

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika i Automatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E7

Stopień studiów: I

Specjalności: Elektromobilność, Automatyka w układach elektrycznych, Inżynieria systemów elektrycznych

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Napędy elektryczne
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Electric Drives
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK EIA20_21_IST_ST oIS PK13 23/24
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	6.00
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. Modelowanie układu przeniesienia napędu.

Cel 2 Opis matematyczny silników elektrycznych. Regulacja napędów z silnikami prądu stałego i przemiennego. Podstawy regulacji automatycznej.

Cel 3 Układy przekształtnikowe w napędach elektrycznych i ich sterowanie przy realizacji zadań napędowych. Symulacja komputerowa wybranych napędów.

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. Opis matematyczny i zasada działania maszyn elektrycznych. Układy przekształtnikowe 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

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
C3	Podstawy sterowania napędów z silnikami indukcyjnymi. Synteza przebiegów napięcia zasilającego i częstotliwości w stanach dynamicznych silników klatkowych.	3
C4	Sterowanie silników indukcyjnych pierścieniowych przez zmianę poślizgu i pracujących w układach kaskadowych.	3
C5	Silniki synchroniczne wzbudzone magnesami trwałymi i ich sterowanie. Sterowanie silników bezszczotkowych prądu stałego.	3

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	WSTĘP DO UKŁADÓW NAPEĐOWYCH. Informacje ogólne. Analiza układu przeniesienia napędu. Sztywny i elastyczny układ przeniesienia napędu. Równanie ruchu i zasada regulacji prędkości w stanach dynamicznych i ustalonych. Charakterystyki mechaniczne silników i maszyn roboczych. Punkt pracy ustalonej.	2
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 i dokładna dynamiki napędu.	2
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. Układy zasilania przekształtnikowego. Symulacja komputerowa wybranych napędów.	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 przy sterowaniu skalarnym. Regulacja za pomocą rezystancji obwodu wirnika silnika indukcyjnego pierścieniowego. Hamowanie elektryczne w napędach przekształtnikowych z silnikami indukcyjnymi. Symulacja komputerowa napędu z silnikiem indukcyjnym sterowanym skalarnie.	8
W6	NAPEĐY Z SILNIKAMI SYNCHRONICZNYMI I BEZSZCZOTKOWYMI. Zasada sterowania silników synchronicznych wzbudzanych magnesami trwałymi. Sterowanie wektorowe polowo zorientowane. Podstawy pracy bezszczotkowych silników prądu stałego w napędzie i opis matematyczny. Regulacja prędkości za pomocą przekształtnika zewnętrznego i poprzez sterowanie tranzystorów komutatora. Równoważność silników komutatorowych i bezszczotkowych prądu stałego. Synteza przebiegu napięcia zasilającego. Charakterystyki mechaniczne napędu. Symulacja komputerowa napędu z silnikiem synchronicznym i silnikiem bezszczotkowym.	8

LABORATORIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Wprowadzenie. Zasady BHP w laboratorium.	1
L2	Układ Leonarda. Charakterystyki statyczne pracy czterokwadrantowej napędu. Automatyczna regulacja prędkości. Porównanie z tyrystorowym napędem przekształtnikowym i tym samym silnikiem prądu stałego.	4

LABORATORIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
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	Napęd z bezszczotkowym silnikiem prądu stałego. Charakterystyki statyczne i analiza stanów dynamicznych.	4

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	Wprowadzenie, przedstawienie problematyki projektowej. Wyznaczenie zadań napędowych dla zespołów trzy- lub cztero- osobowych.	2
P2	Zadanie projektowe Przeprowadzić procedurę projektowania zadanego układu napędowego: - analiza układu mechanicznego napędu i wykres momentu elektromagnetycznego silnika w funkcji czasu dla warunków pracy zadanych w postaci przebiegu prędkości lub przebiegu położenia, - dobór silnika prądu stałego lub przemiennego metodą momentu zastępczego, - wyznaczenie parametrów silnika, - utworzenie układu równań różniczkowych opisujących napęd, - przeprowadzenie symulacji komputerowej dla wybranego przedziału pracy. Sprawdzian postępów w działaniach projektowych.	11
P3	Prezentacja multimedialna projektu i uzyskanych wyników. Pytania kontrolne do członków zespołu. Zaliczenie projektu indywidualnie przez każdego członka zespołu.	2

