



### KARTA MODUŁU / KARTA PRZEDMIOTU

|                                  |                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| Kod modułu                       | E-4EZP1-04-s7                            |
| Nazwa modułu                     | Napęd i automatyka napędu elektrycznego  |
| Nazwa modułu w języku angielskim | Drives and Automation of Electric Drives |
| Obowiązuje od roku akademickiego | 2012/2013 (aktualizacja 2017/2018)       |

### A. USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

|                                  |                                                                                                             |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kierunek studiów                 | Elektrotechnika                                                                                             |
| Poziom kształcenia               | I stopień                                                                                                   |
| Profil studiów                   | ogólnoakademicki                                                                                            |
| Forma i tryb prowadzenia studiów | niestacjonarne                                                                                              |
| Specjalność                      | PiUEE                                                                                                       |
| Jednostka prowadząca moduł       | Katedra Elektrotechniki Przemysłowej i Automatyki, Zakład Energoelektroniki, Maszyn i Napędów Elektrycznych |
| Koordynator modułu               | dr hab. inż. Andrzej Kapłon, prof. PŚk                                                                      |
| Zatwierdził:                     | Dziekan WEAiI<br>Dr hab. inż. Antoni Różowicz, prof. PŚk                                                    |

### B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                                                      |               |                                                                                                                                                        |                     |                |             |
|------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|-------------|
| Przynależność do grupy/bloku przedmiotów             |               | <b>przedmiot kierunkowy</b>                                                                                                                            |                     |                |             |
| Status modułu                                        |               | <b>obowiązkowy</b>                                                                                                                                     |                     |                |             |
| Język prowadzenia zajęć                              |               | <b>polski</b>                                                                                                                                          |                     |                |             |
| Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr        |               | <b>semestr VII</b>                                                                                                                                     |                     |                |             |
| Usytuowanie realizacji przedmiotu w roku akademickim |               | <b>semestr zimowy</b>                                                                                                                                  |                     |                |             |
| Wymagania wstępne                                    |               | <b>Matematyka 1, 2 ; Teoria obwodów 1,2 ; Podstawy elektroniki, Maszyny elektryczne, Podstawy napędu elektrycznego; Podstawy energoelektroniki 1,2</b> |                     |                |             |
| Egzamin                                              |               | <b>tak</b>                                                                                                                                             |                     |                |             |
| Liczba punktów ECTS                                  |               | <b>4</b>                                                                                                                                               |                     |                |             |
| <b>Forma prowadzenia zajęć</b>                       | <b>wykład</b> | <b>ćwiczenia</b>                                                                                                                                       | <b>laboratorium</b> | <b>projekt</b> | <b>inne</b> |



|             |       |  |      |  |  |
|-------------|-------|--|------|--|--|
| w semestrze | 16 g. |  | 8 g. |  |  |
|-------------|-------|--|------|--|--|

### C. EFEKTY KSZTAŁCENIA I METODY SPRAWDZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cel modułu</b> | Celem modułu jest zapoznanie studentów z modelami matematycznymi, schematami strukturalnymi oraz transmitancjami operatorowymi w otwartej i zamkniętej konfiguracji regulacji, doбором regulatorów, wybranymi stanami przejściowymi, metodami symulacji komputerowej wybranych układów napędowych prądu stałego i przemiennego. |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Symbol efektu | Efekty kształcenia                                                                                                                                                               | Forma prowadzenia zajęć<br>(w/ć/l/p/inne) | odniesienie do efektów kierunkowych                   | odniesienie do efektów obszarowych          |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| W_01          | Ma podstawową i podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat konfiguracji układów elektromechanicznych i przekształcania energii w tych układach                                     | w/l                                       | K_W03, K_W04<br>K_W06, K_W11<br>K_W13, K_W17<br>K_W19 | T1A_W01,<br>T1A_W02,<br>T1A_W03,<br>T1A_W07 |
| W_02          | Ma szczegółową wiedzę w zakresie statycznych charakterystyk elektromechanicznych układów napędowych prądu stałego i przemiennego                                                 | w/l                                       | K_W11, K_W13                                          | T1A_W01,<br>T1A_W04,<br>T1A_W07             |
| W_03          | Ma uporządkowaną wiedzę dotyczącą modeli matematycznych układów napędowych oraz podstaw analizy i syntezy tych układów                                                           | w/l                                       | K_W03, K_W06<br>K_W07, K_W17<br>K_W19                 | T1A_W01,<br>T1A_W03,<br>T1A_W07             |
| W_04          | Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie stosowanych metod symulacji układów napędowych prądu stałego i przemiennego.                                                                  | w/l                                       | K_W03, K_W06<br>K_W07, K_W17<br>K_W19                 | T1A_W01,<br>T1A_W03,<br>T1A_W07             |
| W_05          | Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie wyboru układów sterowania i doboru parametrów regulacji podstawowych układów napędowych na przykładzie wybranych procesów technologicznych    | w/l                                       | K_W11, K_W13                                          | T1A_W01,<br>T1A_W02,<br>T1A_W04,<br>T1A_W07 |
|               |                                                                                                                                                                                  |                                           |                                                       |                                             |
| U_01          | Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim, z zakresu układów napędowych prądu stałego i przemiennego                  | w/l                                       | K_U01                                                 | T1A_U01                                     |
| U_02          | Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe z zakresu automatyki napędu elektrycznego, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski | w/l                                       | K_U08, K_U09<br>K_U13                                 | T1A_U08                                     |
| U_03          | Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich w obszarze automatyki napędu elektrycznego          | w/l                                       | K_U09, K_U13                                          | T1A_U09                                     |
| U_04          | Potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich o charakterze praktycznym napędów elektrycznych w zastosowaniu do zadanego problemu        | w/l                                       | K_U16                                                 | T1A_U014                                    |



