

## WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim:	<b>Automatyka napędu elektrycznego - zagadnienia wybrane</b>
Nazwa w języku angielskim:	<b>Controlled Electrical Drives - selected problems</b>
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):	<b>Automatyka i Robotyka</b>
Specjalność (jeżeli dotyczy):	<b>Automatyzacja Maszyn, Pojazdów i Urządzeń</b>
Stopień studiów i forma:	<b>II stopień, stacjonarna</b>
Rodzaj przedmiotu:	<b>obowiązkowy</b>
Kod przedmiotu:	<b>ARR043218</b>
Grupa kursów:	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU):	30		30		
Liczba godzin zajęć całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS):	120		60		
Forma zaliczenia:	egzamin		zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X):					
Liczba punktów ECTS:	4		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P):			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK):	2.80		1.40		

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

1. Posiada wiedzę z podstaw automatyki, informatyki i podstaw napędu elektrycznego.

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Ugruntowanie i/lub uzupełnienie wiedzy z zakresu sterowania momentem silników prądu stałego i przemiennego (indukcyjnych i synchronicznych z magnesami trwałymi) w zautomatyzowanych układach napędowych.
- C2. Zdobycie poszerzonej wiedzy z zakresu zastosowania zaawansowanych metod teorii sterowania w automatyce napędu elektrycznego, w tym: sterowania bezczujnikowego, adaptacyjnego, predykcyjnego oraz ślizgowego.
- C3. Zdobycie umiejętności z zakresu badania oraz analizy zaawansowanych struktur sterowania silnikami prądu stałego i przemiennego, w tym bezczujnikowych.
- C4. Zdobycie umiejętności jakościowego rozumienia, interpretacji oraz analizy stanów ustalonych i dynamicznych w wybranych zautomatyzowanych układach napędowych z silnikami prądu stałego i przemiennego.
- C5. Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów; odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu, przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

## Z zakresu wiedzy:

- PEK\_W01 Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie podstawowych metod sterowania momentem i prędkością silników prądu stałego oraz wektorowych metod sterowania silnikami prądu przemiennego i prostownikami aktywnymi AC/DC.
- PEK\_W02 Ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę dotyczącą zaawansowanych metod sterowania złożonymi układami napędowymi z silnikami prądu stałego i przemiennego, w tym podstaw sterowania bezczujnikowego, adaptacyjnego, ślizgowego i predykcyjnego.
- PEK\_W03 Potrafi zdefiniować i opisać zaawansowane metody i struktury sterowania napędami z silnikami prądu stałego i przemiennego, w tym oraz scharakteryzować ich właściwości.

## Z zakresu umiejętności:

- PEK\_U01 Potrafi wykonać badania symulacyjne wybranego układu napędowego w środowisku Matlab/Simulink na podstawie dostarczonego oprogramowania użytkowego i przeprowadzić analizę uzyskanych wyników.
- PEK\_U02 Potrafi wykonać badania eksperymentalne wybranego układu sterowania napędem elektrycznym na stanowisku laboratoryjnym i przeprowadzić analizę uzyskanych wyników.

## Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK\_K01 Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane działania.

