



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - MATERIALS SCIENCE COMMITTEE
SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference
Proceedings

11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Oprogramowanie metody transformacji macierzowego grafu hybrydowego układu mechanicznego w strukturę schematu blokowego

J. Świder, G. Wszolek

Katedra Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

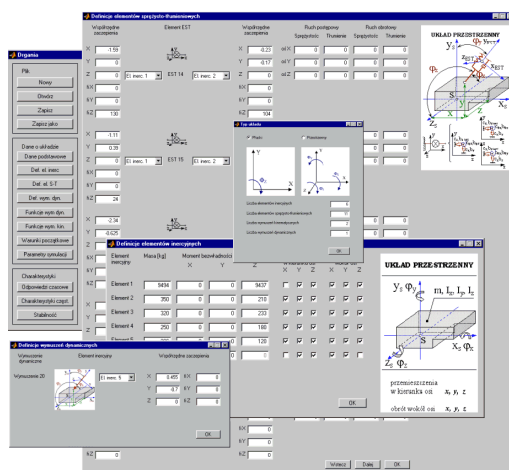
W artykule przedstawiono aplikację numeryczną GRAFSIM, realizującą algorytm transformacji macierzowego grafu hybrydowego (mgh) modelu układu mechanicznego w reprezentujący go macierzowy schemat blokowy. Program został zaimplementowany w środowisku MATLAB-SIMULINK. Daje on możliwość przeprowadzania złożonych analiz numerycznych przestrzennych układów mechanicznych ze sprzężeniami liniowymi.

1. WSTĘP

Metoda grafów hybrydowych została opisana w pracy [1] i rozwinięta do metody macierzowych grafów hybrydowych w pracy [2]. Natomiast metodę transformacji macierzowego grafu hybrydowego w reprezentujący go schemat blokowy opisano w pracach [3,4,5,6,7]. Uzyskany w wyniku transformacji macierzowy schemat blokowy wykorzystywany jest bezpośrednio w programie GRAFSIM, który został zaimplementowany w środowisku aplikacji numerycznej MATLAB-SIMULINK. Program daje możliwość badania przestrzennych modeli mechanicznych układów drgających, a zatem modeli z liniowymi sprzężeniami dynamicznymi, poddanych działaniu wymuszeń kinematycznych i dynamicznych. W wyniku realizowanej w programie transformacji generowany jest schemat blokowy o postaci graficznie zwartej, jednoznacznej i niezależnej od stopnia złożoności analizowanego modelu układu mechanicznego.

2. PROGRAM GRAFSIM

Program GRAFSIM umożliwia wprowadzanie struktury modelu układu mechanicznego poprzez system przyjaznych dla użytkownika okien. Na podstawie danych dotyczących struktury układu - poprzez algorytm przejścia ze struktury modelu układu mechanicznego w mgh - tworzone są macierze charakteryzujące model układu mechanicznego. Następnie, poprzez przedstawiony w pracach [3,4,5,6,7] algorytm, mgh reprezentujący model układu mechanicznego, zostaje odwzorowany w schemat blokowy.



Rys. 1. Przykładowe okna programu GRAFSIM

Główne okno programu (rys. 1) zostało podzielone na trzy zasadnicze moduły: *Plik*, *Dane o układzie* i *Charakterystyki*.

Moduł *Dane o układzie* służy do wprowadzenia wszystkich danych związanych z analizowanym modelem układu mechanicznego. Można w nim ustalić rodzaj rozwiązywanego zagadnienia (płaskie lub przestrzenne), ustalić liczbę elementów inercyjnych, wymuszeń kinematycznych i dynamicznych oraz liczbę elementów sprężysto-tłumiących występujących w układzie, wprowadzić wielkości fizyczne i geometryczne charakteryzujące układ, wprowadzić warunki początkowe oraz ustalić parametry przeprowadzanej symulacji.

Moduł *Charakterystyki* służy do generowania odpowiedzi czasowych, charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych-fazowych i Nyquista, wyznaczania macierzy równań stanu oraz zer i biegunów układu na płaszczyźnie zespolonej. Pozwala także na wygenerowanie schematu blokowego reprezentującego dyskretny model układu mechanicznego, ze względu na zdefiniowane wejścia i wyjścia układu.

