



IV. Opis programu studiów

3. KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	E_EM-06-S3
Nazwa przedmiotu	Podstawy energoelektroniki
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Fundamentals of Power Electronics
Obowiązuje od roku akademickiego	2020/21

USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	
Poziom kształcenia	
Profil studiów	
Forma i tryb prowadzenia studiów	
Zakres	
Jednostka prowadząca przedmiot	
Koordynator przedmiotu	Dr hab. inż. Grzegorz Radomski
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	Teoria obwodów
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	Zna działanie i parametry łączników elektronicznych.	EM1_W15 EM1_W19
	W02	Zna podstawowe grupy przekształtników energoelektronicznych.	EM1_W15 EM1_W19
	W03	Zna działanie przekształtników.	EM1_W15 EM1_W19
	W04	Zna metody analizy przekształtników energoelektronicznych.	EM1_W15 EM1_W19
	W05	Zna metodykę doboru elementów przekształtnika.	EM1_W06 EM1_W15 EM1_W19
	W06	Zna normy i zasady bezpieczeństwa dotyczące układów przekształtnikowych.	EM1_W15 EM1_W19 EM1_W20 EM1_W21
Umiejętności	U01	Potrafi dokonać analizy działania przekształtnika.	EM1_U08
	U02	Potrafi wyznaczyć podstawowe parametry charakterystyczne przekształtnika.	EM1_U08
	U03	Potrafi wyznaczać straty mocy w łącznikach elektronicznych i elementach biernych i na ich podstawie sprawność przekształtnika.	EM1_U08
	U04	Potrafi dokonać doboru elementów składowych przekształtnika.	EM1_U03 EM1_U05
	U05	Potrafi stosować narzędzia symulacyjne do analizy i weryfikacji projektów przekształtników.	EM1_U10
	U06	Potrafi uruchamiać układy przekształtnikowe.	EM1_U14
	U07	Potrafi bezpiecznie przeprowadzać pomiary w układach przekształtnikowych.	EM1_U14
	U08	Potrafi stosować normy i zasady bezpieczeństwa dotyczące układów przekształtnikowych.	EM1_U16
Kompetencje społeczne	K01	Ma świadomość istotności rozwiązań układów przekształtników energoelektronicznych dla życia współczesnego człowieka.	EM1_K02
	K02	Rozumie odpowiedzialność projektanta systemu przekształtnikowego i inżyniera serwisanta za bezpieczeństwo jego użytkowników.	EM1_K02, EM1_K03
	K03	Rozumie konieczność ciągłego poszerzania wiedzy i umiejętności w związku z bardzo szybkim rozwojem dziedziny układów przekształtnikowych.	EM1_K01
	K04	Rozumie związki i wpływ układów przekształtnikowych na środowisko i inne dziedziny techniki.	EM1_K02

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć*	Treści programowe
wykład	1. Zagadnienia organizacyjne, podanie literatury przedmiotu, wymagań i zasad zaliczenia i oceniania. Przedstawienie tematyki przedmiotu. Omówienie, co to jest wartość chwilowa, wartość średnia, wartość skuteczna, moc czynna, moc bierna, moc pozorna. Dlaczego tak ważne jest rozumienie tych pojęć? 2. Pojęcie przekształtnika. Przekształtnik jako Czarna Skrzynka - Black Box. Wymagania stawiane przekształtnikom. Sprawność energetyczna przekształtnika. Jakość parametrów mocy elektrycznej (Jakość energii?) odbiornika i źródła energii. Jakie problemy przekształtniki rozwiązują a jakie powodują?

