

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2014/2015

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: Elek

Stopień studiów: I

Specjalności: Automatyka w układach elektrycznych, Inżynieria systemów elektrycznych, Trakcja elektryczna

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Napędy elektryczne
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Electric Drives
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK ELEKTROTECH oIS PK39 14/15
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	7.00
SEMESTRY	6

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

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	
6	30	0	15	0	15	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zasada regulacji prędkości i położenia w stanach dynamicznych i ustalonych. Synteza momentu elektromagnetycznego silnika dla określonego zadania napędowego. Dobór silnika do napędu.

**Cel 2** Podstawy regulacji automatycznej napędów z silnikami prądu stałego i przemiennego.

**Cel 3** Podstawowe układy przekształtnikowe w napędach elektrycznych i ich sterowanie dla realizacji zadań napędowych.

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

1 Podstawy mechaniki na poziomie wykładu z fizyki w zakresie dynamiki i statyki. Metody opisu i analizy obwodów elektrycznych. Metody pomiaru wielkości elektrycznych prądu stałego i przemiennego. Czujniki pomiarowe. Podstawowe metody pomiaru prędkości i położenia. Zasada działania i opis matematyczny maszyn elektrycznych. Podstawowe układy energoelektroniczne przetwarzania napięcia przemiennego w stałe (AC/DC), napięcia stałego w stałe (DC/DC) i napięcia stałego w przemiennie (DC/AC).

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza K\_W10.** Ma wiedzę w zakresie napędu elektrycznego, metod sterowania analogowego i podstaw sterowania cyfrowego układami napędowymi, oraz zna typowe struktury i właściwości układów elektromechanicznych

**EK2 Kompetencje społeczne K\_K03.** Potrafi kontaktować się z współpracownikami i podporządkować się zasadom pracy w zespole, ponosić odpowiedzialność za wspólnie realizowane zadania.

**EK3 Umiejętności K\_U11.** Potrafi zaplanować i przeprowadzić symulację oraz pomiary charakterystyk eksploatacyjnych, a także ekstrakcję podstawowych parametrów charakteryzujących urządzenia elektryczne i energoelektroniczne, potrafi przedstawić otrzymane wyniki w formie liczbowej i graficznej, dokonać ich interpretacji i wyciągnąć właściwe wnioski.

**EK4 Umiejętności K\_U17.** Stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	Wszyscy studenci otrzymują zadanie projektowe ułożone według jednego schematu: zadany jest układ mechaniczny przeniesienia napędu, maszyna robocza oraz zadanie napędowe w postaci przebiegu zmiany prędkości, przebiegu zmiany położenia lub czasowego cyklu obciążenia. Należy dobrać silnik do tego celu oraz określić jego sterowanie w postaci przebiegu napięcia zasilającego. Silniki dobierane są na podstawie kart katalogowych producentów dostępnych w internecie lub przez bezpośredni kontakt ze sprzedawcą silników. Konieczne może być dobranie motoreduktora lub przełączalnej skrzyni przekładniowej. Należy dobrać układ zasilający oraz sposób jego sterowania (np. układ przekształtnikowy, transformator zasilający, układ elektromaszynowy). Sprawdzianem poprawnej pracy napędu jest dokonanie komputerowej symulacji przy zasilaniu gładkim lub za pomocą przekształtnika w zależności od stopnia skomplikowania modelu matematycznego i rozważanej problematyki. Realizacja tego samego zadania może być dokonana przy wykorzystaniu silników prądu stałego lub przemiennego, co pozwala dodatkowo różnicować projekty. Na zakończenie studenci muszą przygotować prezentację tematu i jego realizacji oraz uzyskanych wyników w postaci plakatowej.	15

LABORATORIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Układ Leonarda. Charakterystyki statyczne podczas pracy czterokwadrantowej. Analiza stanów dynamicznych.	3
L2	Układ Leonarda. Badanie układu automatycznej regulacji prędkości silnika obcowzbudnego.	3
L3	Silnik indukcyjny klatkowy w napędzie z regulowaną częstotliwością. Kształtowanie właściwości ruchowych.	3
L4	Kaskada asynchroniczna stałej mocy. Pomiar charakterystyk mechanicznych.	3
L5	Bezszcotkowy silnik prądu stałego. Charakterystyki statyczne i analiza stanów dynamicznych.	3

