

Analiza możliwości symulacyjnych oprogramowania LMS IMAGINE.LAB AMESIM w badaniach nieniszczących

Streszczenie

Praca poświęcona jest analizie możliwości oprogramowania symulacyjnego LMS Image.Lab AMESim, który usprawnia prace projektowe oraz pozwala na optymalizację konstrukcji. Na etapie wirtualnego modelu umożliwia poznanie rzeczywistego zachowania dynamicznego konstrukcji, bez konieczności budowania drogich prototypów, co daje możliwość usprawniania oraz optymalizacji projektowanych elementów oraz urządzeń. Dzięki temu idealnie wpisuje się w środowisko badań nieniszczących, poprzez stosowanie symulacji na wirtualnym stanowisku pomiarowym, tworzonym przez nas samych

Słowa kluczowe: symulacja, modelowanie, stan maszyn, LMS AMESim, ochrona środowiska.

1. Wstęp

Identyfikacja, rozpoznanie i ustalenie warunków pracy maszyny to nieodłączne czynności towarzyszące eksploatacji obiektu. Posiadając coraz to nowsze narzędzia diagnostyczne potrafimy ustalać z zadawalającą nas precyzją wybrane stany maszyn roboczych.

Dziś maszyna jest wręcz nieodłącznym elementem życia człowieka. Aby urządzenia te mogły sprawnie działać, konieczne jest ich ciągłe diagnozowanie, zarówno na etapie ich projektowania, jak i późniejszej eksploatacji docelowego wyrobu. Związane jest to często z wykonywaniem przeróżnych badań na zbudowanym modelu maszyny lub, w przypadku gotowego obiektu, przeprowadzeniu różnego rodzaju doświadczeń i eksperymentów¹.

Należy się jednak zastanowić, czy aby na pewno warto wydawać wysokie fundusze na zakup skomplikowanej aparatury wraz z czujnikami, często przeznaczonymi jedynie dla określenia jednego typu postaci.

¹ Żółtowski B.: *Podstawy diagnostyki maszyn*, Wyd. Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1996

Nieustający postęp technologiczny informatyki i pojawiające się nowoczesne aplikacje inżynierskie, pozwalają na bardzo dokładną analizę wyników przeprowadzanych symulacji komputerowych dla zadanych określonych przez nas samych stanów zamodelowanych maszyn, w rzeczywistości nieistniejących.

Jednym z najnowszych programów w tej dziedzinie jest oprogramowanie symulacyjne firmy LMS Imagine.Lab – AMESim Rev 11, który został zakupiony na początku tego roku przez Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy w ramach projektu badawczego „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”.

2. Badania nieniszczące

W celu przeprowadzenia badań własności projektowanego obiektu, przeprowadza się wszelkie doświadczenia na wcześniej zbudowanym modelu maszyny. Związane jest to przede wszystkim z wykorzystywaniem większej ilości materiałów konstrukcyjnych, potrzebnych do wytworzenia zarówno modelu maszyny, jak i docelowego układu. Biorąc pod uwagę duże ilości wykorzystania energii w procesie budowy tych obiektów, jest to bardzo nieekonomiczne².

Tak samo, w przypadku badań stanu istniejącej już maszyny w celu określenia jej diagnozy, aby wykonać dane doświadczenie, często potrzebne są duże ilości energii do zasilania aparatury badawczej rejestrującej własności maszyn. Dla przykładu, badając warunki przemieszczania się siłownika hydraulicznego, wymagane jest przede wszystkim uruchomienie maszyny umożliwiającej wykonywanie ruchu siłownika. Potrzebne jest wytworzenie energii elektrycznej, która wykorzystywana jest do zasilania silnika elektrycznego napędzającego pompę hydrauliczną, tłoczącą ciecz pod zadaniem ciśnieniem. W ten sposób siłownik może rozpocząć pracę. Dochodzi tu oczywiście zasilanie całej aparatury badawczej, np. czujników ciśnienia cieczy, natężenia przepływu cieczy, jej temperatury itp. (rys. 1).

Badania takie stają się czasochłonne i pochłaniają dużą ilość energii elektrycznej, co jest niekorzystne np. pod względem ochrony środowiska, czy też wykorzystania zasobów energii elektrycznej³.

² Chalamoński M.: *Diagnozowanie układów hydraulicznych maszyn roboczych*, Wyd. Uczelniane ATR, Bydgoszcz 2000.

³ Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Wykorzystanie nowoczesnego programu symulacyjnego LMS Imagine. Lab AMESim Rev 11*, do określenia stanu maszyn w celu ochrony środowiska, Mat. Konferencyjne:



Rysunek 1. Stanowisko pomiarowe układu hydrauliki siłowej

Źródło: opracowanie własne

Badania nieniszczące umożliwiają dostęp do informacji o stanie obiektu, jego właściwościach i wymiarach w sposób nienaruszający ciągłości ich makrostruktury i mikrostruktury oraz powodowania zmian lub oddziaływania na ich własności użytkowe.

Idealnie wpisująca się w tę definicję jest symulacja obiektu w świecie wirtualnym, któremu przypisujemy interesujące nas parametry i dostajemy możliwość obserwacji działania takiego modelu w warunkach przez nas tworzonych.

Projektowanie modelu przyszłej maszyny przy jednoczesnej możliwości dokonywania analiz dla zadanych stanów wirtualnego obiektu ma niewspółmierne korzyści w porównaniu do tradycyjnych metod wytwarzania obiektów. Modelowanie takie wirtualnym niesie nie tylko korzyści dla środowiska. Jest to przede wszystkim oszczędność czasu i znaczna poprawa warunków pracy projektanta⁴.

Przeprowadzając symulacje dla zbudowanego układu można w łatwy sposób w czasie rzeczywistym dokonywać różnego rodzaju zmian parametrów poszczególnych elementów modelu, jak i warunków pracy, zadanego obciążenia czy nawet właściwości użytych cieczy.

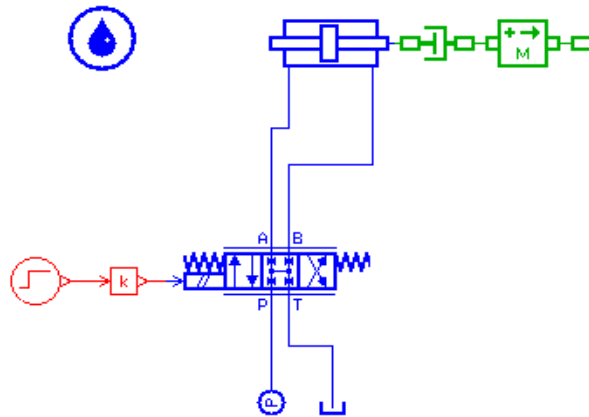
Wygoda ta sprawia, że to w głównej mierze jeden człowiek wspomagany sprzętem komputerowym może odpowiadać za całokształt prac związanych z badaniami przeprowadzanymi na prototypie istniejącym, jako układ poszczególnych elementów oprogramowania.

Diagnozowanie Stanu Środowiska. Metody Badawcze - Prognozy, BTN Bydgoszcz 2012, Tom VI s. od 105 do 110, BTN Bydgoszcz 2012.

⁴ Lewińska-Romicka A.: *Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii*, WNT, Warszawa 2001.

Logistyka - nauka

Rozwój miniaturyzacji sprawił, że wymagające wygórowanych i wydajnych podzespołów programy można stosować także w komputerach przenośnych, co jeszcze bardziej ułatwia pracę i wpływa na wygodę projektanta.

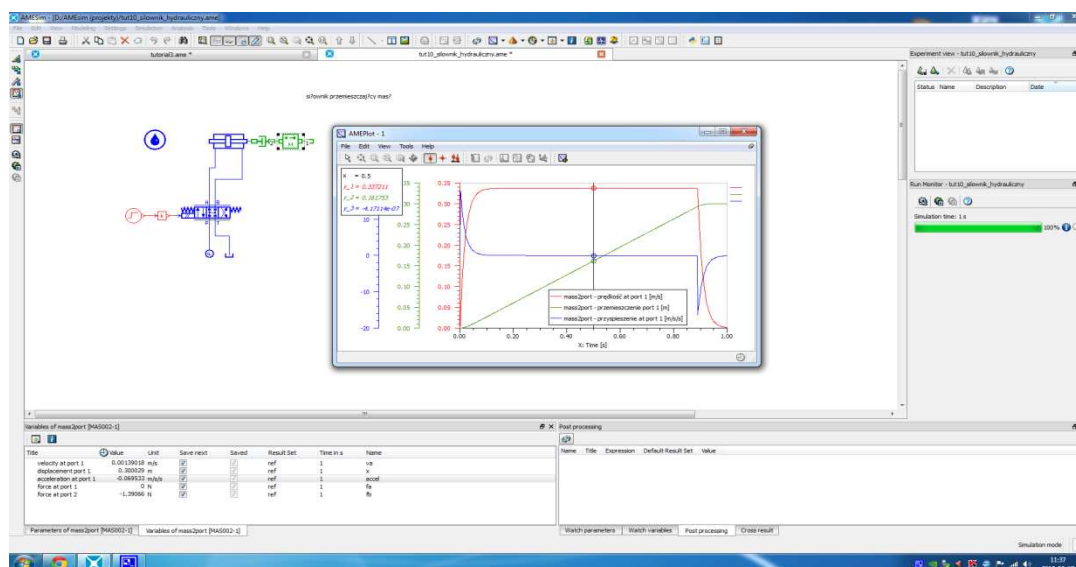


Rysunek 2. Model sterowania siłownikiem przemieszczającym masę wygenerowanego za pomocą programu AMESim

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”

3. Możliwości symulacyjne oprogramowania AMESim

Aplikacja ta została stworzona do analizy i modelowania jednowymiarowych systemów. Pozwala również na projektowanie mechanicznych układów dwuwymiarowych. Głównym przeznaczeniem programu jest przewidywanie interdyscyplinarnych osiągnięć budowanych modeli.



Rysunek 3. Widok okna programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”

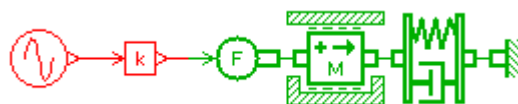
Oprogramowanie to składa się z czterech głównych trybów pracy, którymi są⁵:

- tryb budowy układu,
- tryb wyboru interpretacji fizycznej poszczególnych elementów układu,
- tryb nadawania parametrów i wielkości fizycznych użytym komponentom,
- tryb symulacji i analizy wyników.

Dodatkowo, w ostatnim trybie dostępne są dwa rodzaje symulacji i otrzymanych z nich wyników, którymi są symulacja przebiegów czasowych oraz przebiegów częstotliwościowych dla układów zlinearyzowanych w punkcie pracy.

Tworzenie układu polega głównie na wyborze odpowiednich elementów, znajdujących się w odpowiednio posegregowanej bibliotece. Różnorodność zbioru nie sposób wymieniwać, a do najważniejszych podgrup należą w szczególności zbiory elementów mechanicznych, hydraulicznych, elektrycznych, czy wzбудników sygnałów i emitowania zadanej pracy. Estetykę i wygodę poprawia wielorakość użytych barw dla poszczególnych kategorii.

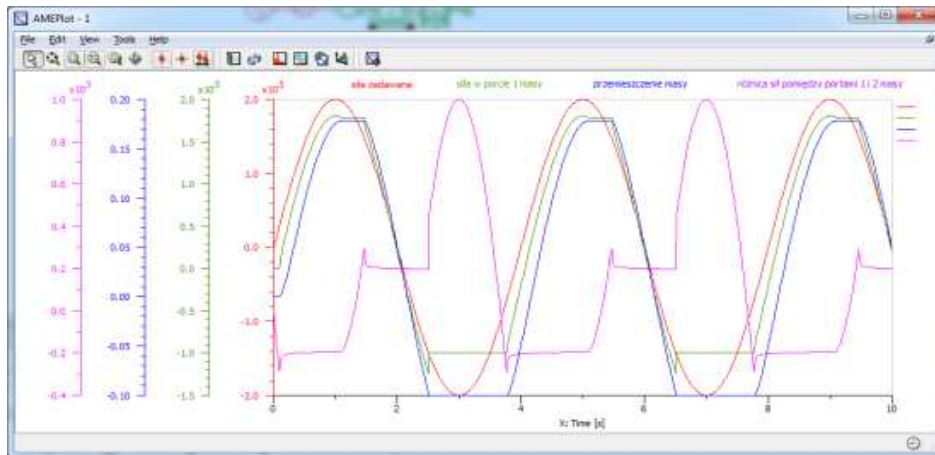
Ustalając parametry symulacji istnieje także możliwość wyboru algorytmu całkowania oraz dokładności obliczeń np., gdy mamy do czynienia z nieciągłością modelu. Zjawisko to występuje najczęściej w przypadku analizy „odbijania” się masy od podłoża, gdzie zmianie ulega zwrot prędkości masy (w miejscach odbicia model jest nieciągły). Z punktu widzenia analizy numerycznej, zachowanie modelu, gdzie ma miejsce nieciągłość, występują pewne komplikacje znacznie wydłużające czas obliczeń lub zmniejszające ich dokładność w obszarach nieciągłości. Oprogramowanie AMESim posiada funkcję poprawy dokładności obliczeń i skrócenia ich czasu właśnie w takich przypadkach.



Rysunek 3. Model nieliniowego układu mechanicznego, zawierającego (od lewej): wzбудnik (nadawany sygnał), wzmacniacz, przetwornik sygnału na obciążenie, masa (z uwzględnieniem sił tarcia), sprężystość i tłumienie, źródło „zerowej siły”

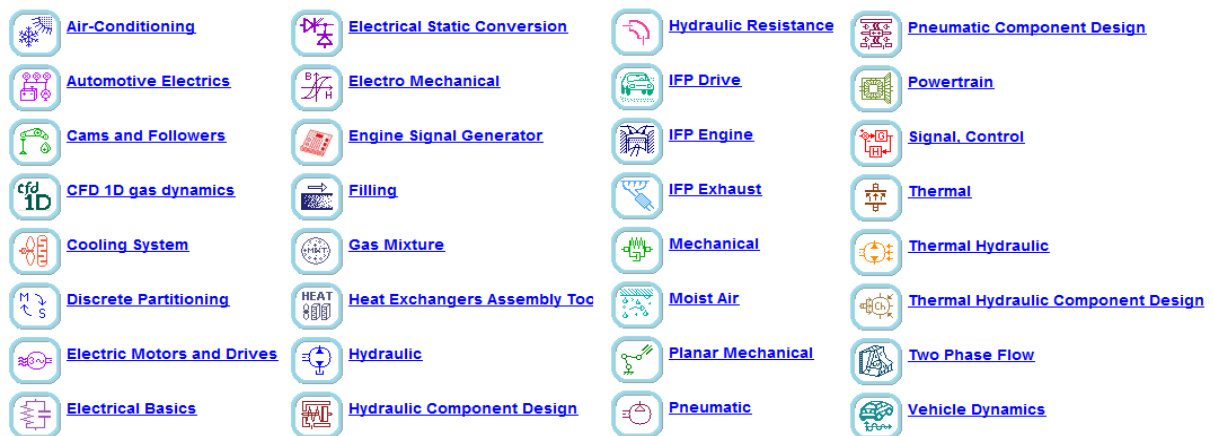
⁵ Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, WND-POIG.01.03.01-00-212/09, Bydgoszcz 2012.

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”



Rysunek 4. Wykres czterech zmiennych przykładowego układu nieliniowego: siła zadawana, siła w porcie 1 ‘masy’, przemieszczenie ‘masy’, różnica sił pomiędzy portami 1 i 2 ‘masy’

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”



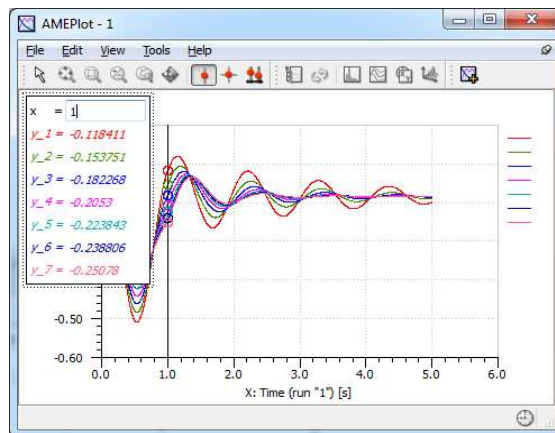
Rysunek 5. Katalogi zbioru elementów budowy modeli AMESim

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”

AMESim dodatkowo posiada możliwość wyświetlania tzw. zestawienia wyników dla określonych parametrów jednej zmiennej danego układu. Jest to przydatna funkcja, umożliwiająca podgląd na jednym wykresie wyników otrzymanych z jednej symulacji.

