



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

Conference  
Proceedings

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

## ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Metoda komputerowego pozyskiwania danych do analizy drgań układów mechanicznych o wielu stopniach swobody z wykorzystaniem metody macierzowych grafów hybrydowych i schematów blokowych

J. Świder, P. Michalski, G. Wszółek

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

W artykule przedstawiono aplikację numeryczną CATGEN, integrującą środowisko programu CATIA, wspomagającego procesy projektowania dowolnych modeli bryłowych układów rzeczywistych, a programem GRAFSIM, realizującym algorytm transformacji macierzowego grafu hybrydowego (mgh) w reprezentujący go macierzowy schemat blokowy.

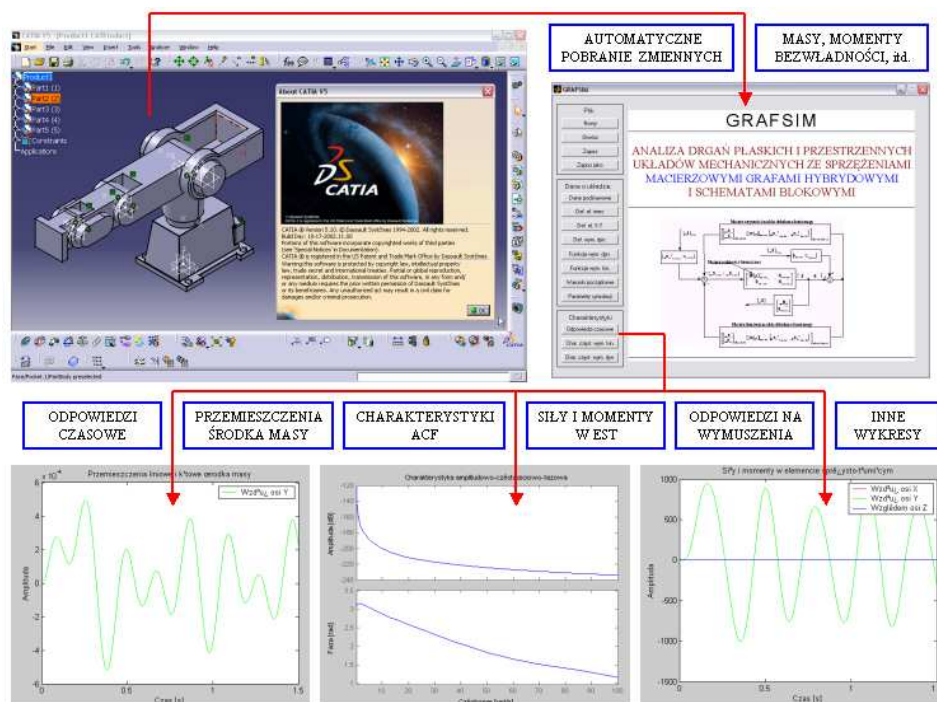
### 1. WPROWADZENIE

Podstawą wielu istotnych zagadnień technicznych jest zrozumienie ważnego działu mechaniki zajmującego się drganiami układów technicznych. W wielu złożonych przypadkach wystarczy stworzenie uproszczonego modelu układu rzeczywistego, opisanego odpowiednio dobranymi masami skupionymi oraz bezmasowymi elementami sprężysto-tłumiącymi, aby wyjaśnić niejasności związane z funkcjonowaniem obiektu rzeczywistego. Opis i ocena zjawiska na podstawie tak stworzonego modelu wymaga od inżyniera znajomości odpowiednich teorii oraz metod analitycznych, przydatnych w przypadku tego rodzaju badań. Tu pomocne okazują się programy wspomagające działania inżynierskie, które w ostatnim czasie rozwijają się bardzo szybko. Rozwój ten dotknął także dział zajmujący się kinematyką i dynamiką układów mechanicznych. Aparat matematyczny wspomagający prace nad tymi zagadnieniami ciągle się rozwija. Podstawę stanowi klasyczny aparat równań różniczkowych zwyczajnych oraz cząstkowych, który jest odniesiony do modeli fizycznych posiadających parametry skupione lub modeli fizycznych o parametrach rozłożonych w sposób ciągły [1]. Do badania drgań układów mechanicznych stosowane są przede wszystkim metody numeryczne oparte na metodzie sztywnych lub odkształcalnych elementów skończonych [2]. Na rynku pomocy współczesnego inżyniera można spotkać się z wieloma aplikacjami korzystającymi z tej metody. Są to między innymi: COSMOS, ABAQUS, ANSYS, PATRAN – NASTRAN, PROMES czy RAMA3D, ADAMS, IDEAS, WORKING MODEL, SAM, CATIA i wiele innych.