|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |              |          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------|----------|
|      | technologicznego                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |              |          |
| U_05 | Potrafi zaprojektować oraz zrealizować prosty układ napędowy w zamkniętym układzie regulacji w zastosowaniu do procesu technologicznego, używając właściwych metod, technik i narzędzi                                                                                                                  | w/l | K_U11, K_U13 | T1A_U016 |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |              |          |
| K_01 | Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, szczególnie w dziedzinie współczesnych układów napędowych.                                                                                                                                                                                               | w/l | K_K01        | T1A-K01  |
| K_02 | Ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej w obszarze współczesnych układów napędowych i układów energoelektronicznych, w tym jej wpływu na środowisko poprzez jakość energii elektrycznej, i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje | w/l | K_K02        | T1A-K02  |
| K_03 | Potrafi współdziałać i pracować w grupie                                                                                                                                                                                                                                                                | w/l | K_K04        | T1A-K03  |
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |              |          |

### Treści kształcenia:

#### 1. Treści kształcenia w zakresie wykładu

| Nr wykładu | Treści kształcenia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu                        |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1          | Wprowadzenie, klasyfikacje układów napędowych, podstawowe pojęcia i definicje w automatyce napędu elektrycznego. Rodzaje silników i ich właściwości statyczne i dynamiczne wymagane w automatyce napędów. Charakterystyki elektromechaniczne silników prądu stałego. Sposoby regulacji prędkości kątowej w napędzie prądu stałego. Sposoby rozruchu napędu prądu stałego                                                                                                                                                                    | W_01, W_02<br>U_01, U_02<br>U_03, K_01, K_02                         |
| 2          | Równania stanu elektrodynamicznego silnika obcowzbudnego w postaci czasowej z uwzględnieniem elektromagnetycznej stałej czasowej. Równania stanu elektrodynamicznego silnika obcowzbudnego w postaci operatorowej. Schemat blokowy silnika obcowzbudnego z uwzględnieniem elektromagnetycznej stałej czasowej.                                                                                                                                                                                                                              | W_02, W_03,<br>W_04 U_01,<br>U_03, K_01, K_02                        |
| 3          | Przekształtniki AC/DC oraz DC/DC w napędzie prądu stałego – konfiguracje, analiza pracy układów, modele matematyczne na potrzeby symulacji. Charakterystyki elektromechaniczne układu napędowego przy zasilaniu z przekształtników. Schemat blokowy napędu prądu stałego dla podporządkowanego układu regulacji ze stabilizacją prądu twornika i prędkości kątowej przy zasilaniu z przekształtnika. Przykładowe schematy blokowe napędu prądu stałego dla wybranych procesów technologicznych (stabilizacja ciśnienia, temperatury, itp.). | W_02, W_03,<br>W_04, W_05<br>U_01, U_02<br>U_03, K_01, K_02          |
| 4          | Dobór regulatorów prądu i prędkości. Przykładowe rozwiązania układów napędowych prądu stałego – układy jedno- i wielokwadrantowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | W_01, W_02,<br>W_03, W_04,<br>W_05 U_01,<br>U_02 U_03,<br>K_01, K_02 |



