

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Metody modelowania i symulacji kinematyki i dynamiki z wykorzystaniem CAD i CAE

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: RMBM-2-107-KW-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn Specjalność: Komputerowe wspomaganie projektowania

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 1

Strona www: —

Prowadzący moduł: dr inż. Gospodarczyk Piotr (piogos@agh.edu.pl)

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Na wykładach student uzyskuje wiedzę dotyczącą celów i zadań oraz możliwości i ograniczeń wykorzystania symulacji komputerowej w analizie kinematyki i dynamiki maszyn oraz procedury przygotowania modeli tych obiektów do symulacji, jej prowadzenia oraz analizy wyników. Na ćwiczeniach wykonuje zadania i nabywa umiejętności w rozwiązywaniu problemów adekwatności modeli do obiektów rzeczyw., jak więzy nadmiarowe, zbędne stopnie swobody, położenia osobiłwe, charakt. napędów i sił dyssypatywnych.

Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrąfi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Wie jaka jest rola modelowania w technice, a szczególnie w projektowaniu maszyn. Zna pojęcie modelu procesu i układu oraz zagadnienie adekwatności modelu w stosunku do obiektu rzeczywistego lub projektowanego - mechanizmu lub maszyny. Wie jakie są relacje pomiędzy modelami fizycznymi i matematycznymi opisującymi kinematykę i dynamikę układu mechanicznego	MBM2A_W05, MBM2A_W04	Egzamin

M_W002	Wie na czym polegają badania symulacyjne i jakie rodzaje badań symulacyjnych można wyróżnić ze względu na cel i wykorzystywane narzędzia symulacji. Wie jakie są możliwości wykorzystania komputera jako narzędzia prowadzenia badań symulacyjnych i jaki jest ogólny schemat postępowania przy tworzeniu modelu symulacyjnego	MBM2A_W05, MBM2A_W04	Egzamin
M_W003	Wie na czym polega wykorzystanie wirtualnego prototypowania w analizie i syntezie mechanizmów oraz projektowaniu maszyn i jakie aplikacje CAD i CAE można wykorzystywać dla jego realizacji.	MBM2A_W05, MBM2A_W04, MBM2A_W02	Egzamin
M_W004	Wie jaka jest procedura przygotowania symulacji w środowisku symulacji dynamiki programu CAD na przykładzie programu Autodesk Inventor. Wie jak modelować pary kinematyczne wykorzystując tzw. złącza, jakie rodzaje złączy wykorzystywane są w programie oraz jak dokonywać konwersji więzów modelu 3D mechanizmu na złącza lub jak wykorzystać mechanizm automatycznej konwersji więzów.	MBM2A_W05, MBM2A_W04, MBM2A_W02	Egzamin
M_W005	Wie jak modelować oddziaływanie sił zewnętrznych czynnych i dyssypatywnych oraz wymuszeń kinematycznych o dowolnych charakterystykach i jak wykorzystać znajomość charakterystyki silnika napędowego w modelu wymuszenia dynamicznego ruchu. Wie jak uwzględniać charakterystyki generatorów mocy tj. silników, generatorów sił tj. siłowników	MBM2A_W02	Egzamin
M_W006	Zna podstawy metodologii numerycznego rozwiązywania modeli matematycznych wykorzystywanej w programach komputerowych CAE i jakie są zasady interpretacji oraz prezentacji rozwiązań	MBM2A_W05, MBM2A_W04, MBM2A_W02	Egzamin
M_W007	Wie jak uwzględniać w modelowaniu i interpretacji wyników symulacji problemy wynikające z występowania członów biernych - więzów nadmiarowych, zbędnych stopni swobody oraz połączeń osobliwych	MBM2A_W05, MBM2A_W04, MBM2A_W02	Egzamin

M_W008	Wie jak można wykorzystać wyniki symulacji dla weryfikacji rozwiązania konstrukcyjnego maszyny ze względów na kryteria oceny funkcjonalności, weryfikację wytrzymałości elementów, oraz jak wykorzystać symulacje w wybranych procedurach optymalizacji lub polioptymalizacji konstrukcji.	MBM2A_W08, MBM2A_W05, MBM2A_W04, MBM2A_W02, MBM2A_W03	Egzamin
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Umie zbudować model wirtualny prostego mechanizmu, poprzez przekształcenie wiązań geometrycznych modelu na złącza kinematyczne (w programie Autodesk Inventor).	MBM2A_U18, MBM2A_U10	Egzamin, Aktywność na zajęciach
M_U002	Potrafi zdefiniować wymuszenia kinematyczne lub dynamiczne w modelu oraz odczytać podstawowe wielkości kinematyczne i dynamiczne jako wynik symulacji.	MBM2A_U03, MBM2A_U20	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Aktywność na zajęciach
M_U003	Potrafi zinterpretować wyniki symulacji, modyfikować zmienne analizy, układy odniesienia, tworzyć nowe wielkości wyjściowe, jako funkcję istniejących parametrów.	MBM2A_U18, MBM2A_U03	Egzamin, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U004	Umie wykorzystać wyniki symulacji dynamicznej do analizy wytrzymałości wybranego elementu mechanizmu.	MBM2A_U02, MBM2A_U01	Projekt
M_U005	Umie wykorzystać wyniki analizy do weryfikacji projektowanej maszyny w aspekcie wymaganych własności użytkowych (funkcjonalnych).	MBM2A_U10	Aktywność na zajęciach
M_U006	Umie dokonać wyboru kryteriów i wykorzystać wyniki symulacji dla optymalizacji lub polioptymalizacji konstrukcji projektowanej maszyny.	MBM2A_U02, MBM2A_U18	Projekt
M_U007	Potrafi opracować raport z przeprowadzonej symulacji i przedstawić wyniki prac w formie prezentacji.	MBM2A_U08, MBM2A_U24, MBM2A_U12	Aktywność na zajęciach, Prezentacja

Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
40	14	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0

Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Wie jaka jest rola modelowania w technice, a szczególnie w projektowaniu maszyn. Zna pojęcie modelu procesu i układu oraz zagadnienie adekwatności modelu w stosunku do obiektu rzeczywistego lub projektowanego - mechanizmu lub maszyny. Wie jakie są relacje pomiędzy modelami fizycznymi i matematycznymi opisującymi kinematykę i dynamikę układu mechanicznego	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Wie na czym polegają badania symulacyjne i jakie rodzaje badań symulacyjnych można wyróżnić ze względu na cel i wykorzystywane narzędzia symulacji. Wie jakie są możliwości wykorzystania komputera jako narzędzia prowadzenia badań symulacyjnych i jaki jest ogólny schemat postępowania przy tworzeniu modelu symulacyjnego	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Wie na czym polega wykorzystanie wirtualnego prototypowania w analizie i syntezie mechanizmów oraz projektowaniu maszyn i jakie aplikacje CAD i CAE można wykorzystywać dla jego realizacji.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W004	Wie jaka jest procedura przygotowania symulacji w środowisku symulacji dynamiki programu CAD na przykładzie programu Autodesk Inventor. Wie jak modelować pary kinematyczne wykorzystując tzw. złącza, jakie rodzaje złączy wykorzystywane są w programie oraz jak dokonywać konwersji więzów modelu 3D mechanizmu na złącza lub jak wykorzystać mechanizm automatycznej konwersji więzów.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W005	Wie jak modelować oddziaływanie sił zewnętrznych czynnych i dyssypatywnych oraz wymuszeń kinematycznych o dowolnych charakterystykach i jak wykorzystać znajomość charakterystyki silnika napędowego w modelu wymuszenia dynamicznego ruchu. Wie jak uwzględniać charakterystyki generatorów mocy tj. silników, generatorów sił tj siłowników	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W006	Zna podstawy metodologii numerycznego rozwiązywania modeli matematycznych wykorzystywanej w programach komputerowych CAE i jakie są zasady interpretacji oraz prezentacji rozwiązań	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W007	Wie jak uwzględniać w modelowaniu i interpretacji wyników symulacji problemy wynikające z występowania członów biernych - więzów nadmiarowych, zbędnych stopni swobody oraz położeń osoblwych	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W008	Wie jak można wykorzystać wyniki symulacji dla weryfikacji rozwiązania konstrukcyjnego maszyny ze względów na kryteria oceny funkcjonalności, weryfikację wytrzymałości elementów, oraz jak wykorzystać symulacje w wybranych procedurach optymalizacji lub polioptymalizacji konstrukcji.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Umie zbudować model wirtualny prostego mechanizmu, poprzez przekształcenie wiązań geometrycznych modelu na złącza kinematyczne (w programie Autodesk Inventor).	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

