

Sylabus modułu kształcenia/przedmiotu

Nr pola	Nazwa pola	Opis
1	Jednostka	Instytut Politechniczny
2	Kierunek studiów	Elektrotechnika (studia stacjonarne)
3	Nazwa modułu kształcenia/ przedmiotu	Maszyny elektryczne
4	Kod modułu kształcenia/ przedmiotu	
5	Kod Erasmusa	
6	Punkty ECTS	6
7	Rodzaj modułu	Obowiązkowy
8	Rok studiów	2
9	Semestr	4
10	Typ zajęć	Stacjonarne
11	Liczba godzin	20W, 40LO, 15P, E
12	Koordinator	Jerzy Skwarczyński
13	Prowadzący	
14	Język wykładowy	Polski
15	Zakres nauk podstawowych	Nie
16	Zajęcia ogólnouczelniane/ na innym kierunku	Nie
17	Wymagania wstępne	Wymagane wiadomości z zakresu analizy matematycznej, algebry, fizyki, teorii obwodów elektrycznych, podstawowe z teorii pola elektromagnetycznego oraz umiejętność korzystania z programu MATLAB.
18	Efekty kształcenia	<ul style="list-style-type: none"> • zna budowę, zasadę działania i schemat zastępczy transformatora jednofazowego i trójfazowego w warunkach symetrii zewnętrznej • potrafi określić podstawowe wymiary typowego transformatora na podstawie jego danych znamionowych • potrafi wykorzystać dane z tabliczki znamionowej oraz katalogowe transformatora do określenia jego własności eksploatacyjnych. • potrafi wyznaczyć rozkład pola w szczelinie powietrznej typowej maszyny elektrycznej cylindrycznej dla zadanego rozkładu uzwojeń, umie świadomie kształtować rozkład tego pola i zna jego wpływ na własności maszyny. • zna budowę i zasadę działania generatorów synchronicznych jako podstawowego źródła energii elektrycznej. • wie od czego zależy i w jaki sposób uzyskać wymagany przebieg SEM generatora i w jakich warunkach przebieg ten zostaje zachowany po obciążeniu generatora. • wie w jaki sposób zapewnić wymaganą jakość energii elektrycznej wytwarzanej przez generator pracujący samotnie. • zna podstawowe własności eksploatacyjne i regulacyjne generatorów i silników synchronicznych, w tym zasady regulacji współczynnika mocy. • potrafi określić punkt pracy maszyny synchronicznej w ustalonym stanie pracy. • zna budowę i zasadę działania trójfazowych maszyn indukcyjnych. • zna podstawowe własności eksploatacyjne silników indukcyjnych, w tym zasady regulacji prędkości i metody rozruchu. • potrafi określić punkt pracy maszyny indukcyjnej w ustalonym stanie pracy. • zna budowę i specyfikę działania typowych maszyn komutatorowych z pojedynczym układem szczotek. • potrafi zapisać i rozumie pochodzenie równań opisujących dynamikę

