

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2012/2013

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: Elek

Stopień studiów: II

Specjalności: Systemy trakcji elektrycznej, Elektryczne urządzenia sterowania, Monitoring i diagnostyka układów elektrycznych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Elektromechaniczne systemy napędowe
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK ELEKTROTECH oIIS PK3 12/13
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	4.00
SEMESTRY	1

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

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	
1	30	0	0	15	0	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 syntezy 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 ciągłej i dyskretnej. Przykłady modelowania (w środowiskach MATLAB i SPICE oraz SIMNON).	6
<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. Prawo sterowania napędu. Przekształtnikowy napęd czterokwadrantowy. Właściwości regulacji w układzie otwartym i zamkniętym. Przykłady modelowania przy zasilaniu gładkim i przekształtnikowym (w środowiskach MATLAB, SIMNON i SPICE).	4

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W3</b>	3. SILNIKI INDUKCYJNE W NAPĘDACH. Układ równań różniczkowych i obwód zastępczy silnika pierścieniowego dwustronnie zasilanego we współrzędnych naturalnych. Przykład modelowania stanów dynamicznych z niesymetrią wewnętrzną i zewnętrzną przy elastycznym układzie przeniesienia napędu w programie SPICE. Opis silników indukcyjnych za pomocą wektorów przestrzennych w wirującym układzie prostokątnym. Przekształcenia wektorów napięcia, prądu i strumienia pomiędzy układami współrzędnych. Wektory przestrzenne a składowe symetryczne. Formułowanie i rozwiązywanie układów równań różniczkowych silników indukcyjnych dla różnych układów współrzędnych. Obwody zastępcze silników indukcyjnych o parametrach stałych. Biblioteka modeli silników indukcyjnych stosowanych w środowisku MATLAB-SIMULINK. Równania silnika indukcyjnego w jednostkach względnych dla potrzeb sterowania. Podstawy sterowania wektorowego. Przykłady modelowania napędów: kaskada asynchroniczna stałego momentu i stałej mocy, silnik indukcyjny zasilany z falownika napięcia i falownika prądu (napędy regulowane) za pomocą programów SPICE, MATLAB-SIMULINK i SIMNON.	8
<b>W4</b>	4. SILNIKI SYNCHRONICZNE W NAPĘDACH. Model matematyczny we współrzędnych naturalnych i wirujących. Obwód zastępczy dla programu SPICE. Komputerowe modelowanie pracy napędu zasilanego z sieci sztywnej. Oddziaływanie na układ mechaniczny.	5
<b>W5</b>	5. SILNIK SYNCHRONICZNY JAKO BEZSZCZOTKOWY SILNIK PRĄDU STAŁEGO. Układ równań różniczkowych, związki wektorowe i schemat zastępczy. Model obwodowy dla programów SPICE i MATLAB-SIMULINK i SIMNON. Wykorzystanie cech konstrukcyjnych w sterowaniu. Praca przy komutacji trójfazowej i dwufazowej. Przykłady pracy z wymuszeniem napięcia i wymuszeniem prądu.	4
<b>W6</b>	6. NAPĘDY Z SILNIKAMI SKOKOWYMI. Metody komutacji silników skokowych magnetoelektrycznych, reluktancyjnych i hybrydowych. Modele obwodowe silników skokowych. Praca skokowa i kinetyczna.	3

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>K1</b>	1. Dynamika liniowych i nieliniowych układów przeniesienia napędu przy różnych wymuszeniach momentem elektromagnetycznym silnika.	3
<b>K2</b>	2. Modelowanie komputerowe napędu regulowanego z silnikiem komutatorowym prądu stałego w programach SPICE i MATLAB-SIMULINK.	3
<b>K3</b>	3. Modelowanie komputerowe napędów z silnikiem indukcyjnym pierścieniowym w programach SPICE i MATLAB-SIMULINK zmiana układu współrzędnych prostokątnych.	3
<b>K4</b>	4. Modelowanie napędu z silnikiem indukcyjnym klatkowym zasilanym przekształtnikowo przy wykorzystaniu modeli połowo zorientowanych.	3

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>K5</b>	5. Silnik synchroniczny jako bezszczotkowy silnik prądu stałego wzbudzany magnesami trwałymi lub elektromagnetycznie.	3

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

## 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	0
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	30
Opracowanie wyników	15
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>75</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	4.00

## 9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F3 Odpowiedź ustna

**OCENA PODSUMOWUJĄCA**
**P1** Egzamin pisemny

**P2** Średnia ważona ocen formujących

**KRYTERIA OCENY**

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 3.0	x
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	x
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 SPICE. Metodyka modelowania układów napędowych w środowisku MATLAB-SIMULINK. Metody analizy komputerowej uzyskanych wyników symulacji układów napędowych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 3.0	x
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Ocena jakości modelowania na podstawie fizycznej 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	x
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	Samodzielne wprowadzanie układów równan 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 SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W06	Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5 W6	N1 N2	F1 F2 F3 P2
EK2	K_W12	Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4	W1 W2 W3 W4 W5 W6	N1 N2	F1 F2 F3 P1 P2
EK3	K_U12	Cel 1 Cel 2 Cel 3 Cel 4		N2	F1 F2 F3 P2
EK4	K_U16	Cel 3 Cel 4		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 ] **Bielawski S.** — *Teoria napędu elektrycznego*, Warszawa, 1978, WNT  
[5 ] **Jagięło A.S.** — *Systemy elektromechaniczne dla elektryków*, Kraków, 2008, Wyd. PK  
[6 ] **Tunia H., Kaźmierkowski M.** — *Automatyka napędu przekształtnikowego*, Warszawa, 1987, PWN

#### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **Jagięło A.S.** — *Przekształcenia niecałkowalne w teorii maszyn elektrycznych.*, Warszawa, 2002, PWN

## 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. Witold Mazgaj (kontakt: wmazgaj@pk.edu.pl)
- 3 Dr inż. Zbigniew Szular (kontakt: aszs@poczta.fm)
- 4 Mgr inż. Arkadiusz Duda (kontakt: aduda@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

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