

## WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

## KARTA PRZEDMIOTU

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Nazwa w języku polskim:           | <b>Automatyka napędu elektrycznego - podstawy</b>  |
| Nazwa w języku angielskim:        | <b>Controlled Electrical Drives - fundamentals</b> |
| Kierunek studiów (jeśli dotyczy): | <b>Automatyka i Robotyka</b>                       |
| Specjalność (jeżeli dotyczy):     |  |
| Stopień studiów i forma:          | <b>I stopień, stacjonarna</b>                      |
| Rodzaj przedmiotu:                | <b>wybieralny</b>                                  |
| Kod przedmiotu:                   | <b>ARR043212</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):                             | 90      |           | 30                  |         |            |
| Forma zaliczenia:  | egzamin |           | zaliczenie na ocenę |         |            |
| Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X):   |         |           |                     |         |            |
| Liczba punktów ECTS:   | 3       |           | 1                   |         |            |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P):                 |         |           | 1                   |         |            |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK): | 2.10    |           | 0.70                |         |            |

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

1. Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie maszyn elektrycznych i podstaw napędu elektrycznego.
2. Ma podstawową wiedzę w zakresie opisu liniowych i nieliniowych układów regulacji automatycznej, analizy ich stabilności oraz właściwości.
3. Potrafi poprawnie i efektywnie rozwiązać zadania z zakresu analizy liniowych układów regulacji automatycznej. Potrafi zastosować odpowiedni aparat matematyczny do analizy obiektów regulacji w dziedzinie czasu.
4. Potrafi wykorzystać środowisko programowe Matlab/Simulink w obliczeniach inżynierskich.
5. Rozumie potrzebę uczestniczenia w zajęciach w celu podnoszenia swoich umiejętności i zdobywania nowej wiedzy.

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie studenta z podstawowymi metodami i strukturami sterowania przekształtnikowych napędów prądu stałego i ich realizacją praktyczną.
- C2. Zapoznanie studenta z podstawowymi metodami i strukturami sterowania skalarne i wektorowe przekształtnikowych napędów prądu przemiennego i ich realizacją praktyczną.
- C3. Nabycie praktycznej wiedzy i umiejętności badania oraz analizy działania wybranych zautomatyzowanych układów napędowych z silnikami prądu stałego i przemiennego.
- C4. Doskonalenie umiejętności rejestrowania i opracowywania w formie liczbowej i graficznej otrzymanych wyników badań oraz interpretowania i wyciągania odpowiednich wniosków.
- C5. Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów; odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu, przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

### Z zakresu wiedzy:

- PEK\_W01 Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie metod i podstawowych układów sterowania silnikiem prądu stałego.
- PEK\_W02 Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie metod i podstawowych układów sterowania silnikiem indukcyjnym i silnikami bezszczotkowymi prądu stałego i przemiennego z magnesami trwałymi.
- PEK\_W03 Potrafi zdefiniować i opisać podstawowe metody i struktury sterowania napędami z silnikami prądu stałego, indukcyjnymi, silnikami bezszczotkowymi prądu stałego i przemiennego oraz scharakteryzować ich właściwości.

### Z zakresu umiejętności:

- PEK\_U01 Potrafi wykonać badania symulacyjne wybranego układu napędowego w środowisku Matlab/Simulink na podstawie dostarczonego oprogramowania użytkowego i przeprowadzić analizę uzyskanych wyników.
- PEK\_U02 Potrafi wykonać badania eksperymentalne wybranego układu sterowania napędem elektrycznym na stanowisku laboratoryjnym i przeprowadzić analizę uzyskanych wyników.

### Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK\_K01 Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane działania.

## TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć - wykład |  | liczba godzin: |
|----------------------|--|----------------|
| Wy1                  | Zapoznanie z tematyką wykładu, wymaganiami i sposobem zaliczenia. Klasyfikacja układów sterowania napędami elektrycznymi. Optymalizacja statyczna i dynamiczna układów napędowych.                                 | 2              |
| Wy2                  | Podstawowe struktury układów regulacji momentu w napędach elektrycznych.   | 2              |
| Wy3                  | Metody strojenia regulatorów liniowych dla napędów elektrycznych: kryteria całkowite, kryteria modułu i symetrycznego optimum.   | 2              |
| Wy4                  | Wpływ rodzaju sterowania na właściwości dynamiczne silnika prądu stałego. Sterowanie ze stałym i zmiennym strumieniem wzbudzenia.  | 2              |
| Wy5                  | Szeregowa i równoległa struktura sterowania prędkością napędu przekształtnikowego z silnikiem obcowzbudnym prądu stałego. Projektowanie regulatorów, właściwości dynamiczne. Porównanie. Część 1.                  | 2              |
| Wy6                  | Szeregowa i równoległa struktura sterowania prędkością napędu przekształtnikowego z silnikiem obcowzbudnym prądu stałego. Projektowanie regulatorów, właściwości dynamiczne. Porównanie. Część 2.                  | 2              |
| Wy7                  | Silnik indukcyjny - model matematyczny w reprezentacji wektorowej, równania stanu; schemat zastępczy w ujęciu wektorowym.  | 2              |
| Wy8                  | Wpływ rodzaju sterowania na postać charakterystyki mechanicznej napędu indukcyjnego.   | 2              |
| Wy9                  | Napędy indukcyjne ze sterowaniem częstotliwościowym - metody sterowania momentem silnika indukcyjnego.   | 2              |
| Wy10                 | Metody i struktury sterowania polowo-zorientowanego (FOC) silnikiem indukcyjnym; idea sterowania, struktura sterowania strumieniem i momentem, podstawowe zagadnienia realizacji praktycznej.                      | 2              |
| Wy11                 | Metody i struktury bezpośredniego sterowania momentem (DTC) silnika indukcyjnego; idea sterowania, struktura sterowania strumieniem i momentem, podstawowe zagadnienia realizacji praktycznej.                     | 2              |
| Wy12                 | Metody sterowania skalarnego ze stałym strumieniem oraz stałą pulsacją poślizgu.   | 2              |
| Wy13                 | Regulacja częstotliwościowa prędkości silników z magnesami trwałymi - sterowanie silnikiem BLDC; idea sterowania, struktura regulacji prędkości, właściwości i zastosowania.                                       | 2              |
| Wy14                 | Regulacja częstotliwościowa prędkości silników synchronicznych z magnesami trwałymi - sterowanie silnikiem PMSM; idea sterowania wektorowego, struktura regulacji momentu i prędkości, właściwości i zastosowania. | 2              |
| Wy15                 | Tendencje rozwojowe w automatyce napędu; napędy bezczujnikowe, sterowanie inteligentne.  | 2              |
| suma godzin:         |  | <b>30</b>      |

## Forma zajęć - laboratorium

| Forma zajęć - laboratorium |   | liczba godzin: |
|----------------------------|---|----------------|
| La1                        | Prezentacja regulaminu BHP i regulaminu wewnętrznego laboratorium. Ustalenie zasad zaliczenia przedmiotu. Zapoznanie się ze stanowiskami laboratoryjnymi. Powtórzenie zasad modelowania układów dynamicznych przy wykorzystaniu środowiska Matlab/Simulink. | 1              |
| La2                        | Synteza sterowania obiektem dynamicznym 2-go rzędu przy wykorzystaniu kryterium modułu i symetrii.  | 2              |
| La3                        | Sterowanie silnikiem prądu stałego w strukturze kaskadowej; część 1 - badania symulacyjne.  | 2              |
| La4                        | Sterowanie silnikiem prądu stałego w strukturze kaskadowej; część 2 - badania eksperymentalne.  | 2              |
| La5                        | Sterowanie skalarnie silnikiem indukcyjnym - badania eksperymentalne.   | 2              |
| La6                        | Badanie układu polowo-zorientowanego sterowania silnikiem indukcyjnym; część 1 - badania symulacyjne.   | 2              |
| La7                        | Badanie układu polowo-zorientowanego sterowania silnikiem indukcyjnym; część 2 - badania eksperymentalne.   | 2              |
| La8                        | Badanie układu sterowania silnikiem synchronicznym o magnesach trwałych (PMSM). Zaliczenie.   | 2              |
| suma godzin:               |   | <b>15</b>      |

**STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

- N1. Wykład multimedialny z elementami wykładu tradycyjnego i problemowego.  
 N2. Konsultacje.  
 N3. Laboratorium prowadzone w sposób tradycyjny w ćwiczeniowych grupach studenckich; sprawdzanie wiedzy za pomocą krótkich sprawdzianów (wejściówki).  
 N4. Ocena sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych.

**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   | Uczestnictwo w zajęciach.   |
| F2(W)   | PEK_W01<br>PEK_W02<br>PEK_W03   | Egzamin końcowy.  |
| P(W)  | $P=0,1 \cdot F1 + 0,9 \cdot F2$ |   |
| F1(L)   | PEK_U01<br>PEK_U02<br>PEK_K01   | Aktywność na zajęciach laboratoryjnych (w tym oceny z kartkówek). |
| F2(L)   | PEK_U01<br>PEK_U02<br>PEK_K01   | Sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia.                              |
| P(L)  | $P=0,3 \cdot F1 + 0,7 \cdot F2$ |   |

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA****LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Kaźmierkowski M.P., Tunia H., Automatyka napędu przekształtnikowego. PWN, 1987  
 [2] Orłowska-Kowalska T., Bezczytnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, 2003  
 [3] Zawirski K., Deskur J., Kaczmarek T., Automatyka napędu elektrycznego, Wyd. Polit. Poznańskiej, 2012  
 [4] Orłowska-Kowalska T., Automatyka napędu elektrycznego. Oficyna Wydawnicza P.Wr., Wrocław, w druku

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Napęd elektryczny, praca zbiorowa pod red. Z. Grunwalda, WNT, 1987  
 [2] P.Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control, Oxford University Press, 1998  
 [3] J.M.D.Murphy, F.G.Turnbull, Power Electronic Control of AC Drives, Pergamon Press, Oxford, 1988  
 [4] W. Leonhard, Control of Electrical Drives, Springer Verlag, 1990

**OPIEKUN PRZEDMIOTU**

Teresa Orłowska-Kowalska, [teresa.orlowska-kowalska@pwr.edu.pl](mailto:teresa.orlowska-kowalska@pwr.edu.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ARR043212 - Automatyka napędu elektrycznego - podstawy  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU Automatyka i Robotyka**

| 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                        | K1AIR_AMPU_W05  | C.1               | Wy1<br>Wy2<br>Wy3<br>Wy4<br>Wy5<br>Wy6  | N.1<br>N.2                    |
| PEK_W02                        | K1AIR_AMPU_W05  | C.2               | Wy7<br>Wy8<br>Wy9<br>Wy10<br>Wy11<br>Wy12<br>Wy13<br>Wy14<br>Wy15   | N.1<br>N.2                    |
| PEK_W03                        | K1AIR_AMPU_W05  | C.1<br>C.2        | Wy1<br>Wy2<br>Wy3<br>Wy4<br>Wy5<br>Wy6<br>Wy7<br>Wy8<br>Wy9<br>Wy10<br>Wy11<br>Wy12<br>Wy13<br>Wy14<br>Wy15 | N.1<br>N.2                    |
| PEK_U01                        | K1AIR_AMPU_U05  | C.3<br>C.4<br>C.5 | La1<br>La2<br>La3<br>La4<br>La5<br>La6<br>La7<br>La8  | N.3<br>N.4                    |
| PEK_U02                        | K1AIR_AMPU_U05  | C.3<br>C.4<br>C.5 | La1<br>La2<br>La3<br>La4<br>La5<br>La6<br>La7<br>La8  | N.3<br>N.4                    |
| PEK_K01                        | K1AiR_K03<br>K1AiR_K09  | C.5               | La1<br>La2<br>La3<br>La4<br>La5<br>La6<br>La7<br>La8  | N.3<br>N.4                    |