

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika i Automatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E3

Stopień studiów: II

Specjalności: Elektroenergetyka

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Modelowanie układów elektromagnetycznych
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Modelling of Electromagnetic Systems
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK ELEKTRO_OD_2019/2020 oIIS PS2 23/24
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty specjalnościowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
SEMESTRY	1

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	
1	20	10	0	15	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Rozszerzenie wiadomości o modelowaniu układów elektromagnetycznych i elektromechanicznych w ujęciu obwodowym przy użyciu programu Matlab lub Simulink

Cel 2 Rozszerzenie wiadomości o polowych metodach wyznaczania charakterystyk i parametrów występujących w obwodowych modelach urządzeń elektrycznych.

Cel 3 Utrwalenie umiejętności stosowania modelowania obwodowego w badaniach stanów nieustalonych i dynamicznych maszyn i urządzeń elektrycznych.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Znajomość teorii obwodów elektrycznych ze szczególnym uwzględnieniem metody zmiennych stanu, sposobów analizy stanów nieustalonych oraz komputerowych metod analizy obwodów
- 2 Znajomość budowy transformatorów i zjawisk w nich zachodzących, zasad elektromechanicznego przetwarzania energii, budowy maszyn elektrycznych i ich właściwości w stanach statycznych.
- 3 Znajomość analitycznych i numerycznych metod rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza ma wiedzę o metodach matematycznych niezbędnych do modelowania i analizy zjawisk fizycznych w układach elektromagnetycznych.

EK2 Wiedza zna modele matematyczne do symulacji stanów dynamicznych maszyn elektrycznych dużej i małej mocy.

EK3 Umiejętności potrafi przeprowadzić badania symulacyjne wybranych stanów pracy układu elektromagnetycznego przy użyciu programu Matlab /Simulink.

EK4 Umiejętności potrafi wyznaczyć parametry obwodowe lub nieliniowe charakterystyki układu elektromagnetycznego przy użyciu programów polowych.

EK5 Kompetencje społeczne rozumie potrzebę wykonywania badań modelowych w ujęciu obwodowym i polowym w procesie projektowania maszyn i urządzeń elektrycznych.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Formułowanie modelu transformatora jednofazowego z nieliniowym rdzeniem	2
C2	Formułowanie modelu silnika asynchronicznego w wybranym układzie współrzędnych dla stanów dynamicznych	2
C3	Rozszerzenia modelu maszyny synchronicznej dla uwzględnienia dodatkowych uzwojeń wirnika	2
C4	Przykłady obliczania parametrów indukcyjnych modeli obwodowych	2
C5	Przykłady wyznaczania parametrów modeli obwodowych na podstawie wyników obliczeń polowych	2

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Przegląd obwodów magnetycznych maszyn i urządzeń elektrycznych. Cele modelowania obwodowego i polowego. Uproszczenia stosowane przy formułowaniu modeli matematycznych obwodowych i polowych.	2
W2	Reguły i przykłady sformułowania równań stanu dla układów elektromagnetycznych i elektromechanicznych. Przegląd numerycznych procedur rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych na przykładzie programu MATLAB / SIMULINK. Metody aproksymacji charakterystyk modelujących człony nieliniowe.	3
W3	Model transformatora trójfazowego dla stanów nieustalonych w różnych układach współrzędnych. Określenie parametrów indukcyjnych na podstawie analogu elektrycznego obwodu magnetycznego.	2
W4	Model jedno-harmoniczny trójfazowej maszyny asynchronicznej dla stanów dynamicznych w różnych układach współrzędnych. Sposoby zadawanie wymuszeń o różnym charakterze. Interpretacja wyników symulacji wybranych stanów dynamicznych. Prezentacja modeli trójfazowych maszyn elektrycznych prądu przemiennego we współrzędnych prostokątnych zapewniających stałe wartości współczynników indukcyjności uzwojeń.	3
W5	Model maszyny synchronicznej we współrzędnych naturalnych i prostokątnych wirujących. Sposoby symulacji różnych stanów pracy generatora i silnika synchronicznego. Wskazówki dla interpretacji wyników.	2
W6	Reprezentacje obwodowe transformatorów wieloobwodowych Modelowanie zbioru cewek w nieliniowym obwodzie magnetycznym. Struktury macierzy indukcyjności w równaniach maszyn elektrycznych	2
W7	Równania pola magnetostaticznego i zmiennego w czasie. Wykaz i charakterystyka numerycznych metod wyznaczania rozkładów pola 2D.	2
W8	Procedury obliczające wielkości całkowite pola niezbędne do obliczania indukcyjnych parametrów modeli obwodowych. Numeryczne metody estymacji parametrów modeli obwodowych na podstawie pomiarów lub obliczeń polowych.	2
W9	Struktury polowo-obwodowych modeli maszyn elektrycznych. Prezentacja wybranych wyników obliczeń przy użyciu modeli polowo-obwodowych	2

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Badania symulacyjne prądu załączenia transformatora jednofazowego z nieliniowym rdzeniem	4
K2	Badania symulacyjne rozruchu silnika asynchronicznego przy różnych metodach ograniczania prądu rozruchowego	4

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K3	Badania symulacyjne stanów nieustalonych prądnicy synchronicznej przy stałej prędkości obrotowej	4
K4	Wyznaczanie indukowanego 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	45
Konsultacje przedmiotowe	2
Egzaminy i zaliczenia w sesji	2
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	10
Opracowanie wyników	10
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	15
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	84
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

F2 Kolokwiumz treści wykładu ćwiczeń

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 pozytywne oceny formułujące