		<p>maszyn komutatorowych z pojedynczym układem szczotek.</p> <ul style="list-style-type: none"> • potrafi określić punkt pracy maszyny komutatorowej z pojedynczym układem szczotek szeregowej i bocznikowej w ustalonym stanie pracy. • potrafi uwzględnić aspekty ekonomiczne wyboru źródła energii elektrycznej i rodzaju silnika napędowego, a także ich wpływ na środowisko i jakość energii elektrycznej. • potrafi sporządzić sprawozdanie i dokumentację wykonanych badań w laboratorium ogólnym oraz opracować wyniki pomiarów i wyciągnąć wnioski. • potrafi pracować w grupie i współdziałać z nią przy realizacji tematu badawczego, zarówno w laboratorium pomiarowym, jak i komputerowym.
19	Stosowane metody dydaktyczne	Tradycyjny wykład (tablica, kreda) wspomagany zdjęciami i rysunkami technicznymi maszyn, skrypt wykładowy, laboratorium komputerowe – obliczenia w środowisku MATLAB rozkładu pola magnetycznego oraz punktów pracy i charakterystyk eksploatacyjnych transformatorów oraz generatorów i silników elektrycznych, laboratorium pomiarowe – synchronicznie z wykładem podstawowe pomiary i charakterystyki transformatora, generatora synchronicznego, silnika indukcyjnego oraz prądu stałego, jako ilustracja do materiału podawanego na wykładzie, zajęcia projektowe – obliczenia w środowisku MATLAB, rysunek techniczny.
20	Metody sprawdzania i kryteria oceny efektów kształcenia	Praca kontrolna, zaliczenie sprawozdań w laboratorium ogólnym, Kontrolowane i oceniane obliczenia komputerowe w środowisku MATLAB, egzamin końcowy, Oceniana dyskusja na zajęciach, Oceniana aktywność studenta w laboratorium ogólnym i komputerowym
21	Forma i warunki zaliczenia	Aby uzyskać pozytywną ocenę końcową niezbędne jest zaliczenie obu rodzajów ćwiczeń laboratoryjnych, zaliczenie obu projektów oraz zdanie egzaminu. Warunkiem zaliczenia zajęć laboratoryjnych jest zaliczenie prac kontrolnych w laboratorium komputerowym oraz zaliczenie sprawozdań w laboratorium pomiarowym. Ocena końcowa (OK) jest obliczana z oceny zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych komputerowych (Olk), laboratoryjnych pomiarowych (Olp), projektu (Op) i oceny egzaminu (Oe). Podstawą ustalenia OK jest liczba Wl obliczona z wzoru: $Wl = 0,5 \cdot Oe + 0,22 \cdot Olk + 0,17 \cdot Olp + 0,11 \cdot Op$. Od $Wl > 0,91$ OK=5, od $Wl > 0,81$ OK=4,5, od $Wl > 0,71$ OK=4, od $Wl > 0,61$ OK=3,5, od $Wl > 0,5$ OK=3.
22	Treści kształcenia (skrócony opis)	Budowa, zasada działania i własności eksploatacyjne transformatorów energetycznych; konstrukcja obwodów elektrycznych i magnetycznych typowych maszyn elektrycznych wirujących, rola rozkładu uzwojeń i wymiarów szczeliny w kształtowaniu własności maszyn; budowa, zasada działania i własności eksploatacyjne maszyn synchronicznych, silników indukcyjnych i maszyn komutatorowych z jednym układem szczotek.
23	Treści kształcenia (pełny opis)	<p>W ramach modułu zajęcia są prowadzone w formie wykładu (20 godzin), zajęć laboratoryjnych w laboratorium komputerowym (25 godzin) oraz pomiarowym (15 godzin) i zajęć projektowych (15 godzin).</p> <p>WYKŁADY (20 godz.):</p> <p>Transformator jednofazowy – prawo indukcji elektromagnetycznej, równania i parametry modelu matematycznego, schemat zastępczy; praca transformatora w warunkach zasilania napięciem przemiennym, napięcie zwarcia, sprawność, zmienność napięcia (3 godz.).</p> <p>Transformatory trójfazowe dwuuzwojeniowe – rodzaje konstrukcji, schemat zastępczy, identyfikacja parametrów, grupa połączeń, praca równoległa, autotransformatory (2 godz.).</p> <p>Uzwojenia maszyn elektrycznych wirujących – pole magnetyczne w szczelinie powietrznej wytwarzane przez uzwojenia: przepływ uzwojenia, współczynnik uzwojenia, strumień sprzężony z uzwojeniem, indukcyjności uzwojeń, strumień rozproszenia, uzwojenia trójfazowe, pole pulsujące, wirujące, eliptyczne, siła elektromotoryczna (SEM) rotacji indukowana w uzwojeniach przy ruchu wzajemnym, moment elektromagnetyczny (2 godz.).</p> <p>Generatory trójfazowe prądu przemiennego synchroniczne – konstrukcja generatora z cylindrycznym rotorem, zasada działania, reaktancja oddziaływania twornika, reaktancja rozproszenia, reaktancja synchroniczna, schemat zastępczy, wykres wskazowy. Warunki w jakich wytwarzane są trójfazowe napięcia przemiennie (sinusoidalne) i utrzymywany ich kształt w</p>

obciążonym generatorze (3 godz.).

