

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Diagnostyka maszyn energetycznych				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	RMBM-2-323-SM-s	Punkty ECTS:	2
Wydział:	Inżynierii Mechanicznej i Robotyki				
Kierunek:	Mechanika i Budowa Maszyn	Specjalność:	Inżynieria Zrównoważonych Systemów Energetycznych		
Poziom studiów:	Studia II stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	3
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr inż. Szopa Krystian (kszopa@agh.edu.pl)				

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Moduł obejmuje zagadnienia związane z monitoringiem oraz diagnostyką maszyn energetycznych i obiegów energetycznych. Realizacja projektu systemu diagnostycznego wybranej maszyny energetycznej.

Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student posiada wiedzę z zakresu monitoringu i diagnostyki maszyn i obiegów energetycznych.	MBM2A_W08, MBM2A_W06, MBM2A_W17, MBM2A_W05, MBM2A_W16, MBM2A_W02	Wykonanie projektu, Udział w dyskusji, Kolokwium
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi dobrać układ pomiarowy odpowiedni do badania i analizy parametrów wybranego układu energetycznego.	MBM2A_U11, MBM2A_U05, MBM2A_U10	Wykonanie projektu, Udział w dyskusji, Odpowiedź ustna

M_U002	Student potrafi realizować wyodrębnione zadania projektu w ramach pracy zespołowej i dokonywać syntezy.	MBM2A_U17, MBM2A_U13, MBM2A_U19, MBM2A_U09	Wykonanie projektu, Udział w dyskusji, Odpowiedź ustna
M_U003	Student potrafi zaplanować eksperyment, zaprojektować system diagnostyczny, zinterpretować wyniki i przeprowadzić wnioskowanie diagnostyczne.	MBM2A_U11, MBM2A_U17, MBM2A_U13, MBM2A_U19, MBM2A_U02, MBM2A_U01, MBM2A_U05, MBM2A_U16, MBM2A_U10	Wykonanie projektu, Udział w dyskusji, Odpowiedź ustna
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student ma potrzebę ciągłego dokształcania się i podnoszenia kompetencji w zakresie diagnostyki i eksploatacji maszyn energetycznych.	MBM2A_K02	Wykonanie projektu, Udział w dyskusji, Aktywność na zajęciach

Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
28	14	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0

Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student posiada wiedzę z zakresu monitoringu i diagnostyki maszyn i obiegów energetycznych.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												

M_U001	Student potrafi dobrać układ pomiarowy odpowiedni do badania i analizy parametrów wybranego układu energetycznego.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi realizować wyodrębnione zadania projektu w ramach pracy zespołowej i dokonywać syntezy.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi zaplanować eksperyment, zaprojektować system diagnostyczny, zinterpretować wyniki i przeprowadzić wnioskowanie diagnostyczne.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student ma potrzebę ciągłego doształcania się i podnoszenia kompetencji w zakresie diagnostyki i eksploatacji maszyn energetycznych.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	28 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	58 godz
Punkty ECTS za moduł	2 ECTS

Pozostałe informacje

Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

Monitoring i diagnostyka w energetyce

Strategie eksploatacji maszyn i urządzeń energetycznych. Motywacja dla rozwoju monitoringu i diagnostyki w energetyce. Przemiany energetyczne w systemach technicznych. Degradacja stanu maszyn. Stany diagnostyczne maszyn. Zakresy diagnostyki I, II i III generacji. Procedury diagnozowania maszyn. Pozyskiwanie i przetwarzanie informacji. Wnioskowanie diagnostyczne. Rola modelowania w diagnostyce. Technologie informatyczne w diagnostyce maszyn energetycznych.

Źródła procesów resztkowych w maszynach i obiektach energetycznych

Niewyrównoważenie elementów wirujących, nieosiowość wałów zespołu napędowego i roboczego maszyny, luzy w posadowieniu agregatu maszynowego, niestabilne

warunki pracy łożysk ślizgowych (drgania samowzbudne), łożyska toczne, przekładnie zębate, obwody magnetoelektryczne. Tarcie pomiędzy elementami par kinematycznych mechanizmów. Ruch medium roboczego – składowa dynamiczna ciśnienia czynnika. Kawitacja w instalacjach rurociągów. Niedrożność rur kotła wodnego, degradacja izolacji magistrali rurowych w ciepłownictwie, korozja wymienników ciepła – termodiagnostyka. Wzrost poziomów defektów struktury oraz mikro- i makrouszkodzeń – emisja akustyczna. Zużycie zmęczeniowe, kawitacyjne, cierne, kształtu. Odchylenie wartości wielkości fizycznych zjawisk towarzyszących od wzorca maszyny zdanej.

