

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika i Automatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: E7

Stopień studiów: I

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

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Elektromechaniczne przetwarzanie energii
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Electromechanical Energy Conversion
KOD PRZEDMIOTU	WIEiK EIA20_21_IST_ST oIN PK25 20/21
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	3

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

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKTY	
3	18	18	0	0	9	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Poznanie ujednoczonego opisu układów elektrycznych i mechanicznych

**Cel 2** Poznanie sposobów realizacji wzajemnego przetwarzania energii elektrycznej i mechanicznej

**Cel 3** Nabycie umiejętności formułowania równań prostych przetworników elektro-mechanicznych oraz oceny procesu przetwarzania energii

**Cel 4** Poznanie uproszczonych metod jakościowego i ilościowego określania parametrów równań przetworników elektromechanicznych

**Cel 5** Poznanie fizycznej interpretacji zjawisk elektromagnetycznych w elektromechanicznych przetwornikach energii

**Cel 6** Zapoznanie się z metodologią rozwiązywania równań elektromechanicznych przetworników energii

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

1 Znajomość podstawowych praw dla obwodów elektrycznych oraz podstawowych praw i zależności dla prostych obwodów magnetycznych.

2 Znajomość podstawowych praw i zależności dla prostych układów mechanicznych.

3 Posługiwanie się rachunkiem różniczkowym oraz całkowym.

4 Znajomość podstawowych właściwości równań różniczkowych liniowych.

5 Umiejętność posługiwania się rachunkiem macierzowym.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Znajomość podstawowych zasad rządzących procesem elektromechanicznego przetwarzania energii.

**EK2 Umiejętności** Tworzenie modeli matematycznych prostych przetworników energii o ruchu obrotowym oraz określanie właściwości procesu przetwarzania energii.

**EK3 Wiedza** Świadomość związków między budową przetwornika a możliwościami przetwarzania energii oraz umiejętność interpretacji oddziaływań elektromechanicznych.

**EK4 Umiejętności** Określanie parametrów przetworników elektromechanicznych istotnych dla procesu przetwarzania.

**EK5 Wiedza** Znajomość idei stosowania transformacji liniowych do opisu przetworników energii o ruchu obrotowym.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

PROJEKTY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>P1</b>	Modelowanie przetwornika elektromechanicznego o ruchu postępowym	3
<b>P2</b>	Modelowanie przetwornika elektromechanicznego o ruchu obrotowym	4
<b>P3</b>	Modelowanie przetwornika elektromechanicznego z komutatorem	2

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Energia jako wielkość bazowa do opisu elektromechanicznego przetwarzania energii; energetyczny opis elementów układów elektromechanicznych za pomocą funkcji energetycznych ko-energii i energii, klasyfikacja elementów: konserwatywne, dyssypatywne oraz źródła, funkcja i równania Lagrangea układów elektromechanicznych	2
<b>W2</b>	Przemiany energii za pomocą pola magnetycznego w przetwornikach o ruchu obrotowym; ko-energia układu cewek sprzężonych magnetycznie, równania Lagrangea przetworników, warunki konieczne dla przetwarzania energii	2
<b>W3</b>	Typy przetworników energii o ruchu obrotowym; typy obwodów magnetycznych, typy cewek w przetwornikach energii, równania przetworników wszystkich typów	3
<b>W4</b>	Ocena procesu przetwarzania energii; intuicyjne określanie zmienności indukcyjności w przetwornikach, pojęcie momentu elektromagnetycznego, równanie równowagi statycznej, stabilność położenia równowagi, jakościowa ocena procesu przetwarzania energii, przetworniki idealnie realizujące proces przetwarzania.	2
<b>W5</b>	Uproszczona analiza pola magnetycznego w przetwornikach energii; matematyczne reprezentacja cewek oraz geometrii obwodu magnetycznego, rozkład indukcji pola magnetycznego w szczelinie powietrznej, rodzaje pól magnetycznych w szczelinie powietrznej oraz sposoby ich wytwarzania.	2
<b>W6</b>	Obliczanie indukcyjności przetworników energii o ruchu obrotowym; pojęcie strumienia skojarzonego cewki, definicje indukcyjności własnej i wzajemnej, metodologia uproszczonego obliczania indukcyjności, zależności określające indukcyjności cewek w typowych obwodach magnetycznych	4
<b>W7</b>	Zastosowanie transformacji liniowych do opisu przetworników elektromechanicznych; idea fizykalna modelu dwuosiowego, przykłady transformacji liniowych dla przetworników dwufazowych, ogólna klasyfikacja stosowanych transformacji, reprezentacje obwodowe przetworników dla nowych zmiennych.	2
<b>W8</b>	Określanie właściwości przetworników w różnych stanach pracy; dynamicznym i ustalonym, pojęcie elektromagnetycznego procesu przejściowego, metody analizy stanów ustalonych i dynamicznych.	1

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>C1</b>	Treści programowe zgodne z tematyką wykładu	18

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia projektowe

N3 Konsultacje

N4 Praca w grupach

N5 Zadania tablicowe

N6 Prezentacje multimedialne

N7 Laboratoria komputerowe

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	0
Egzaminy i zaliczenia w sesji	0
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	45
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	60
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>150</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

## 9 SPOSOBY OCENY

**OCENA FORMUJĄCA**

F1 Odpowiedź ustna

F2 Projekt zespołowy

F3 Kolokwium

F4 Projekt indywidualny

**OCENA PODSUMOWUJĄCA**
**P1** Średnia ważona ocen formujących

**P2** Zaliczenie pisemne

**P3** Test

**KRYTERIA OCENY**

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Nieznajomość pojęć i zależności energetycznego opisu przetworników oraz równań Lagrangea
NA OCENĘ 3.0	Świadomość analogii między elementami elektrycznymi i mechanicznymi i ich klasyfikacji, umiejętność określania funkcji ko-energii oraz energii dla elementów kinetycznych i potencjalnych, znajomość równań Lagrangea układu elektromechanicznego
NA OCENĘ 3.5	Umiejętność określania funkcji ko-energii oraz równań Lagrangea dla prostego przetwornika elektromechanicznego realizującego proces przetwarzania za pomocą pola magnetycznego
NA OCENĘ 4.0	Umiejętność określania funkcji ko-energii oraz równań Lagrangea dla przetworników o ruchu obrotowym, wskazanie efektów świadczących o przetwarzaniu energii i ich interpretacja
NA OCENĘ 4.5	Umiejętność określania funkcji ko-energii oraz równań Lagrangea dla dowolnego przetwornika, wskazanie sposobów realizacji przez przetwornik przetwarzania energii elektrycznej na mechaniczną lub mechanicznej na elektryczną
NA OCENĘ 5.0	Umiejętność formułowania funkcji ko-energii dla cewek w nieliniowym obwodzie magnetycznym oraz równań Lagrangea dla przetworników o wielu niezależnych cewkach
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Nieumiejętność zapisywania równań najprostszyc przetworników i nieumiejętność określania efektów przetwarzania
NA OCENĘ 3.0	Umiejętność zapisywania równań przykładowych przetworników oraz wskazania efektów przetwarzania
NA OCENĘ 3.5	Umiejętność zapisywania równań przykładowego przetwornika oraz określania warunków stabilnego przetwarzania energii
NA OCENĘ 4.0	Znajomość ogólnych równań przetworników o ruchu obrotowym oraz wykorzystania dla opisu zadanego przetwornika
NA OCENĘ 4.5	Znajomość ogólnych równań przetworników o ruchu obrotowym oraz wykorzystania dla opisu dowolnego przetwornika wraz z jakościowym intuicyjnym określeniem indukcyjności
NA OCENĘ 5.0	Wyprowadzenie ogólnych równań przetworników o ruchu obrotowym z równań Lagrangea oraz ich świadomego wykorzystania dla opisu konkretnego przetworników o wielu uzwojeniach wraz z określeniem macierzy indukcyjności

EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Nieznajomość typów obwodów magnetycznych i typów cewek w przetwornikach o ruchu obrotowym
NA OCENĘ 3.0	Rozróżnianie typów obwodów magnetycznych przetworników o ruchu obrotowym i sposobów umieszczania w nich cewek, ocena możliwości przetwarzania energii dla dowolnego typu przetwornika, rozróżnianie pól wzbudzanych w szczelinie powietrznej przetworników
NA OCENĘ 3.5	Rozpoznawanie cech przetwornika, umiejętność jakościowej oceny procesu przetwarzania dla przykładowego przetwornika, znajomość sposobów wzbudzania pól w szczelinie powietrznej przetworników
NA OCENĘ 4.0	Umiejętność formułowania warunków dla poprawnej realizacji procesu przetwarzania oraz wskazanie przykładowego przetwornika spełniającego takie wymagania, fizykalna interpretacja zjawisk w tym przetworniku
NA OCENĘ 4.5	Umiejętność formułowania warunków dla poprawnej realizacji procesu przetwarzania oraz wskazanie klasy przetworników spełniających takie wymagania, fizykalna interpretacja zjawisk w tych przetwornikach
NA OCENĘ 5.0	Umiejętność formułowania warunków dla poprawnej realizacji procesu przetwarzania oraz wskazanie sposobów ich realizacji dla różnych typów przetworników, wskazywanie przyczyn efektów ubocznych zakłócających proces przetwarzania.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Nieznajomość pojęć związanych z opisem pola magnetycznego w przetworniku oraz definicji indukcyjności własnych i wzajemnych oraz pojęć
NA OCENĘ 3.0	Znajomość i zrozumienie pojęć okładu prądu, przepływu cewki oraz strumienia sprzężonego, znajomość zależności opisujących rozkład pola w szczelinie powietrznej przetwornika, umiejętność obliczenia indukcyjności cewki w przetworniku o stałej szczelinie powietrznej.
NA OCENĘ 3.5	Umiejętność posługiwania się wzorami określającymi rozkład pola w szczelinie oraz wzorami określającymi indukcyjności własne i wzajemne cewek w przetwornikach o równomiernej szczelinie powietrznej
NA OCENĘ 4.0	Umiejętność określania Fourierowskich reprezentacji funkcji przepływu oraz permeancji szczeliny powietrznej, świadomość uproszczeń przy analizie rozkładu pola w szczelinie powietrznej, umiejętność obliczania zbioru indukcyjności własnych i wzajemnych dla przetwornika o równomiernej szczelinie powietrznej.
NA OCENĘ 4.5	Biegłe posługiwania się wzorami określającymi rozkład pola w szczelinie powietrznej dla układów cewek oraz znajomość wzorów określających indukcyjności własne i wzajemne cewek w przetwornikach o wydano-biegunowym wirniku
NA OCENĘ 5.0	Umiejętność wyprowadzenia wzorów określających rozkład pola oraz ich zastosowania dla przetworników o dowolnym układzie cewek i kształcie szczeliny powietrznej, obliczanie indukcyjności z uwzględnieniem wyższych harmonicznych rozkładu pola w szczelinie.

EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Niezajomość celu oraz idei dwuosowego modelu przetworników
NA OCENĘ 3.0	Świadomość idei modelu dwuosowego oraz umiejętność jej przedstawienia na przykładzie przetwornika dwufazowego
NA OCENĘ 3.5	Znajomość macierzy transformacji oraz równań modelu dwuosowego wybranego przetwornika dwufazowego
NA OCENĘ 4.0	Znajomość macierzy transformacji do układu dwuosowego oraz świadomość założeń jej skuteczności. Umiejętność objaśnienia procesu transformacji i jej interpretacji fizycznej
NA OCENĘ 4.5	Znajomość transformacji stosowanych dla przetworników dwufazowych oraz końcowej postaci równań przetworników dwufazowych
NA OCENĘ 5.0	Umiejętność przeprowadzenia transformacji dla równań przetworników dwufazowych oraz wykazania korzyści z modelu dwuosowego

## 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_W11	Cel 1	W1 W2 W4	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 F3 F4 P1 P2 P3
EK2	EiA_U08 EiA_U13	Cel 2	W2 W4	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 F3 F4 P1 P2 P3
EK3	EiA_W11	Cel 3	W5 W6 W8	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 F3 F4 P1 P2 P3
EK4	EiA_U08 EiA_U13 EiA_U19	Cel 4	W5 W6 W8	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 F3 F4 P1 P2 P3
EK5	EiA_W11	Cel 5	W7 W8	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 F3 F4 P1 P2 P3

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] **T. Sobczyk, T. Węgiel** — *Wykłady z elektromechanicznego przetwarzania energii*, Kraków, 2012, PK  
[2 ] **J. Skwarczyński, Z. Tertil** — *Elektromechaniczne przetworniki energii*, Kraków, 2002, AGH

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **T. Sobczyk** — *Metodyczne aspekty modelowania matematycznego maszyn indukcyjnych*, Warszawa, 2004, WNT

### LITERATURA DODATKOWA

- [1 ] Materiały z treściami wykładów przekazywane przez prowadzącego

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab.inż. Tomasz Węgiel (kontakt: [pewegiel@cyfronet.pl](mailto:pewegiel@cyfronet.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 prof.dr hab.inż. Tadeusz Sobczyk (kontakt: [pesobczy@cyfronet.pl](mailto:pesobczy@cyfronet.pl))  
2 dr hab inż./ prof. PK Tomasz Węgiel (kontakt: [pewegiel@cyfronet.pl](mailto:pewegiel@cyfronet.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....

.....