



### KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	<b>SD-01-AE-FR3</b>
Nazwa przedmiotu	<b>Sterowanie mikroprocesorowe układów energoelektronicznych</b>
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	<b>Microprocessor Control of Power Electronics Converters</b>
Obowiązuje od roku akademickiego	<b>2023/24</b>

### USYTUOWANIE PRZEDMIOTU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	<b>Szkoła Doktorska</b>
Poziom kształcenia	<b>III stopień</b>
Profil studiów	<b>Ogólnoakademicki</b>
Forma i tryb prowadzenia studiów	<b>Studia stacjonarne</b>
Dyscyplina naukowa	<b>Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne</b>
Jednostka prowadząca przedmiot	<b>Katedra Energetyki, Energoelektroniki i Maszyn Elektrycznych, WEAiI</b>
Koordinator przedmiotu	<b>dr hab. inż. Grzegorz Radomski</b>
Zatwierdził	<b>dr hab. inż. Łukasz Bąk, prof. PŚk</b>

### OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do bloku przedmiotów	<b>BLOK B – Zajęcia do wyboru z programu dyscypliny</b>
Status przedmiotu	<b>Do wyboru</b>
Język prowadzenia zajęć	<b>Polski</b>
Usytuowanie w planie studiów - semestr	<b>Semestr V</b>
Wymagania wstępne	<b>-</b>
Egzamin (TAK/NIE)	<b>Nie</b>
Liczba punktów ECTS	<b>2</b>

Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	inne
Liczba godzin w semestrze	15				15

**EFEKTY UCZENIA SIĘ**

<b>Kategoria</b>	<b>Symbol efektu</b>	<b>Efekty kształcenia</b>	<b>Odniesienie do efektów kierunkowych</b>
Wiedza	W01	Ma zaawansowaną wiedzę o charakterze podstawowym dla dziedziny nauki inżynierjino - techniczne oraz dyscyplin naukowych, związanych z obszarem prowadzonych badań.	K_W01
	W02	Zna i rozumie światowy dorobek obejmujący podstawy teoretyczne o charakterze szczegółowym, związane z obszarem prowadzonych badań, której źródłem są w szczególności publikacje o charakterze naukowym, obejmujące najnowsze osiągnięcia nauki w obszarze prowadzonych badań.	K_W02
	W03	Zna i rozumie metodykę prowadzenia badań naukowych, a także ma wiedzę dotyczącą prawnych i etycznych aspektów działalności naukowej, w tym zasad przygotowywania publikacji i upowszechniania wyników badań naukowych.	K_W03
Umiejętności	U01	Potrafi w sposób selektywny pozyskiwać informacje związane z działalnością naukową w obszarze sterowania mikroprocesorowego układów energoelektronicznych.	K_U01
	U02	Potrafi wykorzystywać wiedzę teoretyczną w rozwiązywaniu zagadnień praktycznych związanych z sterowaniem mikroprocesorowym układów energoelektronicznych.	K_U02
	U03	Potrafi dostrzegać i formułować złożone zadania badawcze prowadzące do innowacyjnych rozwiązań technicznych w zakresie sterowania mikroprocesorowego.	K_U03
	U04	Potrafi planować i działać na rzecz własnego rozwoju, rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się i podnoszenia kwalifikacji zawodowych.	K_U09
Kompetencje społeczne	K01	Rozumie potrzebę śledzenia i analizowania najnowszych osiągnięć w dziedzinie sterowania mikroprocesorowego układów energoelektronicznych.	K_K01
	K02	Potrafi działać w sposób twórczy oraz przejawia inicjatywę w poszukiwaniu innowacyjnych rozwiązań.	K_K02
	K03	Ma świadomość ważności zachowania się w sposób profesjonalny oraz rozumie potrzebę przestrzegania etyki zawodowej, w tym ochrony własności intelektualnej.	K_U03

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć	Treści programowe
wykład	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zagadnienia wstępne. Struktura sterownika układu przekształtnika energoelektronicznego. Wiodący przykład sterownika impulsowego przekształtnika sieciowego.</li> <li>2. Elementy składowe systemu pomiarowego. Pomiar wartości chwilowych napięć i prądów. Filtracja antyaliasingowa. Próbkowanie. Przetwarzanie analogowo cyfrowe.</li> <li>3. Synteza algorytmu sterowania. Układy współrzędnych stosowane w układach sterowania i modulacji przekształtników. Wektory przestrzenne napięć i prądów. Konwersje układów współrzędnych wektora przestrzennego. Realizacja synchronizacji przekształtnika.</li> <li>4. Opóźnienie sterowania przekształtnika względem pomiarów. Ramka czasowa sterowania układu przekształtnika. Celowość stosowania predykcyjno-korekcyjnych metod sterowania. Realizacja sterowania predykcyjno-korekcyjnego.</li> <li>5. Modulacje stosowane w przekształtnikach. Modulacja PWM (Pulse Width Modulation) (MSI – modulacja szerokości impulsów). Wektorowa wersja modulacji SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation). Nieliniowości przekształtnika i algorytmu modulacji i kompensacja ich wpływu na napięcia i prądy przekształtnika.</li> <li>6. Dekompozycja algorytmu sterowania przekształtnika na część software i hardware. Realizacja modułów software. Przykładowe procesory wykorzystywane do syntezy sterowników. Realizacja sprzętowa algorytmów modulacji. Wykorzystanie układów logiki programowalnej w syntezie sterowników.</li> <li>7. Symulacyjna weryfikacja układów sterowania przekształtników. Układy/procedury startowe, zabezpieczające i stopu systemu realizowane w warstwie software i hardware. Uruchamianie przekształtników energoelektronicznych.</li> </ol>
inne (seminarium)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zapoznanie ze strukturą sterownika do sterowania przekształtników energoelektronicznych: mikroprocesor sygnałowy ADSP21160, układ logiki programowalnej Acex 1k.</li> <li>2. Realizacja operacji przetwarzania sygnałów w języku C++ - klasy generatorów i modulatorów sygnałów. Moduły bibliotek do sterowania.</li> <li>3. Ko-synteza programowo-sprzętowa w sterowniku. Sprzęganie autonomicznych układów (np. modulatorów) realizowanych z użyciem programowalnych układów logicznych z mikroprocesorem.</li> <li>4. Zapoznanie ze układami logiki programowalnej. Wstęp do środowiska Quartus II. Struktura programu opisu układu logicznego w języku VHDL na podstawie bramki logicznej.</li> <li>5. Realizacja algorytmu sterownika przekształtnika energoelektronicznego na procesorze sygnałowym w języku C++. Wykorzystanie systemu przerw.</li> <li>6. Realizacja modulatora napięcia przekształtnika energoelektronicznego na układzie logiki programowalnej w języku VHDL. Realizacja przykładowych układów na płycie uruchomieniowej DE2-115 z układem Cyclone IV.</li> <li>7. Metodyka uruchamiania aplikacji sterujących przekształtników energoelektronicznych.</li> </ol>

**METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

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

**FORMA I WARUNKI ZALICZENIA**

Forma zajęć	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład	zaliczenie z oceną	Uzyskanie co najmniej 50% punktów z kolokwium w trakcie zajęć
inne (seminarium)	zaliczenie z oceną	Uzyskanie co najmniej 50% punktów z kolokwium w trakcie zajęć

**NAKŁAD PRACY DOKTORANTA**

Bilans punktów ECTS							
Lp.	Rodzaj aktywności	Obciążenie doktoranta					Jednostka
		W	C	L	P	S	
1.	Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów	15				15	h
2.	Inne (konsultacje, egzamin)	2				2	h
3.	<b>Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>	<b>34</b>					h
4.	<b>Liczba punktów ECTS, którą doktorant uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>	<b>1,4</b>					ECTS
5.	<b>Liczba godzin samodzielnej pracy doktoranta</b>	<b>16</b>					h
6.	<b>Liczba punktów ECTS, którą doktorant uzyskuje w ramach samodzielnej pracy</b>	<b>0,6</b>					ECTS
7.	<b>Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym</b>	<b>25</b>					h
8.	<b>Liczba punktów ECTS, którą doktorant uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym</b>	<b>1,0</b>					ECTS
9.	<b>Sumaryczne obciążenie pracą doktoranta</b>	<b>50</b>					h
10.	<b>Punkty ECTS za moduł</b> <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	<b>2</b>					ECTS

## **LITERATURA**

1. Kaźmierkowski M., Krishnan R., Blaaberg H.: Control in Power Electronics, Academic Press, Amsterdam 2002.
2. Trznadlowski A.M. ; The Field Orientation Principle in Control of Induction Motors, Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London 1994.
3. Vas P.; Vector Control of AC Machines, Clarendon Press, Oxford 1990.
4. Wójciak A.: Mikroprocesory w układach przekształtnikowych, WNT, Warszawa 1992.
5. Nowak M., Barlik R.: Poradnik inżyniera energoelektronika, WNT, Warszawa 1998.
6. Karyś S.: Metody sterowania podnoszące sprawność trójfazowych falowników napięcia o komutacji miękkiej, Monografie, Studia, Rozprawy – M24, , Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2012.
7. Radomski G.: Modulacja wektorowa w przekształtnikach AC/DC zasilanych z sieci prądu przemiennego, Monografie, Studia, Rozprawy – M54, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2013.