|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 5 | Charakterystyki elektromechaniczne silników prądu przemiennego - silniki indukcyjne, reluktacyjne, synchroniczne. Sposoby regulacji prędkości kątowej w napędzie prądu przemiennego. Sposoby rozruchu napędu prądu przemiennego.                                                                                    | W_01, W_02<br>U_01, U_02,<br>U_03, K_01,<br>K_02                |
| 6 | Równania stanu elektrodynamicznego silnika indukcyjnego we współrzędnych fazowych. Fazor wielkości elektromagnetycznej. Transformacja dwuosiowa zmiennych zespolonych. Równania stanu elektromagnetycznego silnika indukcyjnego w postaci fazowej na płaszczyźnie liczb zespolonych wirującej z dowolną prędkością. | W_03, W_04,<br>W_05 U_01,<br>U_02, U_03,<br>U_04, K_01,<br>K_02 |
| 7 | Częstotliwościowa regulacja prędkości kątowej silnika indukcyjnego – skalarna, wektorowe (VFC, DTFC) dla poszczególnych rodzajów obciążenia.                                                                                                                                                                        | W_03, W_04,<br>W_05 U_01,<br>U_02, U_03,<br>U_04, K_01,<br>K_02 |
| 8 | Dwustronne zasilanie silnika indukcyjnego. Przykładowe rozwiązania układów napędowych prądu przemiennego – układy jedno- i wielokwadrantowe. Układy kaskadowe, miękkiego rozruchu – schemat, charakterystyki mechaniczne, zakres regulacji prędkości kątowej.                                                       | W_01, W_02,<br>W_05 U_01,<br>U_02, U_03,<br>U_04, K_01,<br>K_02 |
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                 |

### 2. Treści kształcenia w zakresie zadań laboratoryjnych

| Nr zajęć lab. | Treści kształcenia                                                                                                                   | Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu                                                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Bezstratny tyrystorowy napęd prądu stałego z silnikiem obcowzbudnym – hamownia elektryczna - badania laboratoryjne.                  | W_01, W_02,<br>W_03, W_04,<br>W_05 U_01,<br>U_02, U_03,<br>U_04, U_05<br>K_01, K_02,<br>K_03 |
| 2             | Regulacja prędkości kątowej silników prądu przemiennego w układach kaskadowych - praca w układzie zamkniętym - badania laboratoryjne | W_01, W_02,<br>W_03, W_04,<br>W_05 U_01,<br>U_02, U_03,<br>U_04, U_05<br>K_01, K_02,<br>K_03 |
| 3             | Częstotliwościowa regulacja prędkości kątowej silnika indukcyjnego klatkowego - badania laboratoryjne.                               | W_01, W_02,<br>W_03, W_04,<br>W_05 U_01,<br>U_02, U_03,<br>U_04, U_05<br>K_01, K_02,<br>K_03 |
| 4             | Termin odrębny                                                                                                                       |                                                                                              |

### 3. Charakterystyka zadań projektowych

### 4. Charakterystyka zadań w ramach innych typów zajęć dydaktycznych



### Metody sprawdzania efektów kształcenia

| Symbol efektu | <b>Metody sprawdzania efektów kształcenia</b><br><i>(sposób sprawdzenia, w tym dla umiejętności – odwołanie do konkretnych zadań projektowych, laboratoryjnych, itp.)</i> |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>W_01</b>   | Kolokwium, laboratorium                                                                                                                                                   |
| <b>W_02</b>   | Kolokwium, laboratorium                                                                                                                                                   |
| <b>W_03</b>   | Kolokwium, laboratorium                                                                                                                                                   |
| <b>W_04</b>   | Projekt, laboratorium                                                                                                                                                     |
| <b>W_05</b>   | Projekt, laboratorium                                                                                                                                                     |
| <b>U_01</b>   | Projekt, egzamin                                                                                                                                                          |
| <b>U_02</b>   | laboratorium                                                                                                                                                              |
| <b>U_03</b>   | Projekt, laboratorium                                                                                                                                                     |
| <b>U_04</b>   | Projekt, laboratorium                                                                                                                                                     |
| <b>U_05</b>   | Projekt, laboratorium                                                                                                                                                     |
| <b>K_01</b>   | Projekt, egzamin                                                                                                                                                          |
| <b>K_02</b>   | Projekt, laboratorium                                                                                                                                                     |
| <b>K_03</b>   | Laboratorium                                                                                                                                                              |



