

**Podstawowe informacje o zajęciach**Nazwa zajęć: **Diagnostyka układów mechatronicznych**Cykl kształcenia: **2020/2021**Nazwa jednostki prowadzącej studia: **Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa**Nazwa kierunku studiów: **Mechatronika**Obszar kształcenia: **nauki techniczne**Profil studiów: **ogólnoakademicki**Poziom studiów: **drugiego stopnia**Forma studiów: **stacjonarne**Specjalności na kierunku: **Informatyka i robotyka, Komputerowo wspomagane projektowanie**Tytuł otrzymywany po ukończeniu studiów: **Magister**Nazwa jednostki prowadzącej zajęcia: **Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki**Kod zajęć: **3076**Status zajęć: **obowiązkowy dla specjalności Informatyka i robotyka**Układ zajęć w planie studiów: **sem: 1 / W15 P15 / 2 ECTS / Z**Język wykładowy: **polski**Imię i nazwisko koordynatora: **dr hab. inż. prof. PRz Piotr Gierlak**Dane kontaktowe koordynatora: **budynek L, pokój 230, tel. 17 865 18 54, pgierlak@prz.edu.pl**Terminy konsultacji koordynatora: **czwartek 10:30-12:00, piątek 08:45-10:15****Cel kształcenia i wykaz literatury**Główny cel kształcenia: **Głównym celem kształcenia jest uzyskanie wiedzy i umiejętności w zakresie podstaw diagnostyki układów mechatronicznych.**Ogólne informacje o zajęciach kształcenia: **Moduł kształcenia "Diagnostyka układów mechatronicznych" obejmuje zagadnienia metodologii procesów diagnostycznych oraz analizy sygnałów w procesach diagnostycznych.****Wykaz literatury, wymaganej do zaliczenia zajęć**

Literatura wykorzystywana podczas zajęć wykładowych

1. Korbicz J., Kościelny J., Kowalczyk Z., Cholewa W., *Diagnostyka procesów.*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa., 2002
2. J. Korbicz, J.M. Koscielny (red.), *Modelowanie, diagnostyka i sterowanie nadrzędne procesami. Implementacja w systemie DiaSter.*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa., 2009
3. Koscielny J.M., *Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych.*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT. Warszawa., 2001

Literatura wykorzystywana podczas zajęć ćwiczeniowych/laboratoryjnych/innych

1. Korbicz J., Kościelny J., Kowalczyk Z., Cholewa W., *Diagnostyka procesów.*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa., 2002

**Wymagania wstępne w kategorii wiedzy/umiejętności/kompetencji społecznych**Wymagania formalne: **Student zarejestrowany na semestr pierwszy**Wymagania wstępne w kategorii Wiedzy: **Sygnały i systemy dynamiczne. Dynamika maszyn.**Wymagania wstępne w kategorii Umiejętności: **Umiejętność pozyskiwania wiedzy z literatury, umiejętność samokształcenia się, umiejętność stosowania modeli matematycznych obiektów.**Wymagania wstępne w kategorii Kompetencji społecznych: **Rozumienie potrzeb ciągłego doksztalcania się.****Efekty kształcenia dla zajęć**

MEK	Student, który zaliczył zajęcia	Formy zajęć/metody dydaktyczne prowadzące do osiągnięcia danego efektu kształcenia	Sposoby weryfikacji każdego z wymienionych efektów kształcenia	Związki z KEK	Związki z PRK
01.	zna podstawowe metody badawcze, techniki obliczeniowe i narzędzia inżynierskie stosowane w obszarze diagnostyki układów mechatronicznych oraz najnowsze trendy w obszarze diagnostyki.	wykład	zaliczenie cz. pisemna	K_W03++ K_W04+	P7S_WG
02.	potrafi ocenić, wybrać i zastosować podstawowe metody badawcze, techniki obliczeniowe i narzędzia inżynierskie do rozwiązywania zadań inżynierskich w obszarze diagnostyki układów mechatronicznych zawierających komponent badawczy i wymagających integracji wiedzy z różnych obszarów mechatroniki.	projekt	obserwacja wykonawstwa, prezentacja projektu	K_U05+ K_U06+ K_U08+ K_U11++	P7S_UO P7S_UW

