ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988
Seria: AUTOMATYKA z.95 Nr kol.971

Swetla Stojanowa, Stefan Belew,
Wołodia Conew, Irina Żelazkowa
Wyższa Szkoła Techniczna
Rousse, Bułgaria

ALGORYTM OKREŚLANIA WYDAJNOŚCI PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO

Streszczenie. W referacie został opisany jeden konkretny algorytm nadający się do praktycznej realizacji możliwości określania wydajności przenośnika taśmowego środkami techniki mikroprocesorowej.

W kopalniach odkrywkowych pracują maszyny - koparki wirnikowe i inne, których podstawową część składową stanowią przenośniki taśmowe. Powstaje konieczność określania wydajności przenośnika w każdej chwili czasu.

Jest wiadome [1], że całkowitą masę na przenośniku można określić jako

$$M = L_o \cdot \frac{c_6 \cdot U.I.\cos\varphi \cdot \eta_s - c_5 \cdot \omega_s \cdot \cos\beta}{\omega_s(c_1 \cdot \sin\beta + c_2 \cdot \cos\beta + c_3 \cdot \omega_s^2 + c_4)}, \qquad /1/$$

gdzie: L_o - odległość, na jaką przenoszony jest ładunek;

$c_1 \div c_6$ - współczynniki uwzględniające parametry konstrukcyjne przenośnika [1];

ω_s - prędkość kątowa napędzającego silnika elektrycznego;

β - kąt przenośnika względem poziomu;

$U.I.\cos\varphi \cdot \eta_s = P_s$ - moc wyjściowa napędzającego silnika elektrycznego.

A więc całkowitą masę na przenośniku w dowolnej chwili czasu można rozpatrywać jako funkcję prędkości kątowej silnika ω_s, jego mocy wyjściowej P_s oraz kąta nachylenia przenośnika

$$M = f(P_s, \omega_s, \beta) \qquad /2/$$

W [1] udowodniono, że przy dyskretyzacji wprowadzanego oraz opuszczającego przenośnik ładunku, przenośnik można przedstawić jako N - bitowy bufor, na wejściu którego w chwili k wprowadzana jest nowa ilość ładunku $m_{wp}(k)$ oraz z którego wyjścia wychodzi w tej samej chwili ilość $m_{wy}(k)$.

Przy określaniu całkowitej masy na przenośniku pewną trudność stanowi pomiar mocy wyjściowej napędzającego silnika elektrycznego

$$P_s = U.I.\cos\varphi . \eta_s ,$$

gdzie: U i I są wartościami skutecznymi napięcia i prądu silnika;
φ jest przesunięciem fazowym pomiędzy napięciem a prądem silnika;
η_s – sprawność silnika.

Pomiar $\cos\varphi$ w najlepszym przypadku wymaga pomiaru interwału czasu /przesunięcia sinusoidalnych wielkości napięcia u oraz prądu i silnika/, co komplikuje tak algorytm, jak również jego realizację hardware'ową. Celem uniknięcia takiego pomiaru stosuje się pomnożenie wartości chwilowych napięcia u oraz prądu i w powielaczu analogowym, po czym odczytuje się wartość chwilową mocy

$$p(t) = u(t) . i(t)$$

Moc wyjściowa silnika w istocie stanowi jego moc czynną, pomnożoną przez jego sprawność. Liczbowo moc czynna jest równa średniej wartości mocy chwilowej za okres, tj.

$$P = U.I.\cos\varphi = \frac{1}{T}\int_0^T p\,dt \; ; \quad T = 2\pi f$$

Przy N_1 pomiarach /odczytach/ mocy chwilowej p można napisać

$$P_j = \frac{1}{N_1}\sum_{i=1}^{N_1} p_i \qquad /3/$$

W ogólnym przypadku

$$\eta_s = \eta(P),$$

przy czym zwykle funkcja ta nie ma postaci analitycznej i jest różna dla każdego silnika elektrycznego. W celu osiągnięcia maksymalnej szybkości przy algorytmicznej realizacji proponuje się ujęcie w tabelę funkcji η_s z dyskretyzacją równą dokładności, z jaką oblicza się moc P.