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		liczba godzin:
Wy1	Wprowadzenie. Kaskadowa struktura regulacji – wady i zalety. Regulatory PI/PID – właściwości, kryteria doboru nastaw. Zjawisko windup oraz układy anti-windup.	2
Wy2	Sterowanie wektorowe w przekształtnikowych układach napędowych - ugruntowanie i/lub uzupełnień wiadomości z zakresu metody polowo-zorientowanej (DFOC, IFOC) i metody bezpośredniego sterowania momentem (DTC-ST, DTC-SVM) dla silników indukcyjnych.	2
Wy3	Sterowanie wektorowe w przekształtnikowych układach napędowych - ugruntowanie i/lub uzupełnień wiadomości z zakresu metody polowo-zorientowanej (FOC) i metody bezpośredniego sterowania momentem (DTC-ST, DTC-SVM) dla silników synchronicznych z magnesami trwałymi.	2
Wy4	Sterowanie wektorowe w przekształtnikowych układach zasilania (prostowniki aktywne AC/DC) – podobieństwo do sterowania wektorowego silnikami prądu przemiennego, cechy szczególne. Część 1.	2
Wy5	Sterowanie wektorowe w przekształtnikowych układach zasilania (prostowniki aktywne AC/DC) – podobieństwo do sterowania wektorowego silnikami prądu przemiennego, cechy szczególne. Część 2.	2
Wy6	Napędy bezczujnikowe - metody odtwarzania sygnałów sprzężeń zwrotnych dla silników prądu przemiennego. Estymatory zmiennych stanu – podział i podstawy teoretyczne.	2
Wy7	Napędy bezczujnikowe - projektowanie obserwatorów Luenbergera i filtru Kalmana dla wybranych obiektów dynamicznych.	2
Wy8	Estymatory typu MRAS oraz neuronowe dla silników prądu przemiennego. Przykłady zastosowań.	2
Wy9	Sterowanie adaptacyjne – podział, projektowanie, przykłady zastosowań.	2
Wy10	Sterowanie ślizgowe – podstawy teoretyczne. Ślizgowe sterowanie silnikiem indukcyjnym – bezpośrednie i w układach kaskadowych. Część 1.	2
Wy11	Sterowanie ślizgowe – podstawy teoretyczne. Ślizgowe sterowanie silnikiem indukcyjnym – bezpośrednie i w układach kaskadowych. Część 2.	2
Wy12	Sterowanie predykcyjne – podstawy teoretyczne, struktura regulatora predykcyjnego, właściwości, przykład zastosowań w energoelektronice i napędzie elektrycznym. Część 1.	2
Wy13	Sterowanie predykcyjne – podstawy teoretyczne, struktura regulatora predykcyjnego, właściwości, przykład zastosowań w energoelektronice i napędzie elektrycznym. Część 2.	2
Wy14	Struktury sterowania dla napędów z połączeniem sprzężystym: struktury z dodatkowymi sprzężeniami zwrotnymi, regulator stanu – projektowanie, właściwości. Struktury sterowania dla układów z tarcieniem i luzem mechanicznym. Część 1.	2
Wy15	Struktury sterowania dla napędów z połączeniem sprzężystym: struktury z dodatkowymi sprzężeniami zwrotnymi, regulator stanu – projektowanie, właściwości. Struktury sterowania dla układów z tarcieniem i luzem mechanicznym. Część 2.	2
suma godzin:		<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		liczba godzin:
La1	Sprawy organizacyjne. Modelowanie podstawowych układów w środowisku Matlab-Simulink - powtórzenie.	2
La2	Badania symulacyjne kaskadowej struktury regulacji dla wybranego obiektu dynamicznego. Stosowanie różnych metod doboru parametrów regulatorów. Układy anti-windup.	2
La3	Badanie układów modulacji PWM, w tym modulatora wektorowego SVM dla falownika napięcia w układzie napędowym z silnikiem indukcyjnym.	2
La4	Badanie układu wektorowego sterowania silnikiem indukcyjnym - porównanie metody FOC i DTC. Część 1.	2
La5	Badanie układu wektorowego sterowania silnikiem indukcyjnym - porównanie metody FOC i DTC. Część 2.	2
La6	Badanie układu wektorowego sterowania przekształtnikiem sieciowym AC/DC oraz układu napędowego z silnikiem indukcyjnym zawierającym aktywny prostownik sterowany .	2
La7	Badanie bezczujnikowego napędu indukcyjnego z wybranymi estymatorami strumienia i prędkości wirnika. Część 1.	2
La8	Badanie bezczujnikowego napędu indukcyjnego z wybranymi estymatorami strumienia i prędkości wirnika. Część 2.	2
La9	Badanie adaptacyjnej struktury sterowania dla napędu z silnikiem prądu stałego.	2
La10	Badanie adaptacyjnej struktury sterowania dla napędu z silnikiem indukcyjnym.	2
La11	Badanie ślizgowych struktur sterowania napędem z silnikiem indukcyjnym.	2
La12	Badanie struktur predykcyjnego sterowania napędem elektrycznym.	2
La13	Badanie wybranych struktur dla napędów z połączeniem sprzężystym – regulatory PI/PID.	2
La14	Badanie wybranych struktur dla napędów z połączeniem sprzężystym – regulator stanu.	2
La15	Termin dodatkowy. Zaliczenie.	2
suma godzin:		<b>30</b>

**STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

- N1. Wykład multimedialny z elementami wykładu tradycyjnego i problemowego.  
 N2. Konsultacje.  
 N3. Laboratorium prowadzone w sposób tradycyjny w ćwiczeniowych grupach studenckich; sprawdzanie wiedzy z pomocą krótkich sprawdzianów (wejściówki).  
 N4. Ocena sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych.

