



Załącznik nr 7
do Zarządzenia Rektora nr 10/12
z dnia 21 lutego 2012r.

KARTA MODUŁU / KARTA PRZEDMIOTU

Kod modułu	
Nazwa modułu	Podstawy automatyki napędu
Nazwa modułu w języku angielskim	Fundamentals of Automatic Control of 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	stacjonarne
Specjalność	EPIE
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 Dr hab. inż. Antoni Różowicz, prof. PŚk

B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	przedmiot kierunkowy				
Status modułu	obowiązkowy				
Język prowadzenia zajęć	polski				
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	semestr VI				
Usytuowanie realizacji przedmiotu w roku akademickim	semestr letni				
Wymagania wstępne	Matematyka 1, 2 ; Teoria obwodów 1,2 ; Podstawy elektroniki, Maszyny elektryczne, Podstawy napędu elektrycznego; Podstawy energoelektroniki 1,2				
Egzamin	tak				
Liczba punktów ECTS	7				
Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	inne



w semestrze	30 g.	30 g.		30 g.	
-------------	-------	-------	--	-------	--

C. EFEKTY KSZTAŁCENIA I METODY SPRAWDZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Cel modułu	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 (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/ć/p	K_W03, K_W04 K_W06, K_W11 K_W13, K_W17 K_W19	T1A_W01, T1A_W02, T1A_W03, T1A_W07
W_02	Ma szczegółową wiedzę w zakresie statycznych charakterystyk elektromechanicznych układów napędowych prądu stałego i przemiennego	w/ć/p	K_W11, K_W13	T1A_W01, T1A_W04, T1A_W07
W_03	Ma uporządkowaną wiedzę dotyczącą modeli matematycznych układów napędowych oraz podstaw analizy i syntezy tych układów	w/ć/p	K_W03, K_W06 K_W07, K_W17 K_W19	T1A_W01, T1A_W03, T1A_W07
W_04	Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie stosowanych metod symulacji układów napędowych prądu stałego i przemiennego.	w/ć/p	K_W03, K_W06 K_W07, K_W17 K_W19	T1A_W01, T1A_W03, 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/ć/p	K_W11, K_W13	T1A_W01, T1A_W02, T1A_W04, 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/ć/p	K_U01	T1A_U01
U_02	Potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe z zakresu automatyki napędu elektrycznego, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	w/ć/p	K_U08, K_U09 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/ć/p	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 technologicznego	w/ć/p	K_U16	T1A_U014
U_05	Potrafi zaprojektować oraz zrealizować prosty układ napędowy w zamkniętym układzie regulacji	w/ć/p	K_U11, K_U13	T1A_U016



	w zastosowaniu do procesu technologicznego, używając właściwych metod, technik i narzędzi			
K_01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, szczególnie w dziedzinie współczesnych układów napędowych.	w/ć/p	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/ć/p	K_K02	T1A-K02
K_03	Potrafi współdziałać i pracować w grupie	w/ć/p	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 – obcowzbudne, szeregowo, BLCD. Sposoby regulacji prędkości kątowej w napędzie prądu stałego. Sposoby rozruchu napędu prądu stałego	W_01, W_02 U_01, U_02 U_03, K_01, K_02
2	Równania stanu elektrodynamicznego silnika obcowzbudnego w postaci czasowej z uwzględnieniem elektromagnetycznej stałej czasowej. Nieliniowość strukturalna, sposoby linearyzacji układu. Równania stanu elektrodynamicznego silnika obcowzbudnego w postaci operatorowej.	W_02, W_03, W_04 U_01, U_03, K_01, K_02
3	Schemat blokowy silnika obcowzbudnego z uwzględnieniem elektromagnetycznej stałej czasowej. Wyznaczanie podstawowych wielkości (prędkość kątowa, prąd twornika). Transformacja odwrotna. Wstęp do modelowania z wykorzystaniem oprogramowania MatLab-Simulink oraz Tcad.	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02 U_03, K_01, K_02
4	Przekształtniki AC/DC oraz DC/DC w napędzie prądu stałego – konfiguracje, analiza pracy układów, modele matematyczne na potrzeby symulacji. Charakterystyki zewnętrzne, wzmocnienia, transmitancje. Charakterystyki elektromechaniczne układu napędowego przy zasilaniu z przekształtników.	W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02 U_03, K_01, K_02
5	Schemat blokowy napędu prądu stałego dla podporządkowanego układu regulacji ze stabilizacją prądu twornika i prędkości kątowej przy zasilaniu z przekształtnika. Równoległa struktura układu regulatorów. Charakterystyka koparkowa napędu prądu stałego, strefy pracy regulatorów prądu i prędkości dla obu konfiguracji układu sterowania. Przykładowe schematy blokowe napędu prądu stałego dla	W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02 U_03, U_04 K_01, K_02



