

Sylwester MARKUSIK

Instytut Transportu Samochodowego
Politechniki Śląskiej

WPLYW SPRZĘGŁA NA DYNAMIKĘ ROZRUCHU PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono model matematyczny przenośnika taśmowego, w którego napędzie zastosowano różnego typu sprzęgła: nierozłączne (sztywne i wkładkowe) oraz poślizgowe (śrutowe i hydrokinetyczne). Równania ruchu przenośnika w okresie jego rozruchu rozwiązano na maszynie cyfrowej. Uzyskane wyniki z rozwiązanych równań ruchu pozwalają na optymalny dobór sprzęgła lub silnika do napędu przenośnika taśmowego.

Wstęp

Większość przenośników taśmowych posiada jednostki napędowe o mocy 75 - 630 kW. W napędach tych przenośników stosuje się najczęściej silniki klatkowe oraz ułatwiające rozruch sprzęgła nierozłączne podatne lub w przypadku większych mocy napędu - sprzęgła poślizgowe. Charakter rozruchu przenośnika taśmowego zależy jest w dużym stopniu od charakterystyki napędu, tzn. silnika elektrycznego oraz sprzęgła. Nierównomierność przenoszonych momentu obrotowego, pochodząca od maszyny roboczej (uderzenia nosiwa o kładki, nierówne zasypianie taśmy itp.) czy od strony silnika (charakterystyka dynamiczna) powinna być "odfiltrowana" przez sprzęgło. Złożoność procesów dynamicznych w układach elektro-mechanicznych (ogólnie w układzie silnik - maszyna robocza) wymaga szczególniej uwagi na rolę sprzęgła w napędzie. O ile w trakcie ruchu ustalonego przenośnika taśmowego można przyjąć, że wszelkie przeciążenia pochodzące od strony maszyny roboczej będą kompensowane przez samą taśmę, to w okresie rozruchu elementem tłumiącym oraz ograniczającym przeciążenia może być jedynie sprzęgło. Taśma przenośnika w czasie rozruchu, ze względu na przyjęty jej model reologiczny [L. 1] w pierwszej fazie rozruchu jest stosunkowo sztywna. Zbudowanie poprawnego modelu dynamicznego przenośnika taśmowego umożliwi optymalny dobór jego podstawowych zespołów, jak: silnik, sprzęgło, przekładnia, taśma, napinanie itd.

Charakterystyka dynamiczna silnika elektrycznego

Aby stwierdzić wpływ typu sprzęgła w napędzie na przebieg rozrachunku przesyłnika taśmowego, należy przyjąć, że silnik elektryczny rozpręża przesyłnik na charakterystyce dynamicznej, w odróżnieniu od uproszczeń przyjętych w wielu innych pracach na ten temat.

Jeżeli przyjąć założenia upraszczające model silnika elektrycznego [L.2] jak: symetria uzwojeń fazowych, równomierność szczeliny powietrznej, brak nasycenia obwodu magnetycznego i niewystępowanie wyższych harmonicznych pola magnetycznego, to charakterystyka dynamiczna silnika klatkowego może być opisana równaniami przystosowanymi do rozwiązania na maszynie cyfrowej:

$$\frac{d\psi_{1x}}{dt} = U_{sx} - A_8 \psi_{1x} + A_{14} \psi_{1y} + A_{13} \psi_{2x} - A_{15} \psi_{2y}$$

$$\frac{d\psi_{1y}}{dt} = U_{sy} - A_{14} \psi_{1x} - A_8 \psi_{1y} + A_{15} \psi_{2x} + A_{13} \psi_{2y} \quad (1)$$

$$\frac{d\psi_{2x}}{dt} = A_{16} \psi_{1x} - A_5 \psi_{2x} + \omega_s \cdot S \cdot \psi_{2y}$$

$$\frac{d\psi_{2y}}{dt} = A_{16} \psi_{1y} - \omega_s \cdot S \cdot \psi_{2x} - A_5 \psi_{2y}$$

$$M_{sd} = \frac{3}{2} p A_n (\psi_{1y} \psi_{2x} - \psi_{1x} \psi_{2y}) \quad (2)$$

gdzie: $\psi_{1x}; \psi_{1y}; \psi_{2x}; \psi_{2y}$ - składowe strumienie skojarzonych,
 $U_{sx}; U_{sy}$ - składowe napięcie zasilania,
 ω_s - prędkość kątowa, synchroniczna,
 S - poślizg względny,
 p - liczba par biegunów.