Generator trójfazowy zasilający sieć rozdzieloną i maszyna synchroniczna jawnobiegunowa współpracująca z siecią energetyczną w stanie ustalonym – wykres wskazowy, kąt mocy, praca silnikowa i prądnicowa, regulacja współczynnika mocy, krzywe V – (2 godz.).

Trójfazowe maszyny indukcyjne – budowa, rodzaje, zasada działania silnika, poślizg. Opis maszyny indukcyjnej zasilanej z symetrycznej sieci 3-fazowej przy stałej prędkości obrotowej w stanie ustalonym – schemat zastępczy, równanie charakterystyki mechanicznej i przebieg dla typowych maszyn, zakres pracy silnikowej, prądnicowej i hamulcowej. Warunki dodatkowe przetwarzania energii w maszynie indukcyjnej, regulacja prędkości, problemy i metody rozruchu, straty poszczególne i sprawność (4 godz.).

Maszyny z komutatorem mechanicznym – budowa, uzwojenia wirnika, rola komutatora w tworzeniu magnetycznej konfiguracji wirnika. Równania dynamiki maszyny z jedną parą szczotek. Podstawowe typy maszyn komutatorowych prądu stałego – warunki dodatkowe przetwarzania energii, charakterystyki mechaniczne silników szeregowych i obcowzbudnych, regulacja prędkości, problemy i metody rozruchu. Silniki komutatorowe szeregowo prądu przemiennego (uniwersalne). Warunki dodatkowe przetwarzania energii w maszynach komutatorowych (4 godz.).

LABORATORIUM KOMPUTEROWE (25 godz.):

Wyznaczenie obliczeniowe punktu pracy obwodu magnetycznego – prawo przepływu, prawo bezźródłowości pola magnet., strumień sprzężony, indukcyjności uzwojeń; praca kontrolna (4 godz.).

Wyznaczenie obliczeniowe punktu pracy transformatora trójfazowego na podstawie jego danych katalogowych i/lub wyników pomiarów w stanie zwarcia i biegu jałowego – obliczenia w środowisku MATLAB zmienności napięcia i sprawności; praca kontrolna (5 godz.).

Maszyna synchroniczna trójfazowa – praca samotna generatora, charakterystyki zewnętrzne i regulacyjne – obliczenia w środowisku MATLAB (4 godz.).

Maszyna synchroniczna trójfazowa – współpraca z siecią sztywną: konstrukcja i wykorzystanie wykresu wskazowego do wyznaczenia punktu pracy silnika i generatora w różnych warunkach – obliczenia w środowisku MATLAB; praca kontrolna (6 godz.).

Maszyna indukcyjna trójfazowa: wykorzystanie schematu zastępczego maszyny do obliczeń prądów i charakterystyk mechanicznych w różnych warunkach pracy. Regulacja prędkości obrotowej silnika i wyznaczanie sprawności – obliczenia w środowisku MATLAB; praca kontrolna (6 godz.).

Maszyna komutatorowa z jednym układem szczotek: wykorzystanie równań modelu maszyny do obliczeń stanu ustalonego przy zasilaniu prądem stałym i przemiennym; praca kontrolna (5 godz.).