Ażeby uniknąć błędu przypadkowego przy określaniu prędkości kątowej silnika oraz jego mocy, stosuje się filtrowanie do wartości średniej, tj. przy N_2 pomiarach dla ω_{sj} oraz P_j do dalszych obliczeń stosuje się wyrażenia

$$\omega_k = \frac{1}{N_2}\sum_{j=1}^{N_2} \omega_{sj} \qquad /4/$$

$$P_k = \frac{1}{N_2}\sum_{j=1}^{N_2} P_j \qquad /5/$$

Kąt β jest stały w ciągu całego okresu pomiaru oraz obliczeń. Dlatego proponuje się w ramach jednego obliczenia ładunku na przenośniku jego wartość mierzyć tylko raz.

Na rys. 1 pokazano uogólniony algorytm określania masy ładunku na przenośniku taśmowym.

Przy modelowaniu przenośnika podstawowe jest określanie masy /ładunku/ wprowadzanej w chwili k. W [1] udowodniono, że

$$m_1(k) = M(k) - M(k-1) + m_{wy}(k) , \qquad /6/$$

gdzie: $m_1(k)$ - masa, wprowadzana w chwili k na przenośnik;
$M(k)$ - obliczony ogólny ładunek na przenośniku w chwili k;
$M(k-1)$ - obliczony ogólny ładunek na przenośniku w chwili (k-1)
$m_{wy}(k)$ - masa opuszczająca przenośnik w chwili k.

Na rys. 2 pokazano uogólniony algorytm modelu przenośnika zgodnie z wymaganiami w [1], natomiast na rys. 3 - rodzaj oraz kolejność operacji koniecznych przy określaniu wydajności przenośnika oraz ilości produkcji wytworzonej.

W dalszych rozważaniach wykorzystuje się terminologię przyjętą w [2].

Czas /takt/ pomiaru wielkości wejściowych zgodnie z algorytmem na rys. 1, odczytuje się za pomocą tajmera, który dzieli czas procesora pomiędzy "program pomiarowy", odczytujący informację z czujników i pracujący w stanie przerwań /rys. 4/ a "program obliczeniowy" /rys. 5/. Jak widać z rys. 4, zachowane są podstawowe cykle przy pomiarze wielkości wejściowych algorytmu z rys. 1. Celem minimalizacji czasu koniecznego do pracy programu przerywającego wprowadzono sumowanie informacji w odpowiednich sumatorach S_{P_i}, S_{P_j}, S_{ω_j}. Jeśli wybierze się N_1 tak, że

$$N_1 = 2^p , \qquad /7/$$

gdzie p jest liczbą całkowitą dodatnią, to przy uśrednianiu p_i według wzoru /3/ nie będzie wykorzystywany program dzielenia.

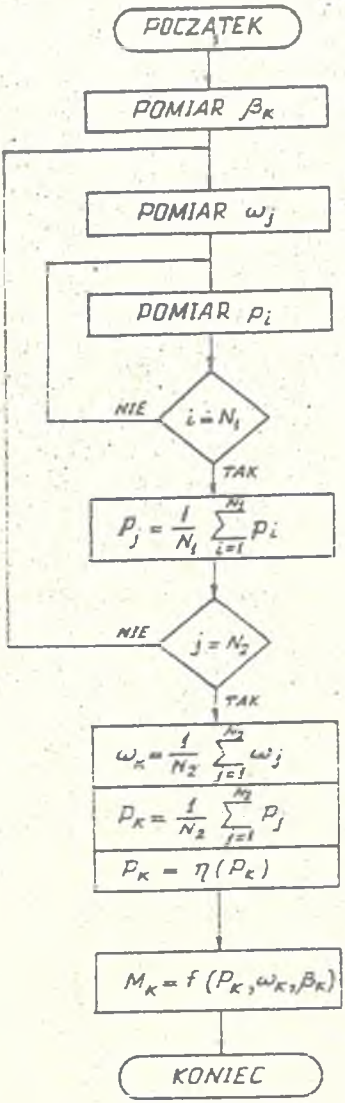
Program przerywający /rys. 4/ może zakończyć swoją pracę trzema różnymi drogami, charakteryzującymi się następującymi czasami pracy:

