

**SYLABUS**

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2023/2024 – 2026/2027

(skrajne daty)

Rok akademicki 2025/2026

**1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE**

Nazwa przedmiotu	<b>Układy sterowania</b>
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych Instytut Inżynierii Materiałowej
Kierunek studiów	Mechatronika
Poziom studiów	Studia I-go stopnia
Profil	praktyczny
Forma studiów	Studia niestacjonarne
Rok i semestr/y studiów	III rok, 6 semestr
Rodzaj przedmiotu	Przedmiot kierunkowy
Język wykładowy	polski
Koordinator	dr inż. Bogumił Hołota
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Bogumił Hołota

\* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

**1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS**

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	Liczba pkt. ECTS
6	18			18					5

**1.2. Sposób realizacji zajęć**

- zajęcia w formie tradycyjnej
- zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

**1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)**

Wykład – egzamin.

Laboratoria – zaliczenie z oceną.

**2. WYMAGANIA WSTĘPNE**

Podstawowa wiedza z matematyki w zakresie rachunku różniczkowego i całkowego, funkcji zmiennej zespolonej, przekształceń całkowych (Fouriera, Laplace'a) i przekształcenia Z. Wiedza z zakresu analizy i syntezy ciągłych układów sterowania w zakresie objętym podstawami automatyki. Zaliczone przedmioty: *matematyka, elektrotechnika.*

### 3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

#### 3.1 Cele przedmiotu

C <sub>1</sub>	Przedmiot jest kontynuacją <i>podstaw automatyki</i> i ma na celu zapoznanie studenta z zagadnieniami związanymi z dyskretnymi układami regulacji. W szczególności, celem jest podanie podstawowej wiedzy z zakresu dyskretyzacji i filtracji sygnałów, analizy, identyfikacji i syntezy dyskretnych układów sterowania, w tym cyfrowej regulacji PID i nowoczesnych algorytmów sterowania cyfrowego jak LQR, adaptacja i predykcja, warstwowej struktury sterowania cyfrowego.
C <sub>2</sub>	Wypracowanie umiejętności zastosowania zdobytej wiedzy w środowisku symulacyjnym <i>Matlab/Simulink</i> .
C <sub>3</sub>	Przygotowanie podstaw do obsługi i programowania nowoczesnych sterowników cyfrowych.

#### 3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu Student:	Odniesienie do efektów kierunkowych <sup>1</sup>
EK_01	Ma wiedzę z zakresu dyskretyzacji, kwantyzacji i filtracji sygnałów oraz opisu właściwości dynamicznych obiektów i układów dyskretnych. Zna specyfikę i strukturę dyskretnych układów sterowania oraz sposoby realizacji sprzętowej. Zna podstawowe algorytmy sterowania dyskretnego stosowane w warstwie bezpośredniej (DDC) oraz ich właściwości i sposoby strojenia.	K_Wo5
EK_02	Jest w stanie dokonać analizy układu sterowania cyfrowego z wyodrębnieniem poszczególnych warstw. Potrafi rozróżnić podstawowe algorytmy sterowania dyskretnego w warstwie najniższej. Umie zaprojektować układ bezpośredniej regulacji dyskretny (DDC). Posiada umiejętność wykorzystania narzędzi programowych ( <i>Matlab/Simulink</i> ) do analizy i syntezy tych układów.	K_U10
EK_03	Potrafi posługiwać się technicznym słownictwem angielskim w stopniu wystarczającym do rozumienia tekstów z zakresu sterowania cyfrowego.	K_U16
EK_04	Rozumie rolę absolwenta technicznego kierunku studiów w procesie informowania społeczeństwa o osiągnięciach technicznych z zakresu sterowania cyfrowego. Ma świadomość wpływu cyfryzacji i automatyzacji procesów na jakość życia nowoczesnego społeczeństwa i rozumie konieczność ciągłego podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych w tej dynamicznie rozwijającej się dziedzinie techniki.	K_Ko4

<sup>1</sup> W przypadku ścieżki kształcenia prowadzącej do uzyskania kwalifikacji nauczycielskich uwzględnić również efekty uczenia się ze standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela.