Współczynniki $A_1 \div A_{16}$ przybierają postać:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{L_{12}} & A_2 &= \frac{1}{L_{22}} & A_3 &= \frac{1}{L'_{12}} & A_4 &= \frac{1}{L'_{22}} \\ A_5 &= R_2 \cdot A_4 & A_6 &= R \cdot A_3 & A_7 &= R_1 \cdot A_3 & A_8 &= A_6 + A_7 \end{aligned} \quad (3)$$

$$A_9 = X \cdot A_3 \quad A_{10} = \frac{X_m}{\omega_s} A_1 \quad A_{11} = \frac{X_m}{\omega_s} A_2 \quad A_{12} = A_3 \cdot A_{11}$$

$$A_{13} = A_8 \cdot A_{11} \quad A_{14} = A_9 + \omega_s \quad A_{15} = A_9 \cdot A_{11} \quad A_{16} = A_5 \cdot A_{10}$$

gdzie: R, X - rezystancja oraz reaktancja układu zasilającego silnik,

R_1 - rezystancja fazy stojana,

X_1 - reaktancja rozproszenia fazy stojana,

X_2 - reaktancja rozproszenia fazy wirnika,

X_m - reaktancja wzajemna,

R_2 - rezystancja fazy wirnika spowodowana do napięcia stojana.

$$L_{12} = \frac{X_1 + X_m}{\omega_s}$$

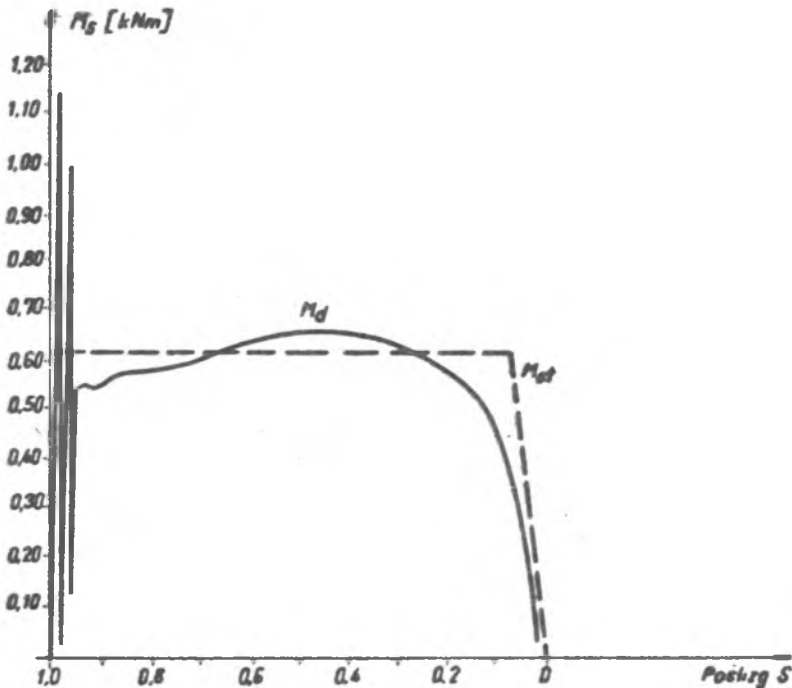
$$L_{22} = \frac{X_2 + X_m}{\omega_s}$$

$$L'_{12} = L_{12} - \frac{X_m^2}{\omega_s^2 L_{22}}$$

$$L'_{22} = L_{22} - \frac{X_m^2}{\omega_s^2 L_{12}} \quad (4)$$

Równania (1) opisują zjawiska magnetyczne zachodzące w silniku elektrycznym podczas rozruchu, natomiast równanie (2) opisuje moment wewnętrzny silnika. Równania (1) i (2) dają się rozwiązać jedynie wspólnie przy założeniu, że silnik obciążony jest momentem sewnętrznym pochodzącym od maszyny roboczej (równania 6).

Wynika to faktu, że silnik elektryczny posiada jedną charakterystykę statyczną, lecz wiele dynamicznych uzależnionych równocześnie od operów sewnętrzných. Przykładowa charakterystyka dynamiczna silnika SZJe 94b ($N = 100 \text{ kW}$, $n = 1475 \text{ obr/min}$) przy $M_{op} = 0$ została przedstawiona na rysunku 1. Z rysunku widać, że gwałtowne oscylacje momentu silnika występują bardzo krótko, ponieważ jego poślizg zmniejsza się do znamionowego bardzo szybko.



