

Wydział Mechaniczny PWR

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Napędy elektryczne**

Nazwa w języku angielskim: **Electrical drives**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Inżynieria Biomedyczna**

Stopień studiów i forma: **I stopień, stacjonarna**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **IBR041028**

Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Egzamin		Zaliczenie na ocenę		
Grupa kursów					
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1.8		1.4		

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

1. Ma podstawową wiedzę z zakresu fizyki, w tym z elektrodynamiki i elektromagnetyzmu.
2. Ma podstawową wiedzę w zakresie elektrotechniki, ze szczególnym uwzględnieniem teorii obwodów elektrycznych prądu stałego i przemiennego.
3. Potrafi poprawnie i efektywnie zastosować wiedzę z rachunku różniczkowego i całkowego funkcji jednej zmiennej do jakościowej i ilościowej analizy zagadnień matematycznych powiązanych ze studiowaną dyscypliną inżynierską.

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie studenta z podstawowymi maszynami elektrycznymi w nowoczesnych napędach.  
C2. Zapoznanie studenta z podstawowymi zagadnieniami teorii ruchu oraz podstawami teorii sterowania w napędach elektrycznych.  
C3. Zapoznanie studenta ze sposobami sterowania w nowoczesnych układach mechatronicznych, w tym urządzeń dla medycznych.  
C4. Nabycie praktycznej wiedzy i umiejętności badania oraz analizy działania wybranych zautomatyzowanych układów napędowych z silnikami prądu stałego i przemiennego.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### I. Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 - Ma wiedzę o podstawowych elementach przekształtnikowego układu napędowego i stanach jego pracy oraz potrafi je definiować i opisywać. Potrafi rozróżniać i objaśniać zasady działania i charakterystyki statyczne podstawowych silników elektrycznych i maszyn roboczych.

PEK\_W02 - Potrafi scharakteryzować i wytłumaczyć poszczególne metody sterowania prędkością silników prądu stałego i przemiennego.

PEK\_W03 - Potrafi omówić podstawowe struktury sterowania prędkością i momentem silników prądu stałego i przemiennego w układach otwartych i zamkniętych.

### II. Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 - Potrafi obliczyć podstawowe wielkości charakteryzujące pracę silników prądu stałego i przemiennego. Potrafi dobierać aparaturę pomiarową do silników różnej mocy stosowanych w wybranych układach napędowych

PEK\_U02 - Potrafi zrealizować pomiary charakterystyk statycznych i dynamicznych różnych układów napędowych, przeanalizować i zinterpretować uzyskane wyniki.

PEK\_U03 - Potrafi wykonać badania symulacyjne wybranego układu napędowego w środowisku Matlab/Simulink na podstawie dostarczonego oprogramowania użytkowego. Potrafi wykonać analizę otrzymanych wyników badań symulacyjnych i eksperymentalnych wybranych układów napędowych prądu stałego i przemiennego sterowanych w układach zamkniętych.

### III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 - Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.

PEK\_K02 - Potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy.

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – Wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie. Definicja i elementy składowe układu napędowego, charakterystyki silników i maszyn roboczych, obszary pracy układu, napędowego	2
Wy2	Równanie ruchu, stany dynamiczne i ustalone, równowaga statyczna. Wpływ rodzaju połączenia mechanicznego na postać równania ruchu.	2
Wy3	Układy napędowe z silnikiem obcowzbudnym prądu stałego: budowa i zasada działania, model matematyczny. charakterystyki statyczne, sterowanie prędkością i hamowaniem.	2

