

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika i Automatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: E_3_4

Stopień studiów: II

Specjalności: Elektroenergetyka, Elektryczne urządzenia sterowania, Informatyczne systemy automatyki, Monitoring i diagnostyka układów elektrycznych, Współczesne systemy trakcji elektrycznej

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

| | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU | Polowe modelowanie układów elektromagnetycznych |
| NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM | |
| KOD PRZEDMIOTU | WIEiK EIA oIIN PW5 20/21 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU | Przedmioty wybieralne |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS | 3.00 |
| SEMESTRY | 2 |

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA KOMPUTERO- WE | PROJEKTY | |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 2 | 15 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 |

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Powtórzenie i pogłębienie wiedzy z teorii pola elektromagnetycznego

Cel 2 Przekazanie wiedzy na temat modelowania pól elektrycznych, magnetycznych, stałych i zmiennych w maszynach i urządzeniach elektrycznych

Cel 3 Nabycie umiejętności stosowania modelowania polowego w projektowaniu urządzeń elektrycznych i ocenie ich oddziaływania na środowisko

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Znajomość podstaw elektryczności i magnetyzmu oraz konstrukcji maszyn i urządzeń elektrycznych
- 2 Znajomość analitycznych i numerycznych metod wyznaczania rozkładów pól elektrycznych i magnetycznych w elementarnych układach

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza znajomość zaawansowanego opisu matematycznego pola elektromagnetycznego

EK2 Wiedza wiedza o sposobach formułowania polowych modeli układów elektromagnetycznych

EK3 Umiejętności umiejętność stosowania zaawansowanych metod polowych w obliczeniach inżynierskich

EK4 Umiejętności umiejętność modelowania pól rozproszonych w otoczeniu urządzeń elektrycznych

EK5 Kompetencje społeczne znajomość rozkładów pól elektromagnetycznych w typowych urządzeniach elektrycznych i ich oddziaływania na środowisko

6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁADY | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W1 | Elementy obwodów magnetycznych maszyn i urządzeń elektrycznych. Charakterystyka zjawisk fizycznych i efektów ubocznych. Klasyfikacja pól ze względu na rodzaj, środowisko, zmienność w czasie, Wielkości wektorowe i skalarne stosowane w opisie pól. W2 | 1 |
| W2 | Opis całkowity i różniczkowy pól statycznych. Przykłady analitycznego obliczania rozkładów pola elektrostatycznego, pola prądu stacjonarnego oraz pola magnetostatycznego w typowych układach. | 2 |
| W3 | Analityczne metody rozwiązywania obwodów magnetycznych liniowych i nieliniowych. Obwody magnetyczne z magnesami trwałymi | 1 |
| W4 | Przegląd numerycznych metod wyznaczania rozkładów pola magnetostatycznego. Obliczenia rozkładu przestrzennego sił elektromagnetycznych. Algorytmy obliczające wielkości całkowite pola niezbędne do obliczania indukcyjnych parametrów modeli obwodowych. | 2 |
| W5 | Struktury równań pola rozwiązywanych metodą elementów skończonych Prezentacja wybranych wyników modelowania pola magnetostatycznego w transformatorach i maszynach wirujących | 2 |

| WYKŁADY | | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W6 | Równania elektromagnetycznego pola harmonicznego (okresowo zmiennego) w dziedzinie zespolonej. Wpływ środowiska na równania i rozkład pola. W9 Charakterystyka programów do wyznaczania rozkładów pól harmonicznych przy wymuszeniach prądowych i napięciowych. Sposoby przedstawiania wyników obliczeń | 2 |
| W7 | Ilustracje pól harmonicznych wzbudzanych w liniach przesyłowych i w urządzeniach elektroenergetycznych. | 1 |
| W8 | Metody modelowania nieliniowości magnetycznej. Efekty występujące w przewodnikach masywnych. Obliczanie strat wiropędowych | 2 |
| W9 | Struktury polowo-obwodowych modeli maszyn elektrycznych. Metody uwzględniania ruchu. | 1 |
| W10 | Prezentacja wybranych wyników obliczeń przy użyciu modeli polowo obwodowych. | 1 |

| LABORATORIA KOMPUTEROWE | | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| K1 | Badania symulacyjne efektów wywołanych nieliniowością magnetyczną rdzenia w transformatorze jednofazowym. | 3 |
| K2 | Stosowanie warunków brzegowych w modelowaniu pola magnetycznego w transformatorze i w przetworniku elektromechanicznym | 3 |
| K3 | Wyznaczanie widma rozkładu pola magnetycznego w szczelinie maszyny elektrycznej. | 3 |
| K4 | Wyznaczanie napięcia i momentu elektromagnetycznego w prądnicy synchronicznej z magnesami trwałymi na podstawie wyników obliczeń polowych. | 3 |

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Udostępnione skróty wykładów w wersji elektronicznej

N2 Wykłady z prezentacjami

N3 Instrukcje i wzorcowe programy do ćwiczeń

N4 Ćwiczenia laboratoryjne

N5 Konsultacje

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI | ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym: | |
| Godziny wynikające z planu studiów | 27 |
| Konsultacje przedmiotowe | 4 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 6 |
| Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym: | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 25 |
| Opracowanie wyników | 0 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 25 |
| SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA | 87 |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU | 3.00 |

