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

Swetla Stojanowa, Stefan Belew,
Wolodia Conew, Irina Żelazkowa

Wyższa Szkoła Techniczna
Rousse, Bułgaria

JEDNA Z MOŻLIWOŚCI OKREŚLANIA WYDAJNOŚCI PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO

Streszczenie. W referacie rozpatrzono jedną możliwość określania wydajności przenośnika taśmowego za pomocą pomiaru mocy koniecznej do napędu przenośnika bez wykorzystania czujników obciążenia liniowego. Pozwala ona na szybkie i dokładne określenie masowej wydajności oraz produkcji wytworzonej.

Efektywne wykorzystanie kompleksów o działaniu ciągłym w znacznym stopniu zależy od istnienia obiektywnej i pełnej informacji o bieżącej wartości wydajności oraz produkcji wytworzonej w określonym interwale czasu. Otrzymanie takiej informacji wymaga stworzenia układu wagowo-pomiarowego oraz włączenia go na wyjście kompleksu. Zadanie sprowadza się więc do budowy układu wagowo-pomiarowego dla przenośnika o działaniu ciągłym /zwykle przenośnika taśmowego/.

Stworzenie takiego układu związane jest z pomiarem kilku wielkości /ciężaru materiału na jednostkę długości przenośnika $F_M(t)$, prędkości przenośnika $v(t)$, nachylenia przenośnika $\beta(t)$/ oraz obliczeniem zależności

$$q(t) = \frac{F_M(t) \cdot v(t)}{\cos \beta(t)} \qquad /1/$$

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} q(t)\,dt , \qquad /2/$$

gdzie: $q(t)$ jest wydajnością bieżącą;
Q wytworzoną produkcją w interwale $t_1 \div t_2$.

Podstawową trudnością przy projektowaniu takiego układu wagowo-pomiarowego jest określenie obciążenia liniowego, tzn. ciężaru materiału na jednostkę długości taśmy $F_M(t)$. W tym celu wykorzystuje się różnego rodzaju czujniki obciążenia liniowego /CZOL/ pracujące najczęściej na zasadzie tensometru. W tym przypadku charakterystyczne jest to, że na CZOL działa nie tylko ciężar materiału, lecz też ciężar środków obsługujących /taśma, podpory rolkowe i inne/, tzn. działa również "ciężar pasożytniczy".

Wpływ tego ciężaru pasożytniczego trzeba usunąć i rozwiązanie tego zadania komplikuje istniejące układy.

W niniejszej pracy udowadnia się możliwość realizacji układu wagowo-pomiarowego dla przenośnika taśmowego za pomocą pomiaru mocy koniecznej do napędu przenośnika, bez wykorzystania czujników obciążenia liniowego.

Jeśli m [kg] jest masą ładunku, a t [s] - oznacza czas, to wydajność masową w postaci różniczkowej można wyrazić jako

$$Q_m = \frac{dm}{dt} \quad [kg/s] .$$

Wprowadzamy oznaczenia:

$q = \frac{\partial m}{\partial x}$ [kg/m] - masa liniowa /intensywność/, równomiernie podzielona masa ładunku na jednostkę długości przenośnika;

$v = \frac{\partial x}{\partial t}$ [m/s] - prędkość taśmy /prędkość elementu nośnego przenośnika/.

Wtedy

$$Q_m = \frac{dm}{dt} = \frac{\partial m}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t} = q \cdot v \qquad /3/$$

Przy ruchu ustalonym /v = const/ konieczna moc całkowita silnika elektrycznego jest sumą kilku składowych:

$$P_N = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad [W] \qquad /4/$$

gdzie: P_1 - moc na zmianę energii potencjalnej ładunku przy jego podnoszeniu na wysokość H ;

P_2 - moc na pokonywanie poziomego przesunięcia ładunku na odległość L ;

P_3 - moc na pokonywanie oporu urządzenia załadunkowego ;

P_4 - moc na pokonywanie oporu urządzenia rozładunkowego ;

P_5 - moc na pokonywanie oporu przy ruchu jałowym silnika.

