

MICHAŁ LATARNIK

Katedra
Kompleksowych Systemów SterowaniaMODYFIKACJA ALGORYTMU NEWTONA-RAPHSONA W ZASTOSOWANIU DO IDENTYFIKACJI
OBIEKTÓW DYNAMICZNYCH^{x)}

Streszczenie. W pracy rozpatrywany jest problem wykorzystania iteracyjnej maszyny analogowej do identyfikacji obiektów. Identyfikacja realizowana jest na drodze minimalizacji funkcjonu będącego miarą odległości między sygnałami uzyskanymi na wyjściu obiektu i zmiennego modelu przy wprowadzaniu na ich wejścia tych samych sygnałów wejściowych [1]. Minimum wspomnianego funkcjonu poszukiwane jest w oparciu o algorytm Newtona-Raphsona [2] oraz zaproponowaną jego modyfikację. Przedstawiona jest konkretna realizacja układu liczącego pracującego w oparciu o zaproponowane algorytmy. Rozważa się również przydatność przyjętych algorytmów porównując je z innymi znanymi algorytmami urządzeń liczących omawianego typu.

1. Wprowadzenie

W pracy problem identyfikacji rozpatrywany jest jako problem optymalizacji parametrycznej [3] tzn. minimalizacji funkcjonu Q będącego miarą odległości między sygnałami $\underline{m}(t)$ i $\underline{n}(t)$ uzyskanymi na wyjściach obiektu i zmiennego modelu przy wprowadzeniu na wejścia obiektu i zmiennego modelu tego samego sygnału wejściowego $\underline{s}(t)$ (rys. 1). Jeśli dla danego sygnału wejściowego $\underline{s}(t)$ funkcjon Q będzie mniejszy lub równy pewnej wartości Q_{zad} wynikającej z warunku dokładności określonego przez niezbędną dokładność sterowania, to będziemy mówili, że został zrealizowany matematyczny model obiektu. Jako funkcjon Q przyjmujemy kryterium całkowe obliczone w pewnym przedziale T z dodatniej funkcji $P[\underline{g}(t), \underline{w}(t)]$:

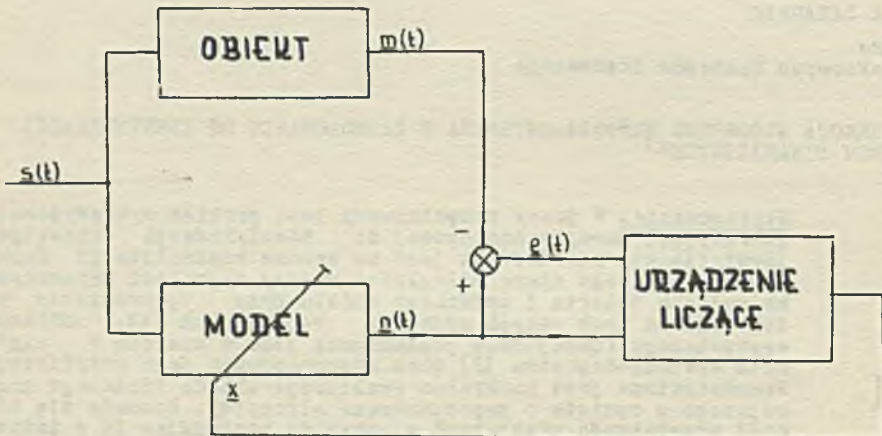
$$Q[\underline{x} | \underline{s}(t)] = \int_0^T P[\underline{g}(t), \underline{w}(t)] dt \quad (1)$$

gdzie:

$\underline{g}(t)$ - wektor błędu,
 $\underline{w}(t)$ - wektor wag.

^{x)} Praca zdobyła I nagrodę na konkursie "Maszyny matematyczne w sterowaniu organizowanym w 1969 r. przez Gliwicki Oddział Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej.

Interesować nas będą układy, dla których przyjęty funkcjonal Q jest funkcją klasy $C^{(1)}$ względem pewnego parametru α , a jego pochodna względem tego parametru jest funkcją niemalejącą w pewnym obszarze D zawierającym Q_{\min} . Przez Q_{\min} oznaczamy minimalną wartość funkcjonału wyznaczoną



Rys. 1. Idea wykorzystania zmiennego modelu

dla danego $\underline{g}(t)$ w zbiorze możliwych do uzyskania na wyjściu urządzenia liczącego realizacji wektora \underline{x} . Parametr α uzależnia od siebie wartości parametrów $\underline{x} = [x_1, x_2, \dots, x_g]$ w danym przekroju $Q(\alpha)$, a mianowicie:

$$x_{j(1+1)} = x_{j1} - \alpha_{1+1} \frac{\partial Q(x_j)}{\partial x_j} \quad \text{dla } j = 1, 2, \dots, g \quad (2)$$

gdzie:

- $Q(\alpha)$ - jest dokonany w układzie współrzędnych ortogonalnych $[x_1, x_2, \dots, x_g, 0]$ przekrojem powierzchni $Q(\underline{x})$ hiperpłaszczyzną równoległą do współrzędnej Q i przechodzącą przez grad $Q(\underline{x}_1)$,
- x_{j1} - wartość parametru x_j modelu w i -tym kroku iteracji.
- α_{1+1} - wartość parametru α opracowana w $(i+1)$ -szym kroku iteracji.

2. Algorytm identyfikacji wykorzystujący wynikającą z warunku dokładności modelu wartość Q_{zad} .

Jeśli znana jest a priori wartość Q_{zad} dla wspomnianych przekrojów $Q(\alpha)$, to wartości parametrów \underline{x} zmiennego modelu, dla których:

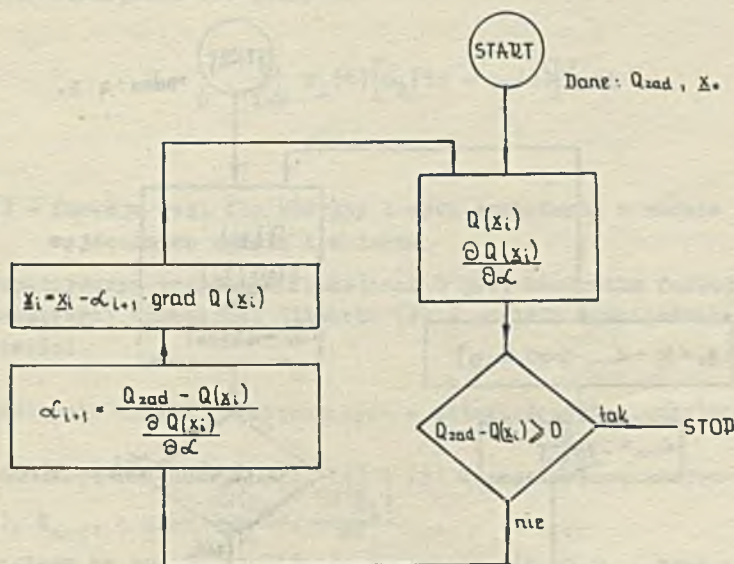
$$Q_{zad} - Q(\underline{x}) \geq 0 \quad (3)$$

można wyznaczyć na drodze iteracji w oparciu o algorytm Newtona-Raphsona:

$$\alpha_{i+1} = - \frac{Q(x_i) - Q_{zad}}{\frac{\partial Q(x_i)}{\partial \alpha}} \quad (4)$$

Wykazano (dodatek I), że dla funkcjonalów o założonych w p. 2 właściwościach, algorytm ten jest zbieżny w obszarze D do przedziału określonego relacją (3). Przy błędnym założeniu Q_{zad} tj. takim, dla którego $Q_{zad} < Q_{min}$ powyższy algorytm jest rozbieżny [2].

Schemat blokowy obliczeń dla procesu identyfikacji wykorzystującego Q_{zad} i przebiegającego w oparciu o algorytm (4) przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy realizacji algorytmu identyfikacji przy znanym Q_{zad}

3. Algorytm identyfikacji nie wykorzystujący informacji o wartości Q_{bad}

Kosztom zmniejszenia szybkości zbieżności procesu poszukiwania można zaproponować modyfikację algorytmu Newtona-Raphsona polegającą na zastąpieniu różnicy $Q(\underline{x}_1) - Q_{\text{bad}}$ w wyrażeniu (4) stałą wartością q . Modyfikacja ta pozwala opracować algorytm identyfikacji nie wymagający znajomości, trudnej na ogół do określenia, wartości Q_{bad} . Dla tego przypadku wyrażenie (4) przyjmie postać:

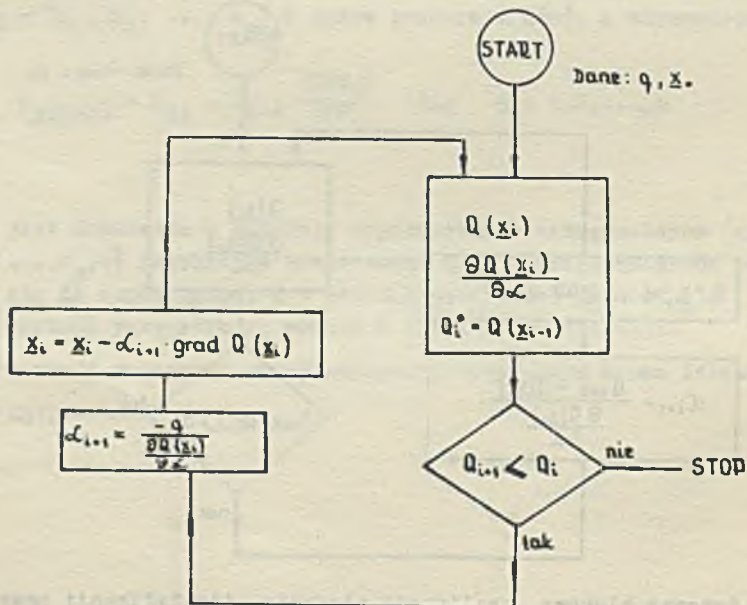
$$\alpha_{i+1} = - \frac{q}{\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial \alpha}}, \quad q > 0 \quad (5)$$

