

## WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

## KARTA PRZEDMIOTU

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Nazwa w języku polskim:           | <b>Modelowanie obwodowo-polowe maszyn i urządzeń elektrycznych</b>  |
| Nazwa w języku angielskim:        | <b>Field-circuit modelling of electrical machines and apparatus</b> |
| Kierunek studiów (jeśli dotyczy): | <b>Elektrotechnika</b>  |
| Specjalność (jeżeli dotyczy):     | <b>Elektrotechnika Przemysłowa</b>                                  |
| Stopień studiów i forma:          | <b>II stopień, stacjonarna</b>                                      |
| Rodzaj przedmiotu:                | <b>wybieralny</b>   |
| Kod przedmiotu:                   | <b>ELR033106</b>  |
| Grupa kursów:                     | <b>NIE</b>  |

|  | Wykład  | Ćwiczenia | Laboratorium        | Projekt | Seminarium |
|--|---------|-----------|---------------------|---------|------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU):                                       | 30      |           | 15                  |         |            |
| Liczba godzin zajęć całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS):                             | 60      |           | 30                  |         |            |
| Forma zaliczenia:  | egzamin |           | zaliczenie na ocenę |         |            |
| Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X):   |         |           |                     |         |            |
| Liczba punktów ECTS:   | 2       |           | 1                   |         |            |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P):                 |         |           | 1                   |         |            |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK): | 1.40    |           | 0.70                |         |            |

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

1. Ma podstawową wiedzę w zakresie równań różniczkowych zwyczajnych oraz równań różniczkowych o pochodnych cząstkowych.
2. Ma podstawową wiedzę w zakresie elektrodynamiki klasycznej (elektrostatyka, prąd elektryczny, magnetostatyka, indukcja elektromagnetyczna, fale elektromagnetyczne).
3. Zna podstawowe prawa i właściwości pola elektromagnetycznego.
4. Potrafi poprawnie i efektywnie zastosować wiedzę z rachunku różniczkowego i całkowego funkcji wielu zmiennych do jakościowej i ilościowej analizy zagadnień matematycznych powiązanych ze studiowaną dyscypliną inżynierską.
5. Potrafi zastosować poznaną teorię pola elektromagnetycznego do jakościowej i ilościowej oceny wielkości fizycznych o charakterze inżynierskim.
6. Umie współpracować w grupie i przedstawiać efekty tej współpracy.

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Przedstawienie studentowi opisu fizycznego zjawisk elektromagnetycznych stanowiących zasadę działania maszyn i urządzeń elektrycznych.
- C2. Uświadomienie studentowi związku pól elektromagnetycznych wzbudzanych w maszynach i urządzeniach z charakterystykami ich działania.
- C3. Zapoznanie studenta z uniwersalną metodą obliczania pól (metodą elementów skończonych) jako narzędzia do obliczania parametrów indukcyjnych, sił i strat mocy.
- C4. Zapoznanie studenta z polowo-obwodową metodą analizy i projektowania maszyn i urządzeń elektrycznych.
- C5. Zapoznanie z pracą zespołową przy realizacji projektu obliczeniowego.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

### Z zakresu wiedzy:

- PEK\_W01 Zna podstawowe prawa elektrodynamiki technicznej opisane równaniami Maxwella.  
 PEK\_W02 Potrafi opisać budowę modelu polowego i modelu polowo-obwodowego maszyny lub urządzenia elektrycznego.  
 PEK\_W03 Potrafi wytłumaczyć sposoby obliczania parametrów indukcyjnych uzwojeń, sił elektrodynamicznych i strat mocy.

### Z zakresu umiejętności:

- PEK\_U01 Potrafi użytkować komercyjne programy do polowych i polowo-obwodowych obliczeń elektromagnetycznych.  
 PEK\_U02 Potrafi zaprojektować dwuwymiarowe modele polowe i polowo-obwodowe urządzeń i maszyn elektrycznych oraz potrafi ocenić wyniki obliczeń numerycznych rozkładu pola elektromagnetycznego.  
 PEK\_U03 Potrafi obliczyć indukcyjności uzwojeń, siły elektrodynamiczne i momenty oraz straty mocy w elementach konstrukcyjnych.

### Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK\_K01 Zna zasady pracy grupowej i kierowania małym zespołem, przyjmując odpowiedzialność za efekty jego pracy.

## TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć - wykład |   | liczba godzin: |
|----------------------|---|----------------|
| Wy1                  | Ogólny opis tematyki przedmiotu. Rys historyczny. Wskazanie i omówienie literatury. Przedstawienie wymagań i sposobu zaliczenia przedmiotu. | 2              |
| Wy2                  | Podstawowe prawa elektrodynamiki. Równania Maxwella, relacje konstytutywne.   | 2              |
| Wy3                  | Równania różniczkowe i całkowe. Potencjały skalarny i wektorowy.  | 2              |
| Wy4                  | Energia i moc. Związki energetyczne.  | 2              |
| Wy5                  | Twierdzenie Poyntinga. Wiroprądowe straty mocy.   | 2              |
| Wy6                  | Właściwości elektromagnetyczne materiałów stosowanych w maszynach i urządzeniach elektrycznych. Magnetyki twarde i miękkie.                 | 2              |
| Wy7                  | Podstawy numerycznej metody elementów skończonych.  | 2              |
| Wy8                  | Budowa polowego modelu obliczeniowego, generowanie siatki.  | 2              |
| Wy9                  | Modele polowe i polowo-obwodowe.  | 2              |
| Wy10                 | Sprężenie modelu polowo-obwodowego z równaniem ruchu. Obliczenia dynamiczne.  | 2              |
| Wy11                 | Obliczenia dla stanu ustalonego. Pola harmoniczne. Zespolony potencjał magnetyczny wektorowy.   | 2              |
| Wy12                 | Obliczenia stanów nieustalonych. Rozwiązanie „transient”.   | 2              |
| Wy13                 | Obliczanie indukcyjności własnych i wzajemnych uzwojeń wielofazowych metodami: energetyczną i sprzężeń magnetycznych.                       | 2              |
| Wy14                 | Straty mocy w uzwojeniach, rdzeniach magnetycznych i elementach konstrukcyjnych.  | 2              |
| Wy15                 | Siły elektrodynamiczne i moment elektromagnetyczny.   | 2              |
| suma godzin:         |   | <b>30</b>      |

## Forma zajęć - laboratorium

| Forma zajęć - laboratorium |   | liczba godzin: |
|----------------------------|---|----------------|
| La1                        | Instruktaż obsługi programów komputerowych do obliczeń polowych.  | 2              |
| La2                        | Budowa dwuwymiarowego, płaskorównoległego modelu polowego urządzenia elektromagnetycznego (np. elektromagnesu stycznika).   | 2              |
| La3                        | Wykonanie obliczeń płaskorównoległego pola magnetycznego w urządzeniu elektromagnetycznym. Wykonanie analizy rozkładu pola.                                       | 2              |
| La4                        | Budowa dwuwymiarowego, osiowosymetrycznego modelu polowego urządzenia elektromagnetycznego (np. zaworu elektromagnetycznego).                                     | 2              |
| La5                        | Wykonanie obliczeń osiowosymetrycznego pola magnetycznego w urządzeniu elektromagnetycznym. Wykonanie analizy rozkładu pola i obliczenie siły elektrodynamicznej. | 2              |
| La6                        | Opracowanie modelu polowego maszyny elektrycznej z magnesami trwałymi.  | 2              |
| La7                        | Obliczenie rozkładu pola magnetycznego silnika elektrycznego z magnesami trwałymi. Obliczenie indukcyjności uzwojeń i momentu.                                    | 2              |
| La8                        | Przedstawienie do oceny sprawozdań z wykonanych ćwiczeń.  | 1              |
| suma godzin:               |   | <b>15</b>      |

## STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład z użyciem technik audiowizualnych, prezentacje multimedialne.  
 N2. Laboratorium obliczeniowe prowadzone na indywidualnych stanowiskach komputerowych.

| OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA                                      |  |   |
|---|--|---|
| Oceny<br><i>F - formująca w trakcie semestru<br/>P - podsumowująca na koniec semestru</i> | Numer efektu kształcenia                 | Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia |
| F1(W)   | PEK_W01<br>PEK_W02<br>PEK_W03            | Egzamin                                     |
| P(W)  | P=F1                                     |   |
| F1(L)   | PEK_U01<br>PEK_U02<br>PEK_U03<br>PEK_K01 | Sprawozdania z obliczeń                     |
| P(L)  | P=F1                                     |   |

| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA  |
|--|
| <b>LITERATURA PODSTAWOWA:</b><br>[1] Turowski J., Obliczenia elektromagnetyczne elementów maszyn i urządzeń elektrycznych, WNT, Warszawa 1982<br>[2] Turowski J., Elektrodynamika techniczna, WNT, Warszawa 1993<br>[3] Demenko A., Symulacja dynamicznych stanów pracy maszyn elektrycznych w ujęciu polowym, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1997<br><b>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</b><br>[1] Sadiku M. N. O., Numerical Techniques in Electromagnetics, CRC PRESS LLC, 2001<br>[2] Bianchi N., Electrical machine analysis using finite elements, CRC Taylor&Francis, Boca Raton, 2005 |

| OPIEKUN PRZEDMIOTU                  |
|-------------------------------------|
| Paweł Zalas, pawel.zalas@pwr.edu.pl |

| MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU<br><b>ELR033106 - Modelowanie obwodowo-polowe maszyn i urządzeń elektrycznych</b><br>Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU <b>Elektrotechnika</b><br>I SPECJALNOŚCI <b>Elektrotechnika Przemysłowa</b> |   |                 |  |                               |
|---|---|-----------------|--|-------------------------------|
| Przedmiotowy efekt kształcenia  | Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy) | Cele przedmiotu | Treści programowe                                    | Numer narzędzia dydaktycznego |
| PEK_W01   | S2ETP_W11   | C.1<br>C.2      | Wy1<br>Wy2<br>Wy3<br>Wy4<br>Wy5<br>Wy6               | N.1                           |
| PEK_W02   | S2ETP_W11   | C.2<br>C.3      | Wy7<br>Wy8<br>Wy9<br>Wy10                            | N.1                           |
| PEK_W03   | S2ETP_W11   | C.4             | Wy11<br>Wy12<br>Wy13<br>Wy14<br>Wy15                 | N.1                           |
| PEK_U01   | S2ETP_U09   | C.3             | La1  | N.2                           |
| PEK_U02   | S2ETP_U09   | C.3<br>C.4      | La2<br>La3<br>La4<br>La5<br>La6<br>La7               | N.2                           |
| PEK_U03   | S2ETP_U09   | C.3<br>C.4      | La3<br>La5<br>La7                                    | N.2                           |
| PEK_K01   | S2ETP_K02   | C.5             | La1<br>La2<br>La3<br>La4<br>La5<br>La6<br>La7<br>La8 | N.2                           |