Wy4	Regulatory liniowe. Układy anti-widup.	2
Wy5	Układy napędowe z silnikiem obcowzbudnym prądu stałego: struktura szeregowy regulacji momentu i prędkości, dobór regulatorów, właściwości dynamiczne.	2
Wy6	Układy napędowe z silnikiem indukcyjnym: budowa i zasada działania, charakterystyki statyczne, metody sterowania prędkością, metody hamowania.	2
Wy7	Podstawowe struktury częstotliwościowego sterowania prędkością i momentem silnika indukcyjnego (sterowanie skalarnie)	2
Wy8	Sterowanie wektorowe silnikiem indukcyjnym DFOC i DTC.	4
Wy9	Silniki bezszczotkowe prądu stałego i przemiennego z magnesami trwałymi; budowa i zasada działania, podstawy sterowania momentem i prędkością.	2
Wy10	Napędy elektryczne w pojazdach specjalnego przeznaczenia.	2
Wy11	Napędy elektryczne i układy regulacji położenia w złożonych systemach mechatronicznych.	2
Wy12	Układy napędowe z połączeniem elastycznym - zagadnienia wybrane.	2
Wy13	Układy napędowe bezczujnikowe oraz ze zwiększonym stopniem bezpieczeństwa - podstawy.	2
Wy14	Tendencje rozwojowe w napędzie elektrycznym. Zaliczenie.	2
		Suma: 30
Forma zajęć – Laboratorium		Liczba godzin
Lab1	Wprowadzenie - ogólne zapoznanie się ze stanowiskami laboratoryjnymi; omówienie zasad wykonywania pomiarów wielkości elektrycznych i mechanicznych przyrządami analogowymi i cyfrowymi; szkolenie BHP.	2
Lab2	Kształtowanie charakterystyk silnika obcowzbudnego prądu stałego w różnych stanach pracy.	2
Lab3	Badanie układu napędowego z silnikiem obcowzbudnym zasilanym z nawrotnego prostownika sterowanego.	2
Lab4	Badanie układów rozruchowych silników indukcyjnych klatkowych i pierścieniowych.	2
Lab5	Badanie układu napędowego z silnikiem indukcyjnym i falownikiem napięcia - sterowanie skalarnie	2
Lab6	Wykorzystanie pakietu Matlab Simulink do modelowania złożonych układów napędowych.	2
Lab7	Regulatory liniowe - układy anti wind-up.	2
Lab8	Synteza sterowania obiektem dynamicznym 2-go rzędu przy wykorzystaniu kryterium modułu i symetrii.	2
Lab9	Sterowanie przekształtnikiem częstotliwości metodą PWM.	2
Lab10	Sterowanie silnikiem prądu stałego w strukturze kaskadowej. Stosowanie różnych metod doboru parametrów regulatorów.	2
Lab11	Sterowanie silnikiem prądu stałego z połączeniem elastycznym.	2
Lab12	Sterowanie polowo-zorientowane silnikiem indukcyjnym - DFOC	2

Lab13	Bezpośrednie sterowanie momentem elektromagnetycznym silnika indukcyjnego - DTC	2
Lab14	Napędy z silnikami synchronicznymi z magnesami trwałymi - PMSM.	2
Lab15	Zaliczenie	2
		Suma: 30

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. praca własna – przygotowanie do laboratorium  
N2. przygotowanie sprawozdania  
N3. eksperyment laboratoryjny  
N4. przygotowanie sprawozdania  
N5. wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji i slajdów

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01 - PEK_W03	zaliczenie pisemne
F2	PEK_W01 - PEK_W03, PEK_K01	obecność na wykładach
$P = 0.1 \cdot F2 + 0.9 \cdot F1$		

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Laboratorium)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_U01 - PEK_U03	Ocena przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych
F2	PEK_U01 - PEK_U03	Aktywność na zajęciach
F3	PEK_U01 - PEK_U03	Ocena sprawozdań
$P = 0,6 \cdot F1 + 0,3 \cdot F2 + 0,1 \cdot F3$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

Napęd elektryczny, praca zbiorowa pod red. Z. Grunwalda, WNT, 1987

Napęd elektryczny – laboratorium, praca zbiorowa pod red. T. Orłowskiej-Kowalskiej, Oficyna Wyd. P.Wr., 2000

Kaźmierkowski M.P., Tunia H., Automatyka napędu przekształtnikowego. PWN, 1987

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

Koczara W., Wprowadzenie do napędu elektrycznego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2012

Zawirski K. Automatyka napędu elektrycznego. PP

Orłowska-Kowalska T., Bezcujnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, 2003

## OPIEKUN PRZEDMIOTU

dr hab. inż. Mateusz Dybkowski email: [mateusz.dybkowski@pwr.edu.pl](mailto:mateusz.dybkowski@pwr.edu.pl)

Faculty of Mechanical Engineering

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Napędy elektryczne**

Name in English: **Electrical drives**

Main field of study (if applicable): **Biomedical Engineering**

Level and form of studies: **I level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **IBR041028**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	90		60		
Form of crediting	Examination		Crediting with grade		
Group of courses					
Number of ECTS points	3		2		
including number of ECTS points for practical (P) classes			2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.8		1.4		

### PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. He has basic knowledge of physics, including electrodynamics and electromagnetism.
2. He has basic knowledge in electrical engineering, with particular emphasis on DC and AC circuits.
3. Can correctly and effectively apply knowledge from the differential and integral calculus functions of one variable to the qualitative and quantitative analysis of mathematical problems related to the studied engineering discipline.

### SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Familiarize students with basic electrical machines in modern motors.
- C2. To familiarize students with basic theories of motion theory and the fundamentals of control theory in electrical drives.
- C3. To acquaint the student with the methods of control in modern mechatronic systems, including medical devices.
- C4. Acquisition of practical knowledge and skills of research and analysis of the operation of selected automated propulsion systems with DC and AC motors.

## SUBJECT LEARNING OUTCOMES

### I. Relating to knowledge:

PEK\_W01 - He has knowledge of the basic components of the converter and its operating conditions and is able to define and describe them. Can distinguish and explain the principles of operation and static characteristics of basic electric motors and work machines.