Uwaga: W zależności od sytuacji epidemicznej, jeżeli nie będzie możliwości weryfikacji osiągniętych efektów uczenia się określonych w programie studiów w sposób stacjonarny w szczególności zaliczenia i egzaminy kończące określone zajęcia będą mogły się odbywać przy użyciu środków komunikacji elektronicznej (w sposób zdalny).

Strona: 5

## Treści kształcenia dla zajęć

Sem.	TK	Treści kształcenia	Realizowane na	MEK
1	TK01	Wiadomości wprowadzające. Diagnostyka. Cele diagnostyki. Rola diagnostyki w przemyśle oraz innych gałęziach gospodarki. Diagnostyka układów mechatronicznych. Zarządzanie danymi diagnostycznymi. Problem formatu danych diagnostycznych. Systemy i programy do wspomagania diagnostyki. Systemy SCADA. Ekonomiczne uwarunkowania diagnostyki. Diagnostyka układów a czynnik ludzki. Wpływ mentalności ludzi na skuteczność diagnostyki układów. Rola kadry kierowniczej w podejściu pracowników do diagnostyki. Sygnały diagnostyczne. Wybór sygnałów diagnostycznych. Sygnały skorelowane. Rola pomiarów w diagnostyce układów mechatronicznych. Rola ciągłego monitorowania stanu układu. Progi alarmowe. Problem fałszywych alarmów. Czułość testów diagnostycznych.	W01,W02	MEK01
1	TK02	Metody przetwarzania i analizy sygnałów w diagnostyce. Rodzaje sygnałów. Analiza sygnałów w dziedzinie czasu. Analiza sygnałów w dziedzinie częstotliwości. Miary sygnałów. Zastosowanie transformaty Fouriera. Analiza częstotliwościowa. Spektrogramy. Technika pomiaru drgań. Kalibracja czujników drgań. Wzбудniki drgań. Zastosowanie pomiaru drgań w diagnostyce.	W03,W04	MEK01
1	TK03	Elementy składowe układów mechatronicznych. Napędy elektryczne, pneumatyczne, hydrauliczne, przekładnie zębate, łożyska, pompy, wentylatory, sprzęgła, wały i wirniki, przewody, okablowanie, elementy złączne. Typowe uszkodzenia elementów wykonawczych układów mechatronicznych. Wpływ bieżącego utrzymania urządzeń na diagnostykę i trwałość.	W05,W06	MEK01
1	TK04	Diagnostyka łożysk tocznych. Typowe uszkodzenia łożysk tocznych: uszkodzenia bieżni zewnętrznej, wewnętrznej, uszkodzenia elementów tocznych, uszkodzenia koszyka. Sygnały drganiowe. Sygnały akustyczne.	W07,W08	MEK01
1	TK05	Diagnostyka przekładni zębatych. Typowe uszkodzenia przekładni zębatych: uszkodzenia powierzchni zębów, pitting, zatarcia, pęknięcia zębów u nasady. Sygnały drganiowe. Diagnostyka olejowa.	W09,W10	MEK01
1	TK06	Diagnostyka zespołów napędowych z uwzględnieniem uszkodzeń łożysk, uszkodzeń przekładni, niewyważenia wału, rozosiowania wałów.	W11,W12	MEK01
1	TK07	Trendy w diagnostyce układów mechatronicznych. Czujniki bezprzewodowe. Zdalny nadzór. Autodiagnostyka urządzeń. Diagnostyka procesów. Diagnostyka w układach zrobotyzowanych. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w diagnostyce.	W13,W14	MEK01
1	TK08	Zaliczenie wykładu	W15	MEK01
1	TK09	Zapoznanie ze stanowiskami badawczymi do diagnostyki układów mechatronicznych: struktura systemu, sygnały diagnostyczne. Określenie celu i zakresu projektu.	P01,P02	MEK02
1	TK10	Pomiar drgań. Analiza sygnału w dziedzinie czasu. Miary sygnałów: średnia, wariancja, odchylenie standardowe, wartość skuteczna, moment 3-go rzędu, skośność, kurtoza, współczynnik szczytu, współczynnik kształtu. Uśrednianie koherentne. Filtracja dolnoprzepustowa, górnoprzepustowa i pasmowoprzepustowa. Obwiednia sygnału. Interpretacja wyników analizy.	P03-P06	MEK02
1	TK11	Analiza sygnału w dziedzinie częstotliwości. Widmo sygnału. Widmo obwiedni sygnału. Uśrednianie widma. Interpretacja wyników analizy.	P07,P08	MEK02
1	TK12	Diagnostyka łożysk tocznych. Analiza częstotliwości charakterystycznych.	P09,P10	MEK02
1	TK13	Diagnostyka przekładni zębatych. Analiza częstotliwości charakterystycznych.	P11,P12	MEK02
1	TK14	Diagnostyka zespołów napędowych z uwzględnieniem diagnostyki łożysk, przekładni zębatej, niewyważenia wału, rozosiowania wałów.	P13,P14	MEK02
1	TK15	Trendy w diagnostyce układów mechatronicznych. Zaliczenie projektu	P15	MEK02

