

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika i Automatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: E3

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	Obwodowe modelowanie układów elektromagnetycznych
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK ELEKTRO_OD_2019/2020 oIIN PW5 21/22
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** 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

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Formułowanie modelu transformatora jednofazowego z nieliniowym rdzeniem i badania symulacyjne prądu załączenia	3
K2	Formułowanie programu w MATlabie i badania symulacyjne rozruchu silnika asynchronicznego przy różnych metodach ograniczania prądu rozruchowego	3
K3	Formułowanie programu w MATlabie i badania symulacyjne stanów nieustalonych prądnicy synchronicznej przy stałej prędkości obrotowej	3
K4	Wyznaczanie indukowanego napięcia i momentu elektromagnetycznego w prądnicy synchronicznej z magnesami trwałymi na podstawie wyników obliczeń polowych.	3

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Przegląd obwodów magnetycznych maszyn i urządzeń elektrycznych. Cele modelowania obwodowego i polowego. Uproszczenia stosowane przy formułowaniu modeli matematycznych obwodowych i polowych.	1
<b>W2</b>	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.	2
<b>W3</b>	Model transformatora trójfazowego dla stanów nieustalonych w różnych układach współrzędnych. Określenie parametrów indukcyjnych na podstawie analogu elektrycznego obwodu magnetycznego.	1
<b>W4</b>	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.	1
<b>W5</b>	Model maszyny synchronicznej we współrzędnych naturalnych i prostokątnych wirujących. Sposoby symulacji różnych stanów pracy generatora i silnika synchronicznego. Wskazówki dla interpretacji wyników.	1
<b>W6</b>	Zagadnienia specjalne Reprezentacje obwodowe transformatorów wieloobwodowych Modelowanie zbioru cewek w nieliniowym obwodzie magnetycznym. Struktury macierzy indukcyjności w równaniach maszyn elektrycznych	2
<b>W7</b>	Równania Maxwella, Równania pola magnetostatycznego i zmiennego w czasie. Wykaz i charakterystyka numerycznych metod wyznaczania rozkładów pola 2D.	2
<b>W8</b>	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
<b>W9</b>	Równania pola zmiennego oraz pola harmonicznego w dziedzinie zespolonej. Prezentacje wyników obliczeń w programie MagNet.	2
<b>W10</b>	Struktury polowo-obwodowych modeli maszyn elektrycznych. Metody uwzględniania ruchu. Prezentacja wybranych wyników obliczeń przy użyciu modeli polowo-obwodowych	1

## 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
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	27
Konsultacje przedmiotowe	2
Egzaminy i zaliczenia w sesji	3
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	20
Opracowanie wyników	10
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	25
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>87</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych

F2 Kolokwiumz treści wykładu

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 pozytywne oceny formułujące

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	x

NA OCENĘ 3.0	Zna metodę zmiennych stanu i potrafi zapisać równania ruchu w postaci normalnej dla przykładowego układu elektromagnetycznego
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	Potrafi dobrać numeryczną metodę rozwiązywania równań stanu do rozwiązywanego zagadnienia
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Orientuje się w możliwościach modyfikacji parametrów procedur numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	zna modele układów elektromagnetycznych o dwóch stopniach swobody
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	zna modele wielouzwojeniowych maszyn elektrycznych po transformacji do odpowiedniego układu współrzędnych
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	potrafi przedstawić struktury modeli silników przełączalnych
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	Potrafi przeprowadzić symulację pracy prostego układu elektromagnetycznego
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	Potrafi przeprowadzić symulację pracy złożonego układu elektromagnetycznego
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Potrafi zaproponować serię obliczeń symulacyjnych w celu zbadania właściwości dynamicznych wybranego układu
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	potrafi wyznaczyć indukcyjności uzwojeń w liniowym obwodzie magnetycznym
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	potrafi wyznaczyć charakterystyki strumieniowo-prądowe dla uzwojeń w nieliniowym obwodzie magnetycznym
NA OCENĘ 4.5	x

NA OCENĘ 5.0	potrafi przeprowadzić estymację parametrów obwodowych na podstawie obliczeń połowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	rozumie potrzebę wykonywania badań modelowych
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	potrafi dobrać sposób modelowania do konkretnego układu i celu
NA OCENĘ 4.5	x
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_W02	Cel 1	K1 K2 K3 K4 W1 W2 W3 W4 W5	N1 N2	F1 F2 P1
EK2	K_W02	Cel 2	K1 K2 K3 K4 W1 W2 W3 W4 W5	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK3	K_U16	Cel 2 Cel 3	K1 K2 K3 K4 W1 W2 W3 W4 W5	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK4	K_U16	Cel 2	K3 W6 W7 W8 W9 W10	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK5	K_W12	Cel 3	K1 K2 K3 K4 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 W10	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 ] **LGołębiowski, S. Kulig** — *Metody numeryczne w technice*, Rzeszów, 2012, Wyd. Pol. RZeszowskiej
- [6 ] **Z.Piątek, P.Jabłoński** — *Teoria pola elektromagnetycznego*, Warszawa, 2015, WNT

### 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

### LITERATURA DODATKOWA

- [1 ] Udostępniane materiały własne autora karty przedmiotu
- [2 ] [www.infolytica.com](http://www.infolytica.com) Pakiet polowy MagNet

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

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

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 dr hab.inż. Adam Warzecha (kontakt: [adam.warzecha@pk.edu.pl](mailto:adam.warzecha@pk.edu.pl))
- 2 mgr inż. Michał Sierzęga (kontakt: [michal.sierzega@pk.edu.pl](mailto:michal.sierzega@pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....