Logistyka - nauka

Dzięki funkcji *Batch Parameters* możemy w łatwy sposób dodawać interesujące nas parametry i ustawić pożądane wielkości, dla których zostaną przeprowadzone oddzielne obliczenia poprzez ustalenie kroku zmian wartości oraz liczbę tych kroków. Otrzymane zestawienie wyników w formie wykresu przedstawia się następująco:

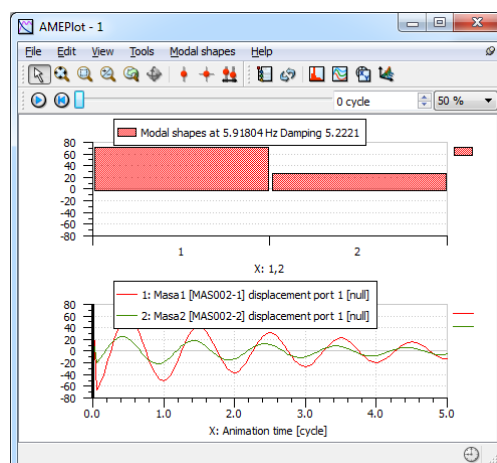


Rysunek 6. Wykres siedmiu zmiennych tłumienia zawieszenia pojazdu

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”

Bardzo ciekawą opcją z punktu widzenia analiz otrzymywanych wyników jest funkcja *Replay* dostępna np. po wykonaniu analizy modalnej.

Aby poprawnie przeprowadzić symulację analizy modalnej, konieczne jest wskazanie, które z elementów modelu są elementami nadającymi sygnał, a dla których ich stan będzie obserwowany. Należy także ustalić chwilę czasu linearyzacji. Następnie po wyorze pliku jacobianów i wykonaniu symulacji, pojawia się okno, z którego mamy możliwość wyboru obserwowanych zmiennych.



Rysunek 7. Wykresy analizy częstotliwościowej

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”

Na górnym wykresie wyświetlany jest stosunek maksymalnych wartości amplitud przemieszczeń obu mas przy ustalonych wcześniej częstości drgań własnych (w przykładzie 5,9 Hz). Dolny wykres wyświetla, jak szybko drgania te są tłumione. Aby odtworzyć przebieg zmian wartości amplitud w czasie rzeczywistym, wystarczy z paska animacji, który znajduje się pod paskiem zadań wykresu, wybrać ikonę Play, by móc obserwować efekty pracy modelu.

4. Podsumowanie

Nowoczesne aplikacje inżynierskie wykorzystujące wirtualne środowisko do przeprowadzania obliczeń symulacyjnych znajduje coraz to szersze zastosowanie w procesie projektowania przyszłych maszyn i urządzeń.

Oprogramowanie AMESim oferuje przede wszystkim wsparcie dla osób związanych z wytwarzaniem jak i konstruowaniem. Możliwości symulacyjne programu pozwalają na dokonywanie analiz budowanego prototypu dla zadawanych zróżnicowanych parametrów pracy zarówno optymalnych, dopuszczalnych, a nawet granicznych.

Bogactwo kategorii elementów, oraz poszczególnych składników zawierających się w zbiorze biblioteki pozwala na tworzenie skomplikowanych modeli. Możliwość importowania gotowych, zaprojektowanych przez siebie komponentów, jak i całych zespołów rozszerza jeszcze bardziej znaczny zakres możliwości budowy i symulacji programu.

Dwa tryby symulowania, pozwalają zarówno na analizę przebiegów czasowych oraz analizę widmową i modalną. Program posiada także możliwość aranżacji graficznej modelu poprzez nadanie po-szczególным współrzędnym otrzymanych z symulacji wartości. Wbudowana funkcja „Replay” pozwala także na odtworzenie wyników symulacji w postaci graficznej bezpośrednio na zaprojektowanym układzie, wygenerowanym wykresie wartości parametrów, oknie macierzy graficznej oraz oknie animacji generowanego ruchu.

Jest to przydatne narzędzie pracy, które zapewnia wygodę i szeroki zakres funkcjonalności, a stosowanie oprogramowania tego typu przyczynia się przede wszystkim do ograniczenia wykorzystywania zasobów dostępnych surowców, które wykorzystywane do wytwarzania prototypów są po prostu marnowane.