Można wykazać (dodatek II), że jeśli iteracyjny proces poszukiwania w obszarze D zostanie zatrzymany w momencie wyąpienia:

$$Q(\underline{x}_{i+1}) \geq Q(\underline{x}_i) \quad (6)$$

to zachodzi

$$Q(\underline{x}_1) - Q_{\text{min}} < q \quad (7)$$



Rys. 3. Schemat blokowy realizacji zmodyfikowanego algorytmu Newtona-Raphsona

Relacja (7) wskazuje na sens fizyczny przyjętej wielkości q ; wielkość ta określa mianowicie założoną dokładność wyznaczenia minimalnej wartości funkcjonału Q .

Schemat blokowy realizacji zmodyfikowanego algorytmu Newtona-Raphsona przedstawiono na rys. 3.

4. Przykład realizacji zaproponowanych algorytmów identyfikacji

Rozpatrzmy przypadek identycznych struktur obiektu i zmiennego modelu. Niech równania różniczkowe opisujące obiekt i zmienny model będą następujące:

obiekt

$$a_r^* m_r + a_{r-1}^* m_{r-1} + \dots + a_0^* m = s + b_1^* s_1 + \dots + b_p^* s_p \quad (8)$$

model

$$a_r n_r + a_{r-1} n_{r-1} + \dots + a_0 n = s + b_1 s_1 + \dots + b_p s_p \quad (9)$$

gdzie: $r \geq p$. a_1^* , a_1^* - stałe, $n_1 = \frac{dn_1}{dt}$, $n_1^* = \frac{dn_1^*}{dt}$.

Przyjmijmy funkcjonał Q o postaci:

$$Q = \int_0^T \sum_{i=0}^n w_1(t) [n_1(t) - m_1(t)]^2 dt \quad (10)$$

gdzie:

$w_1(t)$ - funkcja wagi dla różnicy l -tych pochodnych w osi czasu sygnałów wyjściowych modelu i obiektu.

W rozpatrywanym przypadku funkcjonał Q jest kwadratem funkcji odległości w przestrzeni funkcyjnej Hilberta [4] i posiada sprecyzowane w punkcie 2 właściwości.

4.1. Określenie wyrażeń występujących w zależnościach algorytmowych

Przy realizacji zależności (2), (4) i (5) wymagana jest znajomość wartości $Q(\underline{x}_1)$, Q_{zad} , q oraz $\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial \alpha}$, $\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial x_j}$.

Ze względu na to, że realizacja maszynowa $Q(\underline{x}_1)$, Q_{zad} oraz q jest prosta, zajmijmy się tylko sposobem wyznaczenia pochodnych.

Zauważmy, że:

$$\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial \alpha} = \sum_{j=1}^k \frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial x_j} \frac{\partial x_j}{\partial \alpha} \quad (11)$$

Uwzględniając zależność (2), można relację (11) sprowadzić do postaci:

$$\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial \alpha} = - \sum_{j=1}^k \left(\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial x_j} \right)^2 \quad (12)$$

gdzie:

$$\frac{\partial Q(\underline{x}_1)}{\partial x_j} = 2 \int_0^T \sum_{l=0}^k w_l(t) [n_l(t) - a_l(t)] \frac{\partial n_l}{\partial x_j} dt \quad (13)$$

Występujące w wyrażeniu (13) pochodne $\frac{\partial n_l}{\partial x_j}$ można wyznaczyć w układzie modeli stowarzyszonych [5] uzyskanych w oparciu o równania wrażliwości [6]:

$$\frac{\partial F}{\partial x_j} + \sum_{l=0}^k \frac{\partial F}{\partial n_l} \frac{\partial n_l}{\partial x_j} = 0 \quad (14)$$

gdzie:

$$F = \sum_{l=0}^k a_l n_l(t) - \sum_{l=0}^p b_l a_l(t) = 0, \quad b_0 = 1 \quad (15)$$

Jeśli $x_j = a_k$ ($k=0,1, \dots, r$), to równanie wrażliwości (14) przyjmuje postać:

$$a_r \frac{\partial n_r}{\partial a_k} + a_{r-1} \frac{\partial n_{r-1}}{\partial a_k} + \dots + a_0 \frac{\partial n_0}{\partial a_k} = -n_k \quad (16)$$

Jeśli natomiast $x_j = b_k$ ($k=0,1, \dots, p$), to równanie (14) sprowadza się do postaci:

$$a_r \frac{\partial n_r}{\partial b_k} + a_{r-1} \frac{\partial n_{r-1}}{\partial b_k} + \dots + a_0 \frac{\partial n_0}{\partial b_k} = a_k \quad (17)$$

Zauważmy, że równania (16) i (17) mogą być realizowane w modelach o strukturach analogicznych do struktury zmiennego modelu; stąd modele te noszą nazwę modeli stowarzyszonych.

Ponieważ [5]:

$$\frac{\partial n_1}{\partial a_k} = \frac{\partial n_{1+1}}{\partial a_{k-1}} \quad (k = 1, 2, \dots, r; \quad l = 0, 1, \dots, r-1) \quad (18)$$

w celu uzyskania wszystkich $\frac{\partial n_1}{\partial a_k}$, niezbędnych do określenia $\frac{\partial Q(x_1)}{\partial a_k}$ przy $w_{s+1} = w_{s+2} = \dots = w_r = 0$, wystarczy podać na wejście modelu stowarzyszonego sygnał n_s , a do wyjścia tego modelu (do punktu odpowiadającego wyjściu $n(t)$ zmiennego modelu) podłączyć szeregowo "s" integratorów. Podobnie [5]:

$$\frac{\partial n_1}{\partial b_k} = \frac{\partial n_{1+1}}{\partial b_{k-1}} \quad (k = 1, 2, \dots, r; \quad l = 0, 1, \dots, p-1) \quad (19)$$

Relacja (19) pozwala uzyskać w układzie modelu stowarzyszonego wszystkie $\frac{\partial n_1}{\partial b_k}$ niezbędne do określenia $\frac{\partial Q(x_1)}{\partial b_k}$ przy $w_{s+1} = w_{s+2} = \dots = w_r = 0$. W tym celu wystarczy podać na wejście modelu stowarzyszonego sygnał S_0 (gdzie $0 \geq s-r+p$), a do jego wyjścia szeregowo podłączyć "o" integratorów. Zauważmy, że dla $s \leq r-p$ wspomniane pochodne $\frac{\partial n_1}{\partial b_k}$ mogą być bezpośrednio wyznaczone w układzie zmiennego modelu.

4.2. Przykładowa realizacja maszynowa zaproponowanych algorytmów identyfikacji

Ze względu na stosunkowo proste struktury schematów blokowych procesów identyfikacji, nie wymagające użycia złożonego układu sterowania oraz możliwość łatwego zamodelowania na maszynie analogowej równań różniczkowych opisujących właściwości modeli, zaproponowane algorytmy identyfikacji zrealizowano na iteracyjnej maszynie analogowej.

Rozpatrzmy konkretny układ identyfikacji wartości dwu parametrów modelu obiektu inercyjnego pierwszego rzędu. Załóżmy, że $w_0 = w_1 = 1$ czyli:

$$Q = \int_0^T [(n - m)^2 + (\dot{n} - \dot{m})^2] dt \quad (20)$$

Dla tego przypadku:

$$\frac{\partial Q(a_1)}{\partial a_1} = - \left(\frac{\partial Q(a_1)}{\partial a_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial Q(a_1)}{\partial a_1} \right)^2 \quad (21)$$

gdzie:

$$\frac{\partial Q(a_1)}{\partial a_0} = 2 \int_0^T [(n - m) \frac{\partial n}{\partial a_0} + (\dot{n} - \dot{m}) \frac{\partial \dot{n}}{\partial a_0}] dt \quad (22)$$

$$\frac{\partial Q(a_1)}{\partial a_1} = 2 \int_0^T [(n - m) \frac{\partial n}{\partial a_1} + (\dot{n} - \dot{m}) \frac{\partial \dot{n}}{\partial a_1}] dt \quad (23)$$

Na rys. 4 przedstawiono schemat maszynowy rozpatrywanego układu identyfikacji, który realizuje omówione poprzednio algorytmy w oparciu o relacje (20) ÷ (23). W celu uzyskania sygnałów $\frac{\partial n}{\partial a_0}$, $\frac{\partial n}{\partial a_1}$, $\frac{\partial \dot{n}}{\partial a_0}$ oraz $\frac{\partial \dot{n}}{\partial a_1}$ zgodnie z uwagami podanymi w p. 5.1, wprowadzono na wejście modelu stowarzyszonego sygnał n , a do wyjścia tego modelu dołączono jeden integrator.

Reżim pracy układu narzucony jest przez sygnały sterujące S_1 wypracowywane w układzie sterowania iteracyjnej maszyny analogowej.

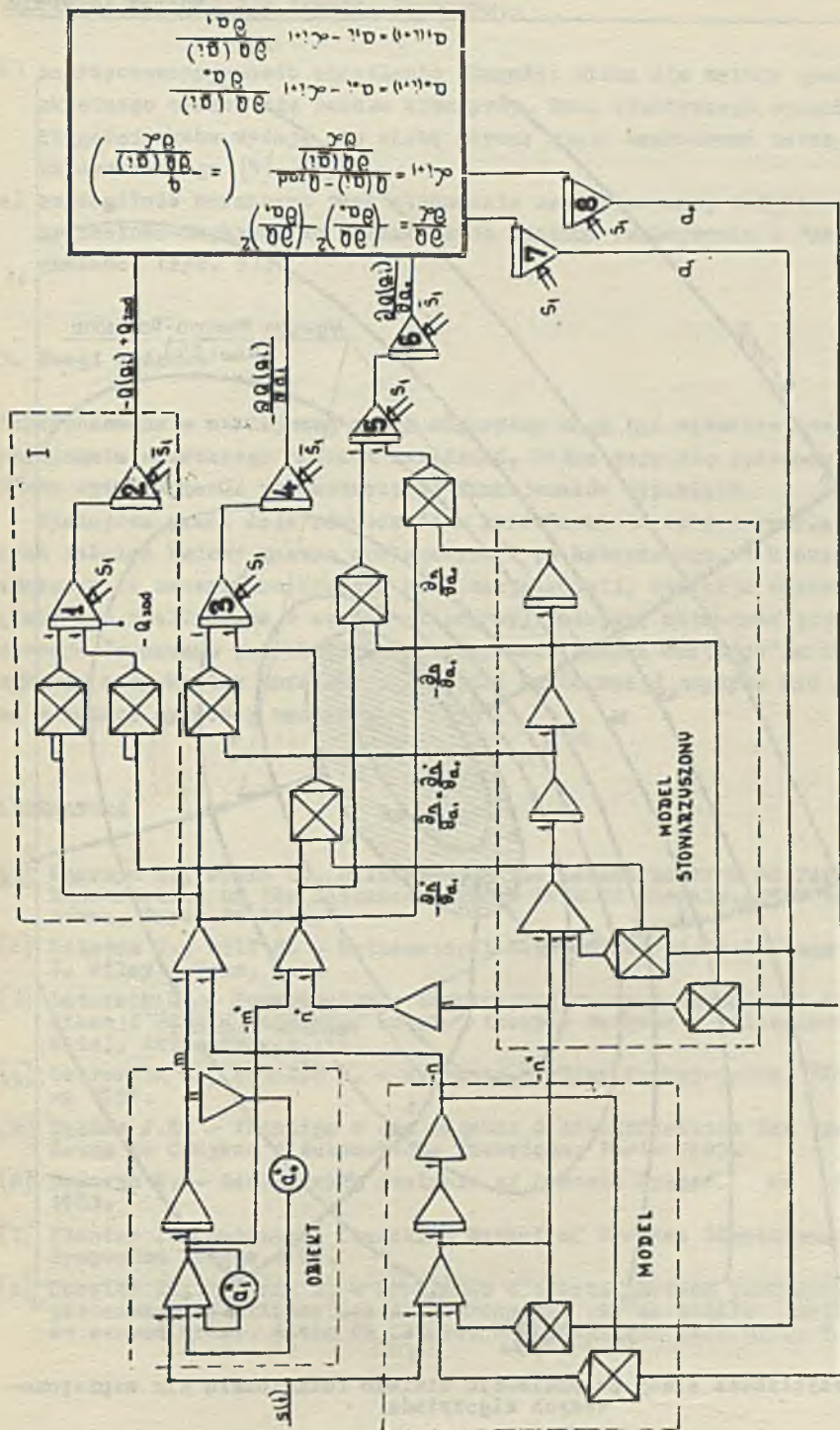
Elementy (1), (3) i (5) wprowadzane są w stany Warunków Początkowych ($S_1 = 1$) i Liczenia ($S_1 = 0$) synchronicznie z elementami obiektu i modeli. Elementy (2), (4), (6), (7) i (8) są elementami śledząco-zatrzymującymi. Przyjęto konwencję, że element śledząco-zatrzymujący znajduje się w stanie:

- śledzenia, jeśli podany na niego sygnał sterujący jest równy 1,
- zatrzymania, jeśli podany na niego sygnał sterujący jest równy 0.

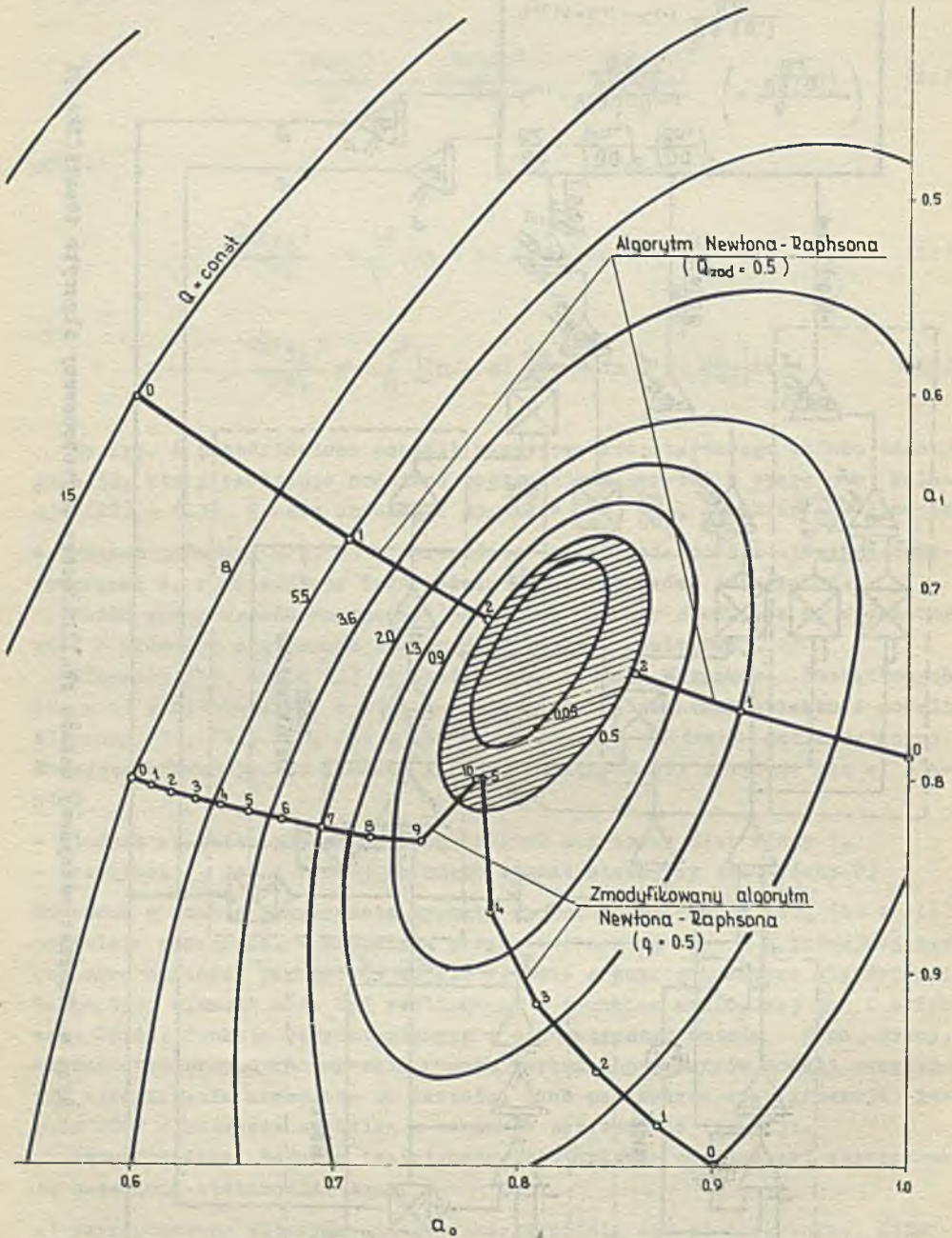
Uzyskane w stanie Zatrzymania sygnały wyjściowe elementów (2), (4) i (6) pozwalają opracować, w elemencie przedstawionym na rys. 4 w podwójnej ramce, nowe wartości parametrów modeli zgodnie z zaproponowanymi algorytmami. Wspomniany element może być realizowany w technice analogowej jak i cyfrowej. Oprócz funkcji przedstawionych w schematycznym opisie jego pracy, element ten przy opracowywaniu nowych wartości parametrów modeli uwzględnia ograniczenia narzucone na wartości tych parametrów oraz generuje impuls STOP w momencie spełnienia warunków zatrzymania iteracji.