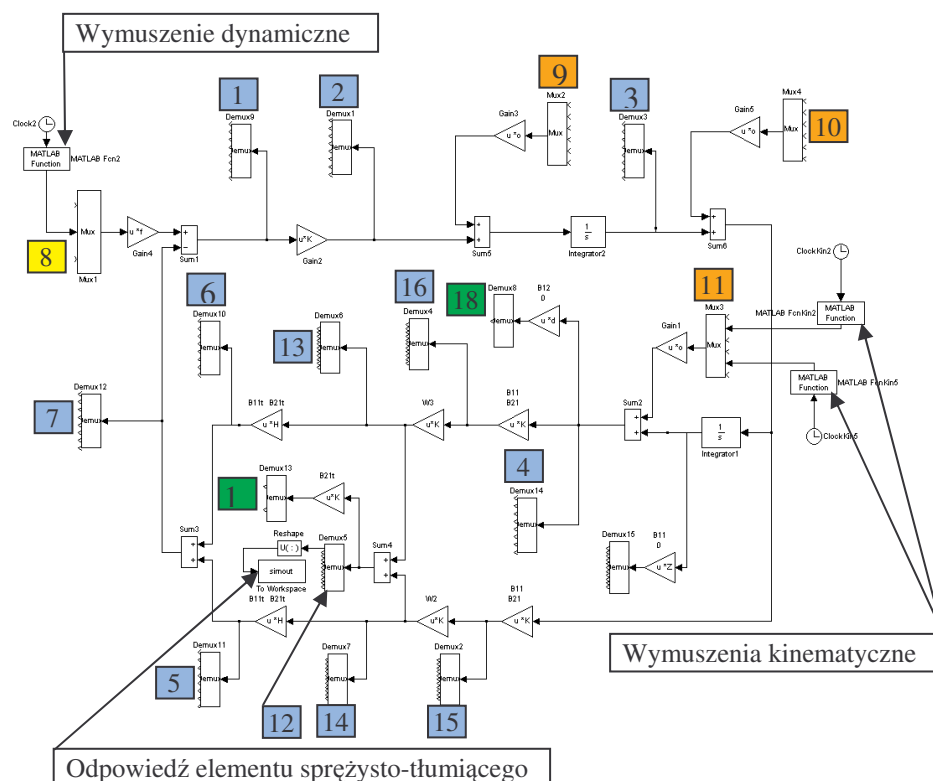
3. STUKTURA SCHEMATU BLOKOWEGO UKŁADU MECHANICZNEGO

Struktura schematu blokowego (rys. 2) została uzyskana na podstawie algorytmu odwzorowania mgh przedstawionego szczegółowo w pracy [3].

Macierze opisujące mgh analizowanych układów mechanicznych są wprowadzane do odpowiednich macierzowych bloków funkcjonalnych schematu blokowego, zapewniając każdorazowo pełną spójność schematu ze względu na przepływ sygnałów.

Na rys. 2 zaznaczono wszystkie wyjścia sygnałów elementów inercyjnych, w postaci:

- 1 sił i momentów sił bezwładności,
- 2 przyspieszeń liniowych i kątowych środków mas,
- 3 prędkości liniowych i kątowych środków mas,
- 4 przemieszczeń liniowych i kątowych środków mas,
- 5 sił i momentów w elementach tłumiących zredukowanych do środków mas elementów inercyjnych,
- 6 sił i momentów w elementach sprężystych zredukowanych do środków mas elementów inercyjnych,
- 7 sił i momentów w elementach sprężysto-tłumiących zredukowanych do środków mas elementów inercyjnych



Rys. 2. Schemat blokowy układu mechanicznego wygenerowany w programie GRAFSIM

oraz wejścia sygnałów wymuszeń dynamicznych i kinematycznych, gdzie oznaczono przez:

- 8** wejście sygnału wymuszenia dynamicznego,
- 9** wejście sygnału wymuszenia kinematycznego, zdefiniowanego jako funkcja przyspieszeń,
- 10** wejście sygnału wymuszenia kinematycznego, zdefiniowanego jako funkcja prędkości,
- 11** wejście sygnału wymuszenia kinematycznego, zdefiniowanego jako funkcja przemieszczenia.

Ponadto na rys. 2 zaznaczono wyjścia następujących sygnałów:

- 12** sił i momentów w elementach sprężysto-tłumiących,
- 13** sił i momentów w elementach sprężystych,
- 14** sił i momentów w elementach tłumiących,
- 15** prędkości liniowych i kątowych odkształceń elementów sprężysto-tłumiących,
- 16** przemieszczeń liniowych i kątowych elementów sprężysto-tłumiących.