Rys. 1. Charakterystyka dynamiczna silnika elektrycznego.

Ponieważ wyliczony moment dynamiczny silnika jest jego momentem wewnętrznym (w szczelinie magnetycznej), nie musi on odpowiadać momentowi na wale silnika.

Modelowanie napędu przęnośnika taśmowego

W dotychczas prowadzonych analizach rozruchu przęnośników taśmowych przyjmowano, że moment obrotowy przęnoszony jest z silnika na bęben napędowy przęnośnika za pomocą sprzęgła sutywnego.

W przęnośnikach krótkich, średnich mocy (do 150 kW) stosowane są powszechnie sprzęgła podatne, np. wkładkowe (wg PN-76/M-85260). Charakterystyka takiego sprzęgła przedstawia się następująco [L.3] (rys. 2 a i b):

$$\begin{aligned}
 M_a &= -M_{op} + 9,1 \alpha_0 (\varphi_p + \varphi_a) + 266,8 (\varphi_p + \varphi_a)^2 \beta_0 & \text{dla} & \quad \varphi_a < \varphi_p \\
 M_a &= -M_{op} + m \alpha_0 (\varphi_p + \varphi_a) & \text{dla} & \quad \varphi_p \leq \varphi_a < \varphi_a \\
 M_a &= A_p \alpha_0 \varphi_a - 6,91 \cdot 10^4 \beta_0 \varphi_a^2 & [Nm] & \quad \text{dla} \quad \varphi_a \leq \varphi_a < 0 \quad (5) \\
 M_a &= A_p \alpha_0 \varphi_a - B_g \beta_0 \varphi_a^3 & \text{dla} & \quad 0 \leq \varphi_a \leq \varphi_R \\
 M_a &= -M_{op} + 9,1 \alpha_0 (\varphi_p + \varphi_a) + 266,8 (\varphi_p + \varphi_a)^2 \beta_0 & \text{dla} & \quad \varphi_R \leq \varphi_a
 \end{aligned}$$

gdzie: $\varphi_a = \varphi_s - \varphi_i - i_p$ (rys. 3) M_{op} - moment oporów zewnętrznych

$$\alpha_0 = \frac{\delta \varphi}{\delta_M} \quad \beta_0 = \frac{\gamma \varphi^3}{\delta_M} \quad \delta_M = \frac{20}{z \cdot D_0 \cdot d_0 \cdot l_0} \quad [cm^{-2}]$$

$$\gamma \varphi = \frac{D_0}{d - d_0} \quad [rad]$$

$$\varphi_p = \varepsilon_p \cdot \gamma \varphi \quad \varphi_a = \varepsilon_a \cdot \gamma \varphi \quad \varphi_R = \varepsilon_R \cdot \gamma \varphi$$

$$\varepsilon_m = 0,1 \left(\sqrt[3]{4,68 \rho_m + \sqrt{21,92 \rho_m^2 + 22,9}} + \sqrt[3]{4,68 \rho_m - \sqrt{21,92 \rho_m^2 + 22,9}} \right)$$

$$\varepsilon_a = \varepsilon_m \left\{ \cos \left[60 + \frac{1}{3} \arccos \left(1 - 2,89 \cdot 10^5 \frac{A_p \cdot \varepsilon_m - P_m}{\varepsilon_m^3} \right) \right] - 0,5 \right\}$$

$$\varepsilon_R = \sqrt[3]{\frac{d_a}{2 B_g}} \quad \varepsilon_p = -\varepsilon_m \quad A_p = 9,1 + 49 \rho_m$$

