

Józef Wojnarowski, Stanisław Oziemski, Andrzej Nowak

Institut Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Śląska

BADANIE ZJAWISKA ODBICIA PODCZAS RUCHU SUWNICY POMOSTOWEJ
PRZY UWZGLĘDNIENIU PODATNOŚCI UKŁADU NAPĘDOWEGO

Streszczenie. W pracy sformułowano model matematyczny i algorytm badania zjawiska odbicia podczas jazdy suwnicy pomostowej. W analizie uwzględniono imperfekcje geometryczne jezdni, podatność - mostu, układów napędowych, jezdni oraz sprzężenia elektromechaniczne dla silników.

1. GLOBALNY MODEL RÓWNAŃ RUCHU SUWNICY

Praca nawiązuje do wyników badań zamieszczonych w opracowaniach [3,4]. Przyjmując nieliniowy model sił tarcia poślizgowego [1,2], suwnicę potraktowano jako system wielki, złożony z podukładów: most-koła i układy napędowe-jezdni. Model dynamiczny suwnicy z wyodrębnionymi podukładami przedstawiono na rys.1, gdzie zaznaczono sprzężenia elektromechaniczne występujące w układach napędowych kół 1,3 od silników elektrycznych. Model drganiowy mostu opracowano przy zastosowaniu metody SES. Na rys.1 pokazano również modele dynamiczne układów napędowych, w których uwzględniono silniki, sprzęgła, przekładnię, wały wolnobieżne oraz koła,

Algorytm badania zjawiska odbicia podczas jazdy mostu suwnicy wyznaczają równania różniczkowe:

1) dla ruchu drgającego mostu suwnicy:

$$M_m \ddot{q}_m + C_m \dot{q}_m + K_m q_m = F_v(t) + R_m + \sum_{i=1}^{N_\tau} S_i \delta(t-t_i) \quad (1)$$

2) dla drgań jezdni suwnicy:

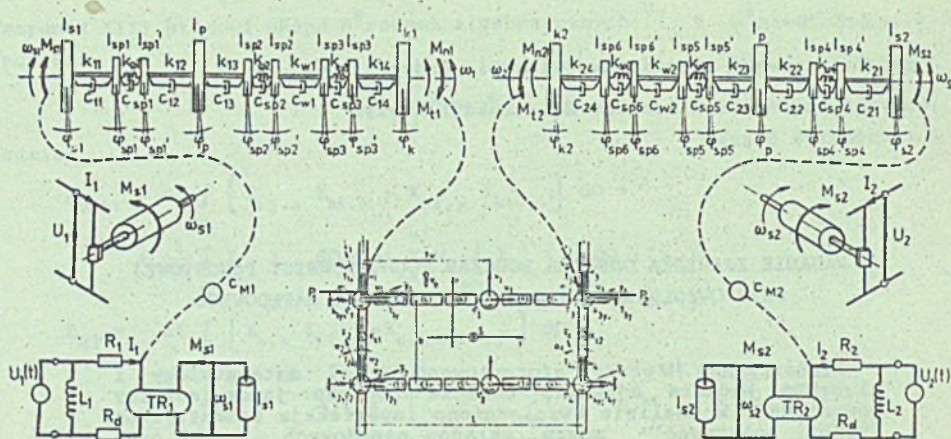
$$M_\beta \ddot{q}_\beta + C_\beta \dot{q}_\beta + K_\beta q_\beta = R_\beta + \sum_{i=1}^{N_{\tau\beta}} S_{\beta i} \delta(t-t_{\beta i}) \quad , \quad \beta = I, II \quad (2)$$

3) dla drgań układu napędowego:

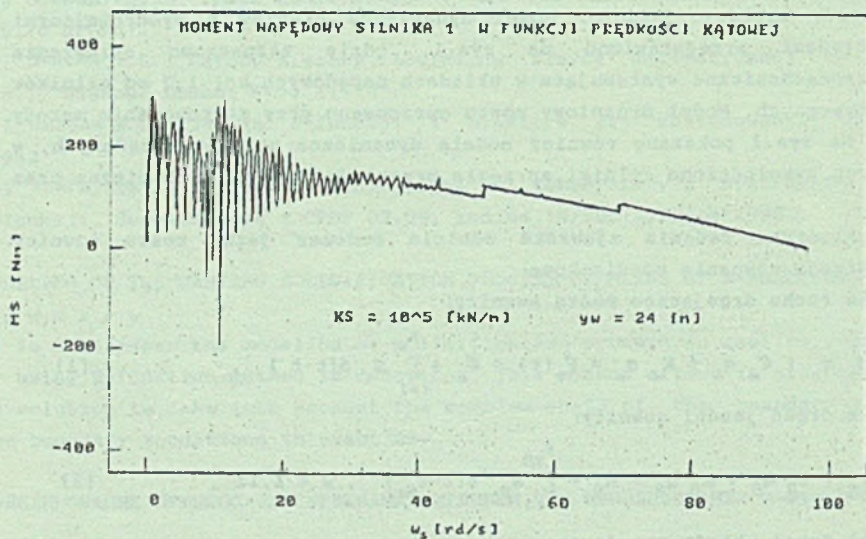
$$J_N \ddot{\phi}_N + C_N \dot{\phi}_N + K_N \phi_N = M_N(t) \quad (3)$$

4) dla silnika asynchronicznego (w przestrzeni Clark):

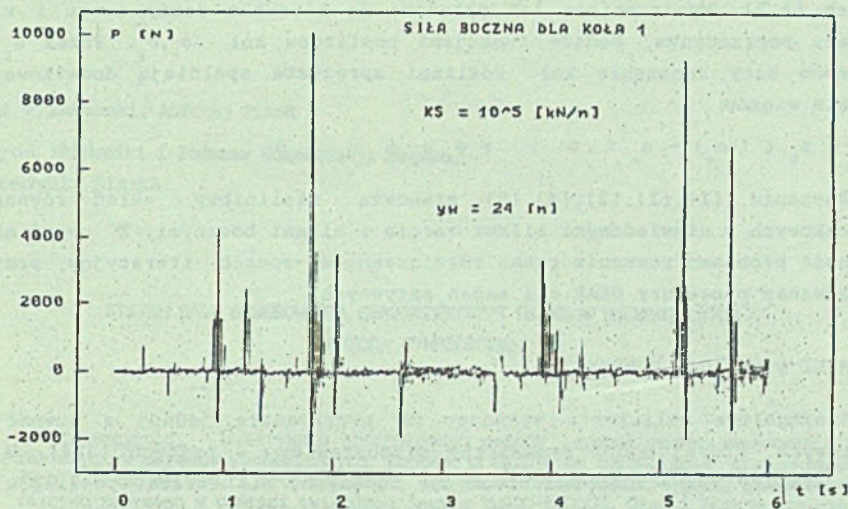
$$\dot{\Psi} = A \Psi + B(\dot{\phi}_s, \omega_s) + U e^{j\omega_s t} \quad (4)$$



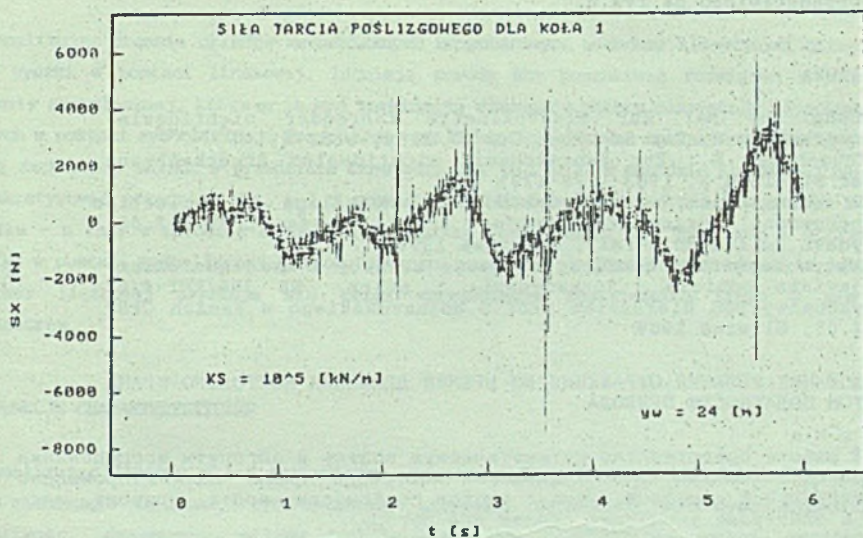
Rys.1. Model fizyczny suwnicy
Fig.1. The physical model of the crane