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

F2 Kolokwium sprawdzające wiedzę z wykładów

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formułujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Uzyskanie pozytywnych ocen formułujących

KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0 | x |
| NA OCENĘ 3.0 | zna i rozumie różniczkową postać równań pola elektromagnetycznego |
| NA OCENĘ 3.5 | x |

| | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.0 | potrafi podać rozwiniętą postać różniczkowych równań pola elektromagnetycznego |
| NA OCENĘ 4.5 | x |
| NA OCENĘ 5.0 | potrafi zapisać równania pola dla konkretnego obiektu w odpowiednio dobranym układzie współrzędnych |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 | |
| NA OCENĘ 2.0 | x |
| NA OCENĘ 3.0 | zna sposoby formułowania modelu polowego w standardowym pakiecie do obliczeń polowych |
| NA OCENĘ 3.5 | x |
| NA OCENĘ 4.0 | zna i rozumie algorytmy obliczeń wielkości całkowych pola na podstawie jego rozkładu |
| NA OCENĘ 4.5 | x |
| NA OCENĘ 5.0 | potrafi przedstawić istotne etapy metody elementów skończonych |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 | |
| NA OCENĘ 2.0 | x |
| NA OCENĘ 3.0 | potrafi zinterpretować rozkład pola magnetycznego w urządzeniu elektrycznym otrzymany w wyniku obliczeń modelowych |
| NA OCENĘ 3.5 | x |
| NA OCENĘ 4.0 | zna sposoby modyfikacji modelu i procesu obliczeń w celu uwzględnienia dodatkowych właściwości (nieliniowość, magnesy trwałe) |
| NA OCENĘ 4.5 | x |
| NA OCENĘ 5.0 | potrafi sformułować cykl obliczeń polowych w celu zaprojektowania obwodu magnetycznego o zadanych parametrach |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 | |
| NA OCENĘ 2.0 | x |
| NA OCENĘ 3.0 | zna rodzaje pól rozproszonych i potrafi zaproponować sposoby ich wyznaczenia |
| NA OCENĘ 3.5 | x |
| NA OCENĘ 4.0 | umie ustalić warunki brzegowe i zinterpretować otrzymane rozwiązanie |
| NA OCENĘ 4.5 | x |
| NA OCENĘ 5.0 | potrafi wskazać sposoby zmiany rozkładu pola i potwierdzić je praktycznymi wynikami |

| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 | |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0 | x |
| NA OCENĘ 3.0 | Zna jakościowo rozkłady pola elektromagnetycznego w typowych urządzeniach elektrycznych. |
| NA OCENĘ 3.5 | x |
| NA OCENĘ 4.0 | Zna dopuszczalne poziomy natężenia pól w otoczeniu urządzeń elektrycznych zalecane normami |
| NA OCENĘ 4.5 | x |
| NA OCENĘ 5.0 | Porafi zaproponować działania inżynierskie ograniczające generację lub rozprzestrzenianie się pól szkodliwych dla otoczenia |

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| EK1 | K_W02 | Cel 1 | W1 W2 W4 K1 K2 K4 | N1 N2 N5 | F2 P1 |
| EK2 | K_W02 | Cel 2 | W3 W5 W6 W7 W8 | N1 N2 N3 N4 N5 | F2 P1 |
| EK3 | K_W12 | Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 | N3 N4 N5 | F1 P1 |
| EK4 | K_U18 | Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 | N1 N2 N3 N4 N5 | F1 P1 |
| EK5 | K_U18 | Cel 2 Cel 3 | W6 W7 K1 K2 K3 K4 | N1 N2 N3 N4 N5 | F1 F2 P1 |

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [2] | **Z.Piatek, P.Jabłoński** — *Teoria pola elektromagnetycznego*, Warszawa, 2015, WNT
- [3] | **M.Krakowski** — *Elektrotechnika teoretyczna tom 2, Pole elektromagnetyczne*, Warszawa, 1995, PWN
- [5] | **D.Meeker** — *FEMM - Finite Element Method Magnetics, User's Manual, ver. 4.2*, , 2018, [www.femm/info](http://www.femm.info)

[6] **L.Gołębiowski, S.Kulig** — *Metody numeryczne w technice*, Rzeszów, 2012, POLitechnika RZeszowska

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

[1] **B.Baron, D.Spalek** — *Wybrane problemy z teorii pola elektromagnetycznego*, Gliwice, 2006, Pol.Śląska

[2] **N.Bianchi** — *Electrical machine analysis using finite elements*, xx, 2005, CRC Press

[3] **A.Warzecha** — *Wielowymiarowe charakterystyki magnesowania w modelach obwodowych maszyn elektrycznych*, Kraków, 2010, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej

[4] **W.Mazgaj** — *Wyznaczanie rozkładu pola magnetycznego w materiałach magnetycznie miękkich z uwzględnieniem histerezy i anizotropii*, Kraków, 2010, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej

[5] **Matlab** — *Partial Differential Equation Toolbox*, , 2019, <https://www.mathworks.com/help/pde/examples.html>

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Prof PK Adam Warzecha (kontakt: adam.warzecha@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab.inż. Adam Warzecha (kontakt: adam.warzecha@pk.edu.pl)

2 mgr inż. Michał Sierzega (kontakt: michal.sierzega@pk.edu.pl)

3 dr hab.inż Witold Mazgaj (kontakt: witold.mazgaj@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....
.....