Strona: 6

## Nakład pracy studenta

Forma zajęć	Praca przed zajęciami	Udział w zajęciach	Praca po zajęciach
Wykład (sem. 1)	Przygotowanie do kolokwium: 2.00 godz./sem.	Godziny kontaktowe: 15.00 godz./sem.	Studiowanie zalecanej literatury: 5.00 godz./sem.
Projekt/Seminarium (sem. 1)	Przygotowanie do zajęć projektowych/seminaryjnych: 5.00 godz./sem.	Godziny kontaktowe: 15.00 godz./sem..	Wykonanie projektu/dokumentacji/raportu: 12.00 godz./sem. Przygotowanie do prezentacji: 3.00 godz./sem.
Konsultacje (sem. 1)	Przygotowanie do konsultacji: 0.10 godz./sem.	Udział w konsultacjach: 1.00 godz./sem.	
Zaliczenie (sem. 1)			

Strona: 7

## Sposób wystawiania ocen składowych zajęć i oceny końcowej

Forma zajęć	Sposób wystawiania oceny podsumowującej
Wykład	Ocena z wykładu jest wystawiana na podstawie zaliczenia związanego ze sprawdzeniem osiągnięcia efektów MEK1. Podczas zaliczenia pisemnego w formie testu student otrzymuje dziesięć pytań testowych jednokrotnego wyboru. Za każdą poprawną odpowiedź student otrzymuje 1 pkt., a za każdą niepoprawną odpowiedź student otrzymuje 0 pkt. Ocena z zaliczenia wykładu jest wystawiana na podstawie uzyskanej liczby punktów P w następujący sposób: P między 0 a 5 - ocena ndst (2,0); P=6 - ocena dst (3,0); P=7 - ocena +dst (3,5); P=8 - ocena db (4,0); P=9 - ocena +db (4,5); P=10 - ocena bdb (5,0).
Projekt/Seminarium	Podczas kolejnych zajęć projektowych student realizuje kolejne etapy składające się z pomiarów i analizy sygnałów diagnostycznych. Podczas każdego z zajęć poza pierwszymi i ostatnimi student uzyskuje oceny (OW) na podstawie obserwacji wykonawstwa zaplanowanych etapów projektu. Podczas ostatnich zajęć student przedstawia cały projekt, za który uzyskuje ocenę (PP). Ocena z zaliczenia projektu jest wyznaczana na podstawie średniej ważonej ocen: $S=0.7 \cdot SOW+0.3 \cdot PP$ , gdzie SOW - średnia ocen z obserwacji wykonawstwa, PP - ocena z prezentacji projektu. Średnie ocen SOW oraz S są zaokrąglane do stopni zgodnych z regulaminem studiów w następujący sposób: średnia poniżej 3,00 - ocena ndst (2,0); średnia co najmniej 3,00 i poniżej 3,25 - ocena dst (3,0); średnia co najmniej 3,25 i poniżej 3,75 - ocena +dst (3,5); średnia co najmniej 3,75 i poniżej 4,25 - ocena db (4,0); średnia co najmniej 4,25 i poniżej 4,75 - ocena +db (4,5); średnia 4,75 lub powyżej 4,75 - ocena bdb (5,0).

