ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993

Seria: MECHANIKA z. 113 Nr kol. 1198

Andrzej NOWAK, Józef WOJNAROWSKI

Katedra Mechaniki Robotów i Maszyn Roboczych Ciężkich
Politechnika Śląska

POLE OBCIĄŻEŃ POZIOMYCH SUWNICY PODCZAS JAZDY WYWOŁANE ZJAWISKIEM ODBICIA

Streszczenie. W pracy sformułowano algorytm badania dynamiki jazdy suwnicy w zakresie analizy rozkładu obciążeń i poślizgó wkół. W szczególności zbadano wpływ zjawiska odbicia nawartości sił bocznych kół, przy uwzględnieniu podatności mostu i elektromechanicznych charakterystyk silników.

THE AREA OF HORIZONTAL LQADS OF CRANE EVOTED BY REFLECTION PHENOMENON

Summary. In the paper the algorithm of investigation of crane drive dynamics has been formulated. In particulary the influence of the reflection phenomenon on values of the side forces of wheels was analyzed, by considered the flexibility of bridge crane and electromechanical charakteristics of motors.

РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛНЫХ НАГРУЗОК КРАНА ВОЗБУЖДЁННЫХ ЯВЛЕНИЕМ ОТРАЖЕНИЯ

Резюме. В роботе представлено алгоритм исследования динамики движения мостового крана. В особенности проведено анализ влиения отражения на значения боковых сил колёс, принимая под внимание податьливость моста и электромеханические характеристики двигатели.

1. WSTĘP

W pracy określono algorytm badania wrażliwości charakterystyk dynamicznych suwnicy przy uwzględnieniu podatności układu napędowego, jezdni, mostu oraz więzów elektromechanicznych od silników. W modelowaniu dynamiki układu napędowego suwnicy zastosowano metodę grafów wiązań. Tak

sformułowany cel umożliwił zbadanie zjawiska odbicia oraz poślizgów sprężystych kół z zastosowaniem symulacji numerycznej ruchu suwnicy. Analiza tego rodzaju stanowi efektywny sposób oceny oddziaływań suwnicy w płaszczyźnie poziomej, a w szczególności sił bocznych i sił tarcia poślizgowego. W analizie rozpatrzono fazę rozruchu, ruchu ustalonego i hamowania suwnicy. Opracowany model matematyczny układu umożliwia ocenę wpływu parametrów elektromechanicznych silnika prądu stałego i jego charakterystyki napędowej na przebieg zjawisk dynamicznych występujących podczas jazdy suwnicy. Praca w tym zakresie nawiązuje do badań przedstawionych w opracowaniach [1,2,3,4,5].

2. MODEL DYNAMICZNY SUWNICY

Globalny model dynamiczny suwnicy z wyodrębnionymi podukładami - most, jezdnia i układy napędowe oraz modelami elektrycznymi silników pokazano na rys.1. W analizie uwzględniono imperfekcje geometryczne jezdni, ustawień kół oraz założono ukosowane położenie mostu względem osi jezdni. Własności sprężyste jezdni wyrażono zredukowanymi sztywnościami k_{si}. Przez H_i oznaczono siły boczne występujące pomiędzy obrzeżami kół a szyną. Siły tarcia poślizgowego kół wyznaczono opierając się na modelu tarcia sprężystego, opisanym w pracy [5], zgodnie z którym współczynnik tarcia stanowi funkcję poślizgu σ koła.

Różniczkowe równania ruchu podukładów suwnicy, wyszczególnionych na rys.1 sformułowano w postaci macierzowej:

- dla mostu

$$\mathbb{M}_m \ddot{q}_m + \mathbb{C}_m \dot{q}_m + \mathbb{K}_m q_m = \mathbb{F}_m(t) + \mathbb{R}_m , \qquad (1)$$

- dla jezdni

$$\mathbb{M}_j \ddot{q}_j + \mathbb{C}_j \dot{q}_j + \mathbb{K}_j q_j = \mathbb{R}_j , \qquad (2)$$

