

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: stacjonarne

Kod kierunku: E7

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 EIA20_21_IST_ST oIS PK13 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	6

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

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

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. Porównanie z napędem przekształtnikowym prądu stałego.	3
L3	Silnik indukcyjny klatkowy w napędzie z regulowaną częstotliwością. Kształtowanie właściwości ruchowych.	3
L4	Kaskada asynchroniczna stałej mocy lub kaskada asynchroniczna stałego momentu. 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. Szttywny układ przeniesienia napędu, zmienny moment bezwładności. Równanie ruchu i 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. Synteza przebiegu momentu elektromagnetycznego dla zadania napędowego. Analiza uproszczona dynamiki napędu.	4
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
W6	NAPEĐY Z SILNIKAMI SYNCHRONICZNYMI I BEZSZCZOTKOWYMI. Napędy zasilane z sieci sztywnej i regulowane. Podstawy pracy bezszczotkowych silników prądu stałego w napędzie i opis matematyczny. Silnik synchroniczny wzbudzany magnesami trwałymi i jego regulacja. Regulacja prędkości z orientacją względem pozycji wirnika. Synteza przebiegu napięcia zasilającego. Charakterystyki mechaniczne napędu. Silniki komutatorowe i bezszczotkowe.	5

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Analiza układów przeniesienia napędu. Redukcja układu mechanicznego na wał silnika. Synteza przebiegu momentu elektromagnetycznego dla realizacji zadania napędowego. Dobór silnika do napędu.	3
C2	Podstawy sterowania napędów z silnikami komutatorowymi prądu stałego. Synteza przebiegów prądu twornika i napięcia zasilającego w stanach dynamicznych. Napędy wielomaszynowe.	3

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C3	Podstawy sterowania napędów z silnikami indukcyjnymi. Synteza przebiegów napięcia zasilającego i częstotliwości w stanach dynamicznych silników klatkowych..	3
C4	Metody regulacji napędów z silnikami pierścieniowymi. Napędy kaskadowe. Regulacja w obwodzie wirnika.	3
C5	Silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi i ich podstawy sterowania. Silniki bezszczotkowe prądu stałego.	3

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, jego realizację oraz uzyskane wyniki.	15

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

N3 Ćwiczenia projektowe

N4 Ćwiczenia tablicowe

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	75
Konsultacje przedmiotowe	20
Egzaminy i zaliczenia w sesji	10
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	60
Opracowanie wyników	30
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	30
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	225
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

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	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 W_k proporcjonalną do stopnia trudności (skala od 1 do 10). Suma punktów S stanowi odniesienie. Wykonanie k-tego zadania przez studenta jest oceniane w skali od 0 do W_k. Punkty za ocenę są sumowane dając wartość So. Ocena E za egzamin jest obliczana według wzoru $E_o = 5,0 \cdot So / S$, którego wynik jest zaokrąglany do najbliższej oceny całkowitej lub połówkowej E zgodnej z przyjętą skalą ocen. Ocena M za moduł jest oceną ważoną wyliczaną według wzoru $M_o = 0,4 \cdot E + 0,3 \cdot L + 0,3 \cdot P$, którego wynik jest zaokrąglany do najbliższej oceny całkowitej lub połówkowej M zgodnej z przyjętą skalą ocen.
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 SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	EiA_W12	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L5 W6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK2	EiA_U15	Cel 1	W2 W5	N2	F2
EK3	EiA_U19	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L5 W1 W2 W3 W4 W5 W6 P1	N2 N3	F2 F3
EK4	EiA_U21	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, 2019, Plik w formacie .pdf

- [2] | Drozdowski Piotr, Szular Zbigniew — *Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych*, Kraków, 2019, Plik w formie .pdf
- [3] | Drozdowski P. — *Wprowadzenie do napędów elektrycznych*, Kraków, 1998, Wyd. PK
- [4] | Zawirski K., Deskur J., Kaczmarek T. — *Automatyka napędu elektrycznego*, Poznań, 2012, PP
- [5] | Sieklucki G. i in. — *Modele i zasady sterowania napędami elektrycznymi*, Kraków, 2014, AGH
- [6] | Dębowski A. — *Automatyka. Napęd elektryczny*, Warszawa, 2017, WNT
- [7] | Grzesiak L, Ufnalski B., Kaszewski A. — *Sterowanie napędów elektrycznych. Analiza, modelowanie, projektowanie*, Warszawa, 2016, PWN

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
- [6] | Kalus M., Skoczkowski T. — *Sterowanie napędami asynchronicznymi i prądu stałego*, Gliwice, 2003, Prac. Komp. Jacka Skalmierskiego

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)
- 5 Dr inż. Arkadiusz Duda (kontakt: aduda@pk.edu.pl)
- 6 Mgr inż. Dariusz Cholewa (kontakt: dcholewa@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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