



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Elektrodynamika techniczna [S1Eltech1>ET]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Elektrotechnika

Rok/Semestr  
3/6

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład	Laboratorium	Inne
15	30	0
Ćwiczenia	Projekty/seminaria	
0	0	

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

dr hab. inż. Rafał Wojciechowski prof. PP  
rafal.wojciechowski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### 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 i 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,
- ocenie ciągle na każdych zajęciach (premiowanie aktywności i jakości wypowiedzi).

Laboratorium:

- sprawdzian i premiowanie wiedzy niezbędnej do realizacji kolejnych ćwiczeń laboratoryjnych,
- ocenie ciągle 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:

1. Podstawowe prawa elektromagnetyzmu
2. Modele urządzeń elektromagnetycznych
3. Komputerowe metody rozwiązywania modeli obwodowych
4. Pole elektromagnetyczne
5. Dwuwymiarowe pole elektromagnetyczne
6. Metody rozwiązywania równań pola
7. Metoda Elementów Skończony

Laboratorium:

1. Badanie właściwości magnetycznych materiałów,
2. Symulacja stanów pracy elektromagnesu prądu przemiennego,
3. Symulacja stanów dynamicznych przetwornika elektromagnetycznego o ruchu obrotowym,
4. Symulacja i badanie stanów pracy transformatora z rdzeniem toroidalnym, 5. Badanie parametrów materiałowych w układzie solenoid – przewodzący rdzeń,
6. Badanie charakterystyk wiropądowego układu przenoszenia momentu,
7. Badanie siły elektromotorycznej transformacji i rotacji.
8. Budowa modeli numerycznych przetworników elektromechanicznych w programie: CST Studio Suite, Maxwell, FEMM, Magnet,
9. Symulacja wpływu parametrów materiałowych i wymiarów na rozkład pola
10. Badania symulacyjne ekranów elektromagnetycznych.

### Tematyka zajęć

Wykład:

1. Podstawowe prawa elektromagnetyzmu:

- przypomnienie wiadomości z zakresu podstaw elektromagnetyzmu i maszyn elektrycznych,
- prawo Ampera,
- prawo Gaussa,
- prawo Faraday'a,
- siła Lorenza,
- równania opisujące pole elektromagnetyczne: różniczkowe, całkowe i różnicowe formy zapisu równań pola.

2. Modele urządzeń elektromagnetycznych:

- modele obwodowe,
- modele obwodowo - polowe,
- modele polowo - obwodowe,
- modele polowe.

3. Komputerowe metody rozwiązywania modeli obwodowych:

- jawne i niejawne schematy numeryczne,
- schemat Eulera przedni / wsteczny
- schemat Cranka-Nicholsona,
- przykład.

4. Pole elektromagnetyczne - modele polowe:

- polowe metody opisu zjawisk elektromagnetycznych,
- warunki brzegowe w polu elektrycznym i magnetycznym,
- metody analizy układów z polem elektromagnetycznym,
- sformułowania wykorzystujące potencjały.

5. Dwuwymiarowe pole elektromagnetyczne:

- metody analizy dwuwymiarowego pola elektro- i magnetostatycznego,
- równania dwuwymiarowe pola zmiennego w czasie,
- układy z prądami indukowanymi (wirowymi),
- metody całkowe,
- metoda elementów brzegowych,
- metoda różnic skończonych,
- metoda elementów skończonych,
- siatkowe modele układów z polem elektrycznym i magnetycznym.

6. Metody rozwiązywania równań pola:

- metody analityczne (dokładne),
- metody iteracyjne.
- metoda: LLT, Cholewskiego, SOR, ICCG,
- metody rozwiązywania singularnych i niesingularnych równań pola.

7. Metoda Elementów Skończonych (MES):

- funkcjonal energetyczny,
- formułowanie równań MES,
- dyskretyzacja przestrzeni,
- definicja źródeł pola,
- obliczanie strumienia skojarzonego z uzwojenieniem,
- obliczanie sił i momentów elektromagnetycznych.

8. Oprogramowanie komercyjne (wybrane):

- CST Studio Suite,
- Maxwell,
- Maxwell,
- FEMM.

**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	80	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	55	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	25	1,00