Systemy pomiarowe w monitoringu obiektów energetycznych

Definicja pojęć wielkość fizyczna, wartość wielkości, pomiar, narzędzie pomiarowe, przetwornik pomiarowy i innych. Cyfrowe przyrządy pomiarowe. Wirtualny przyrząd pomiarowy. Klasyfikacja wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Czujniki pomiarowe rezystancyjne, indukcyjnościowe, pojemnościowe, piezoelektryczne, światłowodowe z siatką Bragga, pirometry, typu MEMS i inne. Przykłady systemów interfejsów szeregowych i równoległych: UART, RS-232, RS-485, 1-Wire, USB, IEEE-488 – charakterystyka, wady i zalety, zastosowanie w monitoringu maszyn energetycznych.

Modele i eksperymenty diagnostyczne

Etapy budowy modeli diagnostycznych. Sformułowanie problemu i celu działania. Analiza diagnostyczna i dekompozycja obiektu. Kryteria wyboru podsystemów przy budowaniu przekroju obiektu. Identyfikacja modelu diagnostycznego obiektu. Weryfikacja modelu diagnostycznego. Kryteria oceny efektywności działań diagnostycznych. Rodzaje eksperymentów diagnostycznych. Zastosowanie teorii planowania eksperymentu. Generowanie sygnałów diagnostycznych. Rejestracja, przetwarzanie i selekcja informacji diagnostycznej. Analiza wyników i wnioskowanie diagnostyczne. Przykłady realizacji eksperymentów diagnostycznych.

Diagnostyka wybranych maszyn energetycznych (część I)

Maszyny elektryczne (indukcyjne, synchroniczne, komutatorowe) – kontrola: asymetrii uzwojenia stojana i obwodów klatki wirnika, zwarcia, przerwy w obwodzie, doziemienia, błędnego połączenia cewek, pęknięcia prętów klatki rozruchowej, czynnika chłodzącego, nierówności powierzchni komutatora, konstrukcji uchwyty szczotek, inne. Silniki spalinowe: badanie szczelności przestrzeni roboczej, pomiar ciśnienia sprężania i spalania, pomiar mocy i zużycia paliwa – przykłady diagnostyki silników samochodów, pojazdów szynowych, statków, agregatów.

Diagnostyka wybranych maszyn energetycznych (część II)

Wirnikowe maszyny przepływowe (sprężarki, pompy wirowe): obserwacja w nominalnych i przejściowych warunkach działania, ocena stanu technicznego na podstawie prędkości obrotowej wirnika, momentu obrotowego, poboru energii, parametrów procesowych medium, itp., analiza procesów resztkowych: przyrost temperatury w łożysku, zmiana temperatury korpusu, chwilowe i średnie przemieszczenie wału w kierunku promieniowym, drgania podzespołów, inne. Turbozespoły parowe: problematyka prędkości krytycznych I i II rzędu, precesja hydrodynamiczna i aerodynamiczna, przyczyny drgań turbozespołów, pomiary i kryteria drgań turbozespołów.

Diagnostyka ciepłno-przepływowa obiegów energetycznych

Koncepcja hierarchicznego, modułowego systemu diagnostycznego. Rola modelowania matematycznego w diagnostyce obiegów energetycznych. Identyfikacja modeli matematycznych obiegów. Określanie stanów referencyjnych obiegów. Pozyskiwanie danych z pomiarów cieplnych. Monitoring obiektów ustabilizowanych i

nieustabilizowanych cieplnie. Określenie symptomów degradacji. Pozyskiwanie cieplno-przepływowych relacji diagnostycznych.

