

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY / STUDIUM.....

**KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Modelowanie polowo-obwodowe maszyn i urządzeń elektrycznych**

**Nazwa w języku angielskim: Field-circuit modelling of electrical machines and apparatus**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Elektrotechnika**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Elektrotechnika przemysłowa**

**Stopień studiów i forma: II niestacjonarna**

**Rodzaj przedmiotu: wybieralny**

**Kod przedmiotu ELR023166**

**Grupa kursów NIE**

|   | Wykład  | Ćwiczenia | Laboratorium        | Projekt | Seminarium |
|---|---------|-----------|---------------------|---------|------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)                                       | 22      |           | 11                  |         |            |
| Liczba godzin 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       |           | 1                   |         |            |

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

W zakresie wiedzy:

- 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

W zakresie umiejętności:

1. 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
2. Potrafi zastosować poznaną teorię pola elektromagnetycznego do jakościowej i ilościowej oceny wielkości fizycznych o charakterze inżynierskim

W zakresie kompetencji:

1. 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

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

W zakresie wiedzy:

PEK\_W01 Zna podstawowe prawa elektrodynamiki technicznej opisane równaniami Maxwella i relacjami konstytutywnymi

PEK\_W02 Rozumie podstawy metody elementów skończonych w zastosowaniu do obliczania pól elektromagnetycznych

PEK\_W03 Potrafi opisać budowę modelu polowego i modelu polowo-obwodowego maszyny lub urządzenia elektrycznego

PEK\_W04 Potrafi objaśnić uzyskany obliczeniowo rozkład pola

PEK\_W05 Potrafi wytłumaczyć sposoby obliczania parametrów indukcyjnych uzwojeń, sił elektrodynamicznych i strat mocy.

W zakresie 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

PEK\_U03 Potrafi ocenić wyniki obliczeń numerycznych rozkładu pola elektromagnetycznego

PEK\_U04 Potrafi obliczyć indukcyjności uzwojeń, siły elektrodynamiczne i momenty oraz straty mocy w elementach konstrukcyjnych

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. Wskazanie i omówienie literatury. Przedstawienie wymagań i sposobu zaliczenia przedmiotu. Podstawowe prawa elektrodynamiki.          | 2             |
| Wy2                  | Równania Maxwella, relacje konstytutywne. Właściwości elektromagnetyczne materiałów stosowanych w maszynach i urządzeniach elektrycznych. Magnetyki twarde i miękkie. | 2             |
| Wy3                  | Równania różniczkowe i całkowe. Potencjały skalarny i wektorowy.  | 2             |
| Wy4                  | Energia i moc. Związki energetyczne. Twierdzenie Poyntinga. Wiroprowadowe straty mocy.  | 2             |
| Wy5                  | Podstawy numerycznej metody elementów skończonych. Budowa polowego modelu obliczeniowego, generowanie siatki.   | 2             |
| Wy6                  | Modele obwodowo-polowe i polowo-obwodowe. przeżenie modelu polowo-obwodowego z równaniem ruchu. Obliczenia dynamiczne.  | 2             |
| Wy7                  | Obliczenia dla stanu ustalonego. Pola harmoniczne. Zespolony potencjał magnetyczny wektorowy.   | 2             |
| Wy8                  | Obliczenia stanów nieustalonych. Rozwiązanie „transient”.   | 2             |
| Wy9                  | Obliczanie indukcyjności własnych i wzajemnych uzwojeń wielofazowych metodami: energetyczną i sprzężeń magnetycznych.   | 2             |

|      |  |           |
|------|--|-----------|
| Wy10 | Straty mocy w uzwojeniach, rdzeniach magnetycznych i elementach konstrukcyjnych. | 2         |
| Wy11 | Siły elektrodynamiczne i moment elektromagnetyczny.                              | 2         |
|      | Suma godzin  | <b>22</b> |

| Forma zajęć - ćwiczenia |             | Liczba godzin |
|-------------------------|-------------|---------------|
| Ćw1                     |             |               |
| Ćw2                     |             |               |
|                         | Suma godzin |               |

| 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                        | Przedstawienie do oceny sprawozdań z wykonanych ćwiczeń.  | 1             |
|                            | Suma godzin   | <b>11</b>     |

| Forma zajęć - projekt |             | Liczba godzin |
|-----------------------|-------------|---------------|
| Pr1                   |             |               |
| Pr2                   |             |               |
|                       | Suma godzin |               |

| Forma zajęć - seminarium |             | Liczba godzin |
|--------------------------|-------------|---------------|
| Se1                      |             |               |
|                          | Suma godzin |               |

| 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 (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu kształcenia                            | Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia |
|--|---|---|
| Wykład P   | PEK_W01<br>PEK_W02<br>PEK_W03<br>PEK_W04<br>PEK_W05 | egzamin pisemny                             |
| Laboratorium P   | PEK_U01<br>PEK_U02                                  | Ocena sprawozdań z wykonanych obliczeń      |

|  |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
|  | PEK_U03<br>PEK_U04<br>PEK_K01 |  |
|  |                               |  |

| LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA   |  |
|---|--|
| <p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] Turowski J., Obliczenia elektromagnetyczne elementów maszyn i urządzeń elektrycznych, WNT, Warszawa 1982</p> <p>[2] Turowski J., Elektrodynamika techniczna, WNT, Warszawa 1993</p> <p>[3] Demenko A., Symulacja dynamicznych stanów pracy maszyn elektrycznych w ujęciu polowym, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1997</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] Sadiku M. N. O., Numerical Techniques in Electromagnetics, CRC PRESS LLC, 2001</p> <p>[2] Bianchi N., Electrical machine analysis using finite elements, CRC Taylor&amp;Francis, Boca Raton, 2005</p> |  |
| OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)   |  |
| Ludwik Antal, ludwik.antal@pwr.wroc.pl  |  |

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
MODELOWANIE POŁOWO-OBWODOWE MASZYN I URZĄDZEŃ  
ELEKTRYCZNYCH  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU ELEKTROTECHNIKA**

| <b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b> | <b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów</b> | <b>Cele przedmiotu**</b> | <b>Treści programowe**</b>     | <b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b> |
|---------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|--|
| <b>PEK_W01</b>                        | S2ETP_A_W05   | C1, C2                   | Wy1, Wy2<br>Wy3, Wy4           | N1                                     |
| <b>PEK_W02</b>                        | S2ETP_A_W05   | C3                       | Wy5                            | N1                                     |
| <b>PEK_W03</b>                        | S2ETP_A_W05   | C3                       | Wy6, Wy7,<br>Wy8               | N1                                     |
| <b>PEK_W04</b>                        | S2ETP_A_W05   | C3, C4                   | Wy9, Wy10                      | N1                                     |
| <b>PEK_W05</b>                        | S2ETP_A_W05   | C4                       | Wy11                           | N1                                     |
| <b>PEK_U01</b>                        | S2ETP_A_U05   | C3                       | La1                            | N2                                     |
| <b>PEK_U02</b>                        | S2ETP_A_U05   | C3, C4                   | La2, La4                       | N2                                     |
| <b>PEK_U03</b>                        | S2ETP_A_U05   | C3, C4                   | La3, La5                       | N2                                     |
| <b>PEK_U04</b>                        | S2ETP_A_U05   | C3, C4                   | La3, La5                       | N2                                     |
| <b>PEK_K01</b>                        | S2ETP_K02   | C5                       | La1, La2, La3<br>La4, La5, La6 | N2                                     |

\*\* - z tabeli powyżej