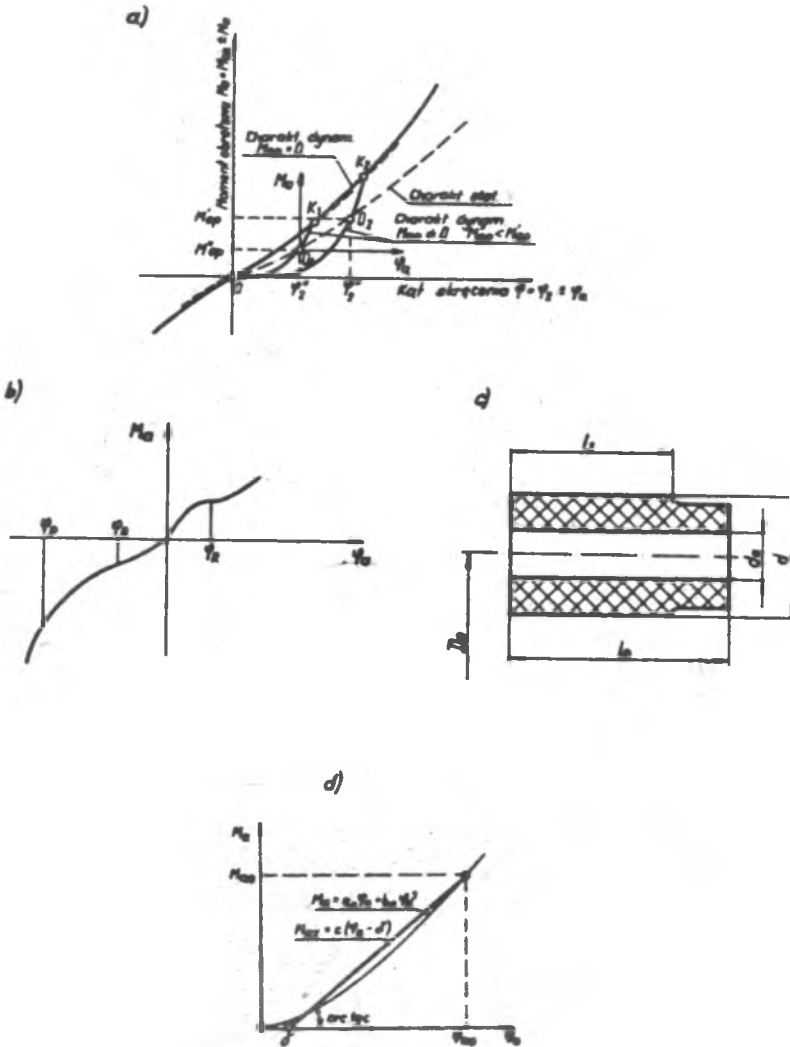
$$B_g = 0,74 \left(\frac{b \cdot c}{d_a} \right) \left(9 - 2 \frac{c^2}{b \cdot d_a} \right) \quad P_m = M_{op} \cdot \delta_M$$

$$b = 800,4 \cdot \varepsilon_m \quad c = b \cdot \varepsilon_m - 49 \rho_m \quad d_a = 160 \cdot \varepsilon_m^2$$

$$m = \frac{A_p \cdot \varepsilon_a - 6,91 \cdot 10^4 \varepsilon_a^3 + P_m}{\varepsilon_a + \varepsilon_m}$$

z - liczba wkładek w sprzęgle; D_0 , d_0 , d , l_0 - wymiary wkładki wg rys. 2 a.

Charakterystyka sprzęgła wkładkowego jest inna dla każdej wielkości sprzęgła, zależy również od wielkości oporów zewnętrznych.



Rys.2. Charakterystyki sprężki wkładkowej;

- a i b charakterystyki sprężki;
- c - kształt wkładki,
- d - charakterystyka sprężki zliniaryzowana.

Można ją również zliniaryzować upraszczając wcześniej równania (5) (rys. 2d).

Przenośnik taśmowy, w którym silnik elektryczny określone równaniami (1) i (2), a sprężki wkładkowe równaniami (5) można przedstawić następującym modelem fizycznym (rys. 3) oraz matematycznym:

$$C_{\eta 2}(\dot{x}_{21} - \dot{x}_2) - \mathbf{1} C_{a 2}(r_2 \psi_2 - x_{21}) + C_{v 2}(x_{21} - x_2) = 0$$

$$m_2 \ddot{x}_2 - C_{\eta 2}(\dot{x}_{21} - \dot{x}_2) - C_{v 2}(x_{21} - x_2) - \mathbf{1} \cdot \frac{1}{2} C_u^* \left(x_p - \frac{x_2 - x_3}{2} \right) = W_2(\dot{x}_2)$$

$$m_p \ddot{x}_p + \mathbf{1} C_u^* \left(x_p - \frac{x_2 - x_3}{2} \right) = m_p \cdot g$$

$$m_3 \ddot{x}_3 - \mathbf{1} C_u^* \cdot \frac{1}{2} \left(x_p - \frac{x_2 - x_3}{2} \right) + C_{\eta 3}(\dot{x}_{31} - \dot{x}_3) + C_{v 3}(x_{31} - x_3) = W_3(\dot{x}_3)$$

$$-C_{\eta 3}(\dot{x}_{31} - \dot{x}_3) - C_{v 3}(x_{31} - x_3) + \mathbf{1} C_{a 3}(x_{31} - r_1 \psi_1) = 0$$

gdzie: n - liczba zespołów, na które podzielono ciężko górne wraz z nośnikiem;

C_a - sprężystość uderzeniowa;

C_v - sprężystość tłumiona;

C_{η} - tłumienie taśmy;

C_u^* - sprężystość napinania;

I_w - moment bezwładności wirnika silnika.

