ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: MECHANIKA z.103 Nr kol. 1112

Andrzej Buchacz, Maciej Pasek, Józef Wojnarowski

Instytut Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Śląska

MODELOWANIE SYSTEMÓW OGNIW MANIPULATORÓW ROBOTÓW JAKO DRGAJĄCYCH UKŁADÓW CIĄGŁYCH METODĄ HIPERGRAFÓW

Streszczenie. Przedstawiony sposób modelowania drgających wzdłużno-giętnie ogniw i systemów ogniw manipulatorów robotów za pomocą obciążonych hipergrafów umożliwia wyznaczenie ich charakterystyk dynamicznych jako funkcji podatności dynamicznych pojedyńczych ogniw drgających wzdłużnie lub giętnie. Do algebraizacji procesu modelowania zastosowano liczby strukturalne oraz funkcje określone na pierścieniu tych liczb.

1. WSTĘP

Współczesny etap rozwoju środków technicznych zmusza projektanta do stosowania takich metod analizy dynamicznej, które umożliwiają szczegółowe rozpoznanie projektowanego bądź działajacego układu mechanicznego. Pełny zbiór charakterystyk dynamicznych[1)] rozważanych lub badanych układów mechanicznych staje się niezbędnym zbiorem danych wyjściowych. Zastosowanie metod analizy wynikających z algebry grafów i liczb strukturalnych umożliwia rozwiązanie sformułowanych zadań z wykorzystaniem ETO, upraszczając etap przygotowania zbiorów danych cyfrowych, oraz upraszczając i skracając czas obliczeń. W pracy podjęto próbę modelowania podzespołów ruchomych manipulatora IRb-6 lub IRb-60 jako drgających wzdłużno-giętnie[2)] układów mechanicznych o parametrach rozłożonych w sposób ciagły.

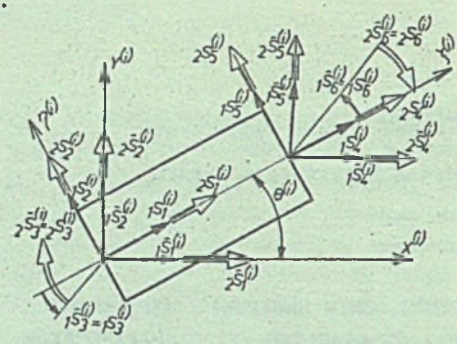
2. MODEL OGNIWA

W pracy rozważono drgania wzdłużno-giętne ogniw zachodzące w płaszczyźnie pionowej. Uogólnione przemieszczenia i siły działające na

[1)] Mogą to być sztywności lub podatności dynamiczne, równanie charakterystyczne, współczynniki przekazywania zmiennych [1].

[2)] Analizę układów drgających wzdłużnie lub giętnie z zastosowaniem liczb strukturalnych przedstawiono w pracy [2],[4].

pojedyńcze ogniwo "i" w lokalnym i globalnym układzie współrzędnych pokazano na rys.1.



$(0, X^{(i)}, Y^{(i)})$-globalny, inercjalny układ współrzędnych
$(0, \xi^{(i)}, \eta^{(i)})$-lokalny, inercjalny układ współrzędnych
${}_1S_1^{(i)}, \ldots, {}_1S_6^{(i)}$ - uogólnione przemieszczenia w lokalnym układzie współrzędnych
${}_2S_1^{(i)}, \ldots, {}_2S_6^{(i)}$ - uogólnione siły w lokalnym układzie współrzędnych
${}_1\hat{S}_1^{(i)}, \ldots, {}_1\hat{S}_6^{(i)}$ - uogólnione przemieszczenia w globalnym układzie współrzędnych
${}_2\hat{S}_1^{(i)}, \ldots, {}_2\hat{S}_6^{(i)}$ - uogólnione siły w globalnym układzie współrzędnych

Rys. 1. Uogólnione siły i przemieszczenia działające na ogniwo
Fig. 1 Generalized forces and displacements affecting the link

Związki pomiędzy uogólnionymi siłami a przemieszczeniami w lokalnym układzie współrzędnych zapisano w postaci (1), w globalnym układzie współrzędnych w formie (2).