	wybranych procesów technologicznych (stabilizacja ciśnienia, temperatury, itp.).	
6	Kryteria optymalnych nastaw regulatorów – ISE, ITSE, IAE, ITAE. Dobór regulatora prądu według kryterium modułu. Dobór regulatora prędkości według kryterium symetrii. Nastawy regulatorów według Chien, Hronosa i Reswicka, wzmocnienia krytycznego Zieglera i Nicholasa	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02 U_03, K_01, K_02
7	Przykładowe rozwiązania układów napędowych prądu stałego – układy jedno- i wielokwadrantowe	W_01, W_02, W_05 U_01, U_02 U_03, U_04, U_05 K_01, K_02
8	Charakterystyki elektromechaniczne silników prądu przemiennego - silniki indukcyjne, reluktancyjne, synchroniczne. Sposoby regulacji prędkości kątowej w napędzie prądu przemiennego. Sposoby rozruchu napędu prądu stałego.	W_01, W_02 U_01, U_02, U_03, K_01, K_02
9	Równania stanu elektrodynamicznego silnika indukcyjnego we współrzędnych fazowych. Fazor wielkości elektromagnetycznej. Transformacja dwuosiowa zmiennych zespolonych. Równania stanu elektromagnetycznego silnika indukcyjnego w postaci fazorowej na płaszczyźnie liczb zespolonych wirującej z dowolną prędkością.	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, K_01, K_02
10	Skalarna metoda częstotliwościowej regulacji prędkości kątowej silnika indukcyjnego przy zerowej wartości rezystancji uzwojenia stojana dla poszczególnych rodzajów obciążenia – wzory, charakterystyki. Sposoby kompensacji wpływu rezystancji stojana.	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, K_01, K_02
11	Wektorowa metoda częstotliwościowej regulacji prędkości kątowej silnika indukcyjnego – zasada rozdzielania prądów i napięć.	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, K_01, K_02
12	Bezpośrednia i pośrednia metoda rozdzielania prądu – schematy blokowe.	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, K_01, K_02
13	Metoda DTFC (Direct Torque Field Control) w częstotliwościowej regulacji prędkości kątowej silnika indukcyjnego – tablica przełączeń, schemat blokowy	W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, K_01, K_02
14/15	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, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, K_01, K_02

2. Treści kształcenia w zakresie ćwiczeń

Nr zajęć	Treści kształcenia	Odniesienie do efektów
----------	--------------------	------------------------



ćwicz.		kształcenia dla modułu
1/2/3/4	Równania stanu elektrodynamicznego w postaci czasowej i operatorowej silnika prądu stałego. Budowa schematu blokowego. Wyznaczanie podstawowych transmitancji, wyznaczanie przebiegów wielkości elektromechanicznych w różnych stanach pracy napędu – metoda analityczna.	W_01, W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, U_05 K_01, K_02, K_03
5/6	Dobór parametrów składowych podzespołów przekształtnikowego układu napędu prądu stałego.	W_01, W_02, W_03, W_04, W_05, U_01, U_02, U_03, U_04, U_05 K_01, K_02, K_03
7/8/9	Dobór parametrów regulatorów prądu (kryterium modułowe) i prędkości (kryterium symetrii) napędu prądu stałego przy zasilaniu z przekształtników AC/DC i DC/DC – metoda analityczna.	W_01, W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, U_05 K_01, K_02, K_03
10/11	Modelowanie w MatLab-Symulink zamkniętego układu regulacji napędu prądu stałego – dobór parametrów regulatorów dla różnych kryteriów optymalnych nastaw.	W_01, W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, U_05 K_01, K_02, K_03
12/13	Regulacja prędkości kątowej silnika pierścieniowego prądu przemiennego w układach kaskadowych – dobór i wyznaczanie parametrów podzespołów układu, zakres regulacji prędkości	W_01, W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, U_05 K_01, K_02, K_03
14/15	Częstotliwościowa regulacja prędkości kątowej silnika indukcyjnego klatkowego – skalarna i wektorowe metody sterowania (VFC, DTFC) – dobór i wyznaczanie parametrów podzespołów układu, zakres regulacji prędkości.	W_01, W_02, W_03, W_04, W_05 U_01, U_02, U_03, U_04, U_05 K_01, K_02, K_03

3. Treści kształcenia w zakresie zadań laboratoryjnych

Nr zajęć lab.	Treści kształcenia	Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu



--	--	--

4. Charakterystyka zadań projektowych

1. Projekt przekształtnikowego układu napędowego prądu stałego dla zadanego procesu technologicznego – dobór parametrów silnika i przekształtnika, parametrów pozostałych podzespołów układu napędowego, parametrów regulatorów zamkniętego układu regulacji, modelowanie w MatLab-Symulink
2. Projekt przekształtnikowego układu napędowego prądu przemiennego dla zadanego procesu technologicznego - dobór parametrów silnika i przekształtnika, parametrów pozostałych podzespołów układu napędowego, parametrów regulatorów zamkniętego układu regulacji, modelowanie w MatLab-Symulink

5. Charakterystyka zadań w ramach innych typów zajęć dydaktycznych

Metody sprawdzania efektów kształcenia

Symb ol efekt u	Metody sprawdzania efektów kształcenia (sposób sprawdzenia, w tym dla umiejętności – odwołanie do konkretnych zadań projektowych, laboratoryjnych, itp.)
W_01	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
W_02	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
W_03	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
W_04	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
W_05	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
U_01	Projekt, egzamin
U_02	Ćwiczenia, projekt
U_03	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
U_04	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
U_05	Kolokwium, ćwiczenia, projekt
K_01	Projekt, egzamin
K_02	Projekt, ćwiczenia
K_03	Projekt, ćwiczenia



D. NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS		
	Rodzaj aktywności	obciążenie studenta
1	Udział w wykładach	30 g.
2	Udział w ćwiczeniach	30 g.
3	Udział w laboratoriach	
4	Udział w konsultacjach (2-3 razy w semestrze)	2 g.
5	Udział w zajęciach projektowych	
6	Konsultacje projektowe	30 g.
7	Udział w egzaminie	2 g.
8		
9	Liczba godzin realizowanych przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	94 (suma)
10	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego (1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)	3,48
11	Samodzielne studiowanie tematyki wykładów	10 g.
12	Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń	18
13	Samodzielne przygotowanie się do kolokwium	24 g.
14	Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów	10 g.
15	Wykonanie sprawozdań	8 g.
15	Przygotowanie do kolokwium końcowego z laboratorium	5 g.
17	Wykonanie projektu lub dokumentacji	
18	Przygotowanie do egzaminu	20
19		
20	Liczba godzin samodzielnej pracy studenta	95 (suma)
21	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy (1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)	3,52
22	Sumaryczne obciążenie pracą studenta	189 g.
23	Punkty ECTS za moduł 1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta	7
24	Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym <i>Suma godzin związanych z zajęciami praktycznymi</i>	126
25	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym 1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta	4,67



E. LITERATURA

Wykaz literatury	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. 2. Boldea I., Nasar S.A.: <i>Electric drives</i>. CRS Press, London, New York, Woshington, 1999 3. Kaźmierkowski M. P., Tunia H.: <i>Automatic control of converter – fed drivers</i>. Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo, PWN, Warszawa, 1994. 4. Tunia H., Kaźmierkowski M.P.: <i>Podstawy automatyki napędu elektrycznego</i>. PWN, 1983 5. Tunia H., Kaźmierkowski M.P.: <i>Automatyka napędu przekształtnikowego</i>. PWN, 1987 6. Orłowska-Kowalska T.: <i>Bezczujnikowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi</i>. OW PW, 2003. 7. Gawenda J.: <i>Napęd i automatyka napędu elektryczny w zadaniach</i>. ZN PŚk, 1989. 8. Gawenda J <i>Automatyka napędu elektrycznego - laboratorium</i>. ZN PŚk, 1993.
Witryna WWW modułu/przedmiotu	http://weaii-moodle.tu.kielce.pl/