### 3.3 Treści programowe

#### A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
1. Informacje o przedmiocie. Plan przedmiotu. Przegląd literatury podstawowej i uzupełniającej. Warunki zaliczenia przedmiotu.
2. Przypomnienie podstawowych pojęć. Klasyfikacja sygnałów. Sygnały dyskretne – impulsowe, skwantowane i cyfrowe. Klasyfikacja układów automatycznego sterowania – układy ciągłe i dyskretne.
3. Próbkowanie i rekonstrukcja sygnałów. Widmo sygnału analogowego. Widmo skończone i ucięte. Próbkowanie sygnałów ciągłych. Zjawisko stroboskopowe. Zjawisko powielenia widma. Tw. o próbkowaniu. <i>Aliasing</i> . Filtr antyaliasingowy. Rekonstrukcja sygnałów – wzór Shannona. Idealny filtr rekonstruujący. Impulsatory i ekstrapolatory (ZOH, FOH).
4. Opis matematyczny stacjonarnych liniowych obiektów/układów dyskretnych. Różnice wsteczne. Numeryczna aproksymacja pochodnych. Równania różnicowe. Rekurencja.
5. Przekształcenie Z. Rozwiązywanie równań różnicowych metodą przekształcenia Z. Transmitancja dyskretna. Modele dyskretne ZOH, FOH, Tustina. Związek między lokalizacją biegunów dyskretnej transmitancji wymiernej na płaszczyźnie z a odpowiedzią impulsową. Dyskretne charakterystyki czasowe.
6. Dyskretna transmitancja widmowa. Okresowość dyskretnych charakterystyk częstotliwościowych. Dyskretne charakterystyki częstotliwościowe na płaszczyźnie Nyquista i Bodego. Odwzorowanie częstotliwości w transformacji Tustina, <i>prewarping</i> . Dyskretne równania stanu i wyjścia. Sterowalność i obserwowalność.
7. Identyfikacja sygnałów i obiektów dyskretnych. Modele AR, MA, ARMA, ARX, ARMAX. Sygnały wymuszające. Procedura identyfikacji dyskretnego modelu parametrycznego metodami ARX i ARMAX.
8. Układ regulacji dyskretnej. Podstawowe transmitancje: nadążania, uchybowa, zakłóceń. Wskaźniki jakości regulacji – przeregulowanie, czas opóźnienia, czas narastania, czas regulacji. Właściwości statyczne dyskretnego układu regulacji – uchyb ustalony.
9. Realizacja regulacji cyfrowej. Realizacje sprzętowe impulsatorów i ekstrapolatorów – przetworniki A/D i D/A. Parametry przetworników A/D i D/A. Realizacje cyfrowego regulatora PID. Zjawisko <i>wind-up</i> i sposoby zapobiegania. Przykłady cyfrowych regulatorów PID jednopętlowych i wielofunkcyjnych z oferty rynkowej.
10. Projektowanie dyskretnych układów regulacji PID. Projektowanie w dziedzinie ciągłej – metoda Zieglera-Nicholsa, metoda minimalizacji wskaźników jakości, metoda linii pierwiastkowych, metoda częstotliwościowa. Projektowanie w dziedzinie dyskretnej.
11. Stabilność układów dyskretnych. Warunki stabilności. Przekształcenie homograficzne. Kryteria algebraiczne Hurwitza, Jury. Kryterium graficzne Nyquista. Stabilność układów dyskretnych opisanych w przestrzeniach stanu i wyjścia.
12. Układ regulacji prawie optymalnej ( <i>dead-beat</i> ). Układ dyskretnej kompensacji zakłóceń.
13. Dyskretna regulacja liniowo-kwadratowa LQR. Układy sterowania adaptacyjnego i predykcyjnego.
14. Warstwowa struktura systemów sterowania cyfrowego. Podsumowanie.

## B. Problematyka laboratoriów

Treści merytoryczne
1. Zajęcia organizacyjne. Zasady pracy, warunki zaliczenia, regulamin pracowni. Ogólne zasady posługiwania się środowiskiem <i>Matlab/Simulink</i> .
2. Wprowadzenie do <i>Simulinka</i> . Bloki i biblioteki. Ustawianie parametrów w blokach. Zasady budowy schematów. Wizualizacja sygnałów. Parametry symulacji. Symulacja modeli zbiornika z cieczą i silnika DC.
3. Próbkowanie zadanego sygnału. Rekonstrukcja za pomocą wzoru Shannona ( <i>Matlab</i> ). Rekonstrukcja za pomocą ekstrapolatorów zerowego i pierwszego rzędu ( <i>Simulink</i> ) Wyznaczanie błędu rekonstrukcji. Filtracja.
4. Wyznaczanie transmitancji dyskretnej na podstawie transmitancji obiektu ciągłego. Dyskretne charakterystyki skokowe i częstotliwościowe (Nyquista, Bodego) podstawowych członów dynamicznych (I rzędu, II rzędu, całkujące, różniczkujące, z opóźnieniem).
5. Wyznaczanie modeli dyskretnych układów dynamicznych w przestrzeniach stanów i wyjścia. Badanie sterowalności i obserwowalności.
6. Identyfikacja modeli dyskretnych ARX, ARMAX.
7. Cyfrowy regulator PID. Dyskretny układ regulacji.
8. Dobór nastaw regulatora PID metodami Zieglera-Nicholsa i minimalizacji wskaźników jakości.
9. Badanie stabilności dyskretnych układów regulacji. Związek między lokalizacją biegunów a odpowiedziami skokowymi. Kryteria algebraiczne (Hurwitza) i graficzne (Nyquista) badania stabilności.
10. Projektowanie cyfrowego regulatora prawie optymalnego ( <i>dead-beat</i> ).
11. Projektowanie i badanie układu regulacji i kompensacji dyskretnej.
12. Projektowanie i badanie układu dyskretnej regulacji optymalnej LQR.

### 3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: wykład z prezentacją multimedialną realizowany zdalnie za pomocą platformy *MS Teams*.  
Laboratoria: wykonywanie ćwiczeń komputerowych.

## 4. METODY I KRYTERIA OCENY

### 4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...)
EK_01	przygotowanie do ćwiczeń, przebieg i efekty ćwiczeń, pytania w czasie ćwiczeń, sprawozdania, kolokwia, egzamin pisemny	lab., w.
EK_02	przebieg i efekty ćwiczeń, pytania w czasie ćwiczeń, sprawozdania, kolokwia, egzamin pisemny	lab., w.

EK_03	przebieg ćwiczeń, pytania w czasie ćwiczeń	lab.
EK_04	przebieg ćwiