**Nazwa przedmiotu:**

Wybrane Techniki Metody Elementów Skończonych (MES)

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Roman Szewczyk

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Wariantowe

**Kod przedmiotu:**

MES

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin bezpośrednich 33, w tym:
a) wykład - 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 3h;
2) Praca własna studenta 30, w tym:
a) przygotowanie do kolokwiów zaliczeniowych - 8h;
b) przygotowanie do projektu - 2h;
c) opracowanie samodzielne projektu - 18h;
d) studia literaturowe - 2h;

Suma: 63 h (2 ECTS)

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1 punkt ECTS - liczba godzin bezpośrednich: 33, w tym:
a) wykład - 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 3h;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1) Liczba godzin bezpośrednich 33, w tym:
a) wykład - 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 3h;
2) Praca własna studenta 30, w tym:
a) przygotowanie do kolokwiów zaliczeniowych - 8h;
b) przygotowanie do projektu - 2h;
c) opracowanie samodzielne projektu - 18h;
d) studia literaturowe - 2h;

Suma: 63 h (2 ECTS)

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Kurs inżynierski matematyki. Podstawy technik komputerowych. Podstawy programowania.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Opanowanie podstawowej wiedzy związanej wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES) w projektowaniu i optymalizacji systemów mechatronicznych, ze szczególnym uwzględnieniem otwartych narzędzi do realizacji komercyjnych projektów innowacyjnych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Podstawy teoretyczne metody elementów skończonych MES. Dyskretyzacja przestrzeni 2D i 3D. Równania różniczkowe i ich znaczenie w technice i opisie zjawisk fizycznych. Problemy wizualizacji trójwymiarowych pól wektorowych.
Dyskretyzacja przestrzeni 2D za pomocą trójkątów i przestrzeni 3D za pomocą elementów czworościennych. Kryteria dyskretyzacji. Metoda triangulacja Delaunay'a. Otwarte oprogramowanie NETGEN i GMESH.
Rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych i równań różniczkowych w systemach źle uwarunkowanych (ill-posed problems). Warunki brzegowe. Metody optymalizacyjne rozwiązywania równań i kryteria konwergencji. Otwarte oprogramowanie ELMER FEM.
Wizualizacja trójwymiarowych pól skalarnych i wektorowych. Oprogramowanie PARAVIWE i VTK. Język MATC, jako narzędzie do przetwarzania wyników symulacji.
Specyfika projektów innowacyjnych zorientowanych na szybkie wdrożenie wyników w małym lub średnim przedsiębiorstwie. Potencjał wykorzystania otwartego oprogramowanie w przedsiębiorstwie komercyjnym na przykładzie łańcuch oprogramowania (tool chain) METGEN/GMESH, ELMER FEM i PARAVIEW/VTK oraz bibliotek do modelowania systemów mikrofalowych w suszarkach laboratoryjnych.
Praktyczne aspekty wykorzystania komputerów dużej mocy. Obliczenia równoległe. Najważniejsze zalety i wady języka FORTRAN. Fenomen otwartej biblioteki GOTO BLAS. Biblioteka open-BLAS oraz wybrane zagadnienia obliczeń niskopoziomowych.

Projekt:
Opracowanie modelu sensora cienkowarstwowego na przykładzie sensora Halla. W ramach projektu przewidziane jest wykorzystanie otwartego oprogramowania do generacji siatek czworościennych, rozwiązywania równań modelu matematycznego MES oraz wizualizacji wyników modelowania. W rezultacie projektu studenci dokonają samodzielnej optymalizacji parametrów konstrukcyjnych sensora na bazie opracowanego modelu oraz analizy wpływu nieciągłości materiału sensora na jego charakterystyki użytkowe. Ponadto projekt obejmuje samodzielną analizę literatury w zakresie fizycznych parametrów sensora oraz porównanie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi.

**Metody oceny:**

Dwa kolokwia z treści wykładowych (40%), Ocena z projektu (60%)

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. G. Rakowski, Z. Kacprzyk, Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2016.
2. A. Milenin, Podstawy metody elementów skończonych, Wydawnictwo AGH, 2017.
3. G. Krzesiński, P. Borkowski, P. Marek, T. Zagrajek, Metoda elementów skończonych w mechanice materiałów i konstrukcji, Politechnika Warszawska 2015.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MES\_2st\_W01:**

Posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie narzędzi do modelowania systemów pomiarowych z wykorzystaniem równań różniczkowych i metody elementów skończonych

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W07, K\_W09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka MES\_2st\_W02:**

Ma pogłębioną i podbudowaną teoretycznie wiedzę z zakresu podstaw modelowania i symulacji komputerowych oraz optymalizacji w odniesieniu do układów mechatronicznych, w tym realizacji procesu optymalizacji z wykorzystaniem otwartego oprogramowania

Weryfikacja:

Zaliczenie dwóch kolokwiów z materiału omawianego na wykładzie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15, K\_W08, K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WK, P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MES\_2st\_U01:**

Potrafi dobrać narzędzia programistyczne oraz opracować, zaimplementować i modyfikować modele matematyczne zjawisk i procesów fizycznych oraz systemów pomiarowych do analizy i projektowania systemów mechatronicznych oraz zwizualizować wyniki modelowania 3D.

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu programistycznego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U06, K\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka MES\_2st\_U02:**

Potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperymenty symulacyjne ukierunkowane na praktyczną optymalizację budowy mechatronicznego układu pomiarowego

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu programistycznego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09, K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MES\_2st\_K01:**

Rozumie potrzebę ciągłego samorozwoju w obszarze rozwoju algorytmów oraz zastosowania ciągle rozwijających się narzędzi informatycznych do modelowania układów pomiarowych.

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu programistycznego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KK

**Charakterystyka MES\_2st\_K02:**

Rozumie znaczenie wykorzystania otwartego oprogramowania w przedsiębiorstwie oraz znaczenie kosztów licencji w budżecie projektu rozwoju zaawansowanych technologii pomiarowych.

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu programistycznego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KO