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

N4 Ćwiczenia obliczeniowe

N5 Ćwiczenia projektowe

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	15
Egzaminy i zaliczenia w sesji	20
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	20
Opracowanie wyników	25
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	15
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	170
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	6.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Odpowiedź ustna

F3 Projekt indywidualny

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 E: ocena z egzaminu pisemnego

P2 C: ocena z ćwiczeń obliczeniowych

P3 P: ocena z projektu

P4 L: ocena z laboratorium

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Ocena ważona = $0,4 \cdot E + 0,2 \cdot (C + P + L)$ zaokrąglona do ocen określonych regulaminem studiów.

OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

B1 Projekt indywidualny

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	spełnia mniej niż 50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	spełnia 50 % wymagań dla oceny 5,0
NA OCENĘ 3.5	spełnia 60 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	spełnia 70 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	spełnia 85 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Zna możliwości sterowania silników elektrycznych prądu stałego i przemiennego. Potrafi dobrać silnik do napędu. Umie dokonać obliczeń stanów ustalonych napędów elektrycznych. Zna podstawy regulacji automatycznej napędów. Wie jak analizować pracę napędów przy wykorzystaniu komputerowych technik obliczeniowych. Zna parametry podzespołów układu napędowego i umie je określić.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	spełnia mniej niż 50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	spełnia 50 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	spełnia 60 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	spełnia 70 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	spełnia 85 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Wykazuje pełną świadomość dokonań projektowych i laboratoryjnych. Zna wszystkie działania prowadzące do wykonania projektu. Wie jak przeprowadzić zadane ćwiczenie laboratoryjne i zna miejsce i funkcję każdego członka zespołu.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	spełnia mniej niż 50 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	spełnia 50 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	spełnia 60 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	spełnia 70 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	spełnia 85 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Potrafi zaplanować i przeprowadzić symulację oraz pomiary charakterystyk eksploatacyjnych wybranych napędów. Potrafi przedstawić otrzymane wyniki w formie liczbowej i graficznej, dokonać ich interpretacji i wyciągnąć właściwe wnioski.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	spełnia mniej niż 50 % wymagań na ocenę 5,0

NA OCENĘ 3.0	spełnia 50 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	spełnia 60 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	spełnia 70 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	spełnia 85 % wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Stosuje zasady bezpiecznej pracy z urządzeniami elektrycznymi napędów elektrycznych. Stosuje przepisy ochrony przed zakażeniem Covid19.

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 EiA_U21	Cel 1 Cel 2 Cel 3	C1 C2 C3 C4 C5 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 L2 L3 L4 L5 P1 P2 P3	N1 N2 N4 N5	F1 F2 F3 P1 P2
EK2	EiA_K03	Cel 1	W1 L1 L2 L3 L4 L5 P1 P2 P3	N2 N5	F2
EK3	EiA_U15 EiA_U27	Cel 1 Cel 2 Cel 3	C1 C2 C3 C4 C5 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 L2 L3 L4 L5 P1 P2 P3	N1 N2 N4 N5	F2 F3
EK4	EiA_U12 EiA_U24	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L5	N2	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 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, 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., Międzyński 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: piotr.drozdowski@pk.edu.pl)
- 3 Dr inż. Zbigniew Szular (kontakt: aszs@poczta.fm)
- 6 Mgr inż. Dariusz Cholewa (kontakt: dcholewa@pk.edu.pl)
- 8 Dr inż. Wojciech Czuchra (kontakt: wojciech.czuchra@pk.edu.pl)
- 9 Mgr inż. Adam Chochla (kontakt: adam.chochla@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data) (odpowiedzialny za przedmiot) (dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....

.....

.....

.....