



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Metoda elementów wielostopniowych w technice

### Przedmiot

Kierunek studiów

Matematyka w technice

Studia w zakresie (specjalność)

-----

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

2/3

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Ćwiczenia

Laboratoria

30

Projekty/seminaria

Inne (np. online)

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Dr hab. inż. Rafał M. Wojciechowski

email: rafal.wojciechowski@put.poznan.pl

tel. 48 061 665 23 96

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

### Wymagania wstępne

Wiedza - Podstawowe wiadomości z zakresu: rachunku wariacyjnego, równań różniczkowych zwyczajnych, geometrii wykreślnej i przestrzennej, równań teorii pola (pole skalarne, pole wektorowe, pole wirowe), metod rozwiązywania dużych układów równań, metod numerycznych w technice.

Umiejętności - Umiejętność programowania w języku C/C++, Matlabie lub Scilabie na poziomie podstawowym, umiejętność efektywnego samokształcenia w dziedzinie związanej z wybranym kierunkiem studiów.

Kompetencje - Umiejętności w zakresie pracy w zespole i komunikacji werbalnej, świadomość konieczności poszerzania swoich kompetencji i wiedzy, gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

Poznanie współczesnych metod opisu i analizy zjawisk polowych zachodzących w układach



i urządzeniach technicznych, w tym wielostopniowego ujęcia metody elementów skończonych w odniesieniu do układów z polem elektrycznym, magnetycznym i cieplnym.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. Student posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie metod numerycznych oraz oprogramowania umożliwiającego obliczanie układów technicznych z polem elektromagnetycznym.
2. Student posiada wiedzę w zakresie analizy i syntezy układów z polem elektromagnetycznym i cieplnym.

#### Umiejętności

1. Student potrafi wykorzystać poznane metody oraz modele polowe do analizy i syntezy prostych układów technicznych, w szczególności układów z polem elektromagnetycznym i polem cieplnym.
2. Student potrafi przygotować opracowanie dotyczące obliczeń numerycznych przetworników i układów technicznych przy wykorzystaniu profesjonalnego oprogramowania

#### Kompetencje społeczne

1. Student ma świadomość wartości własnej pracy, potrafi podporządkować się zasadom pracy w zespole, ponosi odpowiedzialność za wspólnie realizowane zadanie
2. Student potrafi zidentyfikować dany problem i wskazać prawidłowy sposób jego rozwiązania w zakresie przedmiotu

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

#### Wykład:

- ocena wiedzy i umiejętności wykazanych na teście pisemnym o charakterze problemowym
- ocenianie ciągłe na każdych zajęciach (premiowanie aktywności i jakości wypowiedzi).

#### Laboratorium:

- sprawdzian i premiowanie wiedzy niezbędnej do realizacji kolejnych zadań na zajęciach,
- ocenianie ciągłe na zajęciach aktywności studenta i przyrostu jego wiedzy oraz umiejętności, a także kompetencji społecznych związanych z pracą w zespole,
- ocena wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zadań, ocena sprawozdań z wykonanego zadania.

Uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za:

przygotowywanie odpowiedzi na pytania i zadania problemowe podawane przez prowadzącego, efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania danego problemu, umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe.

### Treści programowe

Polowe metody opisu zjawisk w technice. Równania opisujące pole elektromagnetyczne i ciepłe: różniczkowe, całkowe i różnicowe formy zapisu równań pola. Metody analizy układów z polem elektrycznym, magnetycznym i cieplnym, sformułowania wykorzystujące potencjały. Pole dwuwymiarowe (2D). Pole trójwymiarowe (3D). Metoda Elementów Skończonych – ujęcie



wielostopniowe: Rodzaje elementów skończonych: element: trójkątny, czworokątny, czworościenny, pięciokątny, sześciokątny. Funkcje interpolujące elementu węzłowego, krawędziowego, ściankowego i objętościowego. Związki pomiędzy funkcjami interpolacyjnymi elementu wielostopniowego. Warunki brzegowe dla pola elektromagnetycznego i cieplnego. Numeryczne metody rozwiązywania równania MES: (macierze singularne, macierze regularne, warunek kalibracji Coulomba). Grafy i siatkowe modele elementu skończonego oraz układu podzielonego na elementy skończone, Siatkowa reprezentacja równań MES, Oprogramowanie profesjonalne do analizy pola elektromagnetycznego w urządzeniach elektrycznych

### Metody dydaktyczne

Wykłady - prezentacja zagadnień z wykorzystaniem środków multimedialnych, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, dyskusja nad zagadnieniami problemowymi;

Laboratorium – obliczanie wartości funkcji interpolacyjnych elementów skończonych, realizacja badań symulacyjnych układów z polem: elektrycznym, magnetycznym i cieplnym - z wykorzystaniem sprzętu komputerowego oraz oprogramowania Matlab (opcjonalnie Scilab)

### Literatura

#### Podstawowa

1. Mazur D., Gołębiowski M., Rudy M., Modelowanie i analiza układów elektromechanicznych metodą elementów skończonych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2016
2. Balderes T. Finite element method, AccessScience, 2014.
3. Zienkiewicz O., Taylor R, Zhu J., The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Butterworth-Heinemann, 2013.
4. Michalski W., Podstawy teorii pola elektromagnetycznego. Statyczne pola elektryczne i magnetyczne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2013.
5. Meunier G., The Finite Element Method for Electromagnetic Modeling, London - WILEY, 2008.
6. Demenko A., Obwodowe modele układów z polem elektromagnetycznym, WPP, Poznań, 2004.
7. Bossavit A., Computational electromagnetism, variational formulations, complementarity, edge element method, Academic Press Limited, London, 1998

#### Uzupełniająca

1. Feynman L. S., Feynmana wykłady z fizyki. Elektrodynamika, fizyka ośrodków ciągłych, t. 2.2, PWN Warszawa 2012
2. Sikora J., Numeryczne metody rozwiązywania zagadnień brzegowych, WUPL., Lublin 2009
3. Dolezel I., Karban P., Solin P., Integral methods in low-frequency electromagnetics, Wiley and Son, New Jersey, 2009



**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	105	4,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	60(30w,30l)	2,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych, przygotowanie do egzaminu, opracowanie raportu - sprawozdania z realizowanego ćwiczenia laboratoryjnego) <sup>1</sup>	45	1,5

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności