



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Modelowanie zjawisk sprzężonych [S2Elmob1>MZS]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Elektromobilność

Rok/Semestr  
1/1

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
15

Inne  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

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

dr hab. inż. Mariusz Barański  
mariusz.baranski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Wiedza - Podstawowe wiadomości z zakresu elektrotechniki, elektroniki, teorii pola elektromagnetycznego, elektrodynamiki, maszyn elektrycznych, mechaniki, termodynamiki oraz 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 obwodów, maszyn elektrycznych, mechaniki i termodynamiki. 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, elektromagnetycznych, cieplnych i mechanicznych w urządzeniach i systemach stosowanych w elektromobilności, w tym metod elementów skończonych w odniesieniu do układów z polem.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza:

1. Student posiada poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie zagadnień dotyczących teorii pola: elektrycznego, magnetycznego, cieplnego oraz mechaniki.
2. Student posiada uporządkowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie metod numerycznych i oprogramowania do obliczania przetworników i urządzeń stosowanych w elektromobilności.

#### Umiejętności:

1. Student potrafił wykorzystać pozyskaną wiedzę o najnowszych osiągnięciach technicznych w projektowaniu urządzeń i układów z obszaru elektromobilności.
2. Student potrafił przygotować opracowanie dotyczące obliczeń numerycznych przetworników elektromechanicznych i układów z polem elektromagnetycznym, cieplnym i mechanicznym przy wykorzystaniu profesjonalnego oprogramowania.
3. Student potrafił zaplanować i przeprowadzać eksperyment obejmujący symulacje komputerowe oraz pomiary w systemach stosowanych w elektromobilności.

#### 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,
- 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

Metody opisu i analizy zjawisk elektrodynamicznych, elektromagnetycznych, cieplnych i mechanicznych w urządzeniach i systemach stosowanych w elektromobilności.

### Tematyka zajęć

Polowe metody opisu zjawisk w technice. Równania opisujące pole elektromagnetyczne, cieplne oraz strukturalne. Metody analizy układów z polem elektrycznym, magnetycznym, cieplnym i mechanicznym. Sformułowania wykorzystujące potencjały. Pole dwuwymiarowe (2D). Pole trójwymiarowe (3D). Metoda Elementów Skończonych-ujęcie wielostopniowe. Funkcje interpolacyjne oraz ich związki pomiędzy funkcjami interpolacyjnymi elementu wielostopniowego. Warunki brzegowe. 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 zjawisk sprzężonych w urządzeniach i układach.

### 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, cieplnym i mechanicznym.

## 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.
9. Gasiak G., Metody numeryczne w mechanice, Metoda elementów skończonych. Wydaw. Politechniki Opolskiej, 1997.
10. Lewis R. W., Morgan K., Thomas H., Seetharamu S., The Finite Element Method in Heat Transfer Analysis, Wiley Publisher, 1996.
11. Pełczewski W., Zagadnienia cieplne w maszynach elektrycznych, Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Techniczne, 1956.

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	77	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	47	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	30	1,00