

Sylabus modułu kształcenia/przedmiotu

Nr pola	Nazwa pola	Opis
1	Jednostka	Instytut Politechniczny
2	Kierunek studiów	Elektrotechnika (studia stacjonarne)
3	Nazwa modułu kształcenia/przedmiotu	Podstawy napędu elektrycznego i energoelektroniki
4	Kod modułu kształcenia/przedmiotu	
5	Kod Erasmusa	
6	Punkty ECTS	6
7	Rodzaj modułu	Obowiązkowy
8	Rok studiów	3
9	Semestr	5
10	Typ zajęć	Stacjonarne
11	Liczba godzin	30W, 30LO, 15P, E
12	Koordinator	Grzegorz Sieklucki
13	Prowadzący	
14	Język wykładowy	Polski
15	Zakres nauk podstawowych	Nie
16	Zajęcia ogólnouniversyteckie/na innym kierunku	Nie
17	Wymagania wstępne	Wymagane wiadomości z zakresu analizy matematycznej, algebry, fizyki, podstaw automatyki oraz umiejętność korzystania z programu MATLAB.
18	Efekty kształcenia	<ul style="list-style-type: none"> • Charakteryzuje napęd elektryczny jako układ energo-elektromechaniczny • Rozróżnia i analizuje podstawowe układy energoelektroniczne • Opisuje budowę różnych napędów z silnikami prądu stałego • Opisuje budowę różnych napędów z silnikami indukcyjnymi • Opisuje budowę różnych napędów z silnikami synchronicznymi, w tym z magnesami trwałymi • Określa kaskadową strukturę regulacji napędami elektrycznymi
19	Stosowane metody dydaktyczne	Tradycyjny wykład (tablica, kreda) wspomagany prezentacjami komputerowymi, laboratorium komputerowe – obliczenia w środowisku MATLAB. Projekt jest związany z samodzielną realizacją optymalizacji parametrycznej regulatorów oraz przeprowadzeniem badań symulacyjnych dla zadanej metody regulacji napędami elektrycznymi.
20	Metody sprawdzania i kryteria oceny efektów kształcenia	Prace pisemne, projekty, egzamin, sprawozdania
21	Forma i warunki zaliczenia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aby uzyskać pozytywną ocenę końcową niezbędne jest uzyskanie pozytywnej oceny z obu rodzajów zajęć (laboratoryjnych i projektowych) oraz zdanie egzaminu. 2. Aby uzyskać pozytywną ocenę z ćwiczeń laboratoryjnych niezbędne jest napisanie i zaliczenie wszystkich sprawozdań w nieprzekraczalnym terminie upływającym z końcem semestru oraz zaliczenie pisemnych sprawdzianów. 3. Aby uzyskać pozytywną ocenę z projektu niezbędne jest zrealizowanie i opisanie w sprawozdaniu zadanego projektu regulacji napędem elektrycznym. <p>Ocena końcowa (OK) jest obliczana jest jako średnia arytmetyczna.</p>
22	Treści kształcenia (skrótowy opis)	System system energo-electro-mechaniczny. Budowa i działanie przemysłowych układów napędowych z silnikami elektrycznymi - zagadnienia podstawowe. Podstawowe układy energoelektroniczne.

