

# 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: stacjonarne

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	Elektromechaniczne systemy napędowe
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK EIA oIIS PO4 20/21
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty ogólne
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
SEMESTRY	1

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	
1	21	0	0	9	15	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** 1. Modelowanie matematyczne układów mechanicznych przeniesienia napędu. Modelowanie i analiza komputerowa. Interpretacja fizykalna zjawisk.

**Cel 2** 2. Modelowanie matematyczne maszyn elektrycznych prądu stałego i przemiennego. Modelowanie i analiza komputerowa. Analiza i interpretacja działania maszyn.

**Cel 3** 3. Formułowanie modelu matematycznego układu złożonego, uwzględniającego model system zasilania połączony z modelami maszyn elektrycznych i modelem układu przeniesienia napędu. Modelowanie i analiza komputerowa. Analiza i interpretacja przebiegów.

**Cel 4** 4. Modelowanie matematyczne wybranych układów regulacji automatycznej napędów elektrycznych. Metody symulacji komputerowej napędów. Analiza poznawcza działania napędów regulowanych.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Elektromechaniczne przetwarzanie energii. Maszyny elektryczne.

2 Podstawy energoelektroniki.

3 Teoria obwodów elektrycznych.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** K\_W06. Ma podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie modelowania i identyfikacji parametrów dynamicznych elektromechanicznych systemów napędowych oraz ich oddziaływania na sieć energetyczną

**EK2 Wiedza** K\_W12. Ma uporządkowaną wiedzę na temat wykorzystania nowoczesnych metod matematycznych w modelowaniu, analizie i syntezie złożonych układów elektrycznych

**EK3 Umiejętności** K\_U12. Potrafi formułować oraz testować hipotezy związane z modelowaniem i projektowaniem układów elektromechanicznego przetwarzania energii

**EK4 Umiejętności** K\_U16. Potrafi wykorzystać i odpowiednio zmodyfikować poznane metody i modele matematyczne do analizy i projektowania maszyn, urządzeń i systemów elektrycznych

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	1. MODELE ELEMENTÓW UKŁADU NAPĘDOWEGO DLA POTRZEB STEROWANIA. Równania dynamiki układu przeniesienia napędu z połączeniami elastycznymi. Analogie elektryczne układu mechanicznego. Uproszczenia modelu matematycznego układu przeniesienia napędu układ drugiego rzędu i układ sztywny. Rezonans w układzie przeniesienia napędu. Opis układu mechanicznego w jednostkach względnych. Struktury układów regulacji automatycznej prędkości i położenia, sygnały sterujące i pomiarowe. Symulacja komputerowa przy regulacji PID. Przykłady modelowania (w środowiskach MATLAB, SCILAB).	4
<b>W2</b>	2. SILNIKI KOMUTATOROWE PRĄDU STAŁEGO W NAPĘDACH. Właściwości modeli matematycznych silników komutatorowych w jednostkach mianowanych i względnych. Obwody zastępcze silników komutatorowych prądu stałego dla programów SPICE i MATLAB-SIMULINK, SCILAB. Prawo sterowania napędu. Przekształtnikowy napęd czterokwadrantowy. Właściwości regulacji w układzie otwartym i zamkniętym. Przykłady symulacji przy zasilaniu gładkim i przekształtnikowym (MATLAB/SIMULINK, SCILAB).	5

