ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: MECHANIKA z.121 Nr kol. 1266

Andrzej BUCHACZ, Leszek ŻOCHOWSKI
Katedra Mechaniki Robotów i Maszyn
Politechnika Śląska

MODELOWANIE UKŁADU ROZRZĄDU SILNIKA SAMOCHODU FIAT UNO GRAFAMI I LICZBAMI STRUKTURALNYMI

Streszczenie. W pracy przedstawiono modelowanie rzeczywistego układu mechanizmu z zastosowaniem grafów i liczb strukturalnych. Sformułowano model fizyczny i matema-tyczny układu rozrządu samochodu FIAT UNO.

GRAPHS AND STRUCTURAL NUMBERS METHOD OF MODELLING OF CAMSHAFT DRIVE SYSTEM OF A MOTOR OF A CAR OF THE FIAT UNO

Summary. A modelling problem of a real system represented by graphs and structral numbers has been presented. Determination of a physical and mathematical model of the real system - a camshaft drive system a subject of this paper.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ FIAT UNO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОВ И СТРУКТУРНЫХ ЧИСЕЛ

Резюме. В работе даются метод моделирования реальной механической системы с использованием графов и структурных чисел. Поставлена проблема определения физической и матемыической модели системы газораспределительного механизма автомобиля FIAT UNO.

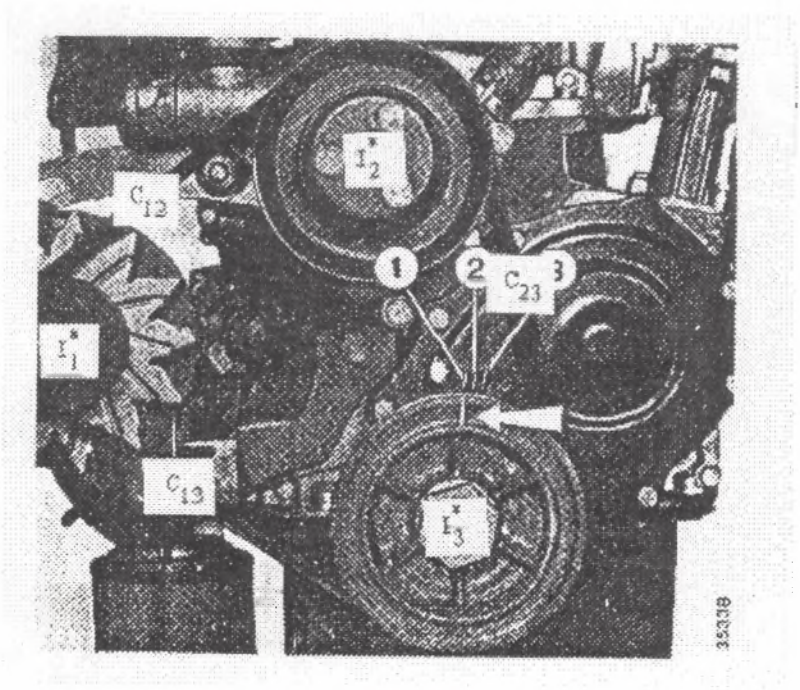
1. WPROWADZENIE

W badaniu mechanicznych układów rozrządu samochodów najwygodniej jest stosować modele o parametrach skupionych. Przy czym w modelowaniu układów fizycznych, w tym również mechanicznych należy mieć na uwadze fakt, aby stosować elementy lub podzespoły o określonych i dostatecznie poznanych właściwościach dynamicznych. Jest to spowodowane podniesieniem niezawodności, sprawności danego mechanizmu oraz obniżeniem kosztów eksploatacji czy optymalizacji jego gabarytów. Dlatego wciąż poszukuje się takich metod opisu i interpretacji zjawisk dynamicznych, zachodzących w układach rozrządu samochodów

oraz wynikających z tego opisu metod projektowania, które zapewniłyby zarówno łatwy sposób oprogramowania ,jak również ich zinterpretowania w kategoriach danej dziedziny techniki. Z tych też powodów metoda grafów i liczb strukturalnych jest metodą opisu [1,4,5], której formalizm matematyczny w pełni ujmuje istotę problemu.

