

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Elektrotechnika

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: Elek

Stopień studiów: II

Specjalności: Elektroenergetyka, Elektryczne urządzenia sterowania, Informatyczne systemy automatyki, Monitoring i diagnostyka układów elektrycznych, Systemy trakcji elektrycznej

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|   |   |
|---|---|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Obwodowe modelowanie układów elektromagnetycznych |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Circuit Modelling of Electromagnetic Systems      |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIEiK ELEKTROTECH oIIS PK8 15/16                  |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe                             |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00  |
| SEMESTRY                                | 1   |

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

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY |   |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 1       | 30      | 0         | 0           | 15                              | 0        | 0 |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Rozszerzenie wiadomości o obwodowym modelowaniu układów elektromagnetycznych przy użyciu programu Matlab / Simulink

**Cel 2** Rozszerzenie wiadomości o polowych metodach wyznaczania charakterystyk i parametrów występujących w obwodowych modelach urządzeń elektrycznych.

**Cel 3** Utrwalenie umiejętności stosowania modelowania obwodowego w badaniach stanów nieustalonych i dynamicznych maszyn i urządzeń elektrycznych.

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

- 1 Znajomość teorii obwodów elektrycznych ze szczególnym uwzględnieniem metod analizy stanów nieustalonych oraz komputerowych metod analizy obwodów
- 2 Znajomość zasad elektromechanicznego przetwarzania energii, budowy maszyn elektrycznych i ich właściwości w stanach statycznych.
- 3 Znajomość numerycznych metod rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych liniowych i nieliniowych.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** ma wiedzę o metodach matematycznych niezbędnych do modelowania i analizy zjawisk fizycznych w układach elektromagnetycznych.

**EK2 Wiedza** zna modele matematyczne do symulacji stanów nieustalonych transformatorów oraz stanów dynamicznych maszyn elektrycznych.

**EK3 Umiejętności** potrafi przeprowadzić badania symulacyjne wybranych stanów pracy układu elektromagnetycznego przy użyciu programu Matlab /Simulink.

**EK4 Umiejętności** potrafi wyznaczyć parametry obwodowe lub nieliniowe charakterystyki układu elektromagnetycznego przy użyciu programów polowych.

**EK5 Kompetencje społeczne** rozumie potrzebę wykonywania badań modelowych w ujęciu obwodowym i polowym w procesie projektowania maszyn i urządzeń elektrycznych.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIA KOMPUTEROWE |  |                  |
|-------------------------|--|------------------|
| LP                      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| K1                      | Badania symulacyjne prądu załączenia transformatora jednofazowego z nieliniowym rdzeniem.  | 4                |
| K2                      | Symulacje rozruchu silnika asynchronicznego przy różnych metodach ograniczania prądu rozruchowego.   | 4                |
| K3                      | Symulacje stanów nieustalonych prądnicy synchronicznej przy stałej prędkości obrotowej.  | 4                |
| K4                      | Wyznaczanie napięcia i momentu elektromagnetycznego w prądnicy synchronicznej z magnesami trwałymi na podstawie wyników obliczeń polowych. | 3                |

| WYKŁADY    |   |                  |
|------------|---|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH  | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b>  | Elementy obwodów magnetycznych maszyn i urządzeń elektrycznych. Charakterystyka zjawisk fizycznych i efektów ubocznych. Metody aproksymacji charakterystyk modelujących elementy nieliniowe.              | 2                |
| <b>W2</b>  | Uproszczenia stosowane przy formułowaniu modeli matematycznych i schematów zastępczych. Specyfika modelowania obwodów magnetycznych z magnesami trwałymi.   | 2                |
| <b>W3</b>  | Metoda zmiennych stanu. Klasyfikacja równań. Numeryczne procedury rozwiązywania układów równań różniczkowych w MATLAB / SIMULINK.   | 2                |
| <b>W4</b>  | Formułowanie modeli aktuatorów i silników komutatorowych i przełączalnych z uwzględnieniem sposobu sterowania. Aplikacje w Simulink-u.  | 2                |
| <b>W5</b>  | Model transformatora trójfazowego dla stanów symetrycznych i niesymetrycznych. Analiza wyników symulacji stanów łączeniowych i zwarciovych.   | 2                |
| <b>W6</b>  | Modele trójfazowej maszyny asynchronicznej. Zadawanie charakteru wymuszeń. Interpretacja wyników symulacji wybranych stanów dynamicznych.   | 2                |
| <b>W7</b>  | Formułowanie równań dynamiki układu drugiego rzędu na przykładzie generatora asynchronicznego współpracującego z baterią kondensatorów.   | 2                |
| <b>W8</b>  | Model maszyny synchronicznej we współrzędnych naturalnych i prostokątnych wirujących.   | 2                |
| <b>W9</b>  | Sposoby symulacji różnych stanów pracy generatora i silnika synchronicznego. Wskazówki dla interpretacji wyników .  | 2                |
| <b>W10</b> | Analityczne i numeryczne metody obliczania przestrzennego rozkładu sił i momentów elektromagnetycznych.   | 2                |
| <b>W11</b> | Równania pola magnetostaticznego Przegląd numerycznych metod wyznaczania rozkładów pola. Algorytmy obliczające wielkości całkowite pola niezbędne do obliczania indukcyjnych parametrów modeli obwodowych | 2                |
| <b>W12</b> | Charakterystyka narzędzi do obliczeń rozkładu pola magnetostaticznego, pól harmonicznych i pól zmiennych. Przykłady obliczeń w programie MagNet.  | 2                |
| <b>W13</b> | Techniki numerycznego rozwiązywania równań pola. Szczegółowe przedstawienie metody elementów skończonych.   | 2                |
| <b>W14</b> | Struktury polowo-obwodowych modeli maszyn elektrycznych. Metody uwzględniania ruchu.  | 2                |
| <b>W15</b> | Prezentacja wybranych wyników obliczeń przy użyciu modeli polowo obwodowych.  | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