Na rys. 1 pokazano przenośnik najprostszego typu. Zgodnie z [2] moce P_i $(i = 1 \div 5)$ [W] można określić za pomocą następujących wzorów

$$P_1 = q \cdot g \cdot L_o \cdot v \cdot \sin\beta$$

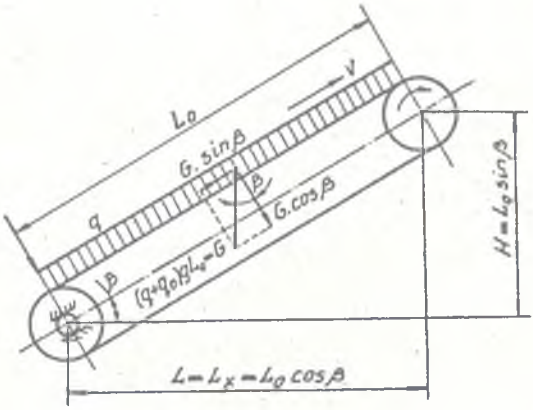
$$P_2 = w \cdot q \cdot g \cdot L_o \cdot v \cdot \cos\beta$$

$$P_3 = q \cdot v \cdot \frac{v^2 - v_o^2}{2} = \frac{1}{2} q \cdot v^3 \qquad (v_o = 0) \qquad /5/$$

$$P_4 = k_r \cdot q \cdot v$$

$$P_5 = 2 w \cdot q_o \cdot g \cdot L_o \cdot v \cdot \cos\beta ,$$

gdzie: L_o - długość taśmy [m] ;
β - kąt przenośnika względem poziomu [rad] ;
q - liniowa masa ładunku [kg/m] ;
w - współczynnik oporu przy przesunięciu poziomym;
k_r - współczynnik oporu urządzenia rozładunkowego;
q_o - średnia masa liniowa ruchomych części przenośnika [kg/m] ;
g - przyśpieszenie ziemskie /przyjmuje się 9,81 [m/s^2] /.



Rys.1. Przenośnik taśmowy
Fig.1. Band transducer

Przy bardziej skomplikowanych przenośnikach zwykle moc całkowitą określa się innymi metodami.

Prędkość liniową taśmy można przedstawić jako

$$v = \omega_s \cdot i_r \cdot R_b \quad , \qquad /6/$$

gdzie: ω_s - prędkość kątowa silnika;
i_r - przekładnia reduktora;
R_b - promień napędzającego bębna.

W równaniach /5/ wielkości stałe mogą być przedstawione jak następuje:

$$c_1 = g \cdot L_o \cdot i_r \cdot R_b$$
$$c_2 = w \cdot g \cdot L_o \cdot i_r \cdot R_b$$
$$c_3 = 0{,}5 \; i_r \cdot R_b^{\;3} \qquad /7/$$
$$c_4 = k_r \cdot i_r \cdot R_b$$
$$c_5 = 2\,w \cdot q_o \cdot g \cdot L_o \cdot i_r \cdot R_b$$

Wtedy dla mocy całkowitej można napisać

$$P_N = \sum_{i-1}^{P} P_i$$

$$P_N = c_1 \cdot q \cdot \omega_s \cdot \sin\beta + c_2 \cdot q \cdot \omega_s \cdot \cos\beta + c_3 \cdot q \cdot \omega_s^{\,3} + c_4 \cdot q \cdot \omega_s + c_5 \cdot \omega_s \cdot \cos\beta$$

$$P_N = q \cdot \omega_s \cdot (c_1 \cdot \sin\beta + c_2 \cdot \cos\beta + c_3 \cdot \omega_s^{\,2} + c_4 + c_5 \cdot \omega_s \cdot \cos\beta \qquad /8/$$

Moc wyjściowa silnika jest

$$P_s = \frac{k \cdot P_N}{\eta_r} = U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta_s = P \cdot \eta_s \qquad /9/$$

Stąd

$$P_N = \frac{U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta_s \cdot \eta_r}{k}, \qquad /10/$$

gdzie: k – współczynnik, za pomocą którego wyrażane są straty wskutek tarcia w łożyskach, twardości taśmy itd.;
η_r – sprawność reduktora;
η_s – sprawność silnika.

