1
048      GO TO 200
049      100 VARY2=VARY2+YO*YO
050      VARY=VARY+YO*YO
051      200 CONTINUE
052      RETURN
053      6 CONTINUE
054      ZZ=BT(I)*UI+HT(I)*VI
055      TS=T+1.
056      RETURN
057      7 CONTINUE
058      RETURN
059      8 CONTINUE
060      RETURN
061      END

```



```

001      SUBROUTINE RTEST
002      DIMENSION E(2),W(2),F(12),R(12),P(12,12),
003      *BI(4),HI(4),CI(2),DI(2),
004      *S1(12),S4(12,12),S5(12,12)
005      COMMON /TIME/ T
006      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
007      COMMON /SKATT/ B(4),H(4),C(2),D(2)
008      COMMON /STYR/ U(4),V(4)
009      COMMON /KOK/ I
010      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
011      1 CONTINUE
012      CALL IDENT('DISCR','RTEST')
013      RETURN
014      2 CONTINUE
015      CALL INPUT(YI,'YI')
016      CALL OUTPUT(YO,'YO')
017      CALL VARV(U,4,'U')
018      CALL VARV(V,4,'V')
019      CALL VARV(B,4,'B')
020      CALL VARV(H,4,'H')
021      CALL VARV(C,2,'C')
022      CALL VARV(D,2,'D')
023      CALL PARV(BI,4,'BI')
024      CALL PARV(HI,4,'HI')
025      CALL PARV(CI,2,'CI')
026      CALL PARV(DI,2,'DI')
027      CALL PAR(AK,'AK')
028      CALL PAR(AC,'AC')
029      CALL PAR(AD,'AD')
030      CALL PAR(AR,'AR')
031      CALL VAR(VIKT,'VIKT')
032      CALL PAR(VC,'VC')
033      CALL PAR(VA,'VA')
034      CALL PAR(VB,'VB')
035      CALL PAR(ALT,'ALT')
036      CALL PAR(A,'A')
037      CALL TSAMP(TS,'TS')
038      RETURN
039      3 CONTINUE
040      AK=1.
041      AC=1.
042      AD=1.
043      AR=4.
044      DO 20 J=1,4
045      BI(J)=1.
046      20 HI(J)=1.
047      DO 21 J=1,2
048      21 CI(J)=0.
049      DO 22 J=1,2
050      22 DI(J)=0.
051      VC=1.
052      VA=0.
053      VB=20.
054      ALT=1.
055      A=1000000.
056      RETURN
057      4 CONTINUE
058      NK=INT(AK)
059      NC=INT(AC)
060      ND=INT(AD)
061      NR=INT(AR)
062      IALT=INT(ALT)
063      VIKT=VC

```

```

064      I=1
065      DO 23 J=1,NK
066      B(J)=BI(J)
067      23 H(J)=HI(J)
068      DO 24 J=1,NC
069      24 C(J)=CI(J)
070      DO 25 J=1,ND
071      25 D(J)=DI(J)
072      DO 26 J=1,NK
073      R(J)=BI(J)
074      K=J+NK
075      26 R(K)=HI(J)
076      DO 27 J=1,NC
077      K=J+NK+NK
078      27 R(K)=CI(J)
079      DO 28 J=1,ND
080      K=J+NK+NK+NC
081      28 R(K)=-DI(J)
082      DO 29 J=1,NR
083      DO 29 K=1,NR
084      29 P(J,K)=0.
085      DO 30 J=1,NR
086      30 P(J,J)=A
087      DO 31 J=1,NK
088      U(J)=0.
089      31 V(J)=0.
090      DO 32 J=1,NC
091      32 E(J)=0.
092      DO 33 J=1,ND
093      33 W(J)=0.
094      DO 34 J=1,NR
095      34 F(J)=0.
096      RETURN
097      5 CONTINUE
098      YO=YI
099      GO TO(134,234),IALT
100      234 VIKT=VA+(1.-VA)*(1.-EXP(-(T+1.)/VB))
101      134 CONTINUE
102      DO 35 J=1,NK
103      F(J)=0.
104      K=J+NK
105      35 F(K)=0.
106      DO 36 J=1,NC
107      K=J+NK+NK
108      36 F(K)=E(J)
109      DO 37 J=1,ND
110      K=J+NK+NK+NC
111      37 F(K)=W(J)
112      F(I)=U(I)
113      K=I+NK
114      F(K)=V(I)
115      DO 38 J=1,NR
116      S1(J)=0.
117      DO 38 K=1,NR
118      38 S1(J)=S1(J)+P(J,K)*F(K)
119      S2=0.
120      DO 39 J=1,NR
121      39 S2=S2+F(J)*S1(J)
122      S2=1.+S2
123      DO 40 J=1,NR
124      40 S1(J)=S1(J)/S2
125      S3=0.
126      DO 41 J=1,NR
127      41 S3=S3+F(J)*R(J)

```