### N1 Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** 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   | 45  |
| 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                               | 15  |
| Opracowanie wyników  | 10  |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji   | 15  |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>   |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU  | 3.00  |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F2** Kolokwium z wykładu

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 2.0        | x   |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna metodę zmiennych stanu i potrafi zapisać równania ruchu w postaci normalnej dla przykładowego układu elektromagnetycznego |
| NA OCENĘ 3.5        | x   |

|                     |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 4.0        | Potrafi dobrać numeryczną metodę rozwiązywania równań stanu do rozwiązywanego zagadnienia                     |
| NA OCENĘ 4.5        | x   |
| NA OCENĘ 5.0        | Orientuje się w możliwościach modyfikacji parametrów procedur numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | x   |
| NA OCENĘ 3.0        | zna modele układów elektromagnetycznych o dwóch stopniach swobody   |
| NA OCENĘ 3.5        | x   |
| NA OCENĘ 4.0        | zna modele wielouzwojeniowych maszyn elektrycznych po transformacji do odpowiedniego układu współrzędnych     |
| NA OCENĘ 4.5        | x   |
| NA OCENĘ 5.0        | potrafi przedstawić struktury modeli silników przełączalnych  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | x   |
| NA OCENĘ 3.0        | Potrafi przeprowadzić symulację pracy prostego układu elektromagnetycznego                                    |
| NA OCENĘ 3.5        | x   |
| NA OCENĘ 4.0        | Potrafi przeprowadzić symulację pracy złożonego układu elektromagnetycznego                                   |
| NA OCENĘ 4.5        | x   |
| NA OCENĘ 5.0        | Potrafi zaproponować serię obliczeń symulacyjnych w celu zbadania właściwości dynamicznych wybranego układu   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | x   |
| NA OCENĘ 3.0        | potrafi wyznaczyć indukcyjności uzwojeń w liniowym obwodzie magnetycznym                                      |
| NA OCENĘ 3.5        | x   |
| NA OCENĘ 4.0        | potrafi wyznaczyć charakterystyki strumieniowo-prądowe dla uzwojeń w nieliniowym obwodzie magnetycznym        |
| NA OCENĘ 4.5        | x   |
| NA OCENĘ 5.0        | potrafi przeprowadzić estymację parametrów obwodowych na podstawie obliczeń polowych                          |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |   |

|              |  |
|--------------|--|
| NA OCENĘ 2.0 | x  |
| NA OCENĘ 3.0 | rozumie potrzebę wykonywania badań modelowych  |
| NA OCENĘ 3.5 | x  |
| NA OCENĘ 4.0 | potrafi dobrać sposób modelowania do konkretnego układu i celu   |
| NA OCENĘ 4.5 | x  |
| NA OCENĘ 5.0 | Może zaproponować przykład wprowadzenia badań modelowych do procedu projektowania urządzenia elektrycznego |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                                   | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|-----------------|---|-----------------------|---------------|
| EK1               | K_W02  | Cel 1           | K1 K2 K3 K4<br>W1 W2 W3 W4<br>W5                    | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |
| EK2               | K_W02 K_W06  | Cel 2           | K1 K2 K3 K4<br>W1 W2 W3 W4<br>W5                    | N1 N2                 | F1 F2 P1      |
| EK3               | K_U12  | Cel 2 Cel 3     | K1 K2 K3 K4<br>W1 W2 W3 W4<br>W5                    | N1 N2                 | F1 F2 P1      |
| EK4               | K_U16  | Cel 2           | K3 W6 W7 W8<br>W9 W10                               | N2                    | F1 F2 P1      |
| EK5               | K_U20  | Cel 3           | K1 K2 K3 K4<br>W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>W9 W10 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **E.Rosołowski** — *Komputerowe metody analizy elektromagnetycznych stanów przejściowych*, Wrocław, 2009, Wyd. Pol. Wrocławskiej

[2] | **M.Skowronek** — *Modelowanie cyfrowe*, Gliwice, 2004, Wyd.Pol.Śląskiej

[3] | **B.Mrozek, Z.Mrozek** — *MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika*, Gliwice, 2010, Wyd. Helion

#### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

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

[2] | **A.Warzecha** — *Wielowymiarowe charakterystyki magnesowania w modelach obwodowych maszyn elektrycznych*, Kraków, 2010, Wyd. Pol. Krakowskiej

[3] | **L.Gołębiowski, J.Lewicki** — *Układy elektromagnetyczne w energoelektronice*, Rzeszów, 2012, Wyd. Pol. Rzeszowskiej

#### LITERATURA DODATKOWA

[1] | Udostępniane materiały własne autora karty przedmiotu

[2] | [www.infolytica.com](http://www.infolytica.com) Pakiet polowy MagNet

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Prof PK Adam Warzecha (kontakt: [adam.warzecha@pk.edu.pl](mailto:adam.warzecha@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab.inż. Adam Warzecha (kontakt: [adam.warzecha@pk.edu.pl](mailto:adam.warzecha@pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....