

XIII MIĘDZYNARODOWE KOŁOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"
25-28.04.1989 ZAKOPANE

Marek PIETRZAKOWSKI

Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Politechnika Warszawska

WYKORZYSTANIE MIKROKOMPUTERA DO DOBORU CHARAKTERYSTYK
SPRZĘGIEŁ PODATNYCH W UKŁADACH PRZENIESIENIA NAPĘDU

Streszczenie. W pracy wykorzystano metodę symulacji cyfrowej do doboru parametrów sprzęgieł podatnych. Opracowano program umożliwiający badanie złożonych układów dyskretno-ciągłych w warunkach wymuszeń zdeterminowanych, a także wymuszeń losowych w postaci stacjonarnych, normalnych procesów stochastycznych. Do obliczeń przemieszczeń i sił wewnętrznych zastosowano metodę elementów czasoprzestrzennych. Wykorzystując grafikę komputerową, zapewniono dobrą wizualizację wyników.

1. Wprowadzenie

W celu ułatwienia właściwego doboru parametrów sprzęgieł podatnych występujących w układzie silnik - maszyna robocza opracowano program do symulacyjnego badania dynamiki dyskretno-ciągłych układów skrętnych. Zaproponowano model obliczeniowy złożony ze sprężystych ważkich wałów, na których osadzone są sztywne tarcze reprezentujące momenty bezwładności ruchomych części układu rzeczywistego zredukowane na odpowiednie odcinki wałów. Poszczególne odcinki wałów lub znajdujące się na ich końcach tarcze mogą być połączone elementami lepkosprężystymi o liniowych charakterystykach. Elementy lepkosprężyste wraz z tarczami modelują sprzęgła podatne.

Założono, że oprócz sztywności skrętnej wały charakteryzuje tłumienie wewnętrzne typu Kelvina-Voigta oraz wiskotyczne tłumienie zewnętrzne.

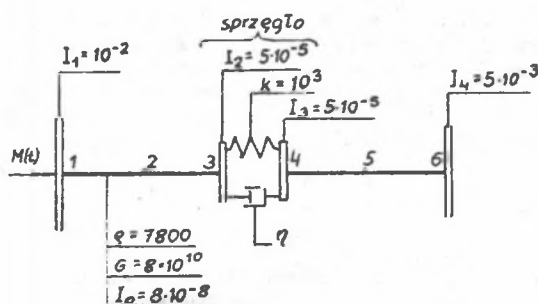
Algorytm programu oparto na metodzie symulacji cyfrowej wykorzystując do obliczeń przemieszczeń i sił wewnętrznych metodę elementów czasoprzestrzennych [1].

Sposób przestrzennej dyskretyzacji układu i opis stosowanych elementów czasoprzestrzennych zawiera praca [3]. W pracy tej przedstawiono postacie macierzy sztywności elementów wałów, tarcz i elementów lepkosprężystych oraz sformułowano zależność rekurencyjną będącą podstawą algorytmu obliczeń.

Program umożliwia badanie dynamiki układów dyskretno-ciągłych w warunkach wymuszeń zdeterminowanych i losowych. W przypadku wymuszeń losowych generowana jest realizacja funkcji losowej o zadanych charakterystykach. Ze względu na rodzaj oddziaływań zewnętrznych występujących w dynamice maszyn, rozważania ograniczono do stacjonarnych, ergodycznych, normalnych procesów stochastycznych. W podprogramie generującym realizację funkcji losowej o dowolnej gęstości widmowej zastosowano metodę sumowania harmonik [2].

2. Dobór charakterystyki tłumienia w modelu układu napędowego

Jako przykład zastosowania omawianego programu, rozważono zagadnienie doboru tłumienia w sprzęgle podatnym w układzie silnik - maszyna robocza. Przyjęto uproszczony model układu złożony z dwóch tarcz połączonych sprężystymi wałami i sprzęgłem podatnym. Szytwe tarcze reprezentują momenty bezwładności ruchomych części silnika lub maszyny, np. generatora. Sprzęgło podatne charakteryzuje momenty bezwładności tarcz czynnej i biernej oraz liniowa sprężystość i lepkość. Schemat obliczeniowy układu z zaznaczonym podziałem na elementy skończone oraz z przyjętymi do obliczeń wartościami parametrów przedstawiony jest na rys.1.



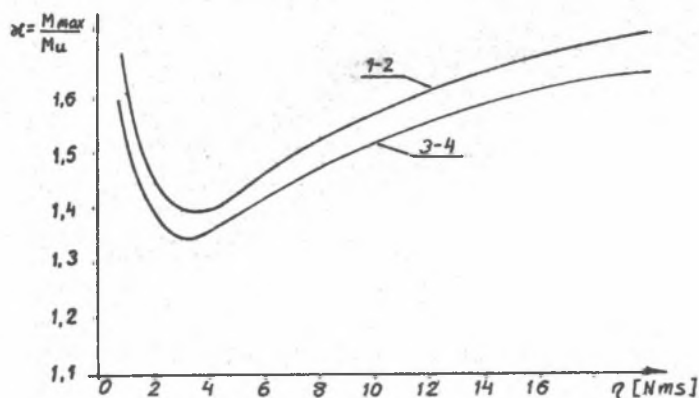
Rys.1. Schemat badanego układu
Fig.1. The scheme of tested structure

Węzeł nr 1 obciążono nagle przyłożonym, stałym momentem obrotowym.

W wyniku obliczeń wyznaczono przebiegi kątów obrotu węzłów i momentów skręcających w poszczególnych elementach dla różnych wartości tłumienia η w sprzęgle podatnym.

