

# XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2022

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

### Prezentacja przykładów współpracy rozwiązań obliczeniowych i pomiarowych oferowanych przez EC Test Systems

Jacek Spisak

EC Test Systems Sp. z o. o.  
jacek.spisak@ects.pl

**STRESZCZENIE:** Rozwiązania pomiarowo – symulacyjne pozwalają na usprawnienie procesu prac inżynierskich w przypadku złożonych projektów. Jako specjaliści w obszarze pomiarów proponujemy niszowe rozwiązania walidacyjne, ale również takie, które pozwolą wesprzeć pracę osób wykonujących pomiary przez wsparcie lub zastąpienie niektórych elementów obliczeniami numerycznymi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Model Based System Testing, korelacja, analiza modalna, symulacje systemów mechatronicznych

#### 1. Usprawnienie procesu współpracy w zespołach obliczeniowo – pomiarowych

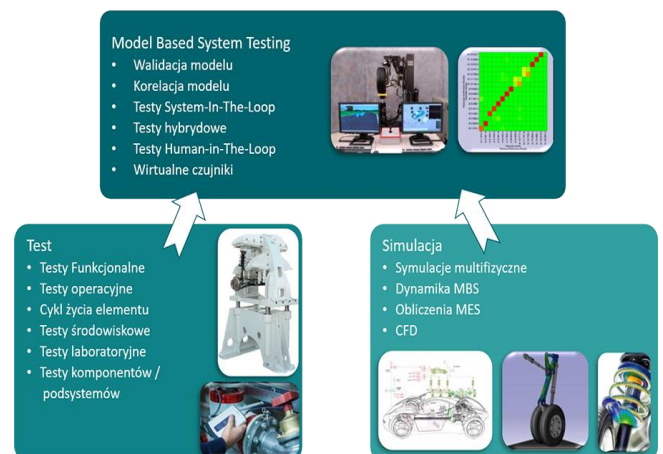
Nowoczesne rozwiązania pomiarowe, diagnostyczne oraz symulacyjne odgrywają decydującą rolę w procesie rozwoju produktu, coraz częściej wspierając działy inżynierskie w projektowaniu wysokowydajnych i niezawodnych maszyn oraz innych produktów. Aby urządzenia mogły sprawnie działać, konieczne jest ich ciągle doskonalenie, zarówno na etapie projektu, jak i późniejszej eksploatacji docelowego produktu. W związku z tym niezbędne jest wykonanie badań na zbudowanym modelu maszyny lub w przypadku gotowego obiektu, przeprowadzenie różnego rodzaju doświadczeń i eksperymentów. Potencjał proponowanych rozwiązań to min. integracja symulacji i pomiarów, która umożliwia optymalizację pracy inżynierów.

#### 2. Model Based System Testing

Rozszerzamy nasze propozycje o możliwości testowania systemu na podstawie modelu, czyli Model Based System Testing (MBST), który integruje rozwiązania testowe i symulacyjne. Uzupełniające się wzajemnie programy tworzą środowisko, które jest niezbędne do tworzenia rozwiązań przemysłowych ma miarę INDUSTRY 4.0. Ta koncepcja przemysłu zmienia spojrzenie na funkcjonowanie współczesnych organizacji i przedsiębiorstw zakładając, że procesy produkcji mają się odbywać z minimalnym udziałem człowieka, poprzez automatyzację i robotyzację procesów produkcyjnych oraz usieciowieniu gospodarki.

Testowanie systemu w oparciu o MBST obejmuje wirtualną symulację w ramach testów fizycznych w celu weryfikacji systemu na dowolnym etapie projektowania. Celem MBST jest przedstawienie współzależności między pomiarami i obliczeniami. Podejście oparte o MBST umożliwia także inżynierom radzenie sobie z rosnącą liczbą

wariantów przy jednoczesnym zachowaniu jak największej wydajności procesu opracowywania produktu.

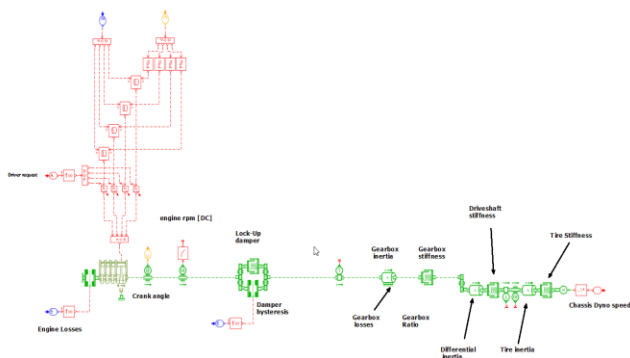


Rys. 1. MBST – Przykłady

#### 3. Symulacje systemów mechatronicznych – szybka walidacja oraz wsparcie pomiarów

Oprogramowanie do symulacji systemów mechatronicznych umożliwia inżynierom symulację, wirtualną ocenę i optymalizację wydajności złożonych układów. Pozwala zwiększyć wydajność procesu tworzenia nowych produktów, od wczesnych etapów rozwoju aż po ostateczną walidację.

Używając rozbudowanych możliwości platformy, można sprawnie modelować interakcje między systemami mechanicznymi, hydraulicznymi, pneumatycznymi, termicznymi, elektrycznymi i elektronicznymi jeszcze przed powstaniem fizycznego prototypu.

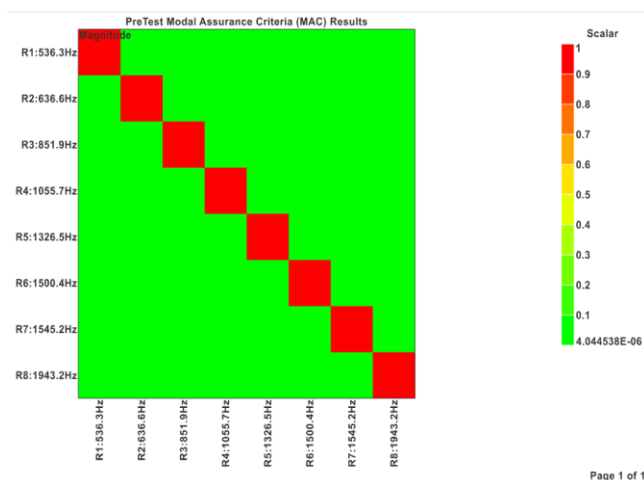


Rys. 2. Model przeniesienia napędu w oprogramowaniu Simcenter Amesim

Dzięki proponowanemu rozwiązaniu, w szybki sposób można zwalidować parametry znacznie uproszczonych modeli systemu mechatronicznego, jak i również wykorzystać model fizyczny w oprogramowaniu pomiarowym (wirtualny sensor).

#### 4. Korelacja analizy modalnej obliczeniowej i eksperymentalnej

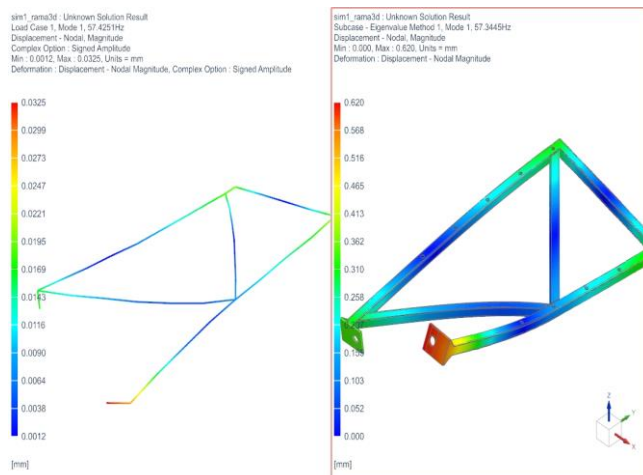
Wraz z rozwojem komputerów od kilkudziesięciu lat analiza modalna eksperymentalna jest bardzo popularnym zagadnieniem. Ponadto we współczesnym projektowaniu wartość podejścia opartego na modelu numerycznym ma bardzo duże ekonomiczne znaczenie. Pozwoliło to metodzie elementów skończonych na stanie się powszechnie akceptowaną metodą analiz. Walidacja modeli obliczeniowych jest zwykle wykonywana na podstawie wyników uzyskanych na podstawie testów modalnych. w przypadku podejścia model updating poszukuje się w jaki sposób poprawić parametry modelu, tak aby wyniki zgadzały się z wynikami otrzymanymi podczas pomiarów.



Rys. 3. Porównanie ilościowe wyników analizy modalnej – macierz MAC

Identyfikacja systemu w podejściu model updating w dynamice strukturalnej znacznie różni się od identyfikacji systemu typowej dla inżynierii systemów sterowania, ponieważ celem jest utworzenie modeli numerycznych, które następnie mogą być wykorzystane dla obliczeń z różnymi warunkami obciążeń czy zmianą

parametrów struktury. Sama identyfikacja jest wykonywana seriami pomiarowymi i obliczeniowymi, które są niejako wyjściem do kolejnych iteracji procesu.



Rys. 4. Porównanie wizualne eksperymentu i obliczeń

#### 5. Podsumowanie

Znaczne przyspieszenie i usprawnienie procesu współpracy pomiędzy domeną wirtualną i eksperymentem jest kolejnym krokiem na drodze do przyspieszenia cyklu rozwoju nowych maszyn i urządzeń. Podejście MBST pozwala na wykorzystanie tego trendu i zastosowanie go w praktyce. Powyższe przykłady wskazują również, że może być ono szeroko stosowane.