



IV. Opis programu studiów

3. KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	E-E-A-1006-s6
Nazwa przedmiotu	Napęd elektryczny i automatyka napędu
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Electric Drives and Automation of Drives
Obowiązuje od roku akademickiego	2019/20

USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	
Poziom kształcenia	
Profil studiów	
Forma i tryb prowadzenia studiów	
Zakres	
Jednostka prowadząca przedmiot	
Koordynator przedmiotu	dr inż. Jarosław Rolek
Zatwierdził	Dziekan Wydziału Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Dr hab. inż. Antoni Różowicz, prof. PŚk

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	
Status przedmiotu	
Język prowadzenia zajęć	
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	
Wymagania wstępne	Matematyka 1, 2, Teoria obwodów 1,2 Podstawy elektroniki, Maszyny elektryczne, Podstawy napędu elektrycznego; Podstawy energoelektroniki 1,2
Egzamin (TAK/NIE)	
Liczba punktów ECTS	

Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	Inne
Liczba godzin w semestrze	30	15	15	0	0

EFEKTY UCZENIA SIĘ

Kategoria	Symbol efektu	Efekty kształcenia	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	W01	Ma podstawową i podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat konfiguracji układów elektromechanicznych i przekształcania energii w tych układach	ELE1_W02 ELE1_W06
	W02	Ma szczegółową wiedzę w zakresie statycznych charakterystyk elektromechanicznych układów napędowych prądu stałego i przemiennego	ELE1_W11 ELE1_W17
	W03	Ma uporządkowaną wiedzę dotyczącą modeli matematycznych układów napędowych oraz podstaw analizy i syntezy tych układów	ELE1_W07
	W04	Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie stosowanych metod symulacji układów napędowych prądu stałego i przemiennego.	ELE1_W06
	W05	Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie wyboru układów sterowania i doboru parametrów regulacji podstawowych układów napędowych na przykładzie wybranych procesów technologicznych	ELE1_W11 ELE1_W17
Umiejętności	U01	Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim, z zakresu układów napędowych prądu stałego i przemiennego	ELE1_U01
	U02	Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe z zakresu automatyki napędu elektrycznego, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	ELE1_U08 ELE1_U09 K_U13
	U03	Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich w obszarze automatyki napędu elektrycznego	ELE1_U09 ELE1_U13
	U04	Potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich o charakterze praktycznym napędów elektrycznych w zastosowaniu do zadanego problemu technologicznego	ELE1_U16
	U05	Potrafi zaprojektować oraz zrealizować prosty układ napędowy w zamkniętym układzie regulacji w zastosowaniu do procesu technologicznego, używając właściwych metod, technik i narzędzi	ELE1_U11 ELE1_U13
Kompetencje społeczne	K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, szczególnie w dziedzinie współczesnych układów napędowych.	ELE1_K01
	K02	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	ELE1_K02
	K03	Potrafi współdziałać i pracować w grupie	ELE1_K04

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć*	Treści programowe
wykład	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
	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.
	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.
	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.
	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 wybranych procesów technologicznych (stabilizacja ciśnienia, temperatury, itp.).
	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
	Przykładowe rozwiązania układów napędowych prądu stałego – układy jedno- i wielokwadrantowe
	Charakterystyki elektromechaniczne silników prądu przemiennego - silniki indukcyjne, reluktancyjne, synchroniczne. Sposoby regulacji prędkości kątowej w napędzie prądu przemiennego. Sposoby rozruchu napędu prądu stałego.
	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.
	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.
	Bezpośrednia i pośrednia metoda rozdzielania prądu – schematy blokowe.
	Metoda DTFC (Direct Torque Field Control) w częstotliwościowej regulacji prędkości kątowej silnika indukcyjnego – tablica przełączeń, schemat blokowy
	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.
	Charakterystyki elektromechaniczne silników prądu stałego – obcowzbudne, szeregowo, Wyznaczanie podstawowych wielkości (prędkość kątowa, prąd twornika)
ćwiczenia	Przykładowe rozwiązania układów napędowych prądu stałego – układy jedno- i wielokwadrantowe
	Schemat blokowy napędu prądu stałego dla podporządkowanego układu regulacji ze stabilizacją prądu twornika i prędkości kątowej przy zasilaniu z przekształtnika
	Dobór regulatora prądu według kryterium modułu. Dobór regulatora prędkości według kryterium symetrii.

	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
	Skalarna metoda częstotliwościowej regulacji prędkości kątowej silnika indukcyjnego przy zerowej wartości rezystancji uzwojenia stojana dla poszczególnych rodzajów obciążenia – zadania rachunkowe
laboratorium	Napęd prądu stałego z silnikiem obcowzbudnym w układzie zamkniętym – badania symulacyjne. Budowa schematu blokowego w Matlab-Simulink, dobór regulatorów według zadanych kryteriów.
	Bezstratny tyrystorowy napęd prądu stałego z silnikiem obcowzbudnym – hamownia elektryczna. Dobór parametrów regulatorów według zadanych kryteriów - badania laboratoryjne.
	Czoper - tranzystorowy napęd prądu stałego z silnikiem obcowzbudnym w układzie zamkniętym – dobór parametrów regulatorów według zadanych kryteriów – badania symulacyjne i laboratoryjne.
	Regulacja prędkości kątowej silników prądu przemiennego w układach kaskadowych - praca w układzie zamkniętym - wpływ parametrów regulatorów na jakość regulacji prędkości kątowej - badania laboratoryjne
	Układ miękkiego rozruchu z regulatorem prądu- badania laboratoryjne.
	Napięciowa regulacja prędkości kątowej silnika indukcyjnego w układzie zamkniętym.

*) zostawić tylko realizowane formy zajęć

METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Symbol efektu	Metody sprawdzania efektów kształcenia					
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Kolokwium	Projekt	Sprawozdanie	Inne
W01		X	X		X	
W02		X	X		X	
W03		X	X		X	
W04		X	X		X	
W05		X	x		X	
U01		X	x		X	
U02		X	x		X	
U03		X	x		X	
U04		X	x		X	
K01		X	x		X	
K02		X	x		X	
K03					X	

FORMA I WARUNKI ZALICZENIA

Forma zajęć*	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład		Uzyskanie co najmniej 50% punktów z egzaminu
ćwiczenia		Uzyskanie co najmniej 50% punktów z kolokwium w trakcie zajęć
laboratorium		Uzyskanie co najmniej 50% punktów z kolokwium w trakcie zajęć, pozytywnie ocenione sprawozdania

*) zostawić tylko realizowane formy zajęć

NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS

Lp.	Rodzaj aktywności	Obciążenie studenta					Jednostka
		W	C	L	P	S	
1.	Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów	30	15	30			h
3.	Inne (konsultacje, egzamin)*	4	2	4			h
4.	Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	85					h
5.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	3.40					ECTS
6.	Liczba godzin samodzielnej pracy studenta	40					h
7.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy	1.60					ECTS
8.	Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym	30					h
9.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	1.20					ECTS
10.	Sumaryczne godzinowe obciążenie pracą studenta	125					h
11.	Punkty ECTS za moduł <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	5					

* wszelkie formy weryfikacji efektów, w tym egzaminy oraz nie więcej niż 2 godziny konsultacji dla każdej formy zajęć

LITERATURA

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.: Electric drives. CRS Press, London, New York, Woshington, 1999
3. Kaźmierkowski M. P., Tunia H.: Automatic control of converter – fed drivers. Elsevier, Amsterdam-Lodon-New York-Tokyo, PWN, Warszawa, 1994.
4. Tunia H., Kaźmierkowski M.P.: Podstawy automatyki napędu elektrycznego. PWN, 1983
5. Tunia H., Kaźmierkowski M.P.: Automatyka napędu przekształtnikowego. PWN, 1987
6. Orłowska-Kowalska T.: BezczyJNIkowe układy napędowe z silnikami indukcyjnymi. OW PW, 2003.
7. Gawenda J.: Napęd i automatyka napędu elektryczny w zadaniach. ZN PŚk, 1989.
8. Gawenda J Automatyka napędu elektrycznego - laboratorium. ZN PŚk, 1993.

Uwaga: wykaz literatury winien uwzględniać aktualne i dostępne publikacje