$$\begin{bmatrix} {}_1S_1 \\ {}_1S_2 \\ {}_1S_3 \\ {}_1S_4 \\ {}_1S_5 \\ {}_1S_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & 0 & 0 & Y_{14} & 0 & 0 \\ 0 & Y_{22} & Y_{23} & 0 & Y_{25} & Y_{26} \\ 0 & Y_{32} & Y_{33} & 0 & Y_{35} & Y_{36} \\ Y_{41} & 0 & 0 & Y_{44} & 0 & 0 \\ 0 & Y_{52} & Y_{53} & 0 & Y_{55} & Y_{56} \\ 0 & Y_{62} & Y_{63} & 0 & Y_{66} & Y_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}_2S_1 \\ {}_2S_2 \\ {}_2S_3 \\ {}_2S_4 \\ {}_2S_5 \\ {}_2S_6 \end{bmatrix} \quad (1), \quad \begin{bmatrix} {}_1\hat{S}_1 \\ {}_1\hat{S}_2 \\ {}_1\hat{S}_3 \\ {}_1\hat{S}_4 \\ {}_1\hat{S}_5 \\ {}_1\hat{S}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_u & Y_s & Y_o & Y_z & Y_j & Y_r \\ Y_s & Y_a & Y_b & Y_l & Y_h & Y_k \\ Y_o & Y_b & Y_c & Y_t & Y_i & Y_g \\ Y_z & Y_l & Y_t & Y_w & Y_m & Y_p \\ Y_j & Y_h & Y_i & Y_m & Y_e & Y_d \\ Y_r & Y_k & Y_g & Y_p & Y_d & Y_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}_2\hat{S}_1 \\ {}_2\hat{S}_2 \\ {}_2\hat{S}_3 \\ {}_2\hat{S}_4 \\ {}_2\hat{S}_5 \\ {}_2\hat{S}_6 \end{bmatrix} \quad (2),$$

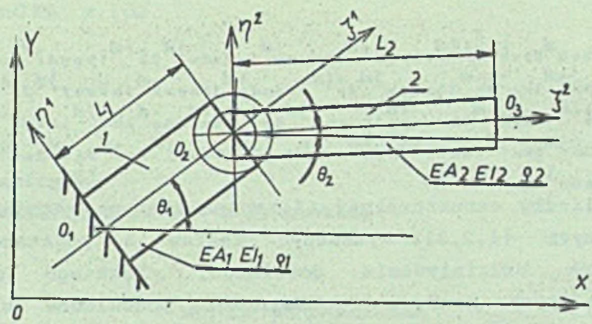
gdzie: $Y_{22}, \ldots, Y_{33}, \ldots Y_{44}$ - znane podatności drgającej belki,

$Y_{11}, Y_{44}, Y_{41}, Y_{14}$ - znane, stabelaryzowane podatności drgającego pręta.

Podatności ogniw w globalnym układzie współrzędnych $Y_u, \ldots, Y_f$ opisane układem równań (2), można wyrazić poprzez podatności ogniwa w lokalnym układzie współrzędnych oraz funkcje trygonometryczne kąta θ, wynikające z transformacji układu współrzędnych.

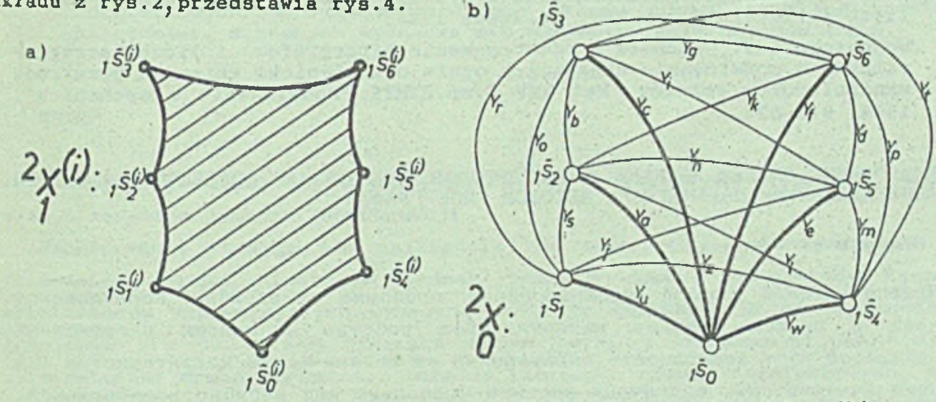
3. MODEL MANIPULATORA

Jako model manipulatora przyjęto dwuczłonowy, jednostronnie utwierdzony układ o parametrach rozłożonych w sposób ciągły, drgający wzdłużno-giętnie w płaszczyźnie pionowej, o zmiennej konfiguracji opisanej kątami θ_1 i θ_2 (rys.2).

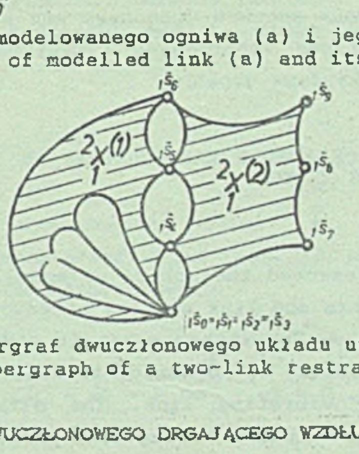


Rys.2 Model dwuczłonowego manipulatora
Fig.2 Model of a two-link manipulator

Do modelowania drgań wzdłużno-giętnych ogniwa przyjęto obciążony hipergraf siedmiowierzchołkowy, któremu przyporządkowano uogólnione współrzędne mierzone w globalnym układzie odniesienia (rys.3a). Graf zupełny, którego krawędziom przyporządkowano podatności dynamiczne obliczone w globalnym układzie odniesienia pokazano na rys.3b. Hipergraf układu z rys.2, przedstawia rys.4.