### D. NAKŁAD PRACY STUDENTA

| Bilans punktów ECTS |                                                                                                                                                                                         |                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                     | Rodzaj aktywności                                                                                                                                                                       | obciążenie studenta |
| 1                   | Udział w wykładach                                                                                                                                                                      | 16 g.               |
| 2                   | Udział w ćwiczeniach                                                                                                                                                                    |                     |
| 3                   | Udział w laboratoriach                                                                                                                                                                  | 8 g.                |
| 4                   | Udział w konsultacjach (2-3 razy w semestrze)                                                                                                                                           | 2 g.                |
| 5                   | Udział w zajęciach projektowych                                                                                                                                                         |                     |
| 6                   | Konsultacje projektowe                                                                                                                                                                  |                     |
| 7                   | Udział w egzaminie                                                                                                                                                                      | 2 g.                |
| 8                   |                                                                                                                                                                                         |                     |
| 9                   | <b>Liczba godzin realizowanych przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>                                                                                                  | 28<br>(suma)        |
| 10                  | <b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego</b><br><i>(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)</i> | 1,08                |
| 11                  | Samodzielne studiowanie tematyki wykładów                                                                                                                                               | 20 g.               |
| 12                  | Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń                                                                                                                                                |                     |
| 13                  | Samodzielne przygotowanie się do kolokwium                                                                                                                                              | 8 g.                |
| 14                  | Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów                                                                                                                                           | 10 g.               |
| 15                  | Wykonanie sprawozdań                                                                                                                                                                    | 8 g.                |
| 15                  | Przygotowanie do kolokwium końcowego z laboratorium                                                                                                                                     | 4 g.                |
| 17                  | Wykonanie projektu lub dokumentacji                                                                                                                                                     |                     |
| 18                  | Przygotowanie do egzaminu                                                                                                                                                               | 26                  |
| 19                  |                                                                                                                                                                                         |                     |
| 20                  | <b>Liczba godzin samodzielnej pracy studenta</b>                                                                                                                                        | 76<br>(suma)        |
| 21                  | <b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy</b><br><i>(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)</i>                                                | 2,92                |
| 22                  | <b>Sumaryczne obciążenie pracą studenta</b>                                                                                                                                             | 104 g.              |
| 23                  | <b>Punkty ECTS za moduł</b><br><i>1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta</i>                                                                                                     | 4                   |
| 24                  | <b>Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym</b><br><i>Suma godzin związanych z zajęciami praktycznymi</i>                                                            | 31                  |
| 25                  | <b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym</b><br><i>1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta</i>                                     | 1,19                |



### E. LITERATURA

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wykaz literatury              | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Kaźmierkowski M.P., Krishnan R., Blaabjerg F.: Control in power electronics. Selected problems. Elsevier, Amsterdam-Boston-London-New York-Oxford-Paris-Sydney-Tokyo, 2002.</li><li>2. Boldea I., Nasar S.A.: <i>Electric drives</i>. CRS Press, London, New York, Woshington, 1999</li><li>3. Kaźmierkowski M. P., Tunia H.: <i>Automatic control of converter – fed drivers</i>. Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo, PWN, Warszawa, 1994.</li><li>4. Tunia H., Kaźmierkowski M.P.: <i>Podstawy automatyki napędu elektrycznego</i>. PWN, 1983</li><li>5. Tunia H., Kaźmierkowski M.P.: <i>Automatyka napędu przekształtnikowego</i>. PWN, 1987</li><li>6. Orłowska-Kowalska T.: <i>Bezczujnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi</i>. OW PW, 2003.</li><li>7. Gawenda J.: <i>Napęd i automatyka napędu elektryczny w zadaniach</i>. ZN PŚk, 1989.</li><li>8. Gawenda J <i>Automatyka napędu elektrycznego - laboratorium</i>. ZN PŚk, 1993.</li></ol> |
| Witryna WWW modułu/przedmiotu | <a href="http://weaii-moodle.tu.kielce.pl/">http://weaii-moodle.tu.kielce.pl/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |