

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2022/2023

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika i Automatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E7

Stopień studiów: I

Specjalności: Automatyka w układach elektrycznych, Trakcja elektryczna, Inżynieria systemów elektrycznych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Energoelektronika                   |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Power Electronics                   |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIEiK EIA20_21_IST_ST oIS PK4 22/23 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe               |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 5.00                                |
| SEMESTRY                                | 4                                   |

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

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY |   |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 4       | 25      | 20        | 20          | 0                               | 0        | 0 |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z podstawowymi półprzewodnikowymi przyrządami mocy, stanami pracy, zasadami przełączania i ich właściwościami

**Cel 2** Zapoznanie studentów ze strukturami, zasadami działania, właściwościami i podstawowymi metodami sterowania przekształtników energoelektronicznych

**Cel 3** Przedstawienie sposobów wyznaczania wartości podstawowych parametrów sterowania oraz obliczania wartości prądów i napięć w przekształtnikach energoelektronicznych dla zadanych warunków pracy

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

1 Umiejętność rozwiązywania prostych równań różniczkowych zwyczajnych

2 Znajomość podstawowych definicji i praw teorii obwodów

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Znajomość zasad pracy podstawowych półprzewodnikowych elementów sterowanych, ich właściwości i sposobów przełączania

**EK2 Wiedza** Znajomość struktur prostowników tyrystorowych, zasad pracy, właściwości i podstaw sterowania

**EK3 Wiedza** Znajomość układów połączeń jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia, zasad pracy, właściwości i podstawowych metod sterowania

**EK4 Wiedza** Znajomość struktur, zasad pracy, właściwości i podstaw sterowania regulatorów prądu przemiennego i układów regulacji impulsowej napięcia stałego

**EK5 Umiejętności** Umiejętność wyznaczania podstawowych parametrów sterowania przekształtników energoelektronicznych dla zadanych warunków pracy oraz obliczania wartości średnich lub skutecznych napięć i prądów w układach z przekształtnikami energoelektronicznymi

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIA |                                                                     |                  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP          | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH              | LICZBA<br>GODZIN |
| L1          | Wprowadzenie do laboratorium, zasady BHP, warunki zaliczenia        | 3                |
| L2          | Podstawowe zastosowania sterowanych elementów energoelektronicznych | 3                |
| L3          | Trójfazowy prostownik sterowany w układzie gwiazdowym i mostkowym   | 3                |
| L4          | Jednofazowy i trójfazowy falownik napięcia                          | 3                |
| L5          | Regulacja impulsowa napięcia                                        | 3                |
| L6          | Zaliczanie ćwiczeń (teoria, sprawozdania)                           | 5                |

| ĆWICZENIA |                                                                                                          |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                   | LICZBA<br>GODZIN |
| C1        | Wyznaczanie przebiegów napięć i prądów w prostych układach zawierających półprzewodnikowe przyrządy mocy | 8                |

| ĆWICZENIA |                                                                                                                            |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C2</b> | Wyznaczanie wartości podstawowych parametrów sterowania przekształtników energoelektronicznych dla zadanych warunków pracy | 6                |
| <b>C3</b> | Wyznaczanie wartości średnich lub skutecznych napięć i prądów w układach z przekształtnikami energoelektronicznymi         | 6                |

| WYKŁADY   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                      | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Podstawowe sterowane elementy energoelektroniczne, stany pracy, właściwości, charakterystyki prądowo - napięciowe, zasady przełączania, zasady łączenia elementów                                                                                                                                                                           | 4                |
| <b>W2</b> | Trójfazowe prostowniki sterowane, charakterystyki sterowania, wpływ diody zwrotnej na pracę prostownika, praca z odbiornikiem typu RL i RLE, komutacja w prostownikach, praca falownicza prostownika sterowanego                                                                                                                            | 6                |
| <b>W3</b> | Jednofazowe i trójfazowe falowniki napięcia, praca falowników z prostokątną falą napięcia wyjściowego, praca falowników z modulacją szerokości impulsów, kształt napięcia i prądu odbiornika zasilanego przez falowniki, regulacja wartości skutecznej napięcia wyjściowego falowników, podstawowe metody sterowania w falownikach napięcia | 6                |
| <b>W4</b> | Jednofazowe i trójfazowe regulatory prądu przemiennego, krytyczny kąt załączania, charakterystyki sterowania, kształt napięcia wyjściowego regulatorów prądu przemiennego                                                                                                                                                                   | 5                |
| <b>W5</b> | Regulacja impulsowa napięcia stałego, zasady sterowania, praca z odbiornikiem typu RL i RLE, wahania prądu odbiornika i sposoby ich ograniczenia, dwustanowa regulacja prądu odbiornika                                                                                                                                                     | 4                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Ćwiczenia audytoryjne

N4 Zadania tablicowe

N5 Ćwiczenia laboratoryjne

N6 Praca w grupach

N7 Dyskusja

N8 Konsultacje

## 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                                                               | 65                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 2                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 3                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 35                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 15                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 10                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>130</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 5.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Kolokwium

**F2** Odpowiedź ustna

**F3** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F4** Zadanie tablicowe

**F5** Ocena 5

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

**P2** Egzamin w formie pisemno - ustnej

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Ocena końcowa z przedmiotu jest średnią ważoną oceny z egzaminu, oceny końcowej z ćwiczeń audytoryjnych oraz oceny końcowej z laboratorium. Ocena końcowa z egzaminu przyjmowana jest z wagą 2, oceny końcowe z ćwiczeń audytoryjnych i laboratorium z wagą 1

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna podstawowych energoelektronicznych elementów sterowanych                                                                                                                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna zasady pracy tyrystora SCR i tranzystora IGBT                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna zasady pracy tyrystora SCR i tranzystora IGBT oraz potrafi scharakteryzować stany pracy tych elementów                                                                                                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna zasady pracy tyrystora SCR i tranzystora IGBT, potrafi scharakteryzować stany pracy tych elementów oraz zna zasady przełączania tych elementów                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna zasady pracy tyrystora SCR i tranzystora IGBT, potrafi scharakteryzować stany pracy tych elementów, zasady przełączania tych elementów oraz zna właściwości tyrystora SCR i tranzystora IGBT                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna zasady pracy tyrystora SCR i tranzystora IGBT, potrafi scharakteryzować stany pracy tych elementów, zasady przełączania tych elementów, zna właściwości tyrystora SCR i tranzystora IGBT oraz potrafi omówić podstawowe układy przełączania tych elementów                                                                          |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna struktur trójfazowych prostowników sterowanych                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna układ połączeń tyrystorów w prostowniku gwiazdowym i prostowniku mostkowym                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna układ połączeń tyrystorów w prostowniku gwiazdowym i prostowniku mostkowym i potrafi przedstawić kolejność przewodzenia tyrystorów w prostownikach                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna układ połączeń tyrystorów w prostowniku gwiazdowym i prostowniku mostkowym, potrafi przedstawić kolejność przewodzenia tyrystorów w prostownikach oraz zna zasady regulacji wartości średniej napięcia na odbiorniku                                                                                                                |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna układ połączeń tyrystorów w prostowniku gwiazdowym i prostowniku mostkowym, potrafi przedstawić kolejność przewodzenia tyrystorów w prostownikach, zna zasady regulacji wartości średniej napięcia na odbiorniku, potrafi omówić proces komutacji tyrystorów.                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna układ połączeń tyrystorów w prostowniku gwiazdowym i prostowniku mostkowym, potrafi przedstawić kolejność przewodzenia tyrystorów w prostownikach, zna zasady regulacji wartości średniej napięcia na odbiorniku, potrafi omówić proces komutacji tyrystorów oraz potrafi przedstawić oddziaływanie prostowników na sieć zasilającą |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna struktury jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia                                                                                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna układy połączeń jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | Zna układy połączeń jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia i oraz kolejność załączania tranzystorów przy pracy falownika generującego na wyjściu napięcie w postaci fali prostokątnej                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna układy połączeń jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia, kolejność załączania tranzystorów przy pracy falownika generującego na wyjściu napięcie w postaci fali prostokątnej oraz zna modulację szerokości impulsów                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna układy połączeń jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia, kolejność załączania tranzystorów przy pracy falownika generującego na wyjściu napięcie w postaci fali prostokątnej, zna modulację szerokości impulsów oraz zna sposoby regulacji wartości skutecznej napięcia wyjściowego w falownikach napięcia                                                                                                                                                                                            |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna układy połączeń jednofazowego i trójfazowego falownika napięcia, kolejność załączania tranzystorów przy pracy falownika generującego na wyjściu napięcie w postaci fali prostokątnej, zna modulację szerokości impulsów, zna sposoby regulacji wartości skutecznej napięcia wyjściowego w falownikach napięcia oraz potrafi określić rolę diod zwrotnych w falownikach napięcia                                                                                                                               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna struktur regulatorów prądu przemiennego i nie zna struktury układu regulacji impulsowej napięcia stałego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna układ jednofazowego regulatora prądu przemiennego i zna układ regulacji impulsowej napięcia stałego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna układ jednofazowego regulatora prądu przemiennego, zna układ regulacji impulsowej napięcia stałego oraz zna układy trójfazowych regulatorów prądu przemiennego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna układ jednofazowego regulatora prądu przemiennego, zna układ regulacji impulsowej napięcia stałego, zna układy trójfazowych regulatorów prądu przemiennego i wie jak regulować wartość skuteczną napięcia na odbiorniku zasilanym przez regulator prądu przemiennego.                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna układ jednofazowego regulatora prądu przemiennego, zna układ regulacji impulsowej napięcia stałego, zna układy trójfazowych regulatorów prądu przemiennego, wie jak regulować wartość skuteczną napięcia na odbiorniku zasilanym przez regulator prądu przemiennego, potrafi zdefiniować krytyczny kąt załączania regulatora i umie wyznaczyć wartość tego kąta dla zadanych parametrów odbiornika                                                                                                            |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna układ jednofazowego regulatora prądu przemiennego, zna układ regulacji impulsowej napięcia stałego, zna układy trójfazowych regulatorów prądu przemiennego, wie jak regulować wartość skuteczną napięcia na odbiorniku zasilanym przez regulator prądu przemiennego, potrafi zdefiniować krytyczny kąt załączania regulatora, umie wyznaczyć wartość tego kąta dla zadanych parametrów odbiornika i wie jak regulować wartość średnią napięcia na odbiorniku w układzie regulacji impulsowej napięcia stałego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna podstawowych parametrów sterowania układów energoelektronicznych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.0 | Zna podstawowe parametry sterowania przekształtników energoelektronicznych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| NA OCENĘ 3.5 | Zna podstawowe parametry sterowania przekształtników energoelektronicznych oraz potrafi określić zakres zmian tych parametrów                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0 | Zna podstawowe parametry sterowania przekształtników energoelektronicznych, potrafi określić zakres zmian tych parametrów oraz potrafi omówić wpływ zmian parametrów sterowania na zmiany wielkości wyjściowych przekształtników                                                                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 4.5 | Zna podstawowe parametry sterowania przekształtników energoelektronicznych, potrafi określić zakres zmian tych parametrów, potrafi omówić wpływ zmian parametrów sterowania na zmiany wielkości wyjściowych przekształtników oraz potrafi określić charakter zmian prądów i napięć odbiorników zasilanych przez przekształtniki energoelektroniczne.                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0 | Zna podstawowe parametry sterowania przekształtników energoelektronicznych, potrafi określić zakres zmian tych parametrów, potrafi omówić wpływ zmian parametrów sterowania na zmiany wielkości wyjściowych przekształtników, potrafi określić charakter zmian prądów i napięć odbiorników zasilanych przez przekształtniki energoelektroniczne oraz potrafi wyznaczać wartości skuteczne lub wartości średnie tych napięć i prądów. |

## 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<br>EiA_U05<br>EiA_K03                                                  | Cel 1           | L1 C1 W1          | N1 N2 N3 N4 N5<br>N6 N7 N8 | F1 F2 F3 P1 P2       |
| EK2               | EiA_W20<br>EiA_U05<br>EiA_K03                                                  | Cel 2           | L2 C2 W2          | N1 N2 N3 N4 N5<br>N6 N7 N8 | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |
| EK3               | EiA_W20<br>EiA_U05<br>EiA_K03                                                  | Cel 2           | L3 C2 C3 W3       | N1 N2 N3 N4 N5<br>N6 N7 N8 | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |
| EK4               | EiA_W20<br>EiA_U05<br>EiA_K03                                                  | Cel 2           | C2 W4             | N1 N2 N3 N4 N5<br>N6 N7 N8 | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE          | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE      | SPOSOBY OCENY        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| EK5               | EiA_W20<br>EiA_U03<br>EiA_U05                                                  | Cel 3           | L2 L3 C2 C3 W2<br>W3 W4 W5 | N1 N2 N3 N4 N5<br>N6 N7 N8 | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

[1 ] Nowak M., Barlik R. — *Poradnik inżyniera energoelektronika*, Warszawa, 2014, WNT

[2 ] Tunia H., Winiarski B. — *Energoelektronika*, Warszawa, 1994, WNT

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

[1 ] Drozdowski P. — *Wprowadzenie do napędów elektrycznych*, Kraków, 1998, Wyd. Politechniki Krakowskiej

[2 ] Krykowski K. — *Energoelektronika*, Gliwice, 1996, Wyd. Politechniki Śląskiej

[3 ] Tunia H., Winiarski B. — *Energoelektronika w pytaniach i odpowiedziach*, Warszawa, 1996, WNT

[4 ] Januszewski S., Świątek H., Zymmer K — *Przyrządy energoelektroniczne i ich zastosowania*, Warszawa, 2008, Wydawnictwo Książkowe Instytutu Elektrotechniki

### LITERATURA DODATKOWA

[1 ] Witold Mazgaj — *Konspekt do wykładu*, PK Kraków, 2019,

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Prof PK Witold Mazgaj (kontakt: [wmazgaj@pk.edu.pl](mailto:wmazgaj@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 Dr hab. inż. Witold Mazgaj (kontakt: [wmazgaj@pk.edu.pl](mailto:wmazgaj@pk.edu.pl))

2 Dr inż. Zbigniew Szular (kontakt: [zszular@pk.edu.pl](mailto:zszular@pk.edu.pl))

4 Dr inż. Arkadiusz Duda (kontakt: [aduda@pk.edu.pl](mailto:aduda@pk.edu.pl))

5 Mgr inż. Marcin Wawro (kontakt: [mmwawro@gmail.com](mailto:mmwawro@gmail.com))



## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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