2. PRZEDMIOT BADAŃ

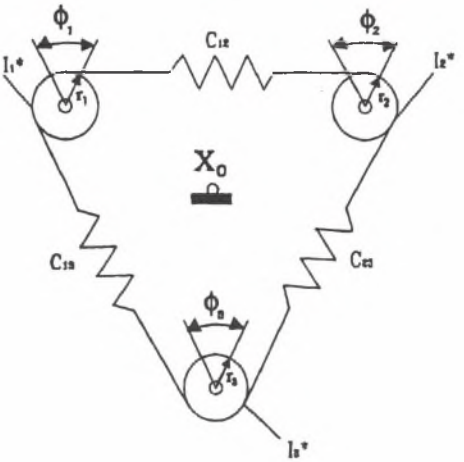
Przedmiotem badań jest mechanizm układu rozrządu samochodu FIAT UNO pokazany na rys.1.



Rys. 1. Mechanizm rozrządu samochodu FIAT UNO
Fig. 1. A camshaft drive system of a car of the FIAT UNO

3.SYSTEM BADAŃ

Dokonując dyskretyzacji podzespołu rozpatrywanego układu rozrządu (rys.1), przyjęto jego model drgający pokazany na rys.2.



Rys. 2. Drgający model układu rozrządu
Fig. 2. Vibaration model of the camshaft drive system

Model ten (rys. 2) traktuje się jako strukturę dynamiczną:

$$S = \{S_1, S_2, S_3\}, . \tag{3.1}$$

gdzie

$$_1S:\left[{}_1s_1 = 0, {}_1s_1 = x_1, {}_1s_2 = x_2, {}_1s_3 = x_3, {}_1s_4 = x_2 - x_1, {}_1s_5 = x_3 - x_2, {}_1s_6 = x_3 - x_1\right](x_i = \varphi_i r_i,\ i = 1,2,3) \tag{3.2}$$

jest zbiorem wielkości biegunowych - uogólnionych przemieszczeń (por. rys.2);

$$_2S:\left[{}_2s_1, {}_2s_2, {}_2s_3, {}_2s_4, {}_2s_5, {}_2s_6\right] \tag{3.3}$$

jest zbiorem wielkości przepływowych - uogólnionych sił;

$$
{}_3S:\left[\begin{array}{l}
{}_3s_1 = \{{}_1s_1, {}_2s_1, {}_1s_0\} \Leftrightarrow {}_2s_1 = \Gamma_1^* p^2({}_1s_1 - {}_1s_0) = \Gamma_1^* p^2({}_1s_1 - 0) = \Gamma_1^* p^2\, {}_1s_1 \\
{}_3s_2 = \{{}_1s_2, {}_2s_2, {}_1s_0\} \Leftrightarrow {}_2s_2 = \Gamma_2^* p^2({}_1s_2 - {}_1s_0) = \Gamma_2^* p^2({}_1s_2 - 0) = \Gamma_2^* p^2\, {}_1s_2 \\
{}_3s_3 = \{{}_1s_3, {}_2s_1, {}_1s_0\} \Leftrightarrow {}_2s_3 = \Gamma_3^* p^2({}_1s_3 - {}_1s_0) = \Gamma_3^* p^2({}_1s_3 - 0) = \Gamma_3^* p^2\, {}_1s_3 \\
{}_3s_4 = \{{}_1s_2, {}_2s_4, {}_1s_1\} \Leftrightarrow {}_2s_4 = C_{12}({}_1s_2 - {}_1s_1) \\
{}_3s_5 = \{{}_1s_3, {}_2s_5, {}_1s_2\} \Leftrightarrow {}_2s_5 = C_{23}({}_1s_3 - {}_1s_2) \\
{}_3s_6 = \{{}_1s_3, {}_2s_6, {}_1s_1\} \Leftrightarrow {}_2s_6 = C_{13}({}_1s_3 - {}_1s_1)
\end{array}\right] \tag{3.4}
$$

jest zbiorem równań biegunowych.