W przypadku każdego analizowanego układu można łatwo określić gdzie w strukturze schematu znajdują się wejścia sygnałowe pochodzące od wymuszeń (sterowań) i gdzie pojawiają się odpowiedzi w postaci przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń liniowych i kątowych oraz sił i momentów od sił bezwładności wybranych elementów modelu układu.

Sygnały wejściowe (8,9,10,11) podawane są na elementy schematu blokowego *Mux*, które umożliwiają wprowadzenie pojedynczego sygnału w odpowiednie miejsce macierzy wymuszeń dynamicznych $[_{24}S]_{lx3sw}$ oraz wymuszeń kinematycznych $[_{12}S]_{lx3sk}$.

Wyjścia *Demux* (1,2,3,4,5,6,7) mają liczbę sygnałów odpowiadającą liczbie elementów inercyjnych i wymuszeń kinematycznych. Każdemu wyjściu, w przypadku układu płaskiego, przyporządkowany jest wektor trój sygnałowy (przemieszczenie liniowe w kierunku osi *x* i *y*, oraz kątowe względem osi *z* dla układu płaskiego) i 6-sygnałowy w przypadku układu

przestrzennego. Natomiast wyjścia sygnałowe *Demux* (12,13,14,15,16) mają liczbę sygnałów odpowiadającą liczbie elementów sprzężysto-tłumiących układu.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule program numeryczny GRAFSIM umożliwia przeprowadzanie symulacji zachowania się złożonych modeli układów mechanicznych ze sprzężeniami liniowymi, poddanych działaniu wzbudzeń dynamicznych i kinematycznych, przy dowolnych warunkach początkowych, przy czym pozwala wyznaczać m.in.: odpowiedzi czasowe dowolnych elementów modelu układu na zadane wymuszenia w postaci funkcji przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń, charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowo-fazowe a także badać stabilność oraz generować równania stanu ze względu na zdefiniowane wejścia i wyjścia układu. Zastosowany w programie graficzny interfejs użytkownika (GUI) znacznie ułatwia i przyspiesza proces wprowadzania danych geometrycznych i fizykalnych analizowanych układów. Tym samym częste zmiany parametrów modelu układu nie przysparzają problemów, umożliwiając tym samym prowadzenie jego analizy wariantowej. Możliwość edycji schematu blokowego umożliwia wprowadzanie sprzężeń zwrotnych od dowolnie wybranych wyjść układu. Daje to możliwość projektowania otwartych i zamkniętych układów sterowania na bazie wygenerowanego schematu blokowego, poprzez bezpośrednią ingerencję użytkownika programu w jego strukturę.

LITERATURA

1. J. Świder: Grafy hybrydowe w modelowaniu drgających układów mechanicznych z liniowymi sprzężeniami. Praca doktorska, Gliwice 1981.
2. J. Świder: Macierzowe grafy hybrydowe w opisie drgających, złożonych układów mechanicznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Mechanika - Zeszyt 106, Gliwice 1991.
3. G. Wszółek: Grafy hybrydowe i schematy blokowe w analizie układów mechanicznych ze sterowaniem. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2002.
4. J. Świder, G. Wszółek: Macierzowe grafy hybrydowe i schematy blokowe w modelowaniu i analizie komputerowej układów mechanicznych. 10th Jubilee International Scientific Conference, Achievements in Mechanical & Materials Engineering, Gliwice-Kraków-Zakopane 2001, s. 569-574.
5. J. Świder, G. Wszółek: Matrix Hybrid Graphs and block diagrams in modelling and analysing vibration systems. The Vth International Scientific Conference - Modern Technologies, Quality and Restructuring International Conference, IAȘI- CHISINĂU, T.C.M.R. Romania 2002.
6. J. Świder, G. Wszółek: Transformacja grafu hybrydowego w strukturę schematu blokowego jako metoda numerycznej analizy drgań sprzężonych układów mechanicznych. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa COMPUTER AIDED ENGINEERING, Polanica Zdrój 2002, s. 545-551.
7. J. Świder, G. Wszółek: Transformation of Matrix Hybrid Graphs into Block Diagrams as a Method of Analysing of Vibrating Mechanical Systems. IX International Scientific and Engineering Conference – Machine-Building and Technosphere on the Border of the XXI Century, International Proceedings, Donetsk 2002, s. 275-279.