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA**

Oceny <i>F - formująca w trakcie semestru P - podsumowująca na koniec semestru</i>	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1(w)	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03	Uczestnictwo w zajęciach.
F2(w)	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03	Egzamin końcowy.
P(w)	$P=0,1 \cdot F1 + 0,9 \cdot F2$	
F1(L)	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01	Aktywność na zajęciach laboratoryjnych (w tym oceny z kartkówek).
F2(L)	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01	Sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia.
P(L)	$P=0,3 \cdot F1 + 0,7 \cdot F2$	

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA****LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Kaźmierkowski M.P., Tunia H., Automatyka napędu przekształtnikowego. PWN, 1987  
 [2] Orłowska-Kowalska T., Bezczytnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, 2003  
 [3] Orłowska-Kowalska T., Automatyka napędu elektrycznego - podstawy. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, w druku  
 [4] Szabat K., Struktury sterowania elektrycznych układów napędowych z połączeniami sprężystymi, Oficyna Wyd. P.Wr., Wrocław, 2008  
 [5] Zawirski K., Deskur J., Kaczmarek T., Automatyka napędu elektrycznego, Wyd. Polit. Poznańskiej, 2012  
 [6] T. Kaczorek, A. Dzieliński, W. Dobrowolski, R. Łopatka. Podstawy teorii sterowania, WNT, 2005  
 [7] P. Tatjewski, Sterowanie zaawansowane obiektów przemysłowych. Struktury i algorytmy, Exit 2000

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] P.Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control, Oxford University Press, 1998  
 [2] M.D.Murphy, F.G.Turnbull, Power Electronic Control of AC Drives, Pergamon Press, Oxford, 1988  
 [3] W. Leonhard, Control of Electrical Drives, Springer Verlag, 1990  
 [4] K. Ogata, Modern Control Engineering

**OPIEKUN PRZEDMIOTU**

Teresa Orłowska-Kowalska, [teresa.orlowska-kowalska@pwr.edu.pl](mailto:teresa.orlowska-kowalska@pwr.edu.pl)

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**ARR043218 - Automatyka napędu elektrycznego - zagadnienia wybrane**  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **Automatyka i Robotyka**  
I SPECJALNOŚCI **Automatyzacja Maszyn, Pojazdów i Urządzeń**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)	Cele przedmiotu	Treści programowe	Numer narzędzia dydaktycznego
PEK_W01	S2AMPU_W01	C.1	Wy1 Wy2 Wy3	N.1 N.2
PEK_W02	S2AMPU_W01	C.2	Wy4 Wy5 Wy6 Wy7 Wy8 Wy9 Wy10 Wy11 Wy12 Wy13 Wy14 Wy15	N.1 N.2
PEK_W03	S2AMPU_W01	C.1 C.2	Wy1 Wy2 Wy3 Wy4 Wy5 Wy6 Wy7 Wy8 Wy9 Wy10 Wy11 Wy12 Wy13 Wy14 Wy15	N.1 N.2
PEK_U01	S2AMPU_U01	C.3 C.4	La1 La2 La3 La4 La5 La6 La7 La8 La9 La10 La11 La12 La13 La14 La15	N.3 N.4
PEK_U02	S2AMPU_U01	C.3 C.4	La1 La2 La3 La4 La5 La6 La7 La8 La9 La10 La11 La12 La13 La14 La15	N.3 N.4
PEK_K01	K2AiR_K06 K2AiR_K07	C.5	La1 La2 La3 La4 La5 La6 La7 La8 La9 La10 La11 La12 La13 La14 La15	N.3 N.4