**Nazwa przedmiotu:**

Pomiary wielkości dynamicznych

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski, dr hab. inż. Grzegorz Klekot, prof. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika Pojazdów i Maszyn Roboczych

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1150-MB000-ISP-0317

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin kontaktowych – 64 godz., w tym:
a) wykład – 30 godz.;
b) laboratorium – 30 godz.
c) konsultacje – 2 godz.;
d) egzamin – 2 godz.;
2) Praca własna studenta – 40 godzin, w tym:
a) 5 godz. – bieżące przygotowanie studenta do wykładu,
b) 15 godz. – bieżące przygotowanie studenta do laboratorium,
c) 10 godz. – studia literaturowe,
d) 10 godz. – przygotowanie do egzaminu.
3) RAZEM – 104 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2,5 punktów ECTS – liczba godzin kontaktowych – 64 godz., w tym:
a) wykład – 30 godz.;
b) laboratorium – 30 godz.
c) konsultacje – 2 godz.;
d) egzamin – 2 godz.;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1,8 punktów ECTS – 45 godz., w tym:
a) 30 godz. – ćwiczenia laboratoryjne,
b) 15 godz. – bieżące przygotowanie studenta do laboratorium.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawowe wiadomości z przedmiotów: Analiza I i II, Algebra oraz mechanika i drgania mechaniczne, a w szczególności: zbiory, funkcje, pochodne funkcji, całki nieoznaczone, liczby zespolone i trygonometria.

**Limit liczby studentów:**

Zgodnie z zarządzeniem Rektora

**Cel przedmiotu:**

Uzyskanie wiedzy o metodach i technikach pomiarów wielkości dynamicznych występujących w budowie maszyn oraz podstawowej wiedzy o metodach i technikach analizy i przetwarzania sygnałów. Poznanie metod analizy sygnałów w zakresie niezbędnym do zrozumienia przedmiotów aplikacyjnych (np. Diagnostyka maszyn, Minimalizacja drgań i hałasu, itp.). Uzyskanie umiejętności dokonywania selekcji przydatnych informacji o obserwowanym systemie dynamicznym dla realizacji określonego zadania (diagnostyka, ocena normowa, identyfikacja modelu itp.) i na tej podstawie dobranie właściwej metody przetwarzania sygnału. Ugruntowanie wiadomości o metodach i technikach pomiarów mechanicznych wielkości dynamicznych oraz o przetwarzaniu sygnałów. Umiejętność wykonania pomiarów wielkości dynamicznych występujących w budowie maszyn.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Pojęcia podstawowe: definicja pomiaru, definicja pomiaru wielkości dynamicznej; Zapis matematyczny definicji podstawowych: pojęcie metryki, normy, miary, przestrzeni metrycznej; Przykłady metryk.
2. System pomiarowy: rejestracja jako przekaz informacji, tor pomiarowy jako przetwarzanie informacji, zmiana nośnika informacji; Przetworniki pomiarowe: przyspieszenia, prędkości i przemieszczenia, ciśnienia akustycznego, temperatury, odkształcenia itp.
3. Ogólna charakterystyka toru pomiarowego, postulat liniowości; Opis toru pomiarowego od przetwornika do systemu analizującego; Wnioskowanie na podstawie pomiarów pośrednich; Skalowanie toru pomiarowego; Skale funkcyjne, względna skala logarytmiczna (dB).
4. Losowość uzyskiwanych informacji: elementy podstawowych definicji procesów losowych i ich właściwości – przykład poglądowy.
5. Klasyfikacja sygnałów obserwowanych: sygnały zdeterminowane-losowe, sygnały okresowe-nieokresowe; stacjonarne-Stacjonarne itp.; Losowość pomiaru jako element towarzyszący każdej działalności pomiarowej, pojęcie estymaty.
6. Podstawowe charakterystyki sygnałów losowych w dziedzinie czasu: wartość średnia, wartość średniokwadratowa, wartość skuteczna, funkcje korelacji własnej i wzajemnej, odchylenie standardowe.
7. Podstawowe charakterystyki sygnałów losowych w dziedzinie amplitudy: rozkład gęstości prawdopodobieństwa amplitud, dystrybuanta.
8. Modele sygnałów zdeterminowanych: sygnały okresowe (harmoniczne i poliharmoniczne), sygnały nieokresowe, sygnały prawieokresowe, sygnały przejściowe (nieustalone).
9. Wprowadzenie do analizy częstotliwościowej: szereg Fouriera (postać trygonometryczna i wykładnicza), Transformata Fouriera: prosta i odwrotna.
10. Transformata Fouriera sygnału losowego, gęstość widmowa mocy, zależność pomiędzy gęstościami widmowymi mocy a funkcjami korelacji, twierdzenie Parsevala.
11. „Bramkowanie” i filtracja sygnałów, pojęcie splotu funkcji, twierdzenie Borela o splocie.
12. Filtracja sygnałów: charakterystyka filtru (odpowiedź impulsowa), opis charakterystyki w liniowej skali wartości (współczynnik wzmocnienia), opis charakterystyki w skali względnej (w decybelach), tłumienie sygnałów w pasmach zaporowych filtrów;
13. podział filtrów ze względu na pasmo działania, filtry pasmowe o stałej szerokości pasma i stałej względnej szerokości pasma, wykorzystanie filtrów pasmowych; charakterystyki częstotliwościowe sygnałów losowych: szum „biały” i szum „różowy”.
14. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów rzeczywistych: problem skończonego czasu rejestracji, próbkowanie sygnału, twierdzenie Shannona o próbkowaniu; aliasing, błędy analizy widmowej spowodowane próbkowaniem; kwantowanie amplitud sygnału;
15. Dyskretna (DFT) i szybka (FFT) transformata Fouriera, przykłady analizy.
16. Pomiary i analiza relacji wejście-wyjście układu, analiza koherencyjna, transmitancja układu, współczynnik wzmocnienia;
17. Funkcje koherencji: wpływ zakłócenia szumem sygnału wejściowego na wartości wyznaczonych transmitancji układu, wpływ zakłócenia szumem sygnału wyjściowego na wartości wyznaczonych transmitancji układu.
Laboratorium:
1. Pomiary ciśnienia akustycznego.
2. Pomiary drgań maszyny.
3. Tensometryczne pomiary momentu skręcającego.
4. Badanie drgań skrętnych.
5. Badanie charakterystyki filtra.
6. Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów.
7. Podstawy analizy widmowej.
8. Analiza widmowa metodą szybkiej transformaty Fouriera (FFT).
9. Identyfikacja modelu dynamicznego.
10. Wykrywanie doraźnych uszkodzeń łożysk tocznych

