

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	Sterowanie urządzeń energoelektronicznych
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Control of Power Electronics
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK EIA20_21_IST_ST oIS PK33 23/24
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	5

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	
5	20	0	15	15	15	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Formowanie sygnałów sterujących kształtujących napięcia i prądy wyjściowe przekształtników statycznych.

Cel 2 Sterowanie wektorowe przekształtników.

Cel 3 Regulacja automatyczna układów z przekształtnikami.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Elektronika i energoelektronika, podstawy regulacji automatycznej, teoria obwodów, maszyny elektryczne, umiejętność programowania w Spice i Matlab/Simulink.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Ma wiedzę w zakresie elektroniki i energoelektroniki oraz sterowania urządzeń przekształtnikowych

EK2 Wiedza Zna komputerowe metody projektowania i analizy obwodów elektrycznych, elektronicznych i urządzeń energoelektronicznych

EK3 Umiejętności Potrafi wykorzystać poznane metody i modele matematyczne, a także metody symulacji komputerowej układów przekształtnikowych do analizy i oceny działania układów elektrycznych

EK4 Umiejętności 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

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	STRUKTURY UKŁADÓW PRZEKSZTAŁNIKOWYCH. Układy DC/DC, AC/DC, DC/AC, AC/AC cel przekształcania i regulacji. Praca nawrotna przekształtników układy podwójne układy czterokwadrantowe. Charakterystyki zewnętrzne przekształtników.	2
W2	PRZEKSZTAŁTNIKI STEROWANE FAZOWO. 1. TYRYSTOROWE STEROWNIKI MOCY (AC/AC). Układy jednofazowe i trójfazowe o strukturze odwrotnie równoległej. Zasada sterowania. Generowanie impulsów bramkowych. Obciążenie R-L. Regulacja napięcia, prądu i mocy odbiorników. 2. PROSTOWNIKI STEROWANE FAZOWO (AC/DC). Regulacja fazowa napięcia wyjściowego tyrystorowych prostowników jednofazowych i trójfazowych. Układ podwójny, praca nawrotna prostownika przy obciążeniu R-L-E. Układ zastępczy prostownika oparty na źródłach sterowanych. Sygnały synchronizujące i generowanie impulsów bramkowych. Układy scalone sterowania fazowego. Sterowanie prądowe prostownika.	4
W3	PRZEKSZTAŁTNIKI IMPULSOWE PRĄDU STAŁEGO (DC/DC). Sterowanie napięcia wyjściowego przerywacza czterokwadrantowego przy bipolarnej i unipolarnej modulacji szerokości impulsów (PWM) praca nawrotna przy obciążeniu R-L-E. Sterowanie prądu wyjściowego przerywacza za pomocą regulatorów histerezowych i regulatorów z PWM. Układy zredukowane zakres sterowania. Układy scalone sterowników bramkowych tranzystorów mocy MOSFET i IGBT i ich wpływ na jakość sterowania napięcia. Dobór tłumiącego układu odciażającego. Współpraca z filtrami pasywnymi na wejściu i wyjściu. Układ zastępczy przerywacza oparty na źródłach sterowanych i możliwości jego stosowania.	5

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W4	FALOWNIKI (DC/AC). Układy mostkowe jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia. Regulacja napięcia i częstotliwości napięcia wyjściowego metodą modulacji szerokości impulsów (PWM). Praca prostownikowa falownika. Prostownik PWM. Model uproszczony falownika napięcia oparty na źródłach sterowanych. Praca nawrotna falownika napięcia obciążonego odbiornikiem o charakterze czynnym. Wymuszenie prądu odbiornika za pomocą falownika napięcia (falownik napięcia jako źródło prądowe). Trójfazowe falowniki prądu. Sterowanie jednotaktowe i wielotaktowe. Tranzystorowy falownik prądu i jego sterowanie. Zasilające źródła prądu i ich sterowanie. Praca nawrotna falownika prądu. Falowniki rezonansowe.	5
W5	STEROWANIE WEKTOROWE FALOWNIKÓW Opis odbiorników za pomocą wektorów przestrzennych. Wektory przestrzenne napięcia wyjściowego falownika. Zmiana układu odniesienia. Struktura układu automatycznej regulacji napięcia odbiornika trójfazowego.	4

LABORATORIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Wprowadzenie do laboratorium. Omówienie ćwiczeń. Szkolenie BHP.	1
L2	Sterowanie prostowników mostkowych 4T i 6T jako układów nawrotnych. Zaliczenie ćwiczenia.	4
L3	Sterowanie napięciowe i prądowe przerywaczy prądu stałego 1T i 4T. Zaliczenie ćwiczenia.	2
L4	Sterowanie napięciowe i prądowe trójfazowego falownika napięcia. Zaliczenie ćwiczenia.	4
L6	Regulacja tyrystorowego układu odwrotnie-równoległego jako sterownika mocy. Zaliczenie ćwiczenia.	4

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Metody modelowania układów przekształtnikowych w środowisku Matlab/Simulink lub LTspice. Porównanie modeli elementów przełączających. Generowanie sygnałów sterujących. Modelowanie behawioralne.	6
K2	Symulacja pracy prostowników diodowych i tyrystorowych.	2
K3	Symulacja pracy przekształtników impulsowych.	2