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	WSTĘP DO UKŁADÓW NAPEĐOWYCH. Informacje ogólne. Analiza układu przeniesienia napędu. Sztwywny układ przeniesienia napędu, zmienny moment bezwładności. Równanie ruchu a zasada regulacji prędkości w stanach dynamicznych i ustalonych. Charakterystyki mechaniczne silników i maszyn roboczych. Punkt pracy ustalonej.	3
W2	WŁAŚCIWOŚCI RUCHOWE NAPEĐÓW. Redukcja układu o wielostopniowym przełożeniu mechanicznym na wał silnika. Bilansowanie momentów na charakterystykach mechanicznych. Rozruch, stan ustalony i hamowanie elektryczne napędów praca czterokwadrantowa napędu. Synteza przebiegu momentu elektromagnetycznego dla zadania napędowego. Analiza uproszczona dynamiki napędu. Podstawy regulacji automatycznej w napędach.	5
W3	DOBÓR SILNIKA DO NAPEĐU. Przesłanki wstępne. Silniki elektryczne w napędach. Rodzaje pracy. Dobór silnika na podstawie wykresów pracy wynikających z syntezy przebiegu momentu elektromagnetycznego.	2
W4	NAPEĐY Z SILNIKAMI PRĄDU STAŁEGO. Silnik obcowzbudny i szeregowy w napędzie opis matematyczny. Rozruch napędów z silnikami prądu stałego. Hamowanie elektryczne napędów z silnikami prądu stałego. Podstawy automatycznej regulacji prędkości. Napędy przekształtnikowe prądu stałego.	8
W5	NAPEĐY Z SILNIKAMI INDUKCYJNYMI. Rodzaje napędów regulowanych i zasilanych z sieci sztywnej. Opis matematyczny i charakterystyki mechaniczne silników indukcyjnych. Regulacja częstotliwościowa silników indukcyjnych podstawy. Napędy przekształtnikowe sterowane skalarnie. Regulacja za pomocą rezystancji obwodu wirnika silnika indukcyjnego pierścieniowego. Kaskada asynchroniczna stałej mocy. Kaskada asynchroniczna stałego momentu. Realizacja hamowania elektrycznego w napędach przekształtnikowych z silnikami indukcyjnymi.	8

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W6	NAPĘDY Z SILNIKAMI SYNCHRONICZNYMI. Napędy zasilane z sieci sztywnej i regulowane. Podstawy pracy bezszczotkowych silników prądu stałego w napędzie i opis matematyczny. Regulacja prędkości z orientacją względem pozycji wirnika. Analiza dynamiki silnika bezszczotkowego. Synteza przebiegu napięcia zasilającego. Charakterystyki mechaniczne napędu. Nawiązanie do napędów z silnikami komutatorowymi prądu stałego.	4

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

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	60
Konsultacje przedmiotowe	20
Egzaminy i zaliczenia w sesji	10
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	60
Opracowanie wyników	30
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	30
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>210</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	7.00

