**Nazwa przedmiotu:**

Metrologia Przepływów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab.inż. Mateusz Turkowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

**Semestr nominalny:**

7 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin bezpośrednich – 49 godz., w tym:
• wykład 30 godz,
• laboratorium 15 godz.,
• konsultacje – 2 godz
• egzamin – 2 godz..,
2) Praca własna studenta - 35 godz., w tym:
• przygotowanie do egzaminu 15 godz.,
• przygotowanie do laboratorium 5 godz.,
• opracowanie sprawozdań z laboratorium 15 godz.
RAZEM – 84 godz. -3 punkty ECTS.

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

2 punkty ECTS - Liczba godzin bezpośrednich – 49 godz., w tym:
• wykład 30 godz,
• laboratorium 15 godz.,
• konsultacje – 2 godz
• egzamin – 2 godz..,

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,5 punktu ECTS – 37 godz., w tym:
• laboratorium 15 godz.,
• konsultacje – 2 godz.,
• przygotowanie do laboratorium 5 godz.,
• opracowanie sprawozdań z laboratorium 15 godz.

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 15h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy metrologii, Metrologia przemysłowa, Miernictwo elektryczne, Mechanika płynów, podstawy termodynamiki (z kursu Fizyki)

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie się ze współczesnymi zasadami pomiaru parametrów przepływu (prędkość lokalna i średnia, strumień masy i objętości, masa i objętość w przepływie). Umiejętność doboru aparatury i zaprojektowania systemu pomiarowego do pomiaru strumienia lub ilości płynu w przepływie do celów technologicznych i rozliczeniowych. Zapoznanie się z zasadami pomiaru przepływów wielofazowych, pulsujących oraz w kanałach otwartych i niecałkowicie wypełnionych. Zapoznanie się z metodami i stanowiskami do wzorcowania przepływomierzy. Zapoznanie się z metodami badawczymi stosowanymi podczas projektowania przepływomierzy.

**Treści kształcenia:**

1. Wstęp. Parametry będące przedmiotem zainteresowania metrologii przepływu. Lokalna prędkość przepływu. Strumień objętości. Prędkość średnia. Strumień masy. Objętość i masa w przepływie. 2. Zasady pomiaru wektora lokalnej prędkości przepływu. Rurki piętrzące. Sondy wielootworowe. Termoanemometry. Anemometry laserowe. 3. Podstawowe zasady pomiaru strumienia płynów za pomocą przepływomierzy zwężkowych, piętrzących, rotametrów, turbinowych, komorowych, elektromagnetycznych, ultradźwiękowych, oscylacyjnych, Coriolisa. 4. Kryteria podziału na przepływ ustalony/nieustalony. Metody pomiaru parametrów pulsacji. Modele matematyczne wybranych przepływomierzy w stanach nieustalonych. Ograniczenia stosowania przepływomierzy do przepływów pulsujących i nieustalonych. Metody ograniczenia wpływu pulsacji dla przepływomierzy zwężkowych, turbinowych i oscylacyjnych. 5. Pomiary przepływów w kanałach otwartych. Przelewy i koryta pomiarowe. Pomiar w oparciu o wyznaczenie rozkładu prędkości. Metody znacznikowe. Specjalne przepływomierze elektromagnetyczne dla kanałów otwartych i przewodów niecałkowicie wypełnionych. 6. Pomiary przepływów wielofazowych. Rodzaje i parametry przepływów wielofazowych. Struktury przepływów wielofazowych i metody ich badania. Tomografia procesowa. Sensory stosowane do pomiarów przepływów wielofazowych. Metody korelacyjne i oparte o sieci neuronowe. Pomiary mieszanin ciała stałe – gaz, ciecz – gaz, ciecz a – ciecz b – gaz, ciecz – ciało stałe. 7. Przepływomierze próbkujące: piętrzące, turbinowe, termiczne, elektromagnetyczne, wirowe. Usytuowanie sensora przepływomierza próbkującego. 8. Wzorcowanie przepływomierzy. Spójność pomiarowa. Układy sprawdzań. Wzorce pierwotne, przejściowe i robocze. Stanowiska do wzorcowania przepływomierzy do cieczy. Stanowiska niskociśnieniowe do wzorcowania przepływomierzy gazów nisko- i wysokociśnieniowe. Stacje pomiarowe do pomiarów rozliczeniowych. 9. Metodyka badań nad nowymi rozwiązaniami przepływomierzy. Metody opisu matematycznego: równania zachowania masy, energii, pędu. Badania eksperymentalne charakterystyk podstawowych. Badania błędów dodatkowych spowodowanych wpływem gęstości, lepkości, temperatury, ciśnienia, elementów zaburzających profil prędkości. Badania z zastosowaniem CFD (Computed Fluid Dynamics). Wizualizacja przepływu. Zastosowanie metrologii przepływów w diagnostyce rurociągów i detekcji nieszczelności.

**Metody oceny:**

4 sprawdziany pisemne, gzamin, ocena sprawozdań z laboratorium

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Turkowski M.: Przemysłowe sensory i przetworniki pomiarowe. OWPW, Warszawa 2002 2. Turkowski M.: Metrologia przepływów. WPW, Warszawa, 2018
3. Praca zbiorowa, Stauss T. (redaktor): Flow Handbook. Endress+Hauser Flowtec AG, Reinbach 2004

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka K\_W10:**

Posiada wiedzę w zakresie metrologii przepływów - prędkości, strumienia objętości i masy, objętości i masy w przepływie, składników przepływów wielofazowych, przepływów nieustalonych, w kanałach zamkniętych i otwartych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

**Charakterystyka K\_W11:**

Posiada wiedzę w zakresie budowy i podstaw teoretycznych funkcjoowania czujników i przetworników przepływu: elektromagnetycznych, ultradźwiękoych, turbinowych, korelacyjnych, wirowych, Coriolisa

Weryfikacja:

Egazmin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka K\_U10:**

Potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperymenty związane z badaniami zjawisk zachodzących podczas przepływu

Weryfikacja:

Laboratorium - wykonywanie ćwiczenia i sprawozdania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka K\_U13:**

Potrafi dokonać analizy niepewności wyników pomiarów, oszacowaćniepewności standardowe i zsumować je.

Weryfikacja:

Sprawozdania z laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka K\_U16:**

Potrafi przeprowadzić analizę widmową sygnału przepływu z nałożonymi pulsacjami

Weryfikacja:

Sprawozdanie z laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K\_K04:**

Potrafi zorganizować i uczestniczyć w pracy małego zespołu do wykonania zadania badawczego

Weryfikacja:

Obserwacja przebiegu ćwiczenia laboratoryjnego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KO, I.P6S\_KR