Dokonując wzajemnie jednoznacznego odwzorowania:

$$F: \{{}_1S, {}_2S\} \rightarrow \{{}_1X, {}_2X\} \tag{3.5}$$

takiego, że

$${}_1f: {}_1S \rightarrow {}_1X \text{ oraz } {}_2f: {}_2S \cup {}_3S \rightarrow {}_2X, \tag{3.6}$$

otrzymuje się graf

$$\underset{F}{X} = [{}_1X, {}_2X, F] = [X, F], \tag{3.7}$$

gdzie: $F = \{{}_if\}$, i=1,2.

Graf ten pokazano na rys.3.
Dokonując z kolei w grafie $\underset{F}{X}$ przyporządkowań

$$F' = {}_1f' \cup {}_2f', \; {}_2f' = \{{}_{2i}f'\} \qquad (i = 1,2.) \tag{3.8}$$

czyli:
-przyporządkowania wierzchołkom ${}_1x_i$ (i = 0,1,2,3) wartości współrzędnych uogólnionych jako

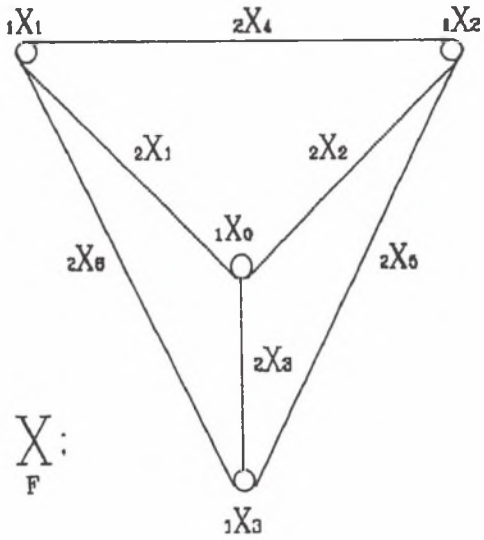
$$ {}_1f'({}_1x_i) = |{}_1s_i|, \text{ (przy czym } {}_1s_0 = 0) \tag{3.9} $$

-przyporządkowania krawędziom ${}_2x_j$ ($i = 1, \ldots, n$, $n = 3$) par wartości współrzędnych uogólnionych i sił bezwładności jako

$$ {}_{21}f'({}_2x_j) = \left[|{}_1s_j - {}_1s_0|, |{}_2s_j|\right] = \left[|{}_1s_j|, |{}_2s_j|\right], \tag{3.10} $$

-przyporządkowania krawędziom ${}_2x_k$ ($k = n+1, \ldots, n+m$, $m=3$) par wartości względnych przemieszczeń uogólnionych i sił uogólnionych w elementach sprężystych modelu układu jako

$$ {}_{22}f'({}_2x_k) = \left[|{}_1s_j - {}_1s_i|, |{}_2s_k|\right] \tag{3.11} $$



Rys. 3. Graf modelu rozrządu
Fig. 3. A graph of the the camshaft drive system

W dalszym ciągu dokonuje się jeszcze odwzorowań ze wzgledu na analizę układu za pomocą liczb strukturalnych

$$ {}_{23}f' : ({}_2x_1) \rightarrow ({}_3x_1) \tag{3.12} $$

$$ {}_{24}f' : ({}_2x_1) \rightarrow l, \qquad (l = j + m = 6) \tag{3.13} $$

W wyniku otrzymanych odwzorowań otrzymuje się graf biegunowy

$$ \underset{00}{X} = \left[\underset{F}{X}, F' \right], \tag{3.14} $$

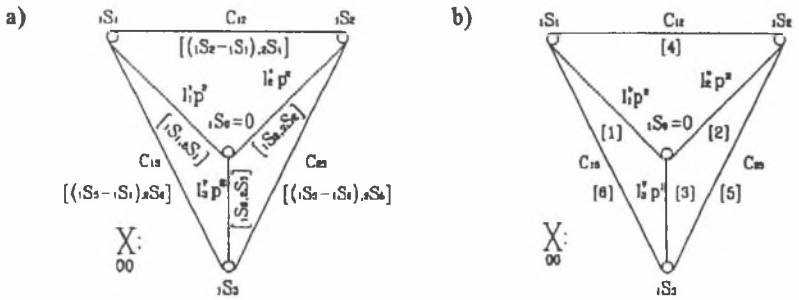
pokazany na rys. 4a i b.

Aby wyznaczyć liczbę strukturalną stałowierszową należy najpierw wyznaczyć czynniki pierwsze grafu biegunowego (rys. 4) jako:

$$ \mathbf{A}_0 = [123], \mathbf{A}_1 = [146], \mathbf{A}_2 = [245], \mathbf{A}_3 = [356] \tag{3.15} $$

Liczba strukturalna stałowierszowa A przyjmuje postać:

$$ A = A_1 A_2 A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 4 & 4 & 4 & 4 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 2 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 & 5 & 5 & 2 & 2 & 2 & 5 & 2 & 2 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 6 & 3 & 5 & 6 & 3 & 6 & 3 & 5 & 6 & 3 & 3 & 5 & 3 & 3 \end{bmatrix} \tag{3.16} $$



Rys. 4. Graf biegunowy modelu rozrządu
Fig. 4. Terminal graph of the camshaft drive system

W celu wyznaczenia równania charakterystycznego należy obliczyć funkcję wyznacznikową liczby strukturalnej

$$\begin{aligned}\det_{Z} A = {} & I_1^* I_2^* I_3^* p^6 + I_1^* I_2^* C_{23} p^4 + I_1^* I_2^* C_{13} p^4 + I_1^* I_3^* C_{12} p^4 + I_1^* I_3^* C_{23} p^4 + I_2^* I_3^* C_{12} p^4 + \\ & + I_2^* I_3^* C_{13} p^4 + I_1^* C_{12} C_{23} p^2 + I_1^* C_{12} C_{13} p^2 + I_1^* C_{23} C_{13} p^2 + I_2^* C_{12} C_{13} p^2 + \\ & + I_3^* C_{12} C_{23} p^2 + I_2^* C_{13} C_{23} p^2 + I_3^* C_{12} C_{13} p^2 + I_3^* C_{13} C_{23} p^2\end{aligned} \tag{3.17}$$

Przyrównując funkcję wyznacznikową do zera, po przyjęciu, że p=jω $\left(j = \sqrt{-1}\right)$, równanie charakterystyczne przyjmuje postać:

$$\begin{cases} \omega^6 I_1^* I_2^* I_3^* - \omega^4 (I_1^* I_2^* C_{23} + I_1^* I_2^* C_{13} + I_1^* I_3^* C_{12} + I_1^* I_3^* C_{23} + I_2^* I_3^* C_{12} + I_2^* I_3^* C_{13}) + \\ + \omega^2 (I_1^* C_{12} C_{23} + I_1^* C_{12} C_{13} + I_1^* C_{23} C_{13} + I_2^* C_{12} C_{13} + I_3^* C_{12} C_{23} + I_2^* C_{13} C_{23} + \\ + I_3^* C_{12} C_{13} + I_3^* C_{13} C_{23}) = 0 \end{cases} \tag{3.18}$$

Podstawiając w (3.18) wartości liczbowe parametrów inercyjnych i sprężystych otrzymano następujące częstości drgań własnych modelowanego mechanizmu rozrządu samochodu FIAT UNO :

$$\omega_0 = 0 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \omega_1 = 31{,}308 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \omega_2 = 33{,}713 \frac{\text{rad}}{\text{s}}. \tag{3.19}$$

Do obliczeń częstości wyznaczono analitycznie wartości parametrów inercyjnych i sprężystych. W dalszym ciągu proponuje się przeprowadzenie pomiarów tych parametrów wykonanych na stanowisku badawczym w celu uściślenia ich wartości.

LITERATURA

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

[2]Cannon Jr.H.: Dynamika układów fizycznych. WNT; Warszawa 1978..

[3]Buchacz A.:Synteza drgających układów prętowych w ujęciu grafów i liczb strukturalnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Mechanika, Zeszyt 104, Gliwice 1991.

[4]Wojnarowski J.: Grafy i liczby strukturalne jako modele układów mechanicznych. PTMTS Gliwice 1977.

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

[6]Instrukcja obsługi samochodu Fiat UNO, Bielsko - Biała 1993.

Recenzent: prof. dr hab. inż. J. Maryniak

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1994 r.