M_U002	Potrafi zdefiniować wymuszenia kinematyczne lub dynamiczne w modelu oraz odczytać podstawowe wielkości kinematyczne i dynamiczne jako wynik symulacji.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Potrafi zinterpretować wyniki symulacji, modyfikować zmienne analizy, układy odniesienia, tworzyć nowe wielkości wyjściowe, jako funkcję istniejących parametrów.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	Umie wykorzystać wyniki symulacji dynamicznej do analizy wytrzymałości wybranego elementu mechanizmu.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U005	Umie wykorzystać wyniki analizy do weryfikacji projektowanej maszyny w aspekcie wymaganych własności użytkowych (funkcjonalnych).	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U006	Umie dokonać wyboru kryteriów i wykorzystać wyniki symulacji dla optymalizacji lub polioptymalizacji konstrukcji projektowanej maszyny.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U007	Potrafi opracować raport z przeprowadzonej symulacji i przedstawić wyniki prac w formie prezentacji.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	40 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	30 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	107 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

Pozostałe informacje

Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

Wybrane zagadnienia modelowania i symulacji w projektowaniu

Definicje modelu i symulacji. Rodzaje modeli fizycznych i matematycznych. Wykorzystanie wspomaganie komputerowe w tworzeniu i rozwiązywaniu modeli matematycznych jako narzędzia badań symulacyjnych. Pojęcie i metody wirtualnego prototypowania. Cele i zadania oraz możliwości i ograniczenia wykorzystania symulacji komputerowej w analizie kinematyki i dynamiki układów fizycznych.

Wybrane zagadnienia z zakresu analizy kinematyki i dynamiki mechanizmów wielocłonowych

Wybrane zagadnienia z zakresu Teorii Mechanizmów i Maszyn istotne z punktu widzenia wykorzystania przy definiowaniu połączeń części jako par kinematycznych łańcucha kinematycznego. Klasyfikacja i charakterystyka członów mechanizmu i par kinematycznych. Pojęcie grupy i systematyka grup kinetycznych. Modele matematyczne układów wielocłonowych i metody rozwiązywania. Problemy wynikające z występowania członów biernych i więzów nadmiarowych oraz zbędnych stopni swobody i konfiguracji osobliwych.

Analiza kinematyki i dynamiki kinematyki przy wykorzystaniu aplikacji komputerowych CAD i CAE

Charakterystyka środowiska symulacji dynamiki programu Inventor jako aplikacji CAD-CAE do symulacji kinematyki i dynamiki maszyn. Zakres stosowania i ograniczenia. Możliwości stosowania dla modeli o wysokim stopniu abstrakcji jak też dla modeli bryłowych 3D tworzonych przy wykorzystaniu modelera CAD. Procedura postępowania cyklu symulacji od przygotowania modelu poprzez ustawienie parametrów symulacji, definiowanie połączeń, analizę łańcucha kinematycznego i grup kinematycznych, uruchomienie symulacji, do rejestracji jej wyników i ich interpretacji.

Modelowanie i badania symulacyjne układów napędowych

Modele dyskretne układów napędowych. Formułowanie układów równań ruchów. Modele opisu charakterystyk ich elementów jak silniki, sprzęgła, reduktory. Modele wielocłonowe i zredukowane. Modele opisu oddziaływań sił wewnętrznych i zewnętrznych czynnych i biernych. Możliwości identyfikacji charakterystyk oporów zewnętrznych wynikających z realizacji procesów transportowych lub technologicznych.

Konsultowanie samodzielnie wykonywanych projektów.

Charakterystyka programów komputerowych do badań symulacyjnych kinematyki i dynamiki układów mechanicznych

Charakterystyka aplikacji komputerowych do symulacji kinematyki i dynamiki opartych na modelach brył sztywnych. Charakterystyka aplikacji MES (Mechanical Event Simulation) programu Autodesk Simulation Multiphysics jako aplikacji opartej na integracji modeli opisu dynamiki brył sztywnych z modelami FEM dla brył odkształcalnych.

Zagadnienie właściwego wyboru aplikacji komputerowej do określonego zadania symulacji możliwości i ograniczenia ich wykorzystania.

Ćwiczenia projektowe

Analiza mechanizmów kinematyki i dynamiki na modelach o wysokim stopniu abstrakcji

Wykonanie modelu łańcucha kinematycznego o wysokim stopniu abstrakcji w modelerze 3D CAD. Ustawienia symulacji i definiowanie parametrów członów oraz ich połączeń. Przeprowadzenie symulacji dyskusja i opracowanie jej wyników. Opracowanie prezentacji.

Wydanie tematów projektów do samodzielnego wykonania.

Analiza mechanizmów kinematyki i dynamiki na modelach bryłowych 3D

Wykonanie w modelerze 3D CAD modeli bryłowych 3D i złożenie modelu mechanizmu w oparciu o model łańcucha kinematycznego o wysokim stopniu abstrakcji. Ustawienia symulacji i definiowanie połączeń. Przeprowadzenie symulacji dyskusja i opracowanie jej wyników.

Opracowanie prezentacji.

Badania modeli z elementami odkształcalnymi i połączeniami kontaktowymi

Dla zadanego modelu mechanizmu wprowadzenie brakujących elementów podatnych i zdefiniowanie brakujących połączeń kontaktowych 2D lub 3D. Przeprowadzenie badania wrażliwości modelu na zmianę charakterystyk wybranych połączeń i parametrów elementów.

Dyskusja wyników i opracowanie prezentacji.

Konsultowanie samodzielnie wykonywanych projektów.

Badania symulacyjne manipulatora

Przeprowadzenie badań symulacyjnych manipulatora o zadanej strukturze i parametrach konstrukcyjnych. Przeprowadzenie badania wrażliwości modelu na zmianę charakterystyk wybranych połączeń i parametrów elementów. Wykorzystanie wyników badań dla polioptymalizacji konstrukcji ze względu na wybrane kryteria.

Opracowanie prezentacji.

Konsultowanie samodzielnie wykonywanych projektów.

Badania symulacyjne układu napędowego

Dobór modeli źródła mocy i pozostałych elementów układu napędowego. Zdefiniowanie charakterystyk tych elementów w środowisku symulacji dynamiki programu Inventor. Zdefiniowanie charakterystyk i parametrów sił oporów.

Przeprowadzenie symulacji. Dyskusja wyników i opracowanie prezentacji.

Konsultowanie samodzielnie wykonywanych projektów.

Prezentacja projektów

Prezentacja projektów przez studentów. Dyskusja wyników i ocena projektów. Ocena prezentacji.

Metody i techniki kształcenia:

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia projektowe: Studenci wykonują zadany projekt samodzielnie, bez większej ingerencji prowadzącego. Ma to wykształcić poczucie odpowiedzialności za pracę w grupie oraz odpowiedzialności za podejmowane decyzje.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:

Aby uzyskać pozytywną ocenę końcową niezbędne jest uzyskanie pozytywnej oceny z każdego z zadań projektowych i testów, wykonywanych w ramach ćwiczeń projektowych. Zaliczenie z pozytywną oceną samodzielnie wykonywanego projektu, oraz zdanie z pozytywną oceną egzaminu końcowego

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości.

Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia projektowe:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena jest średnią ważoną ocen z ćwiczeń (waga - 0,35), projektu (waga - 0,25) i egzaminu (waga - 0,4).

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:

Wyrównywanie zaległości odbywa się przez wykonanie dodatkowego zadania wydanego przez prowadzącego i zaliczenie go w terminie ustalonym przez prowadzącego. Zadania sprawdzające wykonywane jako samodzielne na zajęciach pod kontrolą prowadzącego odrabiane są w takim samym trybie w ustalonym przez prowadzącego terminie. Student ma prawo do dwóch dodatkowych terminów zaliczenia.

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

Zaliczone przedmioty z mechaniki i komputerowego wspomaganie projektowania na minimum podstawowym poziomie.

Zalecana literatura i pomoce naukowe

[1] Cannon jr. R.H. - Dynamika układów fizycznych, WNT Warszawa 1973 r.

[2] Frączek J., Wojtyra M. : Kinematyka układów wieloczłonowych-metody obliczeniowe, WNT Warszawa 2008 r.

[3] Osiński Zb. - Mechanika ogólna , Wydawnictwo Naukowe PWN,Warszawa 1994 r.

[4] Wojtyra M., Frączek J.: Metoda układów wieloczłonowych w dynamice mechanizmów. Ćwiczenia z zastosowaniem programu ADAMS. OWPW, 2007.

Oprogramowanie firmy Autodesk - licencje w wersjach akademickich jak Inventor Professional, Autodesk Simulation Multiphysics dostępne do pobrania przez studentów na stronie firmy Autodesk.

Materiały pomocnicze i ćwiczenia do programu Autodesk Inventor Professional dostępne na stronie firmy Autodesk.

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

Nie podano dodatkowych publikacji

Informacje dodatkowe

Brak