



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Elektrodynamika techniczna

### Przedmiot

Kierunek studiów

Elektrotechnika

Studia w zakresie (specjalność)

-----

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

3/6

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

15

Ćwiczenia

Laboratoria

30

Projekty/seminaria

Inne (np. online)

### Liczba punktów ECTS

3

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Dr hab. inż. Rafał M. Wojciechowski

mail: 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:

Prof. dr hab. inż. Andrzej Demenko

mail: andrzej.demenko@put.poznan.pl

tel. 48 061 665 21 26

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki ul.

Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Wiedza - Podstawowe wiadomości z zakresu elektrotechniki, teorii pola elektromagnetycznego i informatyki.

Umiejętności - Umiejętność efektywnego samokształcenia się w dziedzinie związanej z wybranym kierunkiem studiów; umiejętność podejmowania właściwych decyzji przy rozwiązywaniu prostych zadań problemów z zakresu teorii pola elektromagnetycznego, umiejętność posługiwania się systemem operacyjnym Windows na poziomie ogólnym.

Kompetencje - Student ma świadomość poszerzania swoich kompetencji, wykazuje gotowość do pracy w zespole, zdolność do podporządkowania się regułom obowiązującym podczas zajęć wykładowych i laboratoryjnych.



## Cel przedmiotu

Poznanie metod opisu i analizy zjawisk elektrodynamicznych w urządzeniach elektrycznych, w tym metody elementów skończonych w odniesieniu do układów z polem elektromagnetycznym.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

### Wiedza

1. Student posiada podstawową wiedzę w zakresie elektrodynamiki technicznej.
2. Student posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie metod numerycznych i oprogramowania do obliczania przetworników elektromagnetycznych.

### Umiejętności

1. Student potrafił wykorzystać poznane metody i modele polowe do analizy i syntezy prostych układów z polem elektromagnetycznym.
2. Student potrafił przygotować opracowanie dotyczące obliczeń numerycznych przetworników elektromechanicznych i układów z polem elektro-magnetycznym 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 elektrodynamika

## 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 każdym zajęciach (premiowanie aktywności i jakości wypowiedzi).

### Laboratorium:

- sprawdzian i premiowanie wiedzy niezbędnej do realizacji kolejnych ćwiczeń laboratoryjnych,
- 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 laboratoryjnych, ocena sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.

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 badawczego,
- umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium.

## Treści programowe



Wykład:

Polowe metody opisu zjawisk elektromagnetycznych. Równania opisujące pole elektromagnetyczne: różniczkowe, całkowe różnicowe formy zapisu równań pola. Warunki brzegowe w polu elektrycznym i magnetycznym, pole dwuwymiarowe. Metody analizy układów z polem elektromagnetycznym, sformułowania wykorzystujące potencjały. Metody analizy dwuwymiarowego pola elektro- i magnetostaticznego: metody całkowe, metoda różnic skończonych. Metoda elementów skończonych. Siatkowe modele układów z polem elektrycznym i magnetycznym. Układy z prądami indukowanymi. Ekran elektromagnetyczne. Obliczanie sił i momentów elektromagnetycznych. Metody opisu odwzorowania uzwojeń cienkozwojnych maszyn elektrycznych za pomocą metody elektrycznego potencjału wektorowego T0. Lewitacja elektromagnetyczna. Równania dwuwymiarowe pola zmiennego w czasie. Numeryczne metody rozwiązywania równania dyfuzji. Metody rozwiązywania singularnych i niesingularnych równań pola elektromagnetycznego. Jawne i niejawne schematy numeryczne, schemat Cranka-Nicholsona. Oprogramowanie profesjonalne do analizy pola elektromagnetycznego w urządzeniach elektrycznych.

Laboratorium:

Badanie właściwości magnetycznych materiałów, Symulacja stanów pracy elektromagnesu prądu przemiennego, Symulacja stanów dynamicznych przetwornika elektromagnetycznego o ruchu obrotowym, Symulacja i badanie stanów pracy transformatora z rdzeniem toroidalnym, Badanie parametrów materiałowych w układzie solenoid – przewodzący rdzeń, Badanie charakterystyk wiropądowego układu przenoszenia momentu, Badanie siły elektromotorycznej transformacji i rotacji, Budowa modeli numerycznych przetworników elektromechanicznych w programie Maxwell oraz Magnet, Symulacja wpływu parametrów materiałowych i wymiarów na rozkład pola elektromagnetycznego dławika z szczeliną powietrzną, Symulacja stanów pracy liniowego silnika z uwzględnieniem prądów wirowych w biegniku, Badania symulacyjne ekranów elektromagnetycznych.

**Metody dydaktyczne**

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

Laboratorium – realizacja badań symulacyjnych i laboratoryjnych układów z polem elektromagnetycznym.

**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

8. Nowak L., Modele polowe przetworników elektromechanicznych w stanach nieustalonych, WPP, Poznań, 1999

Uzupełniająca

1. Sikora J., Numeryczne metody rozwiązywania zagadnień brzegowych, WUPL., Lublin 2009,

2. Dolezel I., Karban P., Solin P., Integral methods in low-frequency electromagnetics, Wiley and Son, New Jersey, 2009,

3. Turowski J., Elektrodynamika techniczna, Wyd.II, WNT, Warszawa, 1993,

4. Binns K., Lawrenson P., Trowbridge C., The analytical and numerical solution of electric and magnetic fields, John Wiley and Sons, 1992.

### **Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	88	3,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	53	2
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych, przygotowanie do zaliczenia, opracowanie raportu - sprawozdania z realizowanego ćwiczenia laboratoryjnego) <sup>1</sup>	35	1,0

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