Po przyrównaniu /8/ i /10/ oraz rozwiązaniu otrzymanego równania dla liniowej masy q otrzymuje się

$$q = \frac{c_6 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta_s - c_5 \cdot \omega_s \cdot \cos\beta}{\omega_s (c_1 \cdot \sin\beta + c_2 \cdot \cos\beta + c_3 \cdot \omega_s^{\,2} + c_4)} \; [kg/m], \qquad /11/$$

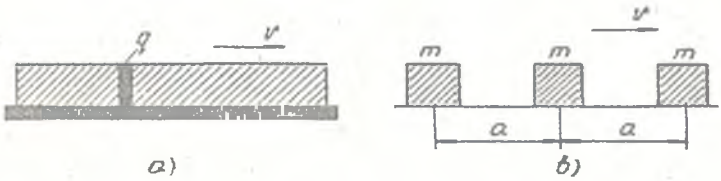
gdzie: $U \cdot I \cdot \cos\varphi$ – moc czynna zużyta przez silnik;
$c_6 = \eta_r/k$ – współczynnik;
β – kąt przenośnika względem poziomu;
$c_1 \div c_5$ – współczynniki określone według /7/.

A więc ogólną masę ładunku na przenośniku można otrzymać ze wzoru

$$M = L_o \cdot \frac{c_6 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta_s - c_5 \cdot \omega_s \cdot \cos\beta}{\omega_s (c_1 \cdot \sin\beta + c_2 \cdot \cos\beta + c_3 \cdot \omega_s^{\,2} + c_4)} \; [kg] \qquad /12$$

Wzór /11/ daje informację o intensywności ładunku na roboczej długości przenośnika, tzn. równomiernie podzielonym ładunku na całym

przenośniku /rys. 2a/



Rys.2. Graficzna ilustracja intensywności ładunku
a/ na całej długości przenośnika, b/ na odległości a - masa dyskretna m

Fig.2. Graphical illustration of the load intensivity

Jeśli rozpatrujemy jeden odcinek przenośnika o długości a i masie m, wtedy otrzymujemy

$$q = \frac{m}{a}, \qquad /13/$$

tj. liniową masę q /rys. 2a/ przedstawia się jako dyskretną m na odległości a /rys. 2b/.

Przy znanej prędkości przenośnika v dyskretny ładunek o masie m przebędzie całą odległość roboczą L_o w czasie

$$T_1 = \frac{L_o}{v}, \qquad /14/$$

gdzie: T_1 jest czasem opóźnienia przenośnika taśmowego. Ten sam ładunek przebędzie roboczą odległość a w czasie

$$T_o = \frac{a}{v} \qquad /15/$$

I tak całkowitą odległość roboczą L_o można przedstawić jako sumę wszystkich odległości a_j, natomiast całkowitą masę - jako sumę wszystkich mas dyskretnych m_j

$$L_o = \sum_{j=1}^{N} a_j$$

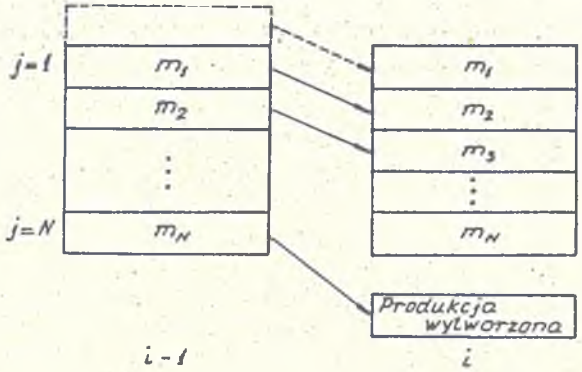
$$M = \sum_{j=1}^{N} m_j \qquad \text{przy} \qquad N = \frac{L_o}{a} = \frac{T_1}{T_o} \qquad /16/$$

Przy obecności dyskretnego układu pomiarowego pracującego z taktem T_o, mierzącego następujące wielkości:

- moc czynną P_i zużywaną przez silnik elektryczny w interwale czasu $iT_o \div (i-1)T_o$;
- średnią prędkość kątową ω_s silnika elektrycznego w tym samym interwale czasu;
- wartość średnią kąta β przenośnika w tym samym interwale;

ze wzoru /12/ można obliczyć w dyskretnej chwili i całkowitą masę ładunku na przenośniku $M(i) = M_i$.

Według /16/ przenośnik taśmowy można przedstawić jako N - bitowy bufor z N masami dyskretnymi m_j, znajdującymi się w nim. Po każdym pomiarze całkowitej masy M_i, dyskretne masy m_j przemieszczają się na odległość roboczą a, tj. przechodzą do następnego bitu buforu. Ostatni bit m_N, wychodząc z buforu, daje informację o ilości produkcji, która opuściła przenośnik w interwale T_o /rys.3./



Rys.3. Przenośnik taśmowy jako N-bitowy bufor
Fig.3. Band transducer as an N-bits buffor

Zadanie sprowadza się więc do określania wprowadzanej do buforu wartości wielkości m_1 w każdym takcie i.

Jeśli oznaczymy dyskretną masę m przez $m_{j,i}$ /przy czym: j jest liczbą odległości a od początku przenośnika, co jest równoznaczne z numerem w buforze; i - chwilą pomiaru oraz obliczenia według /12/ całkowitego ładunku/ oraz dyskretną masę, która opuściła przenośnik w chwili pomiaru przez m_{T_1}, to ostatnią wartość opuszczającą bufor obliczymy jako:

$$M(i-1) = \sum_{j=1}^{N} m_{j,i-1} \qquad /17/$$

$$M(i) = \sum_{j=1}^{N} m_{j,i} = \sum_{j=2}^{N} m_{j,i} + m_{1,i} \qquad /18/$$

Pierwszy wyraz w /18/ można przedstawić jako

$$\sum_{j=2}^{N} m_{j,i} = \sum_{j=1}^{N} m_{j,i-1} - m_{T_1} . \qquad /19/$$

A więc

$$\begin{aligned} M(i) &= M(i-1) - m_{T_1} + m_{1,i} \\ m_{1,i} &= M(i) - M(i-1) + m_{T_1} \end{aligned} \qquad /20/$$

Wynika stąd, że przenośnik taśmowy można przedstawić jako N - bitowy bufor opisany zależnościami

$$\begin{aligned} m_{j,i-1} &= m_{j+1,i} \qquad \text{dla} \quad j=1 \div N \\ m_{N,i-1} &= m_{T_1} \\ m_{1,i} &= M(i) - M(i-1) + m_{T_1} , \end{aligned} \qquad /21/$$

gdzie: $m_{j,i-1}$ - wartość w j-tym bicie buforu w chwili pomiaru $(i-1)$;

$m_{j+1,i}$ - wartość $(j+1)$-go bitu w chwili i ;

$m_{N,i-1}$ - wartość ostatniego bitu buforu w chwili i-1 ;

m_{T_1} - produkcja wytworzona /masa, która opuściła przenośnik/ w interwale czasu $(i-1)T_o \div iT_o$;

$m_{1,i}$ - ilość produkcji /masa/, którą wprowadzono na przenośnik w interwale $(i-1)T_o \div iT_o$; wartość pierwszego bitu buforu w chwili i;

$M(i-1)$, $M(i)$ - zmierzony ogólny ładunek na przenośniku odpowiednio w chwilach $(i-1)$ oraz i.

WNIOSKI

1. Proponowane podejście określania wydajności przenośnika taśmowego pozwala na szybkie i dokładne określanie masowej wydajności oraz produkcji wytworzonej.

2. Przy jego stosowaniu unika się konieczności wykorzystania czujników obciążenia liniowego, co prowadzi do uproszczenia realizacji układowej urządzenia.

LITERATURA

[1] Златев С.,Грънчарова Д.,Лечев Г.: Машинни елементи и подемнотранспортни машини. Русе, ВИММЕСС, 1970.

[2] Ел.обзавеждане и автоматизация на фамилия въторни барени с производителност 250÷1800 . отчет по тема 82D/21/етап II-2.2, ВТУ "А.Кънчев" - Русе, 1975.

Recenzent: Doc.dr hab.inż. M.Zaborowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30

ОДНА ИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНВЕЙЕРА

Р е з ю м е

В статье рассмотрена одна из возможностей определения производительности конвейера при помощи измерения необходимой для привода мощности без использования датчиков линейного нагружания. Представленный метод позволяет быстро и точно определить весовую производительность и произведенную продукцию.

A POSSIBILITY OF EFFICIENCY DEFINITION FOR BAND TRANSDUCER

S u m m a r y

In the paper a possibility of efficiency definition for a band transducer using power measurement nesessary to drive it is presented. The measurement does not need a sensor of linear load. It enables for fast and accurate assignment of the mass efficiency and manufactured production.