$$t_{1I} = t_{ADC} + t_{ADD} + t_{COMP} + t_{RTI}$$

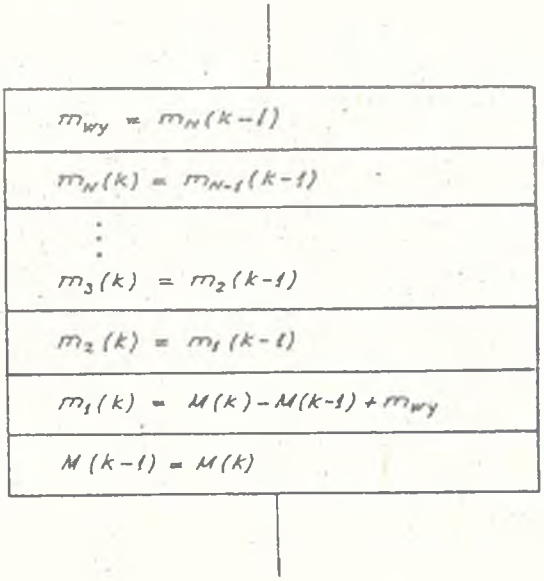
$$t_{2I} = 2t_{ADC} + 3t_{ADD} + 2t_{COMP} + t_{ROT} + t_{RTI} \qquad /8/$$

$$t_{3I} = 3t_{ADC} + 3t_{ADD} + 2t_{COMP} + t_{ROT} + t_{SET} + t_{IND} + t_{RTI}$$

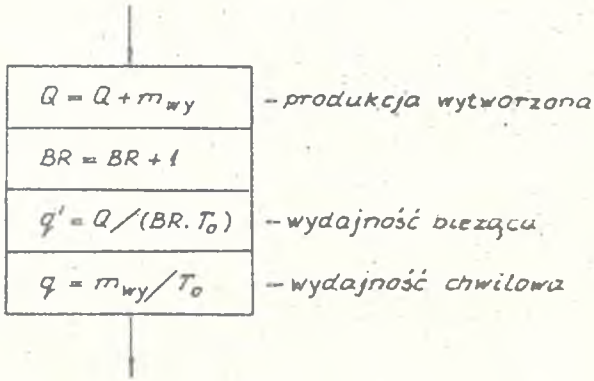
gdzie: t_{ADC} - czas przetwarzania przetwornika analogowo-cyfrowego ADC na wejściu;



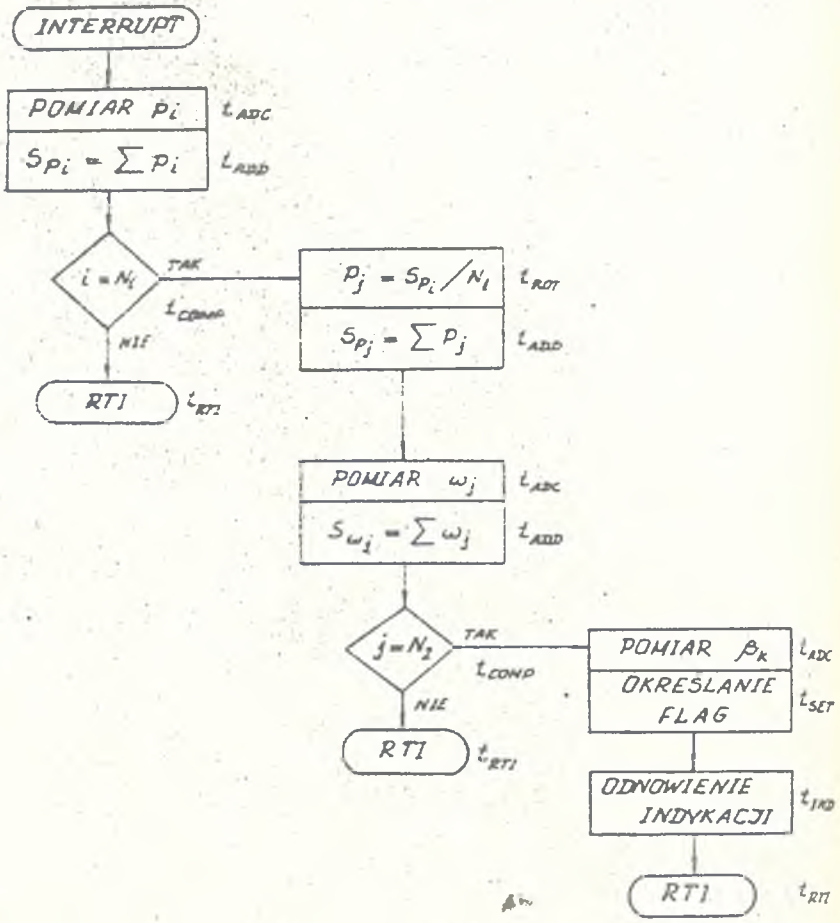
Rys.1. Algorytm pomiaru wielkości wejściowych
Fig.1. An algorithm of inputs measurement