Nieustannie trwają prace nad opracowaniem nowych metod, które mogłyby uwolnić użytkownika od tworzenia i rozwiązywania skomplikowanych równań różniczkowych.

Własność taką posiadają ciągle rozwijane nieklasyczne metody grafów biegunowych, blokowych, hybrydowych, wiązań, transformacji zmiennych, macierzowych grafów hybrydowych oraz wspomagające je metody liczb strukturalnych. Metody te, ogólnie zwane sieciowymi, likwidują problemy metod klasycznych (usprawniają automatyzację obliczeń, umożliwiając jednocześnie graficzne przedstawienie struktury modelowanego układu). W pracy [3] rozwinięto metodę macierzowych grafów hybrydowych, tworząc aplikację numeryczną o nazwie GRAHYB. Program ten służy przede wszystkim do wyznaczania charakterystyk amplitudowo-częstościowo-fazowych badanych układów. W pracach [4,5] dokonano poszerzenia tej metody (mgh) o możliwość uzyskania odpowiedzi czasowych układów na zadane wymuszenia. Dokonano transformacji podstawowych elementów w części schematów blokowych. Pozwoliło to stworzyć aplikację numeryczną GRAFSIM, opierającą się o środowisko MATLAB-SIMULINK, stanowiącą narzędzie inżynierskie pozwalające na uzyskanie przebiegów czasowych, określonych w postaci zmian przemieszczeń, prędkości, przyspieszeń oraz sił i momentów elementów struktury analizowanych układów w czasie. Program ten, poprzez wprowadzenie odpowiedniej systematyki działania, wymaga od użytkownika podania wielu danych numerycznych opisujących badany model. Proces gromadzenia i wprowadzania danych do programu jest bardzo czasochłonny i podatny na błędy wynikające z konieczności prowadzenia dodatkowych obliczeń.

Program CATGEN jest kolejnym krokiem, usprawniającym proces badania układów mechanicznych, którego idea działania została pokazana na rys. 1.



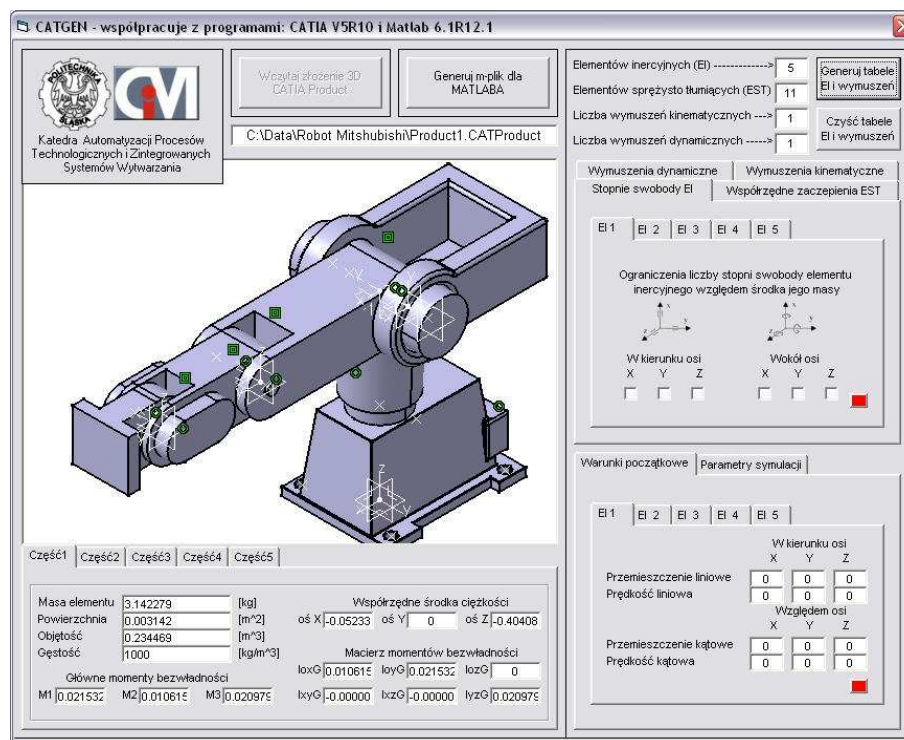
Rys. 1. Idea pozyskiwania danych numerycznych dla potrzeb programu GRAFSIM

Dokonuje on transformacji danych między programem CATIA, tworzącym geometrię badanego modelu, a programem GRAFSIM, wykorzystującego metodę macierzowych grafów hybrydowych i schematów blokowych do prowadzenia analizy drgań. Sprzężenie takie pozwala uniknąć wielu błędów obliczeniowych oraz znacząco skrócić czas przygotowawczy

analizy modelu fizycznego. CATGEN dokonuje wstępnego rozpoznania modelu 3D oraz samoczynnie pobiera potrzebne parametry, w celu dalszego ich przetwarzania. Efektem końcowym pracy programu CATGEN jest gotowy plik wsadowy dla programu GRAFSIM.