```

128      S3=YI-S3
129      DO 42 J=1, NR
130 42 R(J)=R(J)+S1(J)*S3
131      DO 43 J=1, NR
132      DO 43 K=1, NR
133 43 S4(J,K)=S1(J)*F(K)
134      DO 44 J=1, NR
135      DO 44 K=1, NR
136      S5(J,K)=0.
137      DO 44 L=1, NR
138 44 S5(J,K)=S5(J,K)+S4(J,L)*P(L,K)
139      DO 45 J=1, NR
140      DO 45 K=1, NR
141 45 P(J,K)=(P(J,K)-S5(J,K))/V|KT
142      T1=0.
143      K=NK+NK
144      DO 46 J=1, K
145 46 T1=T1+F(J)*R(J)
146      WA=YI-T1
147      T2=0.
148      K=NK+NK+1
149      DO 47 J=K, NR
150 47 T2=T2+F(J)*R(J)
151      EA=WA-T2
152      K=NC-1
153      DO 48 J=1, K
154      L=NC+1-J
155 48 E(L)=E(L-1)
156      E(1)=EA
157      K=ND-1
158      DO 49 J=1, K
159      L=ND+1-J
160 49 W(L)=W(L-1)
161      W(1)=WA
162      DO 50 J=1, NK
163      B(J)=R(J)
164      K=J+NK
165 50 H(J)=R(K)
166      DO 51 J=1, NC
167      K=J+NK+NK
168 51 C(J)=R(K)
169      DO 52 J=1, ND
170      K=J+NK+NK+NC
171 52 D(J)=-R(K)
172      RETURN
173      6 CONTINUE
174      TS=T+1.
175      RETURN
176      7 CONTINUE
177      RETURN
178      8 CONTINUE
179      RETURN
180      END

```

```

2.
001      SUBROUTINE LUT
002      COMMON /TIME/ T
003      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
004      COMMON /KOKL/ IL
005      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
006      1 CONTINUE
007      CALL IDENT('DISCR','LUT')
008      RETURN
009      2 CONTINUE
010      CALL INPUT(EI,'EI')
011      CALL OUTPUT(VO,'VO')
012      CALL PAR(ALT,'ALT')
013      CALL PAR(AL,'AL')
014      CALL PAR(PER,'PER')
015      CALL PAR(ORD,'ORD')
016      CALL PAR(AK,'AK')
017      CALL PAR(SA,'SA')
018      CALL PAR(T1A,'T1A')
019      CALL PAR(T2A,'T2A')
020      CALL TSAMP(TS,'TS')
021      RETURN
022      3 CONTINUE
023      ALT=1.
024      AL=1.
025      PER=5.
026      ORD=1.
027      AK=1.
028      SA=3.
029      T1A=20.
030      T2A=80.
031      RETURN
032      4 CONTINUE
033      IALT=INT(ALT)
034      IORD=INT(ORD)
035      NK=INT(AK)
036      KA=INT(SA)
037      PT=0.5
038      TTA=T1A+0.5
039      IL=1
040      RETURN
041      5 CONTINUE
042      GO TO(11,12,13),IALT
043      11 VO=AL
044      GO TO 14
045      12 VO=AL*EI
046      GO TO 14
047      13 VO=AL
048      IF(PT.GT.PER)VO=-VO
049      PT=PT+1.
050      IF(PT.GT.2.*PER)PT=0.5
051      14 CONTINUE
052      GO TO(21,22),IORD
053      21 IL=IL+1
054      IF(IL.EQ.NK+1)IL=1
055      GO TO 23
056      22 IL=IL+1
057      IF(TTA.GT.T1A)GO TO 30
058      IF(IL.EQ.KA)IL=IL+1
059      30 IF(TTA.GT.T1A+T2A)TTA=-0.5
060      TTA=TTA+1.
061      IF(IL.EQ.NK+1)IL=1
062      23 CONTINUE
063      RETURN

```

```
2.  
064      6 CONTINUE  
065      TS=T+1.  
066      RETURN  
067      7 CONTINUE  
068      RETURN  
069      8 CONTINUE  
070      RETURN  
071      END
```

```

2.
001      SUBROUTINE BMV
002      DIMENSION US(4),VS(4),IS(4)
003      COMMON /TIME/ T
004      COMMON /DESTIN/ IDUM,IPART
005      COMMON /SKATT/ B(4),H(4),C(2),D(2)
006      COMMON /STYR/ U(4),V(4)
007      COMMON /KOK/ I
008      COMMON /KOKL/ IL
009      GO TO(1,2,3,4,5,6,7,8),IPART
010      1 CONTINUE
011      CALL IDENT('DISCR','BMV')
012      RETURN
013      2 CONTINUE
014      CALL INPUT(YI,'YI')
015      CALL INPUT(VI,'VI')
016      CALL OUTPUT(UO,'UO')
017      CALL OUTPUT(VO,'VO')
018      CALL PAR(AC,'AC')
019      CALL PAR(AD,'AD')
020      CALL PAR(ALT,'ALT')
021      CALL PAR(AB,'AB')
022      CALL PAR(CB,'CB')
023      CALL PAR(DB,'DB')
024      CALL PAR(UMAX,'UMAX')
025      CALL PAR(UMIN,'UMIN')
026      CALL PAR(AP,'AP')
027      CALL TSAMP(IS,'TS')
028      RETURN
029      3 CONTINUE
030      AC=1.
031      AD=1.
032      ALT=1.
033      AB=1.
034      CB=0.
035      DB=0.
036      UMAX=5.
037      UMIN=-5.
038      AP=1.
039      RETURN
040      4 CONTINUE
041      NC=INT(AC)
042      ND=INT(AD)
043      IALT=INT(ALT)
044      IP=INT(AP)
045      IC=NC+1
046      ID=ND+1
047      VOOLD=0.
048      EAOLD=0.
049      I=1
050      IL=1
051      DO 60 J=1,4
052      US(J)=0.
053      VS(J)=0.
054      60 IS(J)=1
055      YY1=0.
056      YY2=0.
057      UU1=0.
058      UU2=0.
059      UU3=0.
060      UU4=0.
061      UU5=0.
062      VV1=0.
063      VV2=0.

```