W modelu matematycznym przenośnika taśmowego, taśmę określono modelem reologicznym standardowym [L.5].

W równaniach (6) przyjęto model naciągu taśmy S oraz oporów ruchu przenośnika zgodnie z [L.1] oraz założono, że masa nośnika rozłożona jest równomiernie na trasie przenośnika.

W długich przenośnikach taśmowych, w których moc zainstalowana w napędzie jest znaczna, stosuje się sprzęgła poślizgowe.

Sprzęgła poślizgowe ułatwiają rozruch maszyn o dużych momentach bezwładności umożliwiając rozruch silnika napędowego praktycznie na "biegu luzem". Maszyna robocza osiąga prędkość obrotową znamionową później niż silnik.

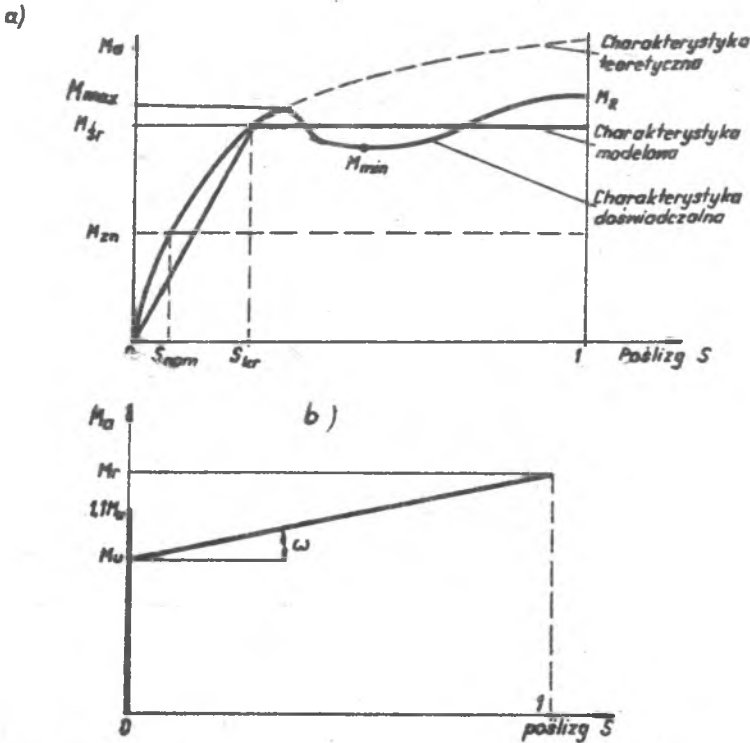
Głównym zadaniem sprzęgieł poślizgowych w czasie rozruchu jest złagodzenie "uderzenia prądowego" nieuniknionego w napędach z silnikami klatkowymi. Jako sprzęgła poślizgowe, ułatwiające rozruch dużych przenośników taśmowych, można stosować sprzęgła hydrokinetyczne, śrutowe bądź indukcyjne.

Sprzęgła indukcyjne ze względu na brak ich produkcji w kraju nie będą brane pod uwagę w niniejszej analizie. Charakterystyki napędów przenośników taśmowych ze sprzęgłem śrutowym i hydrokinetycznym przedstawia rys. 4.

Modelując pracę napędu ze sprzęgłem poślizgowym należy pamiętać, że sprzęgła te posiadają dwa stany pracy: rozruch sprzęgła/ $S \ll 1$ / oraz stan pracy ustalonej/ $S \approx 0$ /.

W napędach przenośników taśmowych stosuje się z reguły sprzęgła hydrokinetyczne o stałym napełnieniu. Teoretyczne zależności określające charakterystykę sprzęgła hydrokinetycznego są nieprzydatne do celów praktycznych ze względu na występujące w nich parametry, trudne do uzyskania bez składowych badań laboratoryjnych.

Z tych względów projektanci posługują się charakterystykami sprzęgieł



Rys.4. Charakterystyki sprzęgieł poślizgowych:

- a - sprzęgła hydrokinetycznego,
b - sprzęgła łożyskowe.

hydrokinetycznych uzyskanymi na stanowiskach badawczych [L.4] (rys. 4a). Taką charakterystykę na podstawie wyników pomiarów (lub z gotowych wykresów) można w modelu matematycznym napędu przenośnika zastąpić wielomianem "n"-tego stopnia. Można jednak znacznie uproszczyć analizę przyjmując, że sprzęgło hydrokinetyczne w pierwszym okresie rozruchu rozwija stały moment rozruchowy (rys. 4a).

W okresie rozpędzania przenośnika moment rozwijany przez sprzęgło przebiega zgodnie z jego charakterystyką naturalną. Przyjmując charakterystykę sprzęgła hydrokinetycznego wg rys. 4a, moment obrotowy rozwijany przez sprzęgło można określić:

$$\text{jeżeli } 1 \gg s > S_{kr}, \quad \text{to } M_n = M_{dr}$$

$$\text{jeżeli } S_{kr} \leq s < 1, \quad \text{to } M_n = \frac{M_{dr}}{S_{kr}} \cdot s$$

(7)

Względny poślizg sprzęgła wynosi:

$$S = \frac{\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_1 \cdot i_p}{\dot{\varphi}_s} \quad (8)$$

średni moment rozruchowy sprzęgła:

$$M_{\text{sr}} = \frac{M_{\text{max}} + M_{\text{min}}}{2} \quad (9)$$

gdzie: M_{max} ; M_{min} ; S_{kon} - wielkości odczytane z charakterystyk pomiarowych sprzęgła hydrokinetycznego [L 4].

W ostatnich czasach coraz powszechniej stosuje się w napędach przenośników taśmowych (zwłaszcza o małej liczbie złążeń) sprzęgła śrutowe. Praca tego sprzęgła w pierwszym okresie rozruchu jest podobna do pracy sprzęgła hydrokinetycznego. W okresie jednak rozpędzania maszyny roboczej sprzęgło śrutowe pracuje bez poślizgu ($S = 0$). W tym okresie charakterystyka jego jest identyczna jak sprzęgła sztywnego (rys. 4b). Moment rozwijany przez sprzęgło można określić:

$$\begin{aligned} \text{jeżeli } 1 \gg S > 0, & \quad \text{to } M_a = K (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_1 \cdot i_p) \\ \text{jeżeli } S = 0, & \quad \text{to } M_a = 1,1 M_u \end{aligned} \quad (10)$$

Stała sprzęgła śrutowego:

$$K = \frac{M_u}{\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_1 \cdot i_p} + \frac{\text{tg } \alpha}{\dot{\varphi}_s} \quad (11)$$

Moment ustalony oraz rozruchowy sprzęgła śrutowego [L.3]:

$$\begin{aligned} M_{ku} &= 8,95 \cdot 10^{-2} (\dot{\varphi}_s^2 \cdot D_w^2)^{2/3} (m - m_0) \\ M_r &= 8,95 \cdot 10^{-2} (\dot{\varphi}_s^2 \cdot D_w^2)^{2/3} m \left[1 - \frac{m_0}{m} \left(1 - \frac{\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_1 \cdot i_p}{\dot{\varphi}_s} \right) \right] \quad [Nm] \end{aligned} \quad (12)$$

gdzie: m - masa śrutu zasypiana do sprzęgła;

m_0 - masa martwa śrutu,

D_w - średnica wewnętrzna bębna w sprzęgle.

Poślizg w sprzęgle śrutowym można opisać zależnością (8).