Przeprowadzone badania teoretyczne potwierdzone rezultatami eksperymentu pozwalają stwierdzić, że:

- a) zaproponowane algorytmy identyfikacji różnią się od dotychczas stosowanych [3], [5], [7], [8], są równie łatwe do zrealizowania na maszynie analogowej, a ich zaletą jest silniejsza zbieżność,



Rys. 4. Schemat maszynowy układu realizującego zaproponowany algorytm identyfikacji



Rys. 5. Przykładowe ślady poszukiwania minimum funkcjonału dla zaproponowanych algorytmów

- b) zaproponowany sposób określenia długości skoku dla metody gradientu dyskretnego okazał się bardzo efektywny. Brak efektywnego sposobu doboru długości skoku wydaje się słabą stroną wielu zastosowań metod gradientu dyskretnego [5], [8],
- o) szczególnie korzystne jest stosowanie zaproponowanej modyfikacji metody Newtona-Raphsona do poszukiwania minimum funkcjonału o "słabej" wypukłości (rys. 5).

5. Uwagi końcowe

Zaproponowane w niniejszej pracy algorytmy mogą być wykorzystane do rozwiązywania szerokiego zakresu zagadnień, które dają się sprowadzić do problemu optymalizacji parametrycznej funkcjonałów wypukłych.

Niniejsza praca daje równocześnie przesłanki do opracowywania niektórych założeń budowy maszyn analogowych typu hybrydowego, w których część operacji (w naszym przykładzie realizacja modeli, operacja całkowania) mogłaby być realizowana w części analogowej maszyny, natomiast pozostałe operacje (w naszym przykładzie opracowywanie nowych wartości parametrów w oparciu o dyskretne informacje z części analogowej) mogłyby być realizowane w części cyfrowej maszyny.

LITERATURA

- [1] Węgrzyn S., Denis G., Delisle J. - The Identification of Processes by Minimization of the Distance Between Sets of Signals. IFAC 1969 Warszawa, Paper No 19.1.
- [2] Ralston A., Wilf H. - Mathematical Methods for Digital Computers. J. Wiley Sons, Inc.
- [3] Latarnik M. - Wykorzystanie iteracyjnej maszyny analogowej do identyfikacji metodą zmiennego modelu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Automatyka z. 14.
- [4] Lusternik L., Sobolew W. - Elementy analizy funkcjonalnej PWN Warszawa 1959.
- [5] Delmas J.H. - Principe d'une méthode d'identification des processus. Actes du Congrès d'Automatique Théorique. Paris 1965.
- [6] Tomović R. - Sensitivity Analysis of Dynamic System. Mc Graw-Hill 1963.
- [7] Plander I. - Automatic Iteration Method of Process Identification. IFAC Symposium Prague 1967.
- [8] Debelle J., Foureau A. - Problèmes d'identification paramétrique de processus, identification d'un processus par un modèle mathématique du second ordre. Actes du Congrès d'Automatique Théorique, Paris 1965.

Dodatek I

Warunkiem koniecznym zbieżności procesu przebiegającego w oparciu o algorytm Newtona-Raphsona [2] jest:

$$Q_{\text{sad}} \geq Q_{\text{min}} \quad (I1)$$

Oznaczmy przez α_0^+ punkt, dla którego $Q(\alpha_0^+) = Q_{\text{sad}}$ oraz $\frac{\partial Q(\alpha_0^+)}{\partial \alpha} \geq 0$; natomiast przez α_0^- punkt, dla którego $Q(\alpha_0^-) = Q_{\text{sad}}$ oraz $\frac{\partial Q(\alpha_0^-)}{\partial \alpha} \leq 0$.

Ponieważ wartość średnia funkcji wyznaczona dla określonego przedziału całkowania nie może być większa od maksymalnej wartości tej funkcji w przedziale całkowania, dla rozpatrywanych funkcjonalów Q prawdziwe są we wspomnianym obszarze D następujące relacje:

$$\frac{\partial Q(\alpha_1)}{\partial \alpha} \geq \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_0^+} \int_{\alpha_0^+}^{\alpha_1} \frac{\partial Q}{\partial \alpha} d\alpha = \frac{Q(\alpha_1) - Q_{\text{sad}}}{\alpha_1 - \alpha_0^+} \quad \text{dla } \alpha_1 \geq \alpha_0^+ \quad (I2)$$

oraz

$$-\frac{\partial Q(\alpha_1)}{\partial \alpha} \geq \frac{1}{-\alpha_1 + \alpha_0^-} \int_{\alpha_1}^{\alpha_0^-} \left(-\frac{\partial Q}{\partial \alpha}\right) d\alpha = \frac{Q_{\text{sad}} - Q(\alpha_1)}{\alpha_1 - \alpha_0^-} \quad \text{dla } \alpha_1 \leq \alpha_0^- \quad (I3)$$

Zgodnie z przyjętym algorytmem (4):

$$\frac{\partial Q(\alpha_1)}{\partial \alpha} = \frac{Q(\alpha_1) - Q_{\text{sad}}}{1 - 1+1} \quad (i = 0) \quad (I4)$$