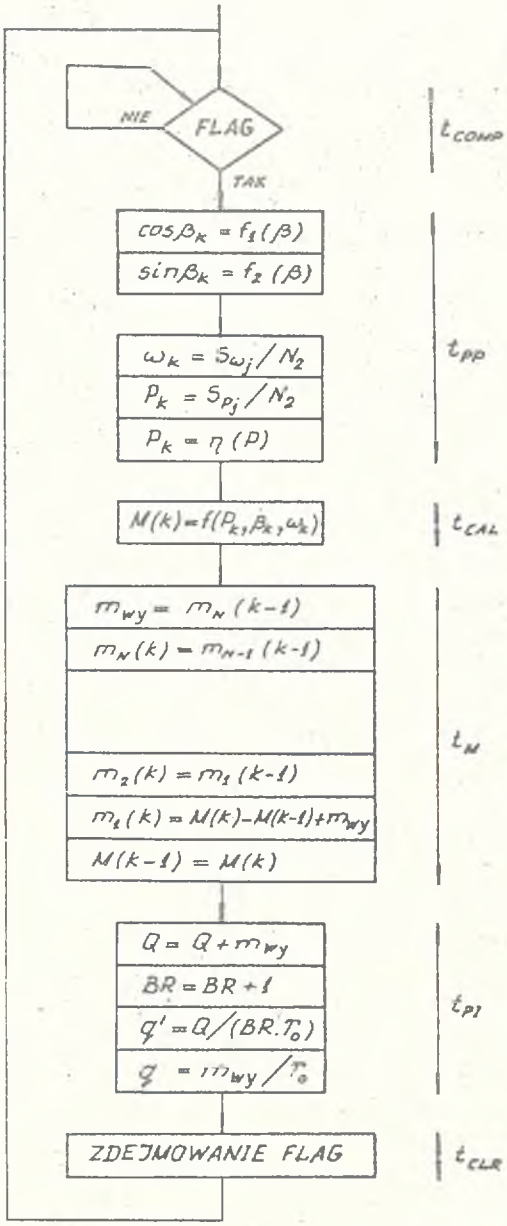
Rys.2. Uogólniony algorytm modelu przenośnika
Fig.2. Generalized algorithm of the model for a band transducer



Rys.3. Rodzaj i kolejność operacji
Fig.3. A kind and sequence of operations



Rys.4. Program pomiarowy
Fig.4. Measurement program



Rys.5. Program obliczeniowy
Fig.5. Computation program

t_{ADD} - czas sumowania w odpowiednim sumatorze;
t_{COMP} - czas na sprawdzanie przy rozgałęzieniu;
t_{ROT} - czas na dzielenie /przesunięcie przy wykonaniu /7/ /;
t_{SET} - czas na określenie FLAG dla zmierzonych wielkości;
t_{IND} - czas na przekazanie obliczonych parametrów do indykacji;
t_{RTI} - czas powrotu do podstawowego programu.

W celu prawidłowego przebiegu pomiarów można napisać dla czasu tajmera T_{01}

$$T_{01} > t_{I_{max}}$$
$$T_{01} \cdot N_1 = T \quad , \qquad /9/$$

gdzie T jest okresem napięcia sieci.

W czasie

$$T_0 = N_1 \cdot N_2 \cdot T_{01} \quad ,$$

stanowiącym takt pracy układu, program przerywający /pomiarowy/ przygotowuje dla programu obliczeniowego konieczne wielkości wejściowe.

Długość buforu w modelu przenośnika /rys. 2/ można określić [1] jako

$$N = \frac{T_1}{T_0} = \frac{T_1}{N_2 \cdot T} \quad , \qquad /10/$$

gdzie T_1 jest czasem opóźnienia przenośnika.

Czas, w ciągu którego pracuje program przerywający /rys. 4/ w granicach taktu T_0, można określić jako

$$T_I = (N_2-1)\left[(N_1-1)\ t_{1I} + t_{2I}\right] + t_{I_{max}} \qquad /11/$$

Czas pracy programu obliczeniowego /rys. 5/ jest

$$T_F = t_{COMP} + t_{PP} + t_{CAL} + t_M + t_{PI} + t_{CLR} \quad , \qquad /12/$$

gdzie: t_{COMP} - czas na sprawdzanie FLAG;
t_{PP} - czas na przygotowanie parametrów;
t_{CAL} - czas na obliczenie M według /1/ ;
t_M - czas na adresowe operacje obliczeniowe na modelu przenośnika;
t_{PI} - czas na obliczenie danych wyjściowych /parametrów do indykacji/;
t_{CLR} - czas na zerowanie FLAG.

Istotne znaczenie dla czasu trwania programu obliczeniowego mają czasy t_{PP} i t_{CAL}. Program ten zużywa czas t_{PP} do określania $\sin\hat{\rho}$, $\cos\hat{\rho}$ i $P = P(\eta)$, które w ogólnym przypadku są funkcjami ujętymi w tabelach i czas zależy od wybranego algorytmu szukania. Czas t_{CAL} zależy od liczby operacji arytmetycznych we wzorze obliczeniowym. Dla wzoru /1/ ten czas wynosi

$$t_{CAL} = 8t_{MUV} + 2t_{DIV} + 3t_{ADD1} + t_{SUB1}, \qquad /13/$$

gdzie: t_{MUV} - czas na mnożenie;
t_{DIV} - czas na dzielenie;
t_{ADD1} - czas na sumowanie;
t_{SUB1} - czas na odejmowanie.

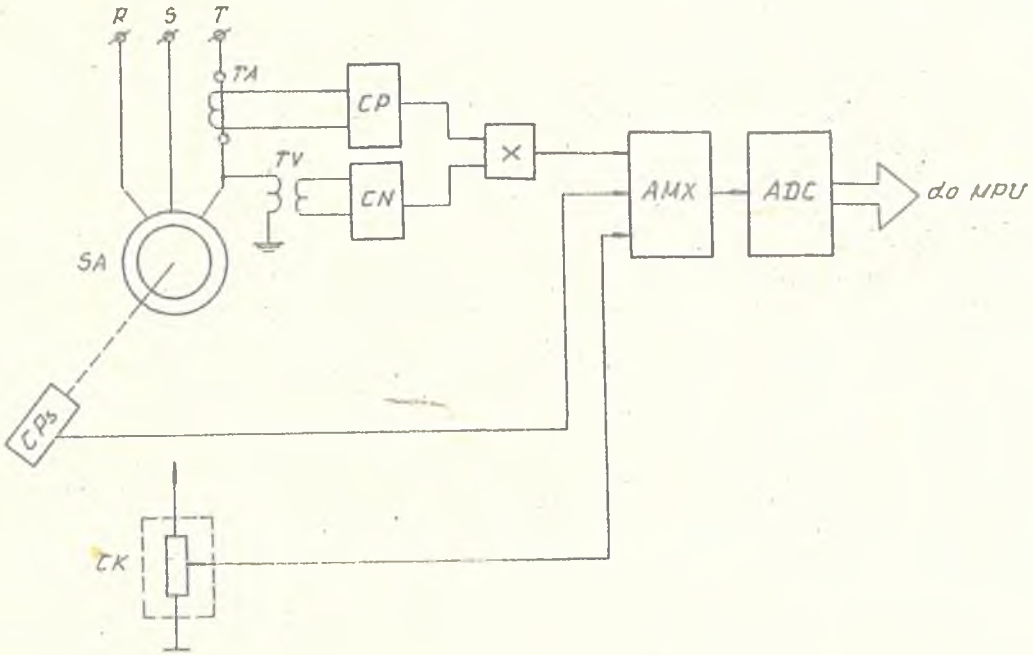
Dla prawidłowego funkcjonowania układu koniecznym jest spełnienie warunku

