

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2014/2015

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: Elek

Stopień studiów: II

Specjalności: Elektryczne urządzenia sterowania

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                               |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Automatyka napędów przekształtnikowych        |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Automatic Control of Power Electronics Drives |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIEiK ELEKTROTECH oIIN PW10 14/15             |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe                    |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 5.00                                          |
| SEMESTRY                                | 2                                             |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY |   |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 2       | 15      | 0         | 10          | 10                              | 10       | 0 |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** 1. Struktury układów regulacji automatycznej napędów z silnikami prądu stałego i przemiennego, ich analiza i synteza. Dobór optymalnych nastaw i parametrów układu sterowania.

**Cel 2** 2. Wpływ przekształtników statycznych na jakość sterowania napędem i sieć zasilającą. Uwzględnienie filtrów wejściowych i wyjściowych w układzie sterowania.

**Cel 3** 3. Zasady projektowania napędów przekształtnikowych i metodyka ich modelowania komputerowego.

**Cel 4** 4. Problematyka sterowania bezczujnikowego i zastosowania sztucznej inteligencji w napędach przekształtnikowych.

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

1 Podstawy napędów elektrycznych w zakresie kursu inżynierskiego.

2 Znajomość metod sterowania podstawowych przekształtników energoelektronicznych (prostowniki, przerywacze, falowniki).

3 Modelowanie matematyczne maszyn elektrycznych i układów elektromechanicznych.

4 Podstawy automatyki i teorii sterowania.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** K\_W06. ma podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie modelowania i identyfikacji parametrów dynamicznych elektromechanicznych systemów napędowych oraz ich oddziaływania na sieć energetyczną

**EK2 Wiedza** K\_W08. ma podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie metod sterowania przekształtników energoelektronicznych i innych urządzeń elektrycznych, w szczególności silników elektrycznych

**EK3 Umiejętności** K\_U03. potrafi opracować szczegółową dokumentację z przeprowadzonego eksperymentu, zadania projektowego lub badawczego o charakterze naukowym

**EK4 Umiejętności** K\_U15. potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania konstrukcyjne urządzeń elektrycznych i systemów elektromechanicznego przetwarzania energii oraz ich układów sterowania

**EK5 Kompetencje społeczne** K\_K03. potrafi ustalić harmonogram i podział prac przy zespołowej realizacji zadania badawczego

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| PROJEKTY |                                                                                                                                                |                  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP       | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                         | LICZBA<br>GODZIN |
| P1       | 1. Zapoznanie się z zadaną tematyką projektu. Analiza układu napędowego. Przegląd literatury. Wybór programu komputerowego. Dobór podzespołów. | 1                |
| P2       | 2. Opis matematyczny napędu. Wyznaczenie parametrów modelu. Dobór nastaw układu sterowania.                                                    | 3                |
| P3       | 3. Sformułowanie programu symulacji komputerowych projektowanego układu napędowego i badania komputerowe. Dobór podzespołów konstrukcyjnych.   | 4                |
| P4       | 4. Przygotowanie i wygłoszenie referatu w formie sprawozdania z przeprowadzonych badań i omówienia dokumentacji projektowej.                   | 2                |

| WYKŁADY   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | 1. AUTOMATYKA NAPĘDÓW Z OBCOWZBUDNYM SILNIKIEM PRĄDU STAŁEGO. Struktury układów regulacji automatycznej i fizykalna interpretacja ich działania. Opis matematyczny. Synteza układu regulacji automatycznej. Dobór regulatorów o działaniu ciągłym i dyskretnym. Wpływ zasilania przekształtnikowego. Serwonapęd. Estymacja i obserwacja zmiennych stanu. Zastosowanie układów sterowania rozmytego. Kolokwium sprawdzające.                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                |
| <b>W2</b> | 2. AUTOMATYKA NAPĘDÓW Z BEZSZCZOTKOWYM SILNIKIEM PRĄDU STAŁEGO. Podstawowa struktura układu sterowania, jednotaktowy czujnik położenia wirnika, praca silnika przy sterowaniu napięciowym i komutacji trójfazowej i dwufazowej. Regulacja momentu elektromagnetycznego. Bezpośrednia regulacja momentu. Praca dwustrefowa napędu. Sterowanie prądowe przy komutatorze opartym na falowniku napięcia i falowniku prądu. Wymuszanie prądów prostokątnych. Wielopulsowy czujnik położenia wirnika. Możliwości sterowania bezczujnikowego z obserwacją napięć rotacji. Kolokwium sprawdzające.                                                                                        | 5                |
| <b>W3</b> | 3. AUTOMATYKA NAPĘDÓW Z SILNIKIEM INDUKCYJNYM KLATKOWYM. Metody regulacji momentu elektromagnetycznego przy sterowaniu wektorowym silników pierścieniowych i klatkowych. Sterowanie zorientowane względem wektora strumienia stojana i względem wektora strumienia wirnika. Wyznaczenie wektorów strumieni z modelu napięciowego i prądowego. Metody bezpośredniej regulacji momentu. Sterowanie z wymuszeniem napięcia i wymuszeniem prądu. Sterowanie bezczujnikowe. Adaptacyjny estymator prędkości typu MRAS i jego modyfikacje. Zastosowanie obserwatorów zmiennych stanu silników indukcyjnych. Napędy uniwersalne sterowane skalarnie i wektorowo. Kolokwium sprawdzające. | 4                |
| <b>W4</b> | AUTOMATYKA SYSTEMÓW WIELO NAPĘDOWYCH. Przykłady wielonapędowych układów przemysłowych. Systemy zadawania sygnałów sterujących bezpośredni, hierarchiczny. Analiza i modelowanie uproszczone automatyki układu wielo napędowego.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2                |