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Nie zna metody zmiennych stanu
NA OCENĘ 3.0	Zna metodę zmiennych stanu i potrafi zapisać równania ruchu w postaci normalnej dla przykładowego układu elektromagnetycznego
NA OCENĘ 3.5	Zna klasyfikację różniczkowych równań ruchu
NA OCENĘ 4.0	Potrafi dobrać numeryczną metodę rozwiązywania równań stanu do rozwiązywanego zagadnienia
NA OCENĘ 4.5	Umie wyznaczyć parametry równań stanu, sformułować wymuszenia i warunki początkowe
NA OCENĘ 5.0	Orientuje się w możliwościach modyfikacji parametrów procedur numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	nie rozróżnia modeli dla stanów ustalonych oraz nieustalonych
NA OCENĘ 3.0	zna modele we współrzędnych naturalnych układów elektromagnetycznych dla stanów nieustalonych i dynamicznych
NA OCENĘ 3.5	zna transformacje stosowane dla układów trójfazowych
NA OCENĘ 4.0	zna modele wielouzwojeniowych maszyn elektrycznych po transformacji do odpowiedniego układu współrzędnych
NA OCENĘ 4.5	umie uwzględnić w modelach zjawiska drugorzędne np. nieliniowości elementów
NA OCENĘ 5.0	potrafi rozszerzyć modele podstawowe dla układów złożonych
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Nie potrafi sformułować prostego programu symulacyjnego
NA OCENĘ 3.0	Potrafi przeprowadzić symulację pracy prostego układu elektromagnetycznego
NA OCENĘ 3.5	Potrafi modyfikować program symulacyjny dla różnych stanów dynamicznych
NA OCENĘ 4.0	Potrafi przeprowadzić symulację pracy złożonego układu elektromagnetycznego i przeanalizować uzyskane wyniki

NA OCENĘ 4.5	Potrafi modyfikować parametry numerycznych procedur rozwiązujących równania stanu
NA OCENĘ 5.0	Potrafi zaproponować serię obliczeń symulacyjnych w celu zbadania właściwości dynamicznych wybranego układu
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Nie potrafi identyfikować parametrów prostego modelu obwodowego przy wykorzystaniu modelu polowego
NA OCENĘ 3.0	Potrafi identyfikować parametry modelu obwodowego przy wykorzystaniu modelu polowego
NA OCENĘ 3.5	Umie poprawiać dokładność modelu polowego
NA OCENĘ 4.0	potrafi wyznaczyć charakterystyki strumieniowo-prądowe dla uzwojeń w nieliniowym obwodzie magnetycznym
NA OCENĘ 4.5	Zna metody wyznaczania parametrów funkcji aproksymujących nieliniowe charakterystyki układu
NA OCENĘ 5.0	potrafi przeprowadzić estymację parametrów obwodowych na podstawie obliczeń polowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Nie rozumie potrzeby wykonywania badań modelowych, nie zna ich zastosowań
NA OCENĘ 3.0	Rozumie potrzebę wykonywania badań modelowych
NA OCENĘ 3.5	Zna zastosowania modelowania w badaniach i diagnostyce technicznej
NA OCENĘ 4.0	Potrafi dobrać sposób modelowania do konkretnego układu i celu
NA OCENĘ 4.5	Może propagować stosowanie programów do symulacji numerycznych oraz obliczeń polowych w pracach badawczych i projektowych
NA OCENĘ 5.0	Może zaproponować przykład wprowadzenia badań modelowych do procedu projektowania urządzenia elektrycznego

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W01	Cel 1	C1 C2 C3 W1 W2 W3 W4 W5 K1 K2 K3 K4	N1 N2	F1 F2 P1
EK2	K_W01	Cel 2	C1 C2 C3 W1 W2 W3 W4 W5 K1 K2 K3 K4	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK3	K_U04	Cel 2 Cel 3	C1 C2 C3 W1 W2 W3 W4 W5 K1 K2 K3 K4	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK4	K_U10	Cel 2 Cel 3	C4 C5 W6 W7 W8 W9 K3	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK5	K_K04	Cel 3	C1 C2 C3 C4 C5 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 K1 K2 K3 K4	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [3] | B.Mrozek, Z.Mrozek — *MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika*, Gliwice, 2010, Wyd. Helion
- [4] | Sobczyk, T.Wegiel — *Wykłady z elektromechanicznych przemian energii*, Kraków, 2014, Wyd. Pol.Krakowskiej
- [5] | L.Gołębiowski, S. Kulig — *Metody numeryczne w technice*, Rzeszów, 2012, Wyd. Pol. RZeszowskiej
- [6] | Z.Piątek, P.Jabłoński — *Teoria pola elektromagnetycznego*, Warszawa, 2015, WNT
- [7] | D.Meeker — *Finite Element Method Magnetism, Users Manual*, , 2018,

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | T.Sobczyk — *Metodyczne aspekty modelowania matematycznego maszyn indukcyjnych*, Warszawa, 2004, WNT
- [2] | A.Warzecha — *Wielowymiarowe charakterystyki magnesowania w modelach obwodowych maszyn elektrycznych*, Kraków, 2010, Wyd. Pol. Krakowskiej
- [3] | Nicola Bianchi — *Electrical machine analysis using finite elements*, , 2005, Wydawnictwo CRC

LITERATURA DODATKOWA

- [1] | A.Warzecha — *Konspekt wykładu*, PK, 2022,

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 Sierżęga (kontakt: michal.sierzega@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....