- dla układów napędowych

$$J_n \ddot{q}_n + \mathbb{C}_n \dot{q}_n + \mathbb{K}_n q_n = \mathbb{M}_s - \mathbb{M}_t , \qquad (3.1)$$

$$L_i \dot{I}_i + R_i I_i = U_0 - k_e \omega_s , \qquad (3.2)$$

- dla ukosowania mostu

$$m_m \ddot{u}_s = \mathbb{F}_n + \mathbb{T}_x + \mathbb{T}_y + \mathbb{S}(t) + \lambda\, b \quad , \qquad (4.1)$$

$$J_s \ddot{\psi} = M_{sn}(\mathbb{F}_n, \mathbb{T}_x, \mathbb{T}_y) \quad , \qquad (4.2)$$

gdzie:

$$b = \left[\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_s} , \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{y}_s} \right] = [-\psi , 1] \quad , \qquad (4.3)$$

dołączając równanie więzów kinematycznych

$$\Phi = \dot{y}_s - \psi \cdot \dot{x}_s = 0 \quad , \qquad (4.4)$$

gdzie: $\mathbb{S}(t)$ jest macierzą kolumnową sił zderzeniowych przy odbiciu,

$\mathbb{T}_x$, $\mathbb{T}_y$ są macierzami sił tarcia poślizgowego kół,

$\mathbb{R}_m$, $\mathbb{R}_j$ są macierzami reakcji więzów,

ψ oznacza kąt ukosowania mostu.

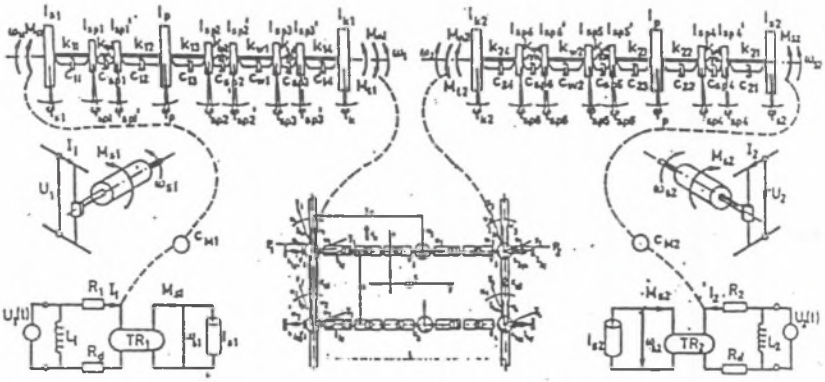
3. WYNIKI OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH

Przedstawimy niektóre wyniki obliczeń w zakresie badania dynamiki jazdy suwnicy, uzyskane na postawie przeprowadzonego eksperymentu numerycznego. Obliczenia wykonano na przykładzie suwnicy pomostowej o rozpiętości L = 32 [m] oraz udźwigu Q = 50 [kN] z dwoma niezależnymi układami napędowymi jazdy, w których zastosowano silniki prądu stałego o mocy 10 kW.

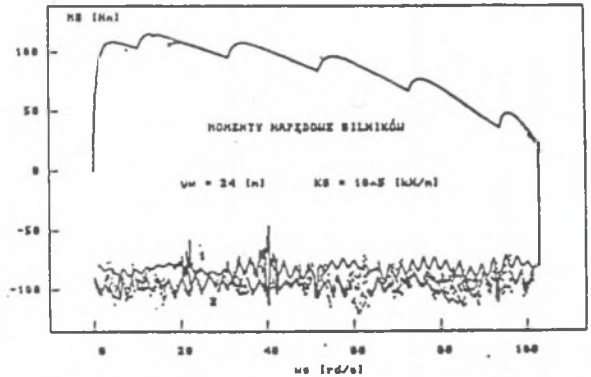
Przykładowy przebieg momentu napędowego silnika w funkcji prędkości kątowej ilustruje rys.2. Przebieg siły bocznej koła napędowego 3 pokazano na rys.3, zaś siły tarcia poślizgowego na rys.4. Zmiany mocy sił tarcia, działających na koło w kierunku poprzecznym, ilustruje rys.5. Wynikiem ruchu ukosowanego suwnicy, zjawiska odbicia i poślizgów są ruchy wężykowe kół, zachodzące w granicach określonych przez luzy względem szyny (rys.6).

4. WNIOSKI KOŃCOWE

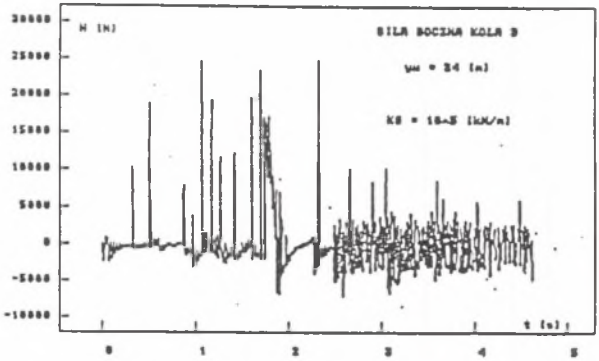
Sformułowany w pracy [2] algorytm obliczeń oparto na modelu dynamicznym suwnicy, opracowanym przy zastosowaniu metody SES z uwzględnieniem sprzężeń elektromechanicznych od silników oraz więzów nieholonomicznych,