Rys.3 Hipergraf modelowanego ogniwa (a) i jego graf zupełny (b)
Fig. 3 Hypergraph of modelled link (a) and its complete graph (b)



Rys.4 Hipergraf dwuczłonowego układu utwierdzonego
Fig.4 Hypergraph of a two-link restrained system

4. PODATNOŚĆ UKŁADU DWUCZŁONOWEGO DRGAJĄCEGO WZDŁUŻNO-GIĘTNIE

Liczba strukturalna $|\aleph_{u12}$ hipergrafu z rys.4 ma postać:

$$\alpha_{u12}=\alpha_{1baudnw}\alpha_{2}+\alpha_{1bau}\alpha_{2bau}+\frac{1}{2}((\alpha_{1bauwf}+\alpha_{1baumw}-\alpha_{1abcdw})\alpha_{2b}+(\alpha_{1baudf}+\alpha_{1baufw}-\alpha_{1baumf})\alpha_{2e}+(\alpha_{1baudi}+\alpha_{1baudm}-\alpha_{1baudw})\alpha_{2u}+(\alpha_{1baudm}+\alpha_{1baumw}-\alpha_{1baumf})\alpha_{2c}+(\alpha_{1bauwe}+\alpha_{1baude}-\alpha_{1baupe})\alpha_{2o}+(\alpha_{1baudp}+\alpha_{1bauwp}-\alpha_{1baupe})\alpha_{2a}+(\alpha_{2cu}+\alpha_{2au}-\alpha_{2bu})\alpha_{1baud}+(\alpha_{2bo}+\alpha_{2uc}-\alpha_{2ca})\alpha_{1baum}+(\alpha_{2cb}+\alpha_{2ba}-\alpha_{2bu})\alpha_{1bauw}+(\alpha_{2ba}+\alpha_{2au}-\alpha_{2ce})\alpha_{1bauf}+(\alpha_{2ua}+\alpha_{2ab}-\alpha_{2oa})\alpha_{1baup}+(\alpha_{2bo}+\alpha_{2uo}-\alpha_{2oa})\alpha_{1baue}) \quad (3).$$

Korzystając z liczby strukturalnej (3) można znanymi metodami grafów i liczb strukturalnych [1,2,3] wyznaczyć zestaw 3 podatności układu drgającego wskutek oddziaływania dowolnego, płaskiego układu sił wymuszających, będących funkcjami podatności podukładów w globalnym układzie odniesienia o różnych warunkach brzegowych.

LITERATURA

[1] Wojnarowski J.:Zastosowanie grafów w analizie drgań układów mechanicznych. PWN, Warszawa-Wrocław 1981.

[2] Wojnarowski J., Buchacz A.:Modelowanie drgających układów prętowych za pomocą grafów i liczb strukturalnych. AIL,4,XXV (1979),505-727.

[3] Bellert S.,Woźniacki H.:Analiza i synteza układów elektrycznych metodą liczb strukturalnych. WNT, Warszawa 1968.

[4] Wojnarowski J., Buchacz A.:Zastosowanie hipergrafów i liczb strukturalnych w modelowaniu drgających ogniw o nieliniowo zmiennym przekroju manipulatorów robotów. Mat XXV Symp.PTMTS "Modelowanie w mechanice", 1988, 615-620.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЗВЕНЬЕВ МАНИПУЛЯТОРОВ РОБОТОВ КАК КОЛЕБЛЮШИХСЯ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ МЕТОДОМ ГИПЕРГРАФОВ

Р е з ю м е

Представленный способ моделирования продольно - изгибно колеблющихся звеньев и систем звеньев манипуляторов роботов с помошю нагруженных гиперграфов дает возможность определения иж динамическиж характеристин как функции динамических единичных звеньев продольно или изгибно колеблющихся. Для алгебраизации моделирования исползовано структурные числа и функции определенные на кольцу структурных чисел.

MODELLING OF LINK SYSTEMS OF ROBOTS MANIPULATORS AS VIBRATING CONTINUOUS SYSTEMS WITH THE HYPERGRAPHS METHOD

S u m m a r y

In the paper has been presented the method of modelling of lenghtwisely and flexurally vibrating links and link systems of robot manipulators, with the aid of loaded hypergraphs. The method makes it possible to get dynamic charakteristics as a function of dynamic flexibility for a single, lenghtwisely or flexurally vibrating link. The structural numbers and function defined on structural numbers ring have been used to algebraise the process of modelling.