**Metody oceny:**

Wykład: pisemny egzamin.
Laboratorium:
• Przed rozpoczęciem ćwiczenia sprawdzane jest przygotowanie studentów (tzw. „wejściówka”).
• Każde ćwiczenie jest zaliczane na podstawie poprawnie wykonanego sprawozdania, przyjętego i ocenionego przez prowadzącego.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Podręczniki i wykłady z Matematyki dotyczące następujących zagadnień:
 Zbiory, funkcje, pochodne funkcji, całki nieoznaczone (Analiza 1);
 Liczby zespolone (Algebra);
 Trygonometria.
2. Podręczniki i wykłady z Mechaniki i Teorii drgań.
3. Julius S. Bendat, Allan G. Piersol, Metody analizy i pomiaru sygnałów losowych, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1976.
4. Richard G. Lyons, Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2012.
5. Edward Ozimek, Podstawy teoretyczne analizy widmowej sygnałów, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1985.
6. Robert Randall, Frequency Analysis, Bruel & Kjaer, Copenhagen 1987.
7. Jerzy Szabatin, Podstawy teorii sygnałów, Wydawnictwo: WKŁ, Warszawa 2007.
8. Tomasz P.Zieliński, Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2013.
9. Cempel C., Diagnostyka wibro¬akustyczna maszyn, PWN, War¬szawa 1989.
10. Dąbrowski Z., Dziurdź J., Klekot G., Radkowski S.: Laboratorium podstaw pomiarów wielkości dynamicznych + instrukcje do ćwiczeń (skrypty wewnętrzne, http://vibrolab.Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych.pw.edu.pl/lppwd.html).
11. Engel Z., Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN, Warszawa 1993.
12. Lipowczan A., Podstawy pomiarów hałasu, GIG-LWzH, Warszawa-Katowice 1987.
13. Morel J., Drgania maszyn i diagnostyka ich stanu technicznego, PTDT, Warszawa 1994.
14. Monitorowanie stanu maszyn, Brüel&Kjær, Nærum.
15. Pomiary dźwięków, Brüel&Kjær, Nærum.
16. Wibracje i wstrząsy, Brüel&Kjær, Nærum..
oraz inne książki z podobnych dziedzin.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_W1:**

Posiada wiedzę o metodach i technikach pomiarów wielkości dynamicznych występujących w budowie maszyn (przemieszczeń, prędkości, przyspieszeń, naprężeń itp.).

Weryfikacja:

Egzamin, sprawdzian przed dopuszczeniem do wykonywania ćwiczeń, ocena sprawozdań.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W02, KMiBM\_W10, KMiBM\_W16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_W2:**

Posiada podstawową wiedzę o metodach i technikach analizy i przetwarzania sygnałów.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_W3:**

Zna metody analizy sygnałów w zakresie niezbędnym do zrozumienia przedmiotów aplikacyjnych (np. Diagnostyka maszyn, Minimalizacja drgań i hałasu, itp.).

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W16, KMiBM\_W18, KMiBM\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_U1:**

Potrafi dokonać selekcji przydatnych informacji o obserwowanym systemie dynamicznym dla realizacji określonego zadania (diagnostyka, ocena normowa, identyfikacja modelu itp.) i na tej podstawie dobrać właściwe metody przetwarzania sygnału.

Weryfikacja:

Egzamin, ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń i ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U01, KMiBM\_U12, KMiBM\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_U2:**

Potrafi wykonywać pomiary wielkości dynamicznych z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury pomiarowej (w tym kalibrację toru pomiarowego na podstawie wzorca zewnętrznego oraz na podstawie charakterystyk elementów toru pomiarowego).

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń i ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U12, KMiBM\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_K1:**

Potrafi określić i zbadać wpływ oddziaływania maszyn i urządzeń na otoczenie człowieka i środowisko naturalne

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_K02, KMiBM\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0317\_K2:**

Potrafi współdziałać i pracować w grupie przy realizacji ćwiczeń laboratoryjnych i opracowywaniu sprawozdania, przyjmując w niej różne role.

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń i ocena sprawozdania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**