Analizując przebiegi momentów skręcających określono wpływ tłumienia na tzw. współczynnik dynamiczny α zdefiniowany jako stosunek maksymalnej wartości momentu skręcającego w danym elemencie do wartości momentu odpowiadającego stanowi ustalonemu. Na rys.3 przedstawiono przykładowe wykresy współczynnika α wyznaczone dla elementu wału 1-2 i sprzęgła 3-4.

Z wykresów wynika, że współczynnik dynamiczny, a tym samym maksymalny moment skręcający, wykazuje minimum dla wartości tłumienia zbliżonej do $\eta=3$ Nms.



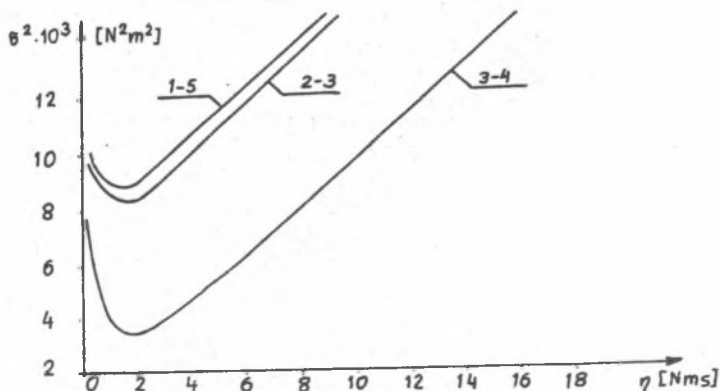
Rys.3. Wpływ tłumienia na współczynnik dynamiczny α .
Fig.3. The influence of damping on the dynamic factor.

Podobne wnioski odnośnie do doboru zakresu wartości współczynnika tłumienia w sprzęgle otrzymano analizując opisany wyżej układ w stanach ustalonych, przy obciążeniu węzła nr 6 losowo zmiennym, stacjonarnym, ergodycznym, normalnym momentem obrotowym o gęstości widmowej $S(\omega)$.

$$S(\omega) = \begin{cases} \frac{\sigma^2}{\omega_{\max} - \omega_{\min}} & \omega \in [\omega_{\min}, \omega_{\max}] \\ 0 & \omega \notin [\omega_{\min}, \omega_{\max}] \end{cases} \quad (1)$$

W obliczeniach przyjęto niezerowe wartości widma zaburzenia w przedziale ω [62,8 s⁻¹, 6280 s⁻¹] oraz wariancję $\sigma^2 = 40000 \text{ N}^2 \text{ m}^2$.

Na rys.4 przedstawione zostały wykresy wariancji momentów skręcających w elementach wału 2-3, 4-5 oraz w sprzęgle 3-4 w zależności od współczynnika tłumienia.



Rys.4. Wpływ tłumienia w sprzęgle na wariancję momentów skręcających.

Fig.4. The influence of damping in the couple on the variance of the twisting moments.

Minimum wariancji omawianych procesów ma miejsce przy tłumieniu zbliżonym do wartości $\eta = 2$ Nms.

Z analizy rozważanego modelu układu napędowego wynika, że najkorzystniejszym, ze względu na obciążenie dynamiczne, zakresem tłumienia w sprzęgle podatnym jest przedział wartości $\eta = 2+3$ Nms. Obszar ten charakteryzuje najmniejsza wartość współczynnika dynamicznego, a tym samym sił wewnętrznych w elementach układu, oraz minimum wariancji momentów skręcających będących reakcją na zaburzenie losowe.

3. Uwagi końcowe

Zastosowana w pracy metoda symulacyjna i zbudowany na jej podstawie program obliczeniowy stanowią użyteczne narzędzie do badania dynamiki szerokiej klasy skrętnych układów dyskretno-ciągłych. Prezentowany przykład uzasadnia wykorzystanie programu do doboru parametrów tych układów.

LITERATURA

- [1] Z.KĄCZKOWSKI: General formulation of the stiffness matrix for the space-time finite elements. Arch.Inżyn.Lądowej, 25/3/1979.
- [2] Z.OSIŃSKI, J.WRÓBEL: Wybrane metody komputerowo wspomaganego konstruowania maszyn. PWN, Warszawa, 1988.
- [3] M.PIETRZAKOWSKI: Badanie układów mechanicznych ze sprzęgłami podatnymi metodą elementów czasoprzestrzennych. Prace Instytutu Podstaw Budowy Maszyn, 15/1987.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА ДЛЯ ПОДБОРА ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГИХ МУФТ В СИСТЕМАХ ПЕРЕНОСА ПРИВОДА

Резюме

В работе применяется метод численного моделирования для подбора параметров упругих муфт. Разработано программное обеспечение для динамического анализа крутильных гибридных систем находящихся под действием неслучайных или случайных, стационарных, нормальных функций времени. Для вычисления перемещений и внутренних сил использовано метод бременно-пространственных, конечных элементов.

APPLICATION OF A MICROCOMPUTER TO THE SELECTION OF CHARACTERISTICS OF FLEXIBLE COUPLINGS IN POWER TRANSMISSION SYSTEMS

Summary

In the paper the simulation method was applied to selection of parameters of flexible couplings. The computer program to dynamic analysis of discrete-continuous systems was worked out. The external excitations may be deterministic or random as a stationary, normal, stochastic process. The space-time finite elements method to calculation of displacements and internal forces is adopted.

Recenzent: doc. dr inż. K. Reich

Wpłynęło do Redakcji 15.XII.1988 r.