Ćwiczenia projektowe

Analiza procesów roboczych i reszkowych wybranej maszyny energetycznej o zadanych parametrach

Sformułowanie problemu diagnostycznego, wybór kryteriów i wartości granicznych wybranych parametrów

Budowa modelu diagnostycznego wybranej maszyny

Koncepcja hierarchicznego, modułowego systemu diagnostycznego

Ustalenie eksperymentu zgodnie z teorią planowania i dobór parametrów toru pomiarowego

Budowa oprogramowania systemu diagnostycznego w środowisku LabVIEW

Synteza projektu, wprowadzanie poprawek, podsumowanie

Metody i techniki kształcenia:

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane z wykorzystaniem prezentacji multimedialnej.

Ćwiczenia projektowe: Na zajęciach projektowych studenci realizują wydane przez prowadzącego projekty indywidualne lub grupowe.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:

Ćwiczenia projektowe:

1. Oceny częściowe z projektu są wystawiane za realizację poszczególnych etapów projektu oraz na podstawie dyskusji. Ocena z całości projektu jest obliczana na podstawie średniej arytmetycznej z ocen częściowych.

2. Ocena ze sprawdzianu zaliczeniowego (kolokwium) obejmującego teorię.

3. Aktywny udział w zajęciach.

Ocena z ćwiczeń projektowych jest obliczana w następujący sposób:

$$CP = 0,7P + 0,3S$$

Gdzie:

CP – ocena z ćwiczeń projektowych,

P – ocena ze zrealizowanego projektu (średnia arytmetyczna z ocen częściowych za realizację poszczególnych etapów projektu),

S – ocena ze sprawdzianu zaliczeniowego obejmującego teorię (treść wykładów).

Przy czym S i P muszą być pozytywne.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:

Wykład:

– Obecność obowiązkowa: Nie

– Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci powinni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości.

Ćwiczenia projektowe:

– Obecność obowiązkowa: Tak

– Zasady udziału w zajęciach: Studenci realizują projekty wydane przez prowadzącego. Zaliczenie ćwiczeń projektowych odbywa się na podstawie ocen z poszczególnych etapów realizacji projektu oraz kolokwium z teorii, przy jednoczesnym aktywnym udziale studenta w zajęciach.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa odpowiada ocenie z ćwiczeń projektowych.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:

Warunki wyrównywania zaległości wskutek nieobecności, w przypadku braku możliwości odrobienia zajęć w innej grupie, są ustalane indywidualnie z prowadzącym.

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

Znajomość podstaw konstrukcji maszyn energetycznych i ich zasady działania.

Znajomość podstaw metrologii.

Znajomość podstaw teorii planowania eksperymentu.

Zalecana literatura i pomoce naukowe

- 1.Cempel Cz., Tomaszewski F. (red.): *Diagnostyka maszyn: zasady ogólne : przykłady zastosowań*. Radom 1992.
- 2.Krzyżanowski J.A., Głuch J.: *Diagnostyka ciepłno-przepływowa obiektów energetycznych*. Gdańsk 2004.
- 3.Świsulski D.: *Przykłady cyfrowego przetwarzania sygnałów w LabVIEW*. Gdańsk 2012.
- 4.Żółtowski B.: *Podstawy diagnozowania maszyn*. Bydgoszcz 2011.

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

- 1.Ciesielka W., Szopa K., Gołaś A. *The analysis of load of overhead power line due to weather condition and design of smart system of its recognition*. Polish Journal of Environmental Studies, 25(5A), s. 27-36, 2016.
- 2.Ciesielka W., Czajka I., Czechowski M., Filipek R., Gołaś A., Hamiga W., Romik D., Suder-Dębska K., Szopa K., Wołoszyn J. *Smart Grid in energetic facilities: modelling, monitoring and diagnostics*, Monografie Katedry Systemów Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska 2017.
- 3.Gołaś A., Ciesielka W., Czajka I., Filipek R., Suder-Dębska K., Szopa K., Śliwiński M., Wołoszyn J., Żywiec W. *Mechanical engineering in Smart Grid technology*. Monografie Katedry Systemów Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska 2015.

Informacje dodatkowe

- 1.Możliwość ubiegania się o zaliczenie – obecność na minimum 50% godzin projektowych.
- 2.Dopuszczalna jedna nieobecność. Każda kolejna nieobecność -0,5 do oceny z ćwiczeń projektowych.