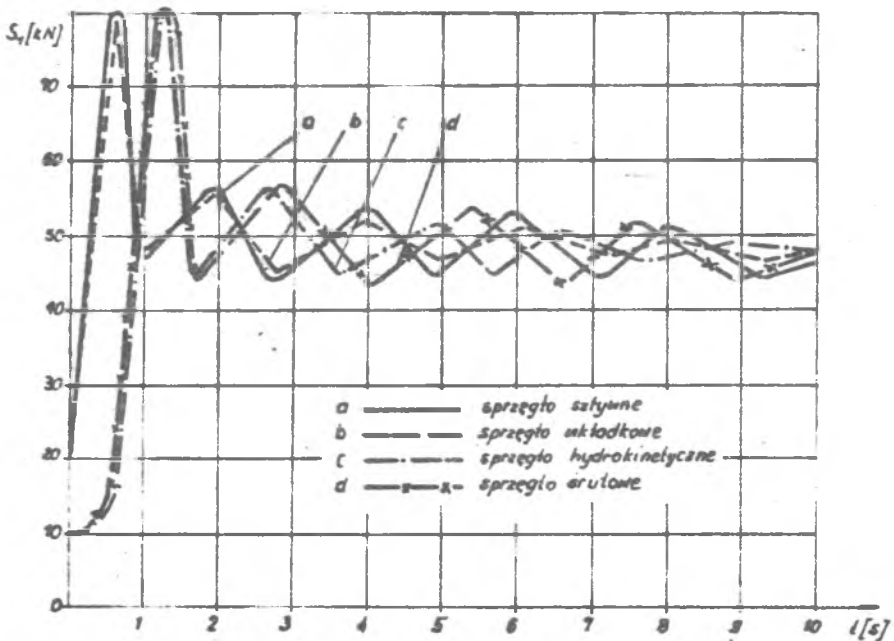
Układ równań ruchu przenośnika taśmowego (6) rozwiązano na maszynie cyfrowej Odra 1204 stosując metodę całkowania Rungego-Kutty - Mersona dla przenośnika taśmowego o długości trasy $L = 100$ m, przyjmując napinanie ciężarowe w środku trasy przenośnika ($e_1 = \frac{L}{2}$; $n = 4$). Do napędu dobrane sprzęgła o danych:

a) składkowe: $M_{\text{kon}} = 900$ Nm; $D_o = 170$ mm; $n = 8$; $d_o = 24$ mm; $d = 44$ mm
 $L_o = 26$ mm,

b) hydrokinetyczne (BH 132/110): $Q = 16,5\text{ l}$; $M_{\max} = 1750\text{ Nm}$;
 $M_{\min} = 1400\text{ Nm}$; $S_{\text{kr}} = 8\%$; $M_{\text{sa}} = 762\text{ Nm}$;
 $S_{\text{nom}} = 3\%$,

c) łańcuchowe (D01 A3e): $m = 10\text{ kg}$; $m_0 = 3,8\text{ kg}$; $D_w = 0,265\text{ m}$;
 $M_{\max} = 2250\text{ Nm}$ przy $m_{\max} = 17,5\text{ kg}$.

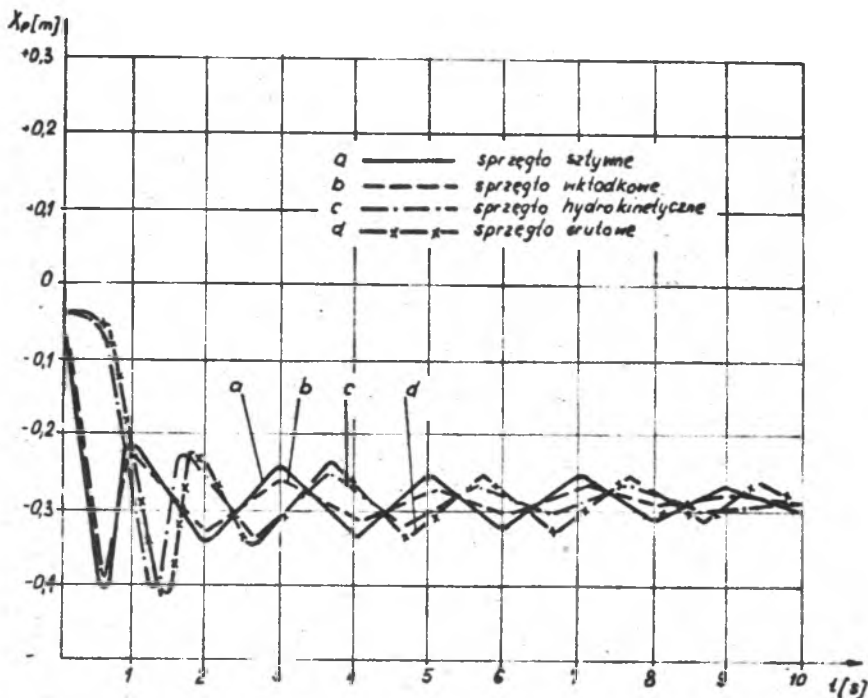
Przy wszystkich typach sprzęgieł w napędzie przyjęto: przełożenie przekładni zębatej $i_p = 24$; moment bezwładności wirnika silnika $I_w = 2,325\text{ kgm}^2$ zredukowany moment bezwładności na bębnie napędowym $I_1 = 911\text{ kgm}^2$.



Rys. 5. Przebieg siły w ciągu czynnym S_1 w okresie rozruchu w zależności od typu sprzęgła w napędzie:

a — sprzęgło aktywne; b — sprzęgło łańcuchowe;
c — sprzęgło hydrokinetyczne; d — sprzęgło łańcuchowe.