		Sterowanie silnikami prądu stałego i przemiennego. Charakterystyki statyczne (mechaniczne) i dynamiczne. Modele matematyczne napędów elektrycznych.
23	Treści kształcenia (pełny opis)	<p>W ramach modułu zajęcia są prowadzone w formie wykładu (30 godzin) i zajęć laboratoryjnych (30 godzin) oraz projektu (15 godzin).</p> <p>WYKŁADY (30 godz.):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zagadnienia wstępne – system energo-electro-mechaniczny, równanie momentów, stabilność punktu równowagi, przekładnia mechaniczna, moment bezwładności napędu (6 godz.). 2. Przekształtnik tyrystorowy– budowa i działanie, praca w zakresie prądów ciągłych i przerywanych, zastosowanie przekształtników (4 godz.). 3. Napędy elektryczne z silnikami prądu stałego – silniki obcowzbudne i szeregowo, metody sterowania prędkością kątową, rodzaje rozruchu i hamowania (5 godz.). 4. Napędy elektryczne z silnikami indukcyjnymi – przestrzenny wektor wirujący, model dynamiczny silnika, schemat zastępczy, metody sterowania prędkością kątową, rodzaje rozruchu i hamowania. Zasady sterowania połowo zorientowanego (6 godz.). 5. Napędy elektryczne z silnikami synchronicznymi – modele matematyczne silników, sterowanie silnikami ze wzbudzeniem elektromagnetycznym (silnik przekształtnikowy) oraz silnikami bezszczotkowymi (BLDC, PMSM), układy zasilania tych silników (5 godz.). 6. Budowa przemienników częstotliwości jako zasilaczy prądu przemiennego – przemienniki bezpośrednie (z falownikiem napięcia oraz z falownikiem prądu) i pośrednie (cyklokonwerter), przestrzenny wektor PWM (SVM), falownik z wymuszonym prądem. (2 godz.). 7. Wprowadzenie do układów regulacji silnikami elektrycznymi – regulacja kaskadowa, sterowanie wektorowe (2 godz.). <p>LABORATORIUM (30 godz.):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Energoelektroniczne układy zasilania - przegląd elementów energoelektronicznych i układów przekształtnikowych, metody sterowania, typowe przebiegi sygnałów, podłączenie do silników elektrycznych (6 godz.). 2. Sterowanie silnikami elektrycznymi - realizacja symulacyjna wcześniej wyznaczonych sterowań dla obcowzbudnego silnika prądu stałego (2 godz.). 3. Przekształtnik tyrystorowy – badania wpływu poszczególnych układów systemu zasilania na przebiegi napięcia i prądu, uwzględnienie zjawiska komutacji, prądów przerywanych, wpływu indukcyjności dodatkowej, napięciowego i kąowego wyzwalania tyrystorów (4 godz.). 4. Zasilanie silnika obcowzbudnego z jednofazowego półsterowanego przekształtnika tyrystorowego - porównanie pracy przekształtnika przy obciążeniu R i RLE, wpływ SEM na przebiegi. Pomiary oscyloskopowe (2 godz.). 5. Pośredni przemiennik częstotliwości z falownikiem napięcia – sterowanie przekątnikowe, SVM (2 godz.). 6. Wyznaczanie przestrzennego wektora wirującego – animacje w środowisku Matlab-Simulink w układzie stacjonarnym i wirującym oraz zależności kątowe pomiędzy strumieniami wirnika i stojana podczas rozruchu obciążonego silnika indukcyjnego – porównanie z metodą sterowania połowo zorientowanego (4 godz.). 7. Sterowanie $U/f=const$ oraz softstart dla silnika indukcyjnego – modelowanie pracy silnika bez obciążenia i z obciążeniem, porównanie z bezpośrednim podłączeniem do sieci zasilającej (4 godz.). 8. sterowanie silnikiem BLDC - struktura układu, pomiary prędkości,

		<p>położenia, prądów zasilających oraz sygnałów z czujników Halla, serwomechanizm (2 godz.).</p> <p>9. sterowanie silnikiem PMSM - struktura układu, pomiary prędkości, położenia, prądów i napięć zasilających, serwomechanizm (2 godz.).</p> <p>10. Podsumowanie zajęć - (2 godz.).</p> <p>PROJEKT (15 godz.):</p> <p>Projekt obliczeniowo-symulacyjny – Zadana jest struktura i obiekt regulacji. Należy: wyznaczyć elementy układu regulacji ciągłej (wzmacniacze i układy pomiarowe). Optymalizacja parametryczna regulatorów, dobór czasu próbkowania, dyskretyzacja regulatorów, obliczenie ograniczeń regulatorów. Symulacyjne porównanie sterowania ciągłego i dyskretnego. Uzupełnienie struktury o kwantyzatory, które symulują przetwarzanie stałoprzecinkowe, i wyznaczenie poziomu kwantyzacji sygnałów przy której uwidacznia się zjawisko statyzmu i cyklu granicznego.</p>
24	Literatura podstawowa i uzupełniająca	<p>Biszyga K. Kazimierz <i>Sterowanie i regulacja silników elektrycznych</i> Warszawa : WNT, 1989</p> <p>Tunia H. Kaźmierkowski M. <i>Automatyka napędu przekształtnikowego.</i> Warszawa : PWN, 1987.</p> <p>Piróg S. Energoelektronika. <i>Układy o komutacji sieciowej i o komutacji twardej.</i> Kraków: Wydaw. AGH, 2006.</p> <p>Sieklucki G. <i>Automatyka napędu.</i> Kraków : Wydaw. AGH, 2009.</p> <p>Sieklucki G., Biszyga B., Zdrojewski A., Orzechowski T., Sykulski R. <i>Modele i zasady sterowania napędami elektrycznymi</i> Kraków : Wydaw. AGH, 2014.</p>
25	Przyporządkowanie modułu kształcenia/przedmiotu do obszaru/ obszarów kształcenia	Obszar nauk technicznych
26	Sposób określenia liczby punktów ECTS	<p>Udział w wykładach 30h, Samodzielne studiowanie materiału wykładów 15h, Udział w zajęciach laboratoryjnych 30h, Udział w zajęciach projektowych 15h, Przygotowanie i opracowanie wyników symulacji komputerowych 10h, Opracowanie wyników pomiarów i wykonanie sprawozdania 30h, Przygotowanie do prac pisemnych (4) i egzaminu: 25h, Sumaryczne obciążenie pracą studenta 155h przeliczone na 6 punktów ECTS</p>
27	Liczba punktów ECTS – zajęcia wymagające bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego	3
28	Liczba punktów ECTS – zajęcia o charakterze praktycznym	4