Rys.2. Przebieg momentu napędowego silnika w funkcji prędkości kątowej
Fig.2. The course of the driving moment of the rotor in function of the angular velocity



Rys.3. Przebieg siły bocznej dla koła 1
 Fig.3. The course of the side force for the wheel 1



Rys.4. Przebieg siły tarcia poślizgowego koła 1
 Fig.4. The course of the friction force for wheel 1

gdzie wprowadzono oznaczenia: $R_{(m)}$ - macierz reakcji więzów (sił tarcia),
 S_1 - macierz sił zderzeniowych, Ψ - macierz strumieni magnetycznych.

Siły tarcia poślizgowego określono na podstawie modelu przyjętego w pracach [1,2]. Wyodrębniono ich składowe na kierunku jazdy mostu i w kierunku poprzecznym, będące funkcjami poślizgów kół σ_x, σ_y . Przez α_i oznaczono kąty znoszenia kół. Poślizgi sprężyste spełniają dodatkowe równania więzów:

$$r \dot{\phi}_k (1 - \sigma_x) - \dot{u}_x = 0, \quad r \dot{\phi}_k \sigma_y + \dot{u}_y = 0. \quad (5)$$

Równania (1),(2),(3),(4),(5) stanowią nieliniowy układ równań różniczkowych z niewiadomymi siłami tarcia i siłami bocznymi. Z uwagi na złożoność problemu równania ruchu rozwiązano w sposób iteracyjny, przy zastosowaniu procedury GEAR dla zadań sztywnych.

2. WYNIKI SYMULACJI NUMERYCZNEJ

Szczegółowe obliczenia wykonano na przykładzie jednej z suwnic pomostowych, której model dynamiczny przedstawiono w pracach [3,4]. W wyniku analizy wyznaczono przebiegi sił bocznych, sił tarcia, poślizgów kół oraz momentów napędowych silników, przy uwzględnieniu podatności układu napędowego i sztywności jezdni. Przykładowo na rys.2 pokazano przebieg momentu napędowego silnika w funkcji jego prędkości kątowej, zaś na rys.3 przebieg siły bocznej dla koła 1. Zmianę siły tarcia poślizgowego przedstawiono na rys.4.

LITERATURA

- [1] Deng Zhe Ma: Zur Elastokinetic fahrender nichtidealer Brueckenkrane. Der Stahlbau H.2 57/1988, s.51-57.
- [2] Neugebauer R.: Zur Fahrmechanik nichtidealer Brueckenkrane. Der Stahlbau 6, 1983 (173-179).
- [3] J. Wojnarowski, S.Oziemski, A.Nowak: Modelling of reflection phenomenon during the bridge crane. Prace CPBP 02.05, Wydawn.Politechn.Warsz., Warszawa 1990.
- [4] Wpływ asymetrii obciążenia na jazdę suwnicy z uwzględnieniem zjawiska odbicia. Sprawozdanie z pracy NB 384/RMT-4/87 wykonanej pod kierunkiem prof.J.Wojnarowskiego w ramach CPBP 02.05, Gliwice 1989.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ОТРАЖЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ МОСТОВОГО КРАНА С УЧЕТОМ ПОДАТНОСТИ ПРИВОДА

Р е з ю м е

В работе представлено математическую модель и алгоритм исследования явления отражения во время движения мостового крана. Анализ проведен для неидеальной мостовой крана с учетом податности моста, привода, мостовой и электромеханических связей для ротора.

INVESTIGATION OF REFLECTION PHENOMENON OF THE BRIDGE CRANE BY USING OF THE FLEXIBILITY OF THE DRIVING SYSTEM

S u m m a r y

In the paper the mathematical model and algorithm for investigation of reflection phenomenon during the bridge crane drive has been described. In the analysis the geometrical imperfections, the flexibility of the bridge crane, the roadway, the driving system and electrical model of the rotors has been considered.