Na rys. 5 i 6 przedstawiono przebieg siły S_1 w taśmie nabiegającej na bęben napędowy I_1 oraz skok masy napinającej m_p przy różnych typach sprzęgieł w napędzie. Charakterystyczną cechą (rys. 5) tych obliczeń jest fakt, że niezależnie od typu sprzęgła w napędzie występuje początkowe jednakowe uderzenie siły S_1 , które później gśnie w zależności od cech tłumiących sprzęgła. W napędach ze sprzęgłami poślizgowymi maksymalna wartość siły S_1 jest przesunięta w czasie w stosunku do napędów



Rys.6. Zmiana skoku masy napinającej λ_p w okresie rozruchu w zależności od typu sprzęgła w napędzie:

- a - sprężło sztywne; b - sprężło wkładkowe ;
 c - sprężło hydrokinetyczne; d - sprężło łańcuchowe;

ze sprzęgłami nierozłącznymi. Można to uzasadnić własnym czasem rozruchu sprzęgła, od którego końca dopiero rozpoczyna się rozpędzać przewoźnik.

Wnioski

Analizując zachowanie się przonośnika taśmowego z napędem, w którym zastosowano różne typy sprzęgieł, można wysunąć następujące wnioski:

- 1) Wartości maksymalne sił występujące w taśmie są praktycznie jednokowe dla wszystkich typów sprzęgieł. Jest to sprzeczne z rozpowszechnionym poglądem wśród projektantów przonośników taśmowych, że sprzęgła poślizgowe zmniejszają siły w ciągnie podczas rozruchu.
- 2) Sprzęgła poślizgowe w napędzie przonośnika taśmowego charakteryzują się tym, że wartość maksymalna napięcia w ciągnie jest przesunięta w czasie w stosunku do napędów ze sprzęgłami nierozłącznymi. Wielkość

przesunięcia czasowego sił maksymalnych w ciągu prędośnika jest równa własnemu czasowi rozruchu sprzęgła.

- 3) Sprzęgła poślizgowe umożliwiają rozruch silnika napędowego bez obciążenia; maszyna robocza rozpędza się natomiast stosunkowo wolno. Problem, czy można wyeliminować z niektórych napędów prędośników taśmowych drogie sprzęgła poślizgowe (najczęściej z importu), można rozwiązać jedynie indywidualnie, określając na bazie przedstawionego modelu prędośnika czas jego rozruchu.
- W przypadku krótkiego czasu rozruchu prędośnika taśmowego ze sprzęgłem nierozłącznym można z takiego napędu wyeliminować sprzęgło poślizgowe.
- 4) Z charakterystyki dynamicznej silnika klatkowego wynika, że okres dużych wahań momentu silnika jest bardzo krótki (max 0,3 sek) tak, że drgania te nie przenoszą się na układ napędowy ze względu na jego tłumienie własne i dużą bezwładność

L I T E R A T U R A

- [1] Markusik S.: Dynamika rozruchu prędośników taśmowych z napędem jedno- lub dwubębnowym czołowym. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej - Górnictwo z. 114/1982.
- [2] Praca zbiorowa: Elektromagnetyczne procesy przejściowe w asynchronicznym napędzie elektrycznym. WNT, Warszawa 1969.
- [3] Markusik S.: Sprzęgła mechaniczne. WNT, Warszawa 1979.
- [4] Sprzęgła hydrokinetyczne SH, SHA, SHB. Poradnik nr 267. Wydawnictwo KOMAG, Gliwice 1974.
- [5] Derski W., Ziemia S.: Analiza modeli reologicznych, PWN Warszawa 1968

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Adam KLICH

EFFECT OF COUPLING ON DYNAMIC OF STARTING CONVEYORS BELT

Summary

In article has presented mathematical model of conveyor belt, which propulsion used various types of couplings: inseparating (stiffy and proper insertation) or slipping clutch (hydraulics and dry fluid powder couplings/. The motion equations of conveyor in it period of setting motion to solved on computer.

ВЛИЯНИЕ МУФТ НА ДИНАМИКУ ПУСКА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Резюме

В статье представлено математическую модель ленточного конвейера в периоде пуска с различными муфтами (неподвижными и упругими), а также пусковыми (центробежными порошковыми и гидравлическими). Уравнения движения конвейера в периоде его пуска решены с помощью компьютера.