Ocena końcowa	Student uzyskuje pozytywną ocenę końcową, jeśli posiada pozytywne oceny końcowe z wszystkich form zajęć. Ocena końcowa jest wyznaczana na podstawie średniej ważonej ocen z zaliczenia wykładu i projektu: $S=0.3 \cdot OW+0.7 \cdot OP$ , gdzie OW - ocena z zaliczenia wykładu, OP - ocena z zaliczenia projektu. Średnia ocen S jest zaokrąglana do stopni zgodnych z regulaminem studiów w następujący sposób: S co najmniej 3.00 i poniżej 3.25 - ocena dst (3,0); S co najmniej 3.25 i poniżej 3.75 - ocena +dst (3,5); S co najmniej 3.75 i poniżej 4.25 - ocena db (4,0); S co najmniej 4.25 i poniżej 4.75 - ocena +db (4,5); S 4.75 lub powyżej 4.75 - ocena bdb (5,0).
---------------	---

Strona: 8

### Przykładowe zadania

Wymagane podczas egzaminu/zaliczenia	
Realizowane podczas zajęć ćwiczeniowych/laboratoryjnych/projektowych	
Inne	

Czy podczas egzaminu/zaliczenia student ma możliwość korzystania z materiałów pomocniczych: **nie**

Strona: 9

### Treści zajęć powiązane są z prowadzonymi badaniami naukowymi: tak

#### Publikacje naukowe

- S. Duda; G. Gembalczyk ; P. Gierlak, *Modeling and Control of an Underactuated System for Dynamic Body Weight Support*, ,, 2021
- A. Burghardt; J. Giergiel; P. Gierlak; K. Kurc; W. Łabuński; M. Muszyńska; D. Szybicki, *Robotic machining in correlation with a 3D scanner*, ,, 2020
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; D. Szybicki, *Automatic Detection of Industrial Robot Tool Damage Based on Force Measurement*, ,, 2020
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; D. Szybicki, *Device for Contact Measurement of Turbine Blade Geometry in Robotic Grinding Process*, ,, 2020
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; M. Muszyńska; D. Szybicki, *The Use of VR to Analyze the Profitability of the Construction of a Robotized Station*, ,, 2020
- A. Burghardt; R. Cygan; P. Gierlak; K. Kurc; P. Pietruś; D. Szybicki, *Programming of Industrial Robots Using Virtual Reality and Digital Twins*, ,, 2020
- G. Bomba; P. Gierlak, *Assessment of Geometric Accuracy of a 5-axis CNC Machine in the Context of Machining Aircraft Transmission Housings*, ,, 2020
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; D. Szybicki, *Eliminating the Inertial Forces Effects on the Measurement of Robot Interaction Force*, Springer, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; D. Szybicki, *Non-contact Robotic Measurement of Jet Engine Components with 3D Optical Scanner and UTT Method*, Springer, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; D. Szybicki, *Robot-Assisted Quality Inspection of Turbojet Engine Blades*, Springer, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; M. Muszyńska; D. Szybicki; M. Uliasz, *Application of Virtual Reality in Designing and Programming of Robotic Stations*, Springer, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; M. Muszyńska; D. Szybicki; M. Uliasz, *Application of Virtual Reality in the Training of Operators and Servicing of Robotic Stations*, Springer, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; P. Obal; D. Szybicki, *Monitoring the Parameters of Industrial Robots*, Springer, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; M. Goczał; K. Kurc; R. Sitek; D. Szybicki; D. Wydrzyński, *Pasywna redukcja drgań wózków kolejki górskiej*, ,, 2019