| LABORATORIA KOMPUTEROWE |                                                                                       |                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K1</b>               | Objaśnienie celu i zakresu laboratorium korespondującego z laboratorium aparaturowym. | 1                |
| <b>K2</b>               | Dobór nastaw układu automatycznej regulacji prędkości silnika komutatorowego.         | 2                |
| <b>K4</b>               | Badanie układu regulacji wektorowej momentu i prędkości silnika indukcyjnego.         | 2                |
| <b>K5</b>               | Regulacja automatyczna napędu z bezszczotkowym silnikiem prądu stałego.               | 2                |
| <b>K6</b>               | Badanie wybranego układu automatyki napędowej.                                        | 2                |
| <b>K7</b>               | Kolokwium zaliczeniowe.                                                               | 1                |

| LABORATORIA |                                                                                                      |                  |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP          | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                               | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>L1</b>   | 1. Wprowadzenie do laboratorium. Szkolenie BHP.                                                      | 1                |
| <b>L2</b>   | 2. Dobór nastaw układu automatycznej regulacji prędkości silnika komutatorowego.                     | 3                |
| <b>L3</b>   | 3. Identyfikacja parametrów przemysłowego układu skalarnej regulacji prędkości silnika indukcyjnego. | 3                |
| <b>L5</b>   | 5. Dobór nastaw układu automatycznej regulacji prędkości bezszczotkowego silnika prądu stałego.      | 3                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Ćwiczenia projektowe

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 45                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 10                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 5                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 20                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 10                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 10                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>        | <b>100</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 5.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Projekt zespołowy

F2 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F3 Odpowiedź ustna

F4 Kolokwium

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

B1 Projekt zespołowy

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | Zasady doboru nastaw układów regulacji automatycznej napędów przekształtnikowych z uwzględnieniem parametrów silnika, przekształtnika, sieci zasilającej i obciążenia mechanicznego. Identyfikacja parametrów modeli matematycznych napędów przekształtnikowych. Formułowanie modelu symulacji komputerowej pracy napędów. Metodyka przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych i ocena wyników obliczeniowych wzajemnego oddziaływania silnika, przekształtnika, sieci zasilającej i obciążenia mechanicznego. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 3.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | Sterowanie przekształtników energoelektronicznych jako źródeł napięcia lub prądu zasilających silnik napędowy: przerywacze prądu stałego, falowniki, prostowniki sterowane fazowo,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 3.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | Dokumentacja projektu i wygłoszony referat. Sformułowanie wniosków dotyczących działania zaprojektowanego urządzenia atomatyki napędowej. Sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych i omówienie, uzasadnione teoretycznie, uzyskanych wyników badań. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | Ocena wpływu niewłaściwego doboru nastaw układu sterowania. Ocena wpływu zakłóceń na jakość regulacji. Ocena wpływu napędu przekształtnikowego na sieć zasilającą i system elektroenergetyczny. Diagnostyka uszkodzeń napędu przekształtnikowego. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | Skuteczność podziału zadań na jakość ich wykonania przy realizacji projektów i ćwiczeń laboratoryjnych.                                                                                                                                           |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU            | TREŚCI PROGRAMOWE                                              | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSODY OCENY  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| EK1               |                                                                                | Cel 1 Cel 2<br>Cel 3 Cel 4 | P1 P2 P3 P4 W1<br>W2 W3 W4 K1<br>K2 K4 K5 K6<br>K7 L1 L2 L3 L5 | N1 N2 N3              | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK2               |                                                                                | Cel 2 Cel 3                | P3 P4 W1 W2<br>W3 W4 K2 K4<br>K5 L2 L3 L5                      | N1 N2 N3              | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK3               |                                                                                | Cel 1 Cel 3                | P4 W1 W2 W3<br>W4 K1 K2 K4<br>K5 K6 L2 L3 L5                   | N2 N3                 | F1 F2 F3 P1    |
| EK4               |                                                                                | Cel 1 Cel 2<br>Cel 3 Cel 4 | P1 P2 P3 P4 W1<br>W2 W3 W4 K2<br>K4 K5 K6 L2 L3<br>L5          | N1 N2 N3              | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK5               |                                                                                | Cel 2 Cel 3                | P1 P2 P3 P4 W1<br>W2 W3 W4 K1<br>K2 K4 K5 K6<br>K7 L1 L2 L3 L5 | N2 N3                 | F1 F2 F3 F4 P1 |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Drozdowski Piotr — *Automatyka napędów przekształtnikowych*, Kraków, 2012, Plik w formacie .pdf
- [2] | Drozdowski Piotr — *Wprowadzenie do napędów elektrycznych*, Kraków, 1998, Wyd. PK
- [3] | Tunia H., Kaźmierkowski M. — *Automatyka napędu przekształtnikowego.*, Warszawa, 1987, PWN
- [4] | Bielawski S. — *Teoria napędu elektrycznego*, Warszawa, 1978, WNT

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Orłowska-Kowalska T. — *Bezczujnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi*, Wrocław, 2003, Ofic. Wyd. PW
- [2] | Zawirski K. — *Sterowanie silnikiem synchronicznym o magnesach trwałych*, Poznań, 2005, Wyd. PP
- [3] | Kozioł R., Sawicki J., Szklarski L. — *Digital Control of Electric Drives*, Warszawa, 1992, PWN
- [4] | Orłowska-Kowalska T. Editor — *Power electronics and electrical drives*, Wrocław, 2007, Ofic. Wyd. PW

## 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. Witold Mazgaj (kontakt: wmazgaj@pk.edu.pl)

3 Dr inż. Zbigniew Szular (kontakt: aszs@poczta.fm)

4 Dr inż. Janusz Petryna (kontakt: jpetryna@pk.edu.pl)

5 Mgr inż. Arkadiusz Duda (kontakt: aduda@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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