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W3</b>	3. SILNIKI INDUKCYJNE W NAPĘDACH. Układ równań różniczkowych i obwody zastępcze silników indukcyjnych we współrzędnych naturalnych. Modelowanie komputerowe stanów dynamicznych z niesymetrią wewnętrzną i zewnętrzną przy elastycznym układzie przeniesienia napędu. Opis silników indukcyjnych za pomocą wektorów przestrzennych. Przekształcenia wektorów napięcia, prądu i strumienia pomiędzy układami współrzędnych. Formułowanie i rozwiązywanie układów równań różniczkowych silników indukcyjnych dla różnych układów współrzędnych. Obwody zastępcze silników indukcyjnych dla symulatorów obwodów elektrycznych. Biblioteka modeli silników indukcyjnych stosowanych w środowisku MATLAB-SIMULINK. Równania silnika indukcyjnego w jednostkach względnych dla potrzeb sterowania. Podstawy sterowania wektorowego. Przykłady modelowania napędów przy wymuszeniu napięcia i prądu.	4
<b>W4</b>	4. SILNIKI SYNCHRONICZNE W NAPĘDACH. Model matematyczny maszyny synchronicznej wzbudzanej magnesami trwałymi we współrzędnych naturalnych i wirujących. Komputerowe modelowanie pracy napędów regulowanych przy wymuszeniu napięcia i prądu. Oddziaływanie na układ mechaniczny.	4
<b>W5</b>	5. BEZSZCZOTKOWY SILNIK PRĄDU STAŁEGO. Układ równań różniczkowych, związki wektorowe i schemat zastępczy. Model obwodowy dla programów MATLAB-SIMULINK i SCILAB. Wpływ cech konstrukcyjnych na sterowanie. Praca przy komutacji trójfazowej i dwufazowej. Przykłady pracy z wymuszeniem napięcia i wymuszeniem prądu.	4

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>K1</b>	1. Sposoby modelowania komputerowego liniowych i nieliniowych układów przeniesienia napędu przy różnych wymuszeniach momentem elektromagnetycznym silnika. Automatyczna regulacja prędkości i położenia.	1
<b>K2</b>	2. Sposobu modelowania komputerowego napędów regulowanych z silnikiem komutatorowym prądu stałego w programach MATLAB-SIMULINK lub SCILAB.	2
<b>K3</b>	3. Sposoby modelowania komputerowego wybranych napędów z silnikiem indukcyjnym pierścieniowym w programach MATLAB-SIMULINK lub SCILAB I SPICE. Wpływ układów odniesienia na opis i rozwiązanie numeryczne.	2
<b>K4</b>	4. Sposoby modelowania napędów z silnikiem indukcyjnym klatkowym zasilanym przekształtnikowo przy wykorzystaniu modeli polowo zorientowanych. Programy: MATLAB/SIMULINK lub SCILAB.	2
<b>K5</b>	5. Sposoby modelowania komputerowego bezszczotkowych silników prądu stałego wzbudzanych magnesami trwałymi oraz silników synchronicznych wzbudzanych elektromagnetycznie. Programy: MATLAB/SIMULINK lub SCILAB	2

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>P1</b>	Regulacja automatyczna napędu przy behawioralnym układzie regulacji momentu. Układy wielonapędowe.	4
<b>P2</b>	Regulacja automatyczna napędów z silnikiem komutatorowym prądu stałego. Dobór regulatorów i ich nastaw.	4
<b>P3</b>	Regulacja automatyczna silników indukcyjnych klatkowych sterowanych skalaniem i wektorowo, zasilanych falownikiem napięcia i falownikiem prądu.	4
<b>P4</b>	Regulacja automatyczna silników bezszczotkowych i silników synchronicznych wzbudzanych magnesami trwałymi.	3

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratorium komputerowego

N3 Ćwiczenia projektowe

## 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	45
Konsultacje przedmiotowe	15
Egzaminy i zaliczenia w sesji	15
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	15
Opracowanie wyników	5
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>95</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F3 Odpowiedź ustna

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny i ustny

P2 Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Wykonanie zadań projektowych przy wykorzystaniu wiedzy z wykładu oraz ćwiczeń laboratoryjnych.

W2 Dokonanie samodzielnego modelowania zadanego układu napędowego.

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 3.0	Modelowanie behawioralnego układu regulacji momentu.
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Modelowanie matematyczne układów mechanicznych przeniesienia napędu. Podstawy regulacji automatycznej prędkości i położenia. Właściwości dynamiczne układów przeniesienia napędu. Modele matematyczne maszyn elektrycznych prądu stałego i przemiennego. Metodyka formułowania i przekształcania układów równań różniczkowych. Formułowanie modeli matematycznych złożonych układów elektromechanicznych - wyznaczanie parametrów i analiza działania. Podstawowe układy regulacji automatycznej napędów i zasada ich pracy.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 3.0	Modele matematyczne silników elektrycznych prądu stałego i przemiennego.
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Metodyka modelowania układów napędowych w środowisku MATLAB-SIMULINK lub SCILAB Metody analizy komputerowej uzyskanych wyników symulacji układów napędowych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	

NA OCENĘ 3.0	Podstawy sterowania silników prądu stałego i przemiennego.
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Ocena jakości modelowania na podstawie fizykanej analizy działania układu. Określenie przebiegów układu poprzez rozwiązanie analityczne dokładne lub uproszczone dla założonego przebiegu prędkości silnika lub dodatkowo założonego przebiegu kąta obrotu. Porównanie wyników z wynikami symulacji komputerowej pełnego układu. Ocena zastosowanego algorytmu całkowania równań różniczkowych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 3.0	Modelowanie wielomaszynowych układów napędowych.
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Samodzielne wprowadzanie układów równań różniczkowych do programów komputerowych. Modyfikacja sposobu zasilania. Zmiana modelu układu mechanicznego. Zapis równań napędu w różnych układach odniesienia i rozwiązanie numeryczne. Uzupełnienie modelu matematycznego o modele elementów dodatkowych jak filtry pasywne wielkości wejściowych i wyjściowych. Modyfikacja modelu układu sterowania. Modelowanie stanów awaryjnych i niesymetrii elektrycznej układów.

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1		Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5 K1 K2 K3 K4 K5	N1 N2	F1 F2 F3 P2
EK2		Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5 K1 K2 K3 K4 K5	N1 N2	F1 F2 F3 P1 P2

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK3		Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5	N2	F1 F2 F3 P2
EK4		Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5	N2	F2 F3 P2

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] **Piotr Drozdowski** — *Elektromechaniczne systemy napędowe*, Kraków, 2012, Plik w formacie .pdf
- [2 ] **Piotr Drozdowski, Zbigniew Szular** — *Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych*, Kraków, 2012, Plik w formacie .pdf
- [3 ] **Drozdowski P.** — *Wprowadzenie do napędów elektrycznych*, Kraków, 1998, Wyd. PK
- [4 ] **Zawirski K., Deskur J., Kaczmarek T.** — *Automatyka napędu elektrycznego*, Poznań, 2012, WPP
- [6 ] **Tunia H., Kaźmierkowski M.** — *Automatyka napędu przekształtnikowego*, Warszawa, 1987, PWN
- [7 ] **Sieklucki G. i in.** — *Modele i zasady sterowania napędami elektrycznymi*, Kraków, 2014, AGH

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **Jagięło A.S.** — *Przekształcenia niecałkowalne w teorii maszyn elektrycznych.*, Warszawa, 2002, PWN
- [2 ] **Jagięło A.S.** — *Systemy elektromechaniczne dla elektryków*, Kraków, 2008, PK

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Prof PK Piotr Drozdowski (kontakt: pdrozdow@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 Dr hab. inż., prof. PK Piotr Drozdowski (kontakt: pdrozdow@pk.edu.pl)
- 2 Dr hab. inż. prof. PK Witold Mazgaj (kontakt: wmazgaj@pk.edu.pl)
- 3 Dr inż. Zbigniew Szular (kontakt: aszs@poczta.fm)
- 4 Dr inż. Arkadiusz Duda (kontakt: aduda@pk.edu.pl)
- 5 Mgr inż Dariusz Cholewa (kontakt: dcholewa@pk.edu.pl)



## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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