$$T_O > T_I + T_F, \qquad /14/$$

który realizuje się za pomocą odpowiedniego wyboru T_{O1}, N_1 oraz N_2. Zwiększenie N_1 prowadzi do dokładniejszego odczytu mocy czynnej, ale jest ono ograniczone przez okres napięcia sieci T oraz czas przetwarzania przetwornika AC. Zwiększenie N_2 prowadzi do lepszego uśredniania wartości mocy czynnej P_k oraz prędkości kątowej silnika, a tak samo przyczynia się do spełnienia warunku /14/. To zwiększenie jednak prowadzi do zmniejszenia liczby bitów N buforu w modelu przenośnika. Nadmierne zwiększenie N_2 dla przenośników ze stosunkowo małym czasem opóźnieni. T_1 może doprowadzić do zmniejszenia dokładności pomiaru.

Opisany algorytm można zrealizować za pomocą urządzenia, którego część informacyjna ma następującą przykładową konfigurację /rys. 6/, gdzie: SA - silnik asynchroniczny;
TA - przekładnik prądowy;
TV - przekładnik napięciowy;
CP - czujnik prądu silnika;
CN - czujnik napięcia silnika;
X - powielacz;
CPs - czujnik prędkości silnika;
CK - czujnik kąta nachylenia przenośnika;
AMX - multiplekser analogowy;
ADC - przetwornik analogowo-cyfrowy;
MPU - system mikroprocesorowy.

Rodzaj mikroprocesora oraz organizacja pamięci określają czas trwania wykonywanych operacji elementarnych. Długość słowa przetwornika analogowo-cyfrowego określa czasy na sumowanie, mnożenie itd.



Rys.6. Przykładowa konfiguracja układu pomiarowego
Fig.6. Examplary configuration of measurement equipment

WNIOSKI

1. Proponowany algorytm stwarza warunki do praktycznej realizacji możliwości określania wydajności przenośnika taśmowego.

2. Realizację algorytmu można urzeczywistnić na podstawie dowolnego systemu mikroprocesorowego, przy czym wybór ostatniego wpływa na czas pracy podstawowych programów w algorytmie oraz na dokładność całego urządzenia.

3. Algorytm może znaleźć zastosowanie przy określaniu wydajności przenośników taśmowych koparek wirnikowych i innych, wykorzystywanych w kopalniach odkrywkowych.

LITERATURA

[1] Stojanowa S., Belew S., Conew W., Żelazkowa I.: Jedna z możliwości określania wydajności przenośnika taśmowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Automatyka z. 95, Gliwice 1988.
[2] Introduction to Microprocessors: Software, Hardware and Programing by Lance A. Leventhal. 1978 by Prentice Hall, Inc., Englewood.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Mirosław Zaborowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНВЕЙЕРА

Р е з ю м е

В реферате описан конкретный алгоритм для целей практической реализации возможности определения производительности конвейера при помощи средств микропроцессорной техники.

AN ALGORITHM FOR DEFINITION OF THE EFFICIENCY OF BAND TRANSDUCER

S u m m a r y

An algorithm for practical realization of the assignment of the efficiency for a band transducer by microprocessor equipment is presented.