PEK\_W02 - It can characterize and explain the different methods of controlling the speed of DC motors and alternating current motors.

PEK\_W03 - He can discuss the basic structures of speed control and torque of DC and AC motors in open and closed systems.

### II. Relating to skills:

PEK\_U01 - Is able to calculate the basic quantities characterizing the work of DC motors and AC.

He can choose measuring instruments for various power motors used in selected propulsion systems

PEK\_U02 - It can measure the static and dynamic characteristics of different propulsion systems, analyze and interpret the results.

PEK\_U03 - He can perform simulations of the selected drivetrain in Matlab / Simulink based on the supplied utility software. He can perform analysis of the results of simulation and experimental studies of selected DC and AC drives controlled in closed systems.

### III. Relating to social competences:

PEK\_K01 - He is able to work together and work in a team with different roles.

PEK\_K02 - He can think and act in an entrepreneurial way.

## PROGRAM CONTENT

Form of classes – Lecture		Number of hours
Lec1	Introduction. Definition and components of the propulsion system, characteristics of motors and work machines, areas of operation of the propulsion system	2
Lec2	Equation of motion, dynamic and fixed states, static equilibrium. The effect of the type of mechanical connection on the form of the motion equation.	2
Lec3	DC motor drive systems.	2
Lec4	Linear controllers. Anty wid - up systems.	2
Lec5	Cascade control of DC motor drive system. Theory and dynamical properties.	2
Lec6	Induction motor drives. Construction and operation principle, static characteristics, speed control methods, braking methods.	2
Lec7	Scalr control of induction motor drive system.	2
Lec8	Vector control of induction motor - DTC and DFOC methods.	4
Lec9	Brushless DC machines.	2
Lec10	Electric drives for special vehicles.	2
Lec11	Electric drives and position control systems in complex mechatronic systems.	2
Lec12	Electrical drives with Elastic coupling.	2

Lec13	Sensorless induction motor drives with increase safety.	2
Lec14	Development trends in electric propulsion. Examination.	2
		Total hours: 30
Form of classes – Laboratory		Number of hours
Lab1	Introduction - general information about laboratory set-up; An overview of the principles of measuring electrical and mechanical quantities with analog and digital instruments; OSH training.	2
Lab2	Shaping the characteristics of a DC motor in various operating states.	2
Lab3	Study of a DC drive system with a powered by a reversible rectifier.	2
Lab4	Testing of starter systems of induction motors.	2
Lab5	Scalar control of induction motor with pover converter.	2
Lab6	Matlab Simulink for modeling complex propulsion systems.	2
Lab7	Linear controllers - anty wind-up systems.	2
Lab8	Synthesis of 2nd order dynamic object control using module criterion and symmetry.	2
Lab9	Control of power convertr using PWM method.	2
Lab10	Cascade control of DC motor.	2
Lab11	DC motor drive system with elasting coupling.	2
Lab12	Field Oriented Control of Induction Motor.	2
Lab13	Direct Torque Control of Induction Motor.	2
Lab14	Electrical drives with synchronous motors - PMSM	2
Lab15	Examination	2
		Total hours: 30

TEACHING TOOLS USED
<p>N1. self study - preparation for laboratory class</p> <p>N2. report preparation</p> <p>N3. laboratory experiment</p> <p>N4. report preparation</p> <p>N5. traditional lecture with the use of transparencies and slides</p>



EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_W01 - PEK_W03	written exam
F2	PEK_W01 - PEK_W03, PEK_K01	presence at lectures
$P = 0.1 \cdot F2 + 0.9 \cdot F1$		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Laboratory)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_U01 - PEK_U03	preparation for laboratory class
F2	PEK_U01 - PEK_U03	Activity in class
F3	PEK_U01 - PEK_U03	report preparation
$P = 0,6 \cdot F1 + 0,3 \cdot F2 + 0,1 \cdot F3$		

PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE
<p><u>PRIMARY LITERATURE</u>            Napęd elektryczny, praca zbiorowa pod red. Z. Grunwalda, WNT, 1987            Napęd elektryczny – laboratorium, praca zbiorowa pod red. T. Orłowskiej-Kowalskiej, Oficyna Wyd. P.Wr., 2000            Kaźmierkowski M.P., Tunia H., Automatyka napędu przekształtnikowego. PWN, 1987</p> <p><u>SECONDARY LITERATURE</u>            Koczara W., Wprowadzenie do napędu elektrycznego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2012            Zawirski K. Automatyka napędu elektrycznego. PP            Orłowska-Kowalska T., Bezczytnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, 2003</p>

SUBJECT SUPERVISOR
dr hab. inż. Mateusz Dybkowski email: mateusz.dybkowski@pwr.edu.pl