## 9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Odpowiedź ustna

**F3** Projekt indywidualny

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

**P2** Średnia ważona ocen formujących

**OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA**
**B1** Projekt indywidualny

**KRYTERIA OCENY**

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	x
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	<p>W ramach wykładu przeprowadzane są trzy kolokwia sprawdzające postępy w przyswajaniu materiału. Ćwiczenia laboratoryjne realizowane przez zespoły studenckie według opracowanego programu. Zespoły nie mogą być mniejsze niż 2 osobowe i nie większe niż 5 osobowe. Dopuszczenie do wykonywania ćwiczenia jest uzależnione od wykazania się przez studentów stosowną wiedzą wstępną. Zaliczenie każdego ćwiczenia składa się z poprawnie wykonanego zespołowego sprawozdania pisemnego oraz udzielenie poprawnych odpowiedzi na zadane pytania związane z ćwiczeniem. Odpowiedzi ustne udzielane są indywidualnie przez każdego studenta zespołu w obecności pozostałych jego członków. Zamiast odpowiedzi ustnych nauczyciel prowadzący może przeprowadzić kolokwium pisemne. Zaliczenie zajęć laboratoryjnych wymaga odbycia i zaliczenia wszystkich ćwiczeń oraz wykazania się pracą zespołową przy wykonaniu ćwiczenia i opracowaniu sprawozdania. Ostatecznej oceny zajęć projektowych dokonuje prowadzący zajęcia biorąc pod uwagę wykazany stopień świadomości wykonania projektu, jakość prezentacji oraz skomentowania uzyskanych wyników. Egzamin składa się z dwóch części pisemnych. W pierwszej studenci rozwiązują trzy zadania tematycznie związane z wykładanym materiałem i przykładami obliczeniowymi ilustrującymi wykład. W drugiej studenci ustosunkowują się do trzech zagadnień teoretycznych. Wszystkie zadania dotyczą sprawdzenia stopnia opanowania sformułowanych celów przedmiotu oraz uzyskania kompetencji z zakresu wiedzy. Każde zadanie i zagadnienie ma przydzieloną liczbę punktów <math>W_k</math> proporcjonalną do stopnia trudności (skala od 1 do 10). Suma punktów <math>S</math> stanowi odniesienie. Wykonanie <math>k</math>-tego zadania przez studenta jest oceniane w skali od 0 do <math>W_k</math>. Punkty za ocenę są sumowane dając wartość <math>So</math>. Ocena <math>E</math> za egzamin jest obliczana według wzoru <math>E_o = 5,0 * So / S</math>, którego wynik jest zaokrąglany do najbliższej oceny całkowitej lub połówkowej <math>E</math> zgodnej z przyjętą skalą ocen. Ocena <math>M</math> za moduł jest oceną ważoną wyliczaną według wzoru <math>M_o = 0,4 * E + 0,3 * L + 0,3 * P</math>, którego wynik jest zaokrąglany do najbliższej oceny całkowitej lub połówkowej <math>M</math> zgodnej z przyjętą skalą ocen.</p>

EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	x
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	x
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	x
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	x
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	x
NA OCENĘ 3.0	x
NA OCENĘ 3.5	x
NA OCENĘ 4.0	x
NA OCENĘ 4.5	x
NA OCENĘ 5.0	x

## 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	L1 L2 L3 L4 L5 W6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK2		Cel 1	W2 W5	N2	F2
EK3		Cel 1 Cel 2 Cel 3	P1 L1 L2 L3 L4 L5 W1 W2 W3 W4 W5 W6	N2 N3	F2 F3
EK4		Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L4 W4	N2	F1 F2

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Drozdowski Piotr — *Konspekt do wykładu z napędów elektrycznych*, Kraków, 2012, Plik w formacie .pdf
- [2] | Drozdowski Piotr, Szular Zbigniew — *Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych*, Kraków, 2012, Plik w formacie .pdf
- [3] | Drozdowski P. — *Wprowadzenie do napędów elektrycznych*, Kraków, 1998, Wyd. PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Bielawski S. — *Teoria napędu elektrycznego*, Warszawa, 1978, WNT
- [2] | Pr. zbior. pod red. Z. Grunwalda — *Napęd elektryczny*, Warszawa, 1987, WNT
- [3] | Szklarski L., Dziadecki A., Strycharz J., Jaracz K. — *Automatyka napędu elektrycznego*, Kraków, 1996, Wyd. AGH
- [4] | Pr. Zb. pod red. Z. Kuczewskiego — *Zbiór zadań z napędu elektrycznego*, Warszawa, 1986, PWN
- [5] | Bisztyga K., Hanzelka Z., Miączyński K., Orzechowski T. — *Podstawy napędu elektrycznego. Zbiór zadań*, Kraków, 1985, Wyd. AGH

## 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 Dr inż. Janusz Petryna (kontakt: jpetryna@pk.edu.pl)
- 5 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)

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