LABORATORIA KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K4	Symulacja pracy falowników napięcia.	2
K5	Symulacja pracy falowników prądu.	2
K6	Zaliczenie ćwiczeń.	1

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	1. Projekt i symulacja komputerowa zadanego układu przekształtnikowego realizującego określone funkcje sterowania. Programowanie w Matlab/Simulink lub w LTspice.	12
P2	Prezentacja multimedialna projektów. Ocena. Indywidualne pytania kontrolne poszczególnych autorów projektu i ostateczna ocena.	3

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

N3 Ćwiczenia projektowe

N4 Prezentacje multimedialne

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	65
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	10
Opracowanie wyników	25
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	15
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	145
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

9 SPOSOBY OCENY

Na wykładach odbędą się dwa kolokwia sprawdzające postępy w przyswajaniu wiedzy po połowie i po całości wykładanego materiału w formie testów.

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwia z wykładów i laboratorium komputerowego

F2 Odpowiedź ustna na laboratorium komputerowym i przy wykonywaniu projektów

F3 Sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych

F4 Projekt zespołowy

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 W: średnia arytmetyczna ocen z wykładu (ocena minimalna $W_{min} = 2,5$)

W2 LK: średnia arytmetyczna ocen z lab. komp. (ocena minimalna $LK_{min} = 2,5$)

W3 P: ocena z projektu (ocena minimalna $P_{min} = 2,5$)

W4 L: średnia arytmetyczna ocen z laboratorium (ocena minimalna $L_{min} = 2,5$)

W5 Ocena za przedmiot: $O = 0,3 \cdot W + 0,2 \cdot LK + 0,2 \cdot P + 0,3 \cdot L$ po zaokrągleniu ma być nie mniejsza niż 3,0. Nie można zaliczyć wszystkich składowych na ocenę minimalną

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	mniej niż 50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	60% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	70% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	85% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Znajomość struktur i zasady działania podstawowych przekształtników statycznych (prostowniki przerywacze prądu stałego, falowniki napięcia i prądu, sterowniki mocy, przekształtniki macierzowe). Znajomość metod sterowania i kształtowania sygnałów sterujących podstawowych przekształtników statycznych. Opis wektorowy urządzeń energoelektronicznych obejmujący przekształtnik i obciążenie w powiązaniu z układem regulacji automatycznej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	mniej niż 50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	60% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	70% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	85% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Znajomość metod symulacji układów przekształtnikowych. Znajomość sposobów formowania sygnałów sterujących w środowiskach PSPICE i MATLAB. Umiejętność przeprowadzenia symulacji układów przekształtnikowych. Świadomość wyboru uproszczonych metod symulacji, za pomocą zastępczych modeli przekształtników, względem symulacji pełnego układu lub urządzenia energoelektronicznego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	mniej niż 50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	60% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	70% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	85% wymagań na ocenę 5,0

NA OCENĘ 5.0	Umiejętność oceny poprawności działania układu przekształtnikowego przy założonym sposobie sterowania i kształtowania impulsów sterujących na podstawie wyników symulacji komputerowej i wyników badań laboratoryjnych. Interpretacja fizykalna zjawisk.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	mniej niż 50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.0	50% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	60% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	70% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	85% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	Umiejętność porównania i interpretacji uzyskanych wyników pomiarowych i wynikających z symulacji komputerowej badanych urządzeń przekształtnikowych.

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_W20	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1
EK2	EiA_U08	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1
EK3	EiA_U12	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1
EK4	EiA_U05	Cel 1 Cel 2 Cel 3	L1 L2 L3 L4 L6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 F4 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Drozdowski P.** — *Sterowanie urządzeń energoelektronicznych*, Kraków, 2012, Plik komputerowy konspektu do wykładów w formacie pdf
- [2] | **Piróg S** — *Energoelektronika*, Kraków, 2006, AGH Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne
- [3] | **Nowak M., Barlik R** — *Poradnik inżyniera energoelektronika*, Warszawa, 1998, WNT
- [4] | **Nowacki Z** — *Modulacja szerokości impulsów w napędach przekształtnikowych prądu przemiennego*, Warszawa, 1991, PWN
- [5] | **Tunia H., Winiarski B.:** — *Energoelektronika*, Warszawa, 1994, WNT
- [6] | **Barlik R., Nowak M.** — *Technika tyrystorowa*, Warszawa, 1997, WNT
- [7] | **Łastowiecki J.** — *Elementy i podzespoły półprzewodnikowe układów napędowych*, Warszawa, 1999, Of.Wyd.Pol. Warsz.
- [8] | **Dobrowolski A.** — *Pod maską SPICE'a*, Warszawa, 2004, BTC

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **Klempka R. i in.** — *Modelowanie i symulacja układów elektrycznych w Matlabie*, Kraków, 2007, AGH, Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne
- [2] | **Mrozek B., Mrozek Z.** — *Matlab i Simulink. Poradnik użytkownika*, Gliwice, 2010, Helion

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: aszsz@poczta.fm)
- 5 Mgr inż. Dariusz Cholewa (kontakt: dcholewa@pk.edu.pl)
- 6 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)

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