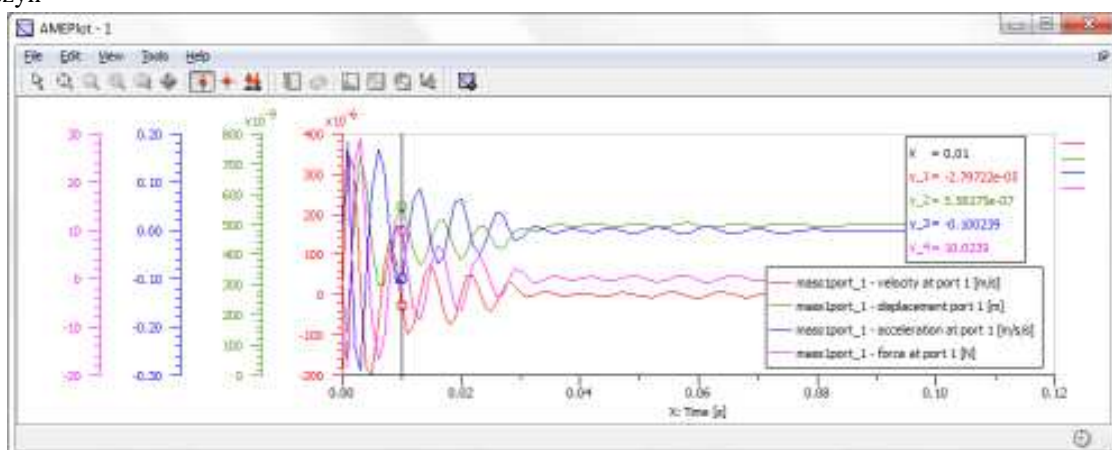
Logistyka - nauka

Aktualnie zespół badawczy podjął pracę nad zamodelowaniem nowoczesnego, zakupionego w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”, stanowiska Układu hydraulicznego maszyny roboczej. Celem badań jest zestawienie wyników pracy w warunkach rzeczywistych oraz porównanie ich z wynikami otrzymanymi w ramach symulacji za pomocą oprogramowania AMESim. Na chwilę obecną udało się przeprowadzić symulację dla jednego z siłowników w warunkach normalnej pracy z pominięciem strat przepływu cieczy do zbiornika.



Rysunek 8. Stanowisko pomiarowe Układu hydraulicznego maszyny roboczej

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11, Mat.* w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”



Rysunek 9. Wykres pracy tylnego siłownika działającego poprzecznie wraz z wykresem przemieszczenia masy

Źródło: Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11, Mat.* w ramach

projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”

Artykuł powstał w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn”, projekt realizowany przez Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, nr projektu WND-POIG.01.03.01-00-212/09.

Analysis of software simulation LMS IMAGINE.LAB AMESIM as non-destructive research

The paper is devoted to the analysis of simulation software LMS Image.Lab AMESim, which improves the design work and allows optimization of the structure. At the stage of the virtual model is enable to know the actual behavior of the dynamic structure without having to build expensive prototypes, which allows for improvement and optimization of the designed components and devices. In this way it fits perfectly into the scene non-destructive testing, through the use of simulation in the virtual test bench, created by ourselves.

Keywords: simulation, modeling, machines state, LMS AMESim, environment protection.

Literatura

1. Żółtowski B.: *Podstawy diagnostyki maszyn*, Wyd. Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1996.
2. Chalamoński M.: *Diagnostowanie układów hydraulicznych maszyn roboczych*, Wyd. Uczelniane ATR, Bydgoszcz 2000.
3. Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Wykorzystanie nowoczesnego programu symulacyjnego LMS Imagine. Lab AMESim Rev 11*, do określenia stanu maszyn w celu ochrony środowiska, Mat. Konferencyjne: Diagnostowanie Stanu Środowiska. Metody Badawcze - Prognozy, BTN Bydgoszcz 2012, Tom VI s. od 105 do 110, BTN Bydgoszcz 2012.
4. Lewińska-Romicka A.: *Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii*, WNT, Warszawa 2001.
5. Kałaczyński T., Łukasiewicz M., Iwanowicz D.: *Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych. Modelowanie układów mechanicznych za pomocą programu LMS Imagine.Lab AMESim Rev 11*, Mat. w ramach projektu „Techniki wirtualne w badaniach stanu, zagrożeń bezpieczeństwa i środowiska eksploatowanych maszyn” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, WND-POIG.01.03.01-00-212/09, Bydgoszcz 2012.