

Wydział Mechaniczny PWR

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Napędy elektryczne**

Nazwa w języku angielskim: **Electrical drives**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Biomechanika Inżynierska**

Poziom i forma studiów: **I stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **BIR041028**

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 anty-widup. | 2 |
| Wy5 | Układy napędowe z silnikiem obcowzbudnym prądu stałego: struktura szeregową 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 skalarne) | 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 skalarne | 2 |
| Lab6 | Wykorzystanie pakietu Matlab Simulink do modelowania złożonych układów napędowych. | 2 |
| Lab7 | Regulatory liniowe - układy anty 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., Bezczytnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, 2003

OPIEKUN PRZEDMIOTU

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

SUBJECT CARD

Name in Polish: **Napędy elektryczne**

Name in English: **Electrical drives**

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

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

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **BIR041028**

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 | Scalar 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 power converter. | 2 |
| Lab6 | Matlab Simulink for modeling complex propulsion systems. | 2 |
| Lab7 | Linear controllers - anti wind-up systems. | 2 |
| Lab8 | Synthesis of 2nd order dynamic object control using module criterion and symmetry. | 2 |
| Lab9 | Control of power converter 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 | |
| N1. self study - preparation for laboratory class N2. report preparation N3. laboratory experiment N4. report preparation N5. traditional lecture with the use of transparencies and slides | |

| 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 | |