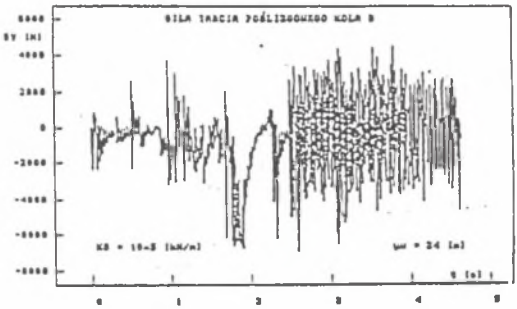
Rys. 1. Model dynamiczny suwnicy z silnikiem prądu stałego
Fig. 1. The dynamical model of crane with current motors



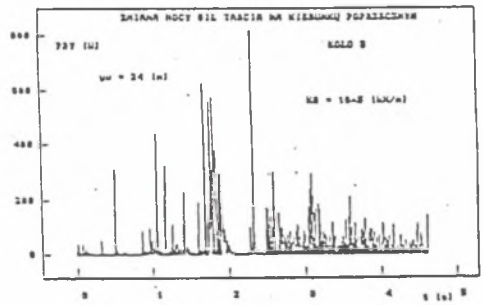
Rys. 2. Przebiegi momentów napędowych silników
Fig. 2. The course of driving moment of rotor



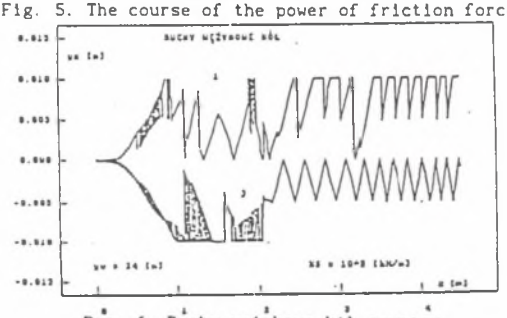
Rys. 3. Przebieg siły bocznej koła
Fig. 3. The course of the side force of the whe



Rys. 4. Przebieg siły tarcia poślizgowego koła - kierunek wzdłużny
Fig. 6. The course of the friction slip force of the wheel - longitudinal direction



Rys. 5. Zmiana mocy sił tarcia
Fig. 5. The course of the power of friction force



Rys. 6. Ruchy wężykowe kół suwnicy
Fig. 6. The shimme motion of the crane wheels

uwarunkowanych zjawiskiem odbicia i tarcia poślizgowego kół. Przeprowadzony eksperyment numeryczny ilustruje wpływ zjawiska odbicia na rozkład obciążeń poziomych suwnicy oraz zmiany jej wielkości kinematycznych podczas jazdy. Znajomość rozkładu obciążeń jest niezbędna dla oceny trwałości tych elementów.

LITERATURA

[1] Wojnarowski J., Nowak A.: Badanie zjawiska odbicia podczas ruchu suwnicy pomostowej. ZN Politechniki Śl., zbiór refer. XXX Sympozjum "Modelowanie w Mechanice", Gliwice - Wisła 1991.

[2] Wojnarowski J., Oziemski S., Nowak A.: Modelling of reflection phenomenon during the bridge crane drive. Prace nauk. CPBP 02.05, t.04.09.02. Wydawn.Nauk. Politechn. Warsz., Warszawa 1990.

[3] Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej: Wpływ asymetrii obciążeń na jazdę suwnicy z uwzględnieniem zjawiska odbicia. IMiPKM Politechniki Śl., prace CPBP 02.05, Gliwice 1989.

[4] Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej: Wpływ podatności układu napędowego suwnicy na zjawisko odbicia. IMiPKM Polit.Śl. prace CPBP 02.05, temat 04.09.02, Gliwice 1990.

[5] Neugebauer R.: Zur Fahrmechanik nichtidealer Brueckenkrane. Der Stahlbau 6, 1983 (173-179).

Recenzent: Prof. Marek Trombski

Wpłynęło do Redakcji dnia 4. 10. 1992

Abstract

In the paper the algorithm of investigation of the bridge crane dynamics during its drive has been formulated. In particular the influence of the reflection phenomenon on the disposition of the horizontal loads of the crane has been proved. In the analysis the three phases of crane motion has been considered, using the direct - current rotor in the driving system. The vibrating model of crane onb ase of stiff element method (SES) was elaborated. The proved numerical experiment illustrate the influence of the reflection phenomenon on values of side and slip forces of crane during its drive. Such analysis horizontal has importent mine for determine of maximal values ofloads on plane in the system bridge crane-track-wheels.