	3. Rodzaje przekształtników: AC/DC – prostownik (Rectifier), DC/AC – falownik (Inverter), AC/DC – dwukierunkowy (Converter), DC/DC – przetwornica prądu stałego, AC/AC – sterownik prądu przemiennego.
	Łączniki elektroniczne. Parametry łączników elektronicznych i elementów reaktancyjnych a sprawność przekształtnika. Elementy półprzewodnikowe pełniące rolę łączników elektronicznych: diody, tranzystory, tyrystory. Budowa, działanie, charakterystyki, parametry. Mechanizmy uszkodzeń elementów półprzewodnikowych. Układy zabezpieczeń łączników elektronicznych: zabezpieczenia przepięciowe, przetężeniowe, termiczne. Chłodzenie elementów półprzewodnikowych. Dobór łączników elektronicznych przekształtnika. Klasa napięciowa, klasa prądowa, moc admisyjna, częstotliwość łączeń, szybkość przełączeń. Straty mocy w łączniku, spadki napięcia w stanie przewodzenia, upływność prądu w stanie zaworowym. Elementy biernie obwodów energoelektronicznych: R, L, C. • Prawo Ohma. • Wartości chwilowe napięcia i prądu w obwodach prądów sinusoidalnych. • Wartości chwilowe i średnie napięcia i prądu w obwodach prądu stałego. • Wartość chwilowa mocy, moc czynna i moc bierna. Współczynnik mocy. • Funkcje spełniane przez elementy biernie w przekształtnikach.
	Jednofazowe prostowniki diodowe: Jakiej informacji dostarczają wartości średnie i skuteczne napięć i prądów? Do czego je wykorzystujemy? Projektowanie przekształtników. Dobór elementów: łączników elektronicznych, cewek indukcyjnych, kondensatorów, transformatorów zasilających. • Wartość średnia napięcia wyprostowanego, • Wartość średnia prądu wyprostowanego, • Wartość średnia prądu pobieranego z sieci, • Wartość skuteczna prądu pobieranego z sieci, • Wartość średnia prądu łącznika elektronicznego, • Wartość skuteczna prądu łącznika elektronicznego. Jakość parametrów mocy elektrycznej • Moc czynna, moc bierna, • Współczynnik mocy, • Współczynnik THD. Przebiegi czasowe napięć i prądów: • Napięcia wyprostowanego, • Prądu wyprostowanego, • Prądu sieci, • Napięcia i prądu łącznika, • Prądów transformatora. a) Jedno-pulsowy z obciążeniem R, b) Dwu-pulsowe: z mostkiem Graetz'a, z dzielonym uzwojeniem wtórnym transformatora. 1. Jednofazowe prostowniki diodowe: a) Jedno-pulsowy z obciążeniem RE, b) Jedno-pulsowy z obciążeniem RL, c) Jedno-pulsowy z obciążeniem RE, RL i z diodą zerową. Wpływ diody zerowej na przebiegi napięć i prądów prostownika, d) Jedno-pulsowy z filtrem pojemnościowym i obciążeniem R.

	2. Trójfazowe prostowniki diodowe (niesterowane): • Komutacja łączników diodowych, • Punkt komutacji (punkt komutacji naturalnej wstęp do prostowników sterowanych), • Tętnienia napięcia wyjściowego, • Kwestia sensu stosowania diody zerowej. • Wpływ rodzaju obciążenia na przebiegi napięć i prądów oraz współczynnik mocy i współczynnik THD. • Transformatory dopasowujące prostowników trójfazowych. Przebiegi prądów uzwojeń transformatorów. a) Prostownik trójfazowy, trój-pulsowy, b) Prostownik trójfazowy sześć-pulsowy mostkowy.
	3. Jednofazowe prostowniki tyrystorowe (sterowane): • Warunki włączenia i wyłączenia łącznika tyrystorowego. • Układy wyzwiania tyrystorów. Układy jednofazowego prostownika/przekształtnika tyrystorowego. a) układ, b) działanie, przebiegi wartości chwilowych napięć i prądów, c) wartości średnie napięcia i prądu wyprostowanego, d) wartości średnie i skuteczne prądu wejściowego, Tryby pracy przekształtnika w zależności od obciążenia i kąta opóźnienia sterowania tyrystora. Dioda zerowa i konsekwencje jej zastosowania.
	4. Trójfazowe prostowniki/przekształtniki tyrystorowe (sterowane): • Komutacja łączników tyrystorowych. Pojęcia: a) komutacji naturalnej i wymuszonej, b) komutacji wewnętrznej i zewnętrznej, c) źródłem, obciążeniem. • Punkt komutacji naturalnej. • Tętnienia napięcia wyjściowego. • Kwestia sensu stosowania diody zerowej. • Wpływ rodzaju obciążenia na przebiegi napięć i prądów oraz współczynnik mocy i współczynnik THD. • Transformatory dopasowujące prostowników trójfazowych. Przebiegi prądów uzwojeń transformatorów. • Praca prostownikowa i falownikowa przekształtnika tyrystorowego. c) Prostownik trójfazowy, trój-pulsowy, d) Prostownik trójfazowy sześć-pulsowy mostkowy.
	5. Przekształtnik tyrystorowy jako element układu regulacji automatycznej. Na przykład do sterowania prędkością obrotową silnika prądu stałego.
	6. Łączniki prądu przemiennego.
	7. Sterowniki napięcia przemiennego (Soft Start).
	8. Łączniki prądu stałego.
	• Tranzystorowe łączniki prądu stałego, • Tyrystorowe układy łączników prądu stałego.
	9. Nieizolowane, impulsowe przetwornice napięcia: obniżająca, podwyższająca, podwyższająco-obniżająca.
	10. Falowniki napięcia.
	11. Kolokwium zaliczeniowe.
ćwiczenia	1. Wyznaczanie przebiegów oraz wartości średnich napięć i prądów jednofazowych prostowników diodowych.
	2. Wyznaczanie przebiegów oraz wartości średnich napięć i prądów trójfazowych prostowników diodowych
	3. Wyznaczanie przebiegów oraz wartości średnich napięć i prądów jednofazowych prostowników tyrystorowych.

	4. Wyznaczanie przebiegów oraz wartości średnich napięć i prądów trójfazowych prostowników tyrystorowych.
	5. Wyznaczanie strat mocy przewodzenia łączników elektronicznych diod i tyrystorów w układach prostowniczych.
	6. Dobór łączników elektronicznych przekształtników diodowych i tyrystorowych. Chłodzenie łączników elektronicznych.
	7. Analiza i dobór elementów reakcyjnych, według założonych kryteriów jakościowych tętnień prądu i napięcia, i dobór łączników elektronicznych impulsowych przetwornic napięcia.
laboratorium	1. Organizacja zajęć. Ustalenie tematów ćwiczeń laboratoryjnych. BHP
	2. . Badanie jednofazowych prostowników diodowych. Badanie trójfazowych prostowników diodowych.
	3. Badanie jednofazowych prostowników tyrystorowych.
	4. Badanie trójfazowych prostowników tyrystorowych.
	5. Badanie impulsowych przetwornic napięcia.
	6. Badanie trójfazowego falownika napięcia.
	7. Termin odróbczy. Zaliczenie. Wpis ocen.

*) 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	
W02			X		X	
W03			X		X	
W04			X			
W05			X			
W06			X		X	
U01			X			
U02			X			
U03			X			
U04			X			
U05					X	
U06					X	
U07					X	
U08					X	
K01			X		X	
K02			X		X	
K03			X		X	
K04			X		X	

A.

FORMA I WARUNKI ZALICZENIA

Forma zajęć*	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład		Poprawne napisanie kolokwium .
ćwiczenia		Poprawne napisanie kolokwium .
laboratorium		Poprawne wykonanie i zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych.

*) zostawić tylko realizowane formy zajęć

NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS							
Lp.	Rodzaj aktywności	Obciążenie studenta					Jednostka
1.	Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów	W	C	L	P	S	h
		30	15	15			
3.	Inne (konsultacje, egzamin)*	4	2	2			h
4.	Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	68					h
5.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	2,72					ECTS
6.	Liczba godzin samodzielnej pracy studenta	32					h
7.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy	1,28					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	100					h
11.	Punkty ECTS za moduł <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	4					

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

LITERATURA

- Nowak M., Barlik R.: „Poradnik inżyniera energoelektronika”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
- Rashid M. H.: „Power Electronics Handbook”, Academic Press, San Diego / San Francisco / New York / Boston / London / Sydney / Tokyo 2001.
- Strzelecki R., Supronowicz H.: „Współczynnik mocy w systemach zasilania prądu przemiennego i metody jego poprawy”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- Tunia H., Winiarski B.: „Energoelektronika”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994.
- Tunia H., Barlik R.: „Teoria przekształtników”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- Mohan N., Undeland T., Robbins W.: „Power Electronics. Converters, Application and Design” - 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., 1995.

Uwaga: wykaz literatury winien uwzględniać aktualne i dostępne publikacje