LABORATORIUM POMIAROWE (15 godz.):

Transformator trójfazowy - charakterystyki i modelowanie: pomiar charakterystyki biegu jałowego i zwarcia, rejestracja przebiegów czasowych prądów i napięć, pomiar χ -ki zewnętrznej przy obciążeniu rezystancyjnym, wyznaczanie parametrów schematu zastępczego. Zaliczanie sprawozdań. (3 godz.).

Maszyny z polem wirującym - uzwojenia: łączenie zezwojów stojana w wybrany układ uzwojenia maszyny indukcyjnej klatkowej i pomiar charakterystyki biegu jałowego tej maszyny. Zaliczanie sprawozdań. (3 godz.).

Generator synchroniczny - praca samotna i współpraca z siecią elektroenergetyczną: bieg jałowy generatora, rejestracja przebiegów czasowych napięć, zależność napięcia od częstotliwości i prądu wzbudzenia, regulacja napięcia, praca samotna - charakterystyka zewnętrzna przy obciążeniu rezystancyjnym, włączanie generatora do sieci elektroenergetycznej, praca silnikowa i generatorowa. Zaliczanie sprawozdań. (3 godz.).

Silnik indukcyjny klatkowy: rozruch, bieg jałowy i obciążenie, poślizg, zależność rozwijanego momentu i pobieranego prądu od poślizgu, możliwości

		<p>regulacji prędkości, zasilanie z przemiennika częstotliwości, rejestracja przebiegów czasowych prądów i napięć przemiennika. Zaliczanie sprawozdań. (3 godz.).</p> <p>Silnik komutatorowy uniwersalny: charakterystyka mechaniczna przy zasilaniu napięciem stałym i przemiennym, zależność pobieranego prądu od prędkości obrotowej. Zaliczanie sprawozdań. (3 godz.).</p> <p>PROJEKT (15 godz.):</p> <p>Ustalenie podstawowych wymiarów transformatora jednofazowego na podstawie jego danych znamionowych, określenie parametrów schematu zastępczego z wymiarów geometrycznych transformatora – obliczenia w środowisku MATLAB wspomagane rysunkami technicznymi. Zaliczanie projektu. (6 godz.).</p> <p>Dobór parametrów konstrukcyjnych uzwojenia wzbudającego i uzwojenia twornika generatora dla uzyskania wymaganego kształtu i wielkości SEM rotacji generatora: zastosowanie funkcji przepływu i prawa ciągłości strumienia do wyznaczania rozkładu natężenia pola magnetycznego oraz indukcji w szczeliny powietrznej maszyny cylindrycznej z wykorzystaniem szeregu Fouriera; zastosowanie prawa indukcji dla określenia SEM rotacji – obliczenia w środowisku MATLAB wspomagane rysunkami technicznymi. Zaliczanie projektu (9 godz.).</p>
24	Literatura podstawowa i uzupełniająca	<p>Skwarczyński J.: <i>Wykłady w maszyn elektrycznych</i>. WND PWSZ, Tarnów 2007</p> <p>Skwarczyński J., Tertil Z.: <i>Elektromechaniczne przetwarzanie energii</i>. AGH UWND, Kraków 2000</p> <p>Plamitzer A.: <i>Maszyny elektryczne</i>. WNT, Warszawa 1976</p>
25	Przyporządkowanie modułu kształcenia/przedmiotu do obszaru/ obszarów kształcenia	Obszar nauk technicznych
26	Sposób określenia liczby punktów ECTS	<p>Udział w wykładach 20h, Samodzielne studiowanie materiału wykładów 10h, Udział w zajęciach laboratorium komputerowego 25h, Przygotowanie i opracowanie wyników symulacji komputerowych 15h, Udział w zajęciach laboratorium pomiarowego 15h, Opracowanie wyników pomiarów i wykonanie sprawozdania 10h, Udział w zajęciach projektowych 15h, Przygotowanie i opracowanie projektu 10h, Przygotowanie do kolokwium (5) i egzaminu: $5 \times 2 + 20 = 30$h, Sumaryczne obciążenie pracą studenta 150h 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