- G. Bomba; P. Gierlak, *Dimensional Control of Aircraft Transmission Bodies Using CNC Machines and Neuro-Fuzzy Systems*, ,, 2019
- P. Gierlak, *Position/Force Control of Manipulator in Contact with Flexible Environment*, ,, 2019
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; P. Obal; D. Szybicki, *Detection of damage of machine tools in robot systems with the use of a 3D scanner*, ,, 2018
- A. Burghardt; P. Gierlak; L. Hawro; Z. Hendzel; K. Kurc; M. Szuster; D. Szybicki; D. Wydrzyński, *Pomiar i analiza drgań wózka roller-coastera z kołami jezdnyimi posiadającymi system tłumienia drgań*, ,, 2018
- A. Burghardt; P. Gierlak; M. Goczał; K. Kurc; R. Sitek; D. Szybicki; D. Wydrzyński, *Design and dynamic testing of a roller coaster running wheel with a passive vibration damping system*, ,, 2018
- P. Gierlak, *Combined strategy for control of interaction force between manipulator and flexible environment*, ,, 2018
- P. Gierlak, *Singularity robust trajectory generator for robotic manipulator based on genetic algorithm with dynamic encoding of solution*, ,, 2018
- P. Gierlak, *Synteza ruchu robota manipulacyjnego z uwzględnieniem interakcji z otoczeniem*, OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ., 2018
- P. Gierlak, *The manipulator tool state classification based on inertia forces analysis*, ,, 2018
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; M. Szuster; D. Szybicki; D. Wydrzyński, *Badania dynamiczne rolki z systemem antywibracyjnym*, ,, 2017
- A. Burghardt; P. Gierlak; M. Muszyńska; M. Szuster; D. Szybicki, *On-line manipulator tool condition monitoring based on vibration analysis*, ,, 2017
- P. Gierlak; K. Kurc; D. Szybicki, *Mobile crawler robot vibration analysis in the contexts of motion speed selection*, ,, 2017
- P. Gierlak; M. Szuster, *Adaptive position/force control for robot manipulator in contact with a flexible environment*, ,, 2017
- A. Burghardt; P. Gierlak; K. Kurc; M. Muszyńska; D. Szybicki, *Robotic automation of the turbo-propeller engine blade grinding process*, TECHNICAL UNIVERSITY OF LODZ., 2016
- A. Burghardt; P. Gierlak; M. Muszyńska; M. Szuster; D. Szybicki, *The manipulator tool fault diagnostics based on vibration analysis*, Politechnika Łódzka., 2016
- P. Gierlak, *Analiza więzów manipulatora w zadaniu zrobotyzowanej obróbki mechanicznej dyfuzora*, ,, 2016
- P. Gierlak, *Model matematyczny kartezyjskiego manipulatora własnej konstrukcji*, ,, 2016
- P. Gierlak; M. Muszyńska, *Advanced neuro-fuzzy system in the task of position-force control of a manipulator*, ,, 2016
- P. Gierlak; M. Szuster, *Approximate Dynamic Programming in Tracking Control of a Robotic Manipulator*, ,, 2016
- P. Gierlak; M. Szuster, *Globalized dual heuristic dynamic programming in control of robotic manipulator*, ,, 2016
- P. Gierlak; M. Szuster, *The manipulator tool fault diagnostics based on vibration analysis in the frequency domain*, ,, 2016