## 2. OPIS PROGRAMU CATGEN

Program CATGEN jest nakładką programową pracującą na plikach zawierających modele bryłowe stworzone w programie CATIA (\*.CATProduct). Po wczytaniu interesującego pliku złożenia program samoczynnie określi liczbę elementów inercyjnych układu oraz ich charakterystyczne parametry (masę, pole powierzchni, objętość, gęstość materiału, współrzędne środka ciężkości, główne momenty bezwładności oraz macierz momentów bezwładności). Przykład działania programu pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Widok interfejsu użytkownika programu CATGEN z wczytanim przykładowym plikiem programu CATIA zawierającym model robota

CATGEN potrafi także, na podstawie wczytanego złożenia, zdefiniować lokalne układy współrzędnych elementów inercyjnych, sprężysto-tłumiących, wymuszeń kinematycznych i dynamicznych oraz określić współrzędne zaczepienia elementów sprężysto-tłumiących w lokalnych układach współrzędnych elementów inercyjnych, z którymi są one incydentne.

Po prawej stronie interfejsu użytkownika znajdują się zakładki dialogowe. Po wstępnym zadeklarowaniu przez użytkownika liczby elementów sprężysto-tłumiących oraz liczby wymuszeń kinematycznych i dynamicznych wygenerowane zostaną zakładki tematyczne. W górnych zakładkach można precyzować parametry wymuszeń, ograniczać stopnie swobody oraz określać współrzędne zaczepienia zadeklarowanych elementów sprężysto-

tłumiących. W dolnych zakładkach określa się warunki początkowe w jakich znajdują się poszczególne elementy inercyjne, oraz parametry symulacji (algorytm całkowania, czas trwania symulacji, itp.) Po przejściu przez wszystkie zakładki i zatwierdzeniu ich ustawień użytkownik może wygenerować plik wsadowy dla potrzeb programu GRAFSIM. Poprawność struktury generowanych plików została sprawdzona na przykładzie testowego modelu. Opis testowego modelu wprowadzono ręcznie korzystając z okien dialogowych programu GRAFSIM i zapisano do pliku „test1.m”. Następnie zamodelowano model o takich samych parametrach w programie CATIA i wygenerowano dzięki programowi CATGEN plik o nazwie „test2.m”. Dokonano porównania plików z końcowym efektem pełnej zgodności.

#### 4. PODSUMOWANIE

Program CATGEN posiada zwartą budowę, a jego kod źródłowy przewiduje miejsce dla kolejnych automatyzacji mogących wystąpić w procesie badania układów mechanicznych. Prowadzone są dalsze prace w kierunku poszerzenia możliwości programu, a także zintegrowania w jedną całość wszystkich środowisk na których opiera się metoda macierzowych grafów hybrydowych i schematów blokowych (CATGEN, GRAFSIM, MATLAB-SIMULINK). Dopiero pełne zintegrowanie tych środowisk, spowoduje ograniczenie do minimum czasu potrzebnego na przeprowadzenie analizy drgań układów mechanicznych o wielu stopniach swobody.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego Komitetu Badań Naukowych 5 T07C 02923 realizowanego w latach 2002-2003

#### LITERATURA

1. A. Buchacz, J. Świder, J. Wojnarowski, Podstawy teorii drgań układów mechanicznych z symulacją komputerową, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.
2. S. Osowski, Modelowanie układów dynamicznych z zastosowaniem języka SIMULINK, Oficyna Wydawnicza Pol. Warszawskiej, Warszawa, 1997.
3. J. Świder, Macierzowe grafy hybrydowe w opisie drgających, złożonych układów mechanicznych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Mechanika z. 106, Gliwice, 1991.
4. G. Wszółek, Grafy hybrydowe i schematy blokowe w analizie układów mechanicznych ze sterowaniem, Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice, 2002.
5. J. Świder, G. Wszółek, Zastosowanie grafów w komputerowej analizie układów mechanicznych, Monografia, Gliwice 2002.