```

2.
064          VV3=0.
065          VV4=0.
066          VV5=0.
067          RETURN
068          5 CONTINUE
069          GO TO(71,72),IALT
070          71 CC1=0.
071          CC2=0.
072          GO TO(11,12,13),IC
073          13 CC2=C(2)
074          12 CC1=C(1)
075          11 CONTINUE
076          DD1=0.
077          DD2=0.
078          GO TO(21,22,23),ID
079          23 DD2=D(2)
080          22 DD1=D(1)
081          21 CONTINUE
082          GO TO(31,32,33,34),IP
083          31 GG1=CC1-DD1
084          GG2=CC2-DD2
085          DF1=DD1
086          DF2=DD2
087          DF3=0.
088          DF4=0.
089          DF5=0.
090          GO TO 35
091          32 FF1=CC1-DD1
092          GG1=CC2-DD2-DD1*FF1
093          GG2=          -DD2*FF1
094          DF1=CC1
095          DF2=CC2-GG1
096          DF3=          -GG2
097          DF4=0.
098          DF5=0.
099          GO TO 35
100          33 FF1=CC1-DD1
101          FF2=CC2-DD2-DD1*FF1
102          GG1=          -DD2*FF1-DD1*FF2
103          GG2=          -DD2*FF2
104          DF1=CC1
105          DF2=CC2
106          DF3=          -GG1
107          DF4=          -GG2
108          DF5=0.
109          GO TO 35
110          34 FF1=CC1-DD1
111          FF2=CC2-DD2-DD1*FF1
112          FF3=          -DD2*FF1-DD1*FF2
113          GG1=          -DD2*FF2-DD1*FF3
114          GG2=          -DD2*FF3
115          DF1=CC1
116          DF2=CC2
117          DF3=0.
118          DF4=          -GG1
119          DF5=          -GG2
120          35 CONTINUE
121          YY2=YY1
122          YY1=YI
123          T1=YY1*GG1+YY2*GG2
124          T2=UU1*DF1+UU2*DF2+UU3*DF3+UU4*DF4+UU5*DF5
125          T3=VV1*DF1+VV2*DF2+VV3*DF3+VV4*DF4+VV5*DF5
126          VVA=VI*(IL)
127          UUA=-T1-T2-T3-VVA

```

```

3.
128      UO=UUA/B(IL)
129      IF(UO.LE.UMAX)GO TO 41
130      UO=UMAX
131      UUA=UO*B(IL)
132      41 IF(UO.GE.UMIN)GO TO 42
133      UO=UMIN
134      UUA=UO*B(IL)
135      42 CONTINUE
136      VO=VI
137      UU5=UU4
138      UU4=UU3
139      UU3=UU2
140      UU2=UU1
141      UU1=UUA
142      VV5=VV4
143      VV4=VV3
144      VV3=VV2
145      VV2=VV1
146      VV1=VVA
147      US(IP)=UO
148      VS(IP)=VO
149      IS(IP)=IL
150      UO=US(1)
151      VO=VS(1)
152      I=IS(1)
153      DO 50 J=1,3
154      US(J)=US(J+1)
155      VS(J)=VS(J+1)
156      50 IS(J)=IS(J+1)
157      GO TO 73
158      72 UO=VI
159      EA=VI*AB
160      VO=-DB*VOOLD+CB*EAOLD+EA
161      VOOLD=VO
162      EAOLD=EA
163      I=IL
164      73 CONTINUE
165      U(I)=UO
166      V(I)=VO
167      RETURN
168      6 CONTINUE
169      TS=T+1.
170      RETURN
171      7 CONTINUE
172      RETURN
173      8 CONTINUE
174      RETURN
175      END

```


2.

CONNECTING SYSTEM TOT

TIME T

```
EI[FLIS]=E1[NOISE]
EI[MODEL]=EO[FLIS]
YI[RTEST]=YO[MODEL]
EI[LUT]=E2[NOISE]
YI[BMV]=YO[RTEST]
VI[BMV]=VO[LUT]
UI[MODEL]=UO[BMV]
VI[MODEL]=VO[BMV]
```

END