ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Górnictwo z. 61 Nr kol. 406

Anna Walaszek-Babiszewska
Krystian Kalinowski

KONCEPCJA IDENTYFIKACJI PROCESÓW WZBOGACANIA W ZAKŁADACH PRZERÓBKI MECHANICZNEJ WĘGLA

Streszczenie: W pracy przedstawiono koncepcję identyfikacji procesów wzbogacania węgla. Podano metody przeprowadzania identyfikacji wstępnej i bużącej. Przedstawione rozwiązanie algorytmu identyfikacji jest elementem opracowania algorytmu sterowania procesów wzbogacania za pomocą maszyny cyfrowej.

Identyfikacja procesu wzbogacania węgla jest nieodłączonym zagadnieniem przy opracowywaniu algorytmów kompleksowego sterowania zakładem wzbogacania za pomocą maszyny cyfrowej.

Identyfikacją nazywa się tworzenie opisu matematycznego obiektu sterowania. Obiektem sterowania jest proces wzbogacania, na który składa się cały szereg procesów składowych (etapów), charakteryzujący się dużą złożonością, dużym stopniem nieokreśloności związanym z istnieniem nieznanych zakłóceń przypadkowych i nieznajomością dokładnego opisu matematycznego.

Wskaźnik procesu kompleksowego można wyrazić ogólnie [5] za pomocą relacji

$$\bar{Y}^* = \Phi\ (\bar{X},\ \bar{Z}) \tag{1}$$

gdzie:

$\bar{X}$ - wektor sygnałów mierzalnych,

$\bar{Z}$ - " " niemierzalnych.

Równanie (1) nazywa się modelem matematycznym procesu. Model ten jest idealny, kiedy wynik pomiaru wskaźników $\bar{Y}$ i wskaźniki $\bar{Y}^*$ obliczone z relacji (1) są identyczne. Informacje o procesie kompleksowym nie są prawie nigdy kompletne i zawsze istnieje niepewność reprezentowana wektorem $\bar{Z}$. Fak ten zmusza do posługiwania się modelem matematycznym przybliżonym

$$\bar{Y}^* = F(\bar{X},\ \bar{A}) \tag{2}$$

gdzie:

F - funkcja proponowana przez specjalistów procesu,

$\bar{A}$ - wektor współczynników stałych.

Identyfikacja polega [5] na znalezieniu optymalnych wartości składowych wektora $\bar{A}$, optymalnych w sensie realizacji przyjętego kryterium identyfikacji, co można zapisać:

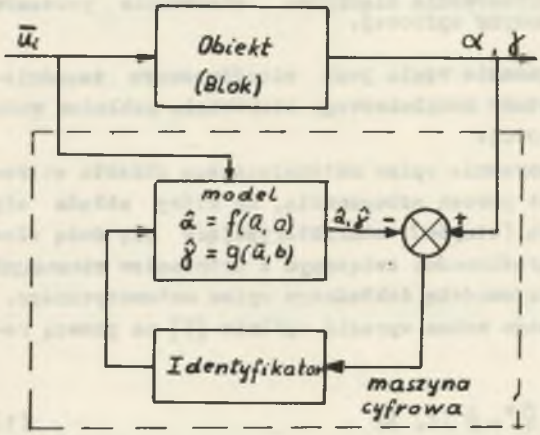
$$d\left\{R(\bar{Y}),\ R\left[F(\bar{X},\ \bar{A}opt)\right]\right\} = \mathrm{Min}\ d\left\{R(\bar{Y}),\ R\left[F(\bar{X},\ \bar{A})\right]\right\} \qquad (3)$$

gdzie:

$R(\bar{Y})$ - zbiór wartości $\bar{Y}$ mierzonych bezpośrednio,

$R\left[F(\bar{X},\ \bar{A})\right]$ - zbiór wartości $\bar{Y}$ obliczonych na podstawie wzoru (2),

$d\left\{\ \right\}$ - odległość w przestrzeni metrycznej między zbiorami $R(\bar{Y})$ i $R\left[F(\bar{X},\ \bar{A})\right]$.



Rys. 1. Schemat technologiczny zakładu wzbogacania kop. "KNURÓW"

Na rys. 1 pokazany jest schemat technologiczny przykładowego zakładu wzbogacania (kop. "Knurów"). Ze względu na złożoność procesu oraz na dużą liczbę zmiennych wpływających na proces, traktowanie go jako jednego bloku wielowymiarowego jest niecelowe. Proces wzbogacania należy podzielić na etapy, przy czym jako etap przyjęto nazywać taki zespół procesów elementarnych, dla którego można przyjąć kryterium sterowania oraz można określić zbiór sygnałów mierzalnych i sterowalnych $\bar{U}$ jak i zbiór sygnałów mierzalnych i niesterowalnych $\bar{V}$ i $\bar{W}$.

Podział procesu na etapy jest odrębnym zagadnieniem ustalania struktury procesu sterowania. Częściowo problem ten został rozwiązany w pracy [4]

Stosując metodę badania przekrojów [4] wyodrębniono 6 bloków (etapów) - (rys. 1 i tablica 1). W każdym z tych bloków istnieje możliwość sterowania za pomocą sygnałów sterowalnych (tablica 1) i można przyjąć odpowiednie kryterium oceny procesu wzbogacania.

Sygnały sterowalne wpływają w każdym z bloków na jakość produktów wyjściowych - na zawartość węgla w poszczególnych frakcjach jak i na współczynniki rozdziału frakcji.

Tablica 1

Bloki (etapy) procesu wzbogacania zakładu przeróbczego Kop. "KNURÓW"

Numer bloku	Nazwa bloku	Zmienne mierzalne i sterowalne bloku	Liczba zmiennych mierzalnych i sterowalnych
1	Klasyfikacja wstępna	Ilość uruchamianych podawaczy Nastawa klapy strumienia nadawy	3
2	Wzbogacania w DISA	Ciężar właściwy cieczy wzbogacania wstępnego. Ciężar właściwy cieczy wzbogacania wtórnego	2
3	Wzbogacanie w osadzarkach	Wielkość nastawy szczeliny wypustowej produktu ciężkiego. Wielkość nastawy szczeliny wypustowej przerostu	4
4	Wzbogacanie w osadzarkach	Wielkość nastawy szczeliny wypustowej produktu ciężkiego. Wielkość nastawy szczeliny wypustowej przerostu.	4
5	Wzbogacanie w DISA	Ciężar właściwy cieczy wzbogacania wstępnego. Ciężar właściwy cieczy wzbogacania wtórnego	2
6	Wzbogacanie wtórne w osadzarce	Wielkość nastawy szczeliny wypustowej produktu ciężkiego Wielkość nastawy szczeliny wypustowej przerostu	2

Zazwyczaj identyfikację procesu technologicznego przeprowadza się ze względu na kryterium sterowania, poszukując zależności między przyjętym kryterium a zmiennymi sterowalnymi z dokładnością do stałych

$$I = f(\overline{U}, \overline{A})$$

Kryteria oceny procesu wzbogacania są zazwyczaj funkcjami tylko współczynników rozdziału i zawartości węgla w poszczególnych frakcjach [1]. Sterowanie procesem musi uwzględniać również ograniczenia związane szczególnie z ograniczoną wydajnością agregatów wzbogacania i urządzeń transportowych. Stąd konieczna staje się znajomość zależności współczynników rozdziału od wektora sygnałów mierzalnych. Celowe staje się więc identyfikowanie podstawowych parametrów procesu wzbogacania: zawartości węgla α w poszczególnych frakcjach oraz współczynnika rozdziału γ poszczególnych frakcji.

Niech $\overline{W}i$ oznacza wektor, którego składowe są parametrami i-tego bloku

$$\overline{W}i^T = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_m, \gamma_1, \gamma_2, \ldots \gamma_m). \tag{4}$$

Można więc napisać, że:

$$\overline{W}_i = \varphi(\overline{U}_i, \overline{V}_i, \overline{Z}_i). \tag{5}$$

Równanie (5) ma charakter statystyczny ze względu na losowy charakter $\overline{V}i$ jak i zakłóceń $\overline{Z}_i$. Zależność funkcyjną tkwiącą w równaniu (5) ujawnia funkcja regresji:

$$E\left\{\overline{W}_i/\overline{U}_i\right\} = \theta\ (\overline{U}_i). \tag{6}$$

W oparciu o informację, którą stanowią pomiary wstępne wielkości mierzalnych i analiza technologii procesów wzbogacania charakterystykę (6) aproksymuje się wielomianem funkcyjnym

$$\theta\ (\overline{U}_i) \approx \sum_{j=0}^{k} A_j \cdot h_j(\overline{U}_i) = f(\overline{U}_i, \overline{A}) \tag{7}$$

gdzie $h_j(\overline{U}_i)$, $j = 1,2,\ldots k$

są złożonymi z góry funkcjami i

$$h_o(\overline{U}_i) \equiv 1$$

Rodzina parametryczna funkcji wektorowych (7) jest modelem matematycznym i-tego etapu procesu.

Funkcja $F(\overline{U}_i, \overline{A})$ aproksymuje rzeczywistą charakterystykę i-tego bloku (5).

Należy liczyć się z dużymi rozbieżnościami między rzeczywistym obiektem, a wyznaczonym modelem, które mogą się ujawnić po sprawdzeniu koncepcji sterowania.

Wymaga to dokonywania każdorazowo kolejnej identyfikacji. Zatem identyfikacja modelu matematycznego jest ściśle związana z koncepcją sterowania i można tu podać pewną kolejność postępowania:

- identyfikacja wstępna,
- tworzenie koncepcji sterowania,
- sprawdzenie sterowania na obiekcie,
- bieżąca identyfikacja (przy stwierdzeniu dużych rozbieżności między modelem a obiektem).

Powstają zatem dwa zagadnienia:

a) identyfikacji wstępnej,
b) indentyfikacji bieżącej.

Proponuje się, aby identyfikację wstępną przeprowadzić metodą analizy regresyjnej.

Metoda ta polega na tym, że po nagromadzeniu odpowiedniej ilości pomiarów wartości chwilowych Ui,n i Wi,n dokonuje się jednorazowo obliczeń wektora współczynników A.

Jako kryterium identyfikacji przyjmuje się tzw. zasadę najmniejszej sumy kwadratów błędów

$$S_i = \min_{\bar{A}} \sum_{n=1}^{N} \left| \bar{W}_{i.n} - F(\bar{U}_{i,n}, \bar{A}) \right|^2 \qquad (8)$$

Minimalizacja wyrażenia (8) ze względu na $\bar{A}$ prowadzi do rozwiązania układu 2m(k+1) równań liniowych ze względu na niewiadome składowych wektora $\bar{A}$, gdzie k - liczba składowych wektora $\bar{A}$, 2m - liczba parametrów podlegających identyfikacji. Rzędy tych równań dla przyjętych bloków są duże np. stosowanie aproksymacji wielomianem rzędu drugiego dla bloku 2 wymaga rozwiązania układu równań o 72 niewiadomych. Rozwiązanie wymaga oczywiście użycia maszyny matematycznej. Wydaje się, że metoda analizy regresyjnej nie nadaje się do przeprowadzenia identyfikacji bieżącej.

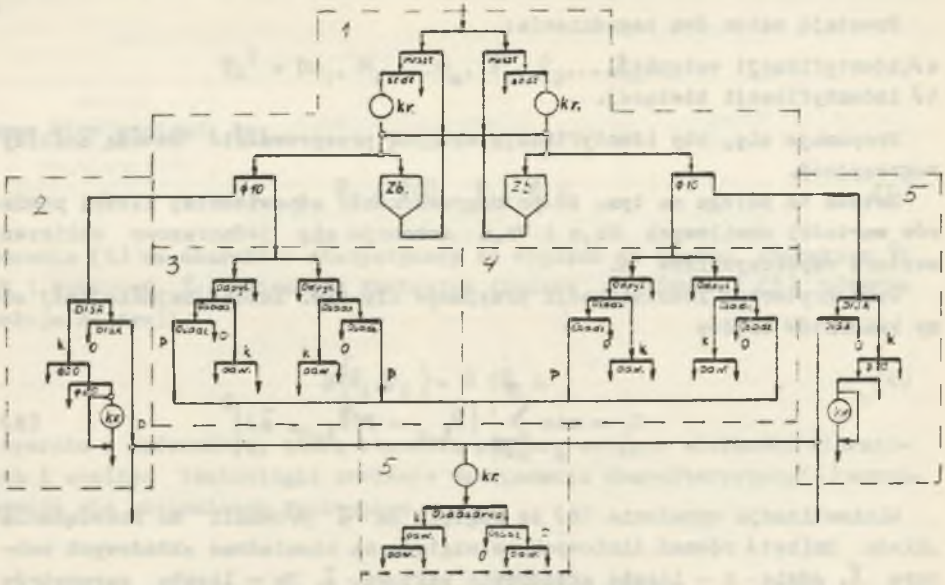
Wobec tego proponuje się identyfikację bieżącą przeprowadzić metodą aproksymacji stochastycznej. Metodę tę stosuje się do identyfikacji nieliniowych, wielowymiarowych obiektów. Przeprowadza się ją w oparciu o eksperyment bierny, ma charakter iteracyjny.

Do modelu optymalnego dochodzi się drogą kolejnych przybliżeń. Identyfikacja odbywa się w układzie zamkniętym jak na rys. 2. W kolejnych taktach pracy określonych kolejnymi pomiarami porównuje się wyjścia obiektu i modelu.

Maszyna cyfrowa określa następnie oszacowanie parametrów charakterystyki statycznej.

Jako kryterium identyfikacji przyjmuje się minimalizację wartości oczekiwanej z kwadratu różnicy wyjść obiektu i modelu

$$S_i = \min_{\bar{A}} E\left\{ \left| \bar{W}_i - F(\bar{U}_i, \bar{A}) \right|^2 \right\} \qquad (9)$$



Rys. 2. Identyfikacja iteracyjna w układzie zamkniętym z maszyną cyfrową

Algorytm identyfikacji stanowi ciąg zmiennych losowych znany w literaturze jako proces Robbinsa-Monro [2] i [3]

$$\bar{A}_{n+1} = \bar{A}_n - \gamma_n \operatorname{grad} g(\bar{U}_{i,n+1}, \bar{W}_{i,n+1}, \bar{A}_n) \tag{10}$$

gdzie

$$g(\bar{U}_{i,n+1}, \bar{W}_{i,n+1}, \bar{A}_n) = \left| \bar{W}_{i,n+1} - F(\bar{U}_{i,n+1}, \bar{A}_n) \right|^2 , \tag{11}$$

n - kolejny takt pracy,

γ_n - ciąg liczb rzeczywistych, spełniający warunki dla

$$n = 1,2 \ldots$$

$$\gamma_n > 0$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n = \infty$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n^2 < \infty$$

Obliczanie optymalnych w sensie kryterium (9) współczynników $\bar{A}$ sprowadza się w myśl (10) i (11) do wielokrotnego wykonania prostych obliczeń.

LITERATURA

[1] Barskij L.A., Rubinstejn Ju.B.: Kiberneticeskije metody v obogascenij poleznych iskopaemych. Medra, Moskwa 1970.

[2] Loginov N.W.: Metody stochasticeskoj approksimscji. Avtomatika i telemechanika n.4, 1966.

[3] Mańczak K.: Metody identyfikacji wielowymiarowych obiektów sterowania. WNT, Warszawa 1971.

[4] Sztaba K.: Problemy budowy schematu kontroli w procesach technologii przeróbki. Zbiór referatów na sympozjum "Automatyzacji i Kontrola Procesów Przeróbczych". Katowice 1971.

[5] Węgrzyn S.: Podstawy automatyki kompleksowej. Prace Instytutu Automatyki PAN z. 81, Warszawa 1968.

КОНЦЕПЦИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА
ОБОГАЩЕНИЯ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Р е з ю м е

В работе излагается концепция проведения идентификации процесса обогащения угля на обогатительном предприятии шахты "Кнуров".

Приведен способ проведения вступительной и текущей идентификации.

Разработка алгоритма идентификации процесса обагащения угля является элементом разработки алгоритма управления обогатительным предприятием с применением цифровой машины.

AN IDEA OF IDENTIFICATION OF THE ENGRICHMENT PROCESS IN
MECHANICAL COAL TREATMENT PLAMTS

S u m m a r y

In the paper an identification process of coal enrichment for the exemplary coal treatment plant "Knurów" has been presented. The whole enrichment process has been divided into stages.

A way of carrying out the initial and current identifications was given.

An elaboration of the identification algorithm and of the coal enrichment process is an element of an algorithm elaboration of a coal treatment plant control with the use of a digital computer.