Uwzględniając zależności (I2), (I3) oraz (I4) możemy napisać, że:

$$\alpha_0^+ \leq \alpha_{1+1} < \alpha_1 \quad (I5)$$

względnie

$$\alpha_1 < \alpha_{1+1} \leq \alpha_0^-$$

Na podstawie relacji (I4) oraz (I5) możemy napisać:

$$Q(\alpha_{1+1}) = Q(\alpha_1) + \int_{\alpha_1}^{\alpha_{1+1}} \frac{\partial Q}{\partial \alpha} d\alpha < Q(\alpha_1) \quad (I6)$$

Innymi słowy proces przebiegający w oparciu o algorytm Newtona-Raphsona jest w obszarze D zbieżny do przedziału, w którym:

$$Q(\alpha) \leq Q_{\text{sad}} \quad (\text{I7})$$

Dodatek II

Na podstawie zależności (I2) i (I3) możemy napisać:

$$\frac{\partial Q(\alpha_1)}{\partial \alpha} \geq \frac{Q(\alpha_1) - Q_{\text{min}}}{\alpha_1 - \alpha_0} \quad \text{dla } \alpha_1 > \alpha_0 \quad (\text{II1})$$

oraz

$$\frac{\partial Q(\alpha_1)}{\partial \alpha} < \frac{Q(\alpha_1) - Q_{\text{min}}}{\alpha_1 - \alpha_0} \quad \text{dla } \alpha_1 < \alpha_0 \quad (\text{II2})$$

Uwzględniając (II1), (II2) oraz (5) otrzymujemy dla $\alpha_1 = 0$:

$$\frac{q}{\alpha_1 - \alpha_{1+1}} \geq \frac{Q(\alpha_1) - Q_{\text{min}}}{\alpha_1 - \alpha_0} \quad \text{dla } \alpha_1 > \alpha_0 \quad (\text{II3})$$

oraz

$$\frac{q}{\alpha_1 - \alpha_{1+1}} < \frac{Q(\alpha_1) - Q_{\text{min}}}{\alpha_1 - \alpha_0} \quad \text{dla } \alpha_1 < \alpha_0 \quad (\text{II4})$$

Jeśli $Q(\alpha_1) - Q_{\text{min}} = q$, to:

$$\alpha_0 < \alpha_{1+1} < \alpha_1 \quad \text{dla } \alpha_1 > \alpha_0 \quad (\text{II5})$$

względnie

$$\alpha_0 \geq \alpha_{1+1} > \alpha_1 \quad \text{dla } \alpha_1 < \alpha_0 \quad (\text{II6})$$

Na podstawie (II5), (II6) oraz (I6) możemy stwierdzić, że proces poszukiwania w obszarze D jest dla $Q(\alpha) - Q_{\text{min}} > q$ zbieżny do przedziału:

$$Q(\alpha) - Q_{\text{min}} < q \quad (\text{II7})$$

Wystąpienie w obszarze D nieujemnej różnicy

$$Q(\alpha_{1+1}) - Q(\alpha_1) \geq 0 \quad (\text{II8})$$

Świadczy o osiągnięciu przedziału (II7) i jest wykorzystywane do satysficywania procesu poszukiwania.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 16.12.1969 r.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТОДОМ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ ОСУЩЕСТВЛЕННАЯ НА ИТЕРАТИВНОЙ АНАЛОГОВОЙ МАШИНЕ

Резюме

В работе рассматривается проблема использования итеративной аналоговой машины, для идентификации объектов.

Идентификация осуществляется путём минимизации функционала, являющегося мерой расхождения между сигналами полученными на выходе объекта и адаптивной модели при введении на их входы тех же самых входных сигналов [1].

Минимум выше указанного функционала находят на основании алгоритма Ньютона-Рафсона [2], а также предложенной модификации его.

Представлена конкретная реализация счетной системы действующей на основании предложенных алгоритмов.

Рассматривается также пригодность принятых алгоритмов путём сравнения их с другими известными алгоритмами счетных устройств рассмотренного типа.

IDENTIFICATION BY THE METHOD OF ADAPTIVE MODEL REALIZED ON ITERATIVE ANALOGUE COMPUTER

S u m m a r y

The problem of using an iterative analogue computer to the identification of plants is discussed in the paper. The identification is realized on the way of minimization of a functional, being a measure of a distance between the output signals on the plant and the adaptive model, by carrying in to their inputs the same input signals [1].

The minimum of that functional is searched on the base of the Newton-Raphson algorithm [2] and his proposed modification. A concrete realization of a computing system working on the base of the proposed algorithms is presented.

A utility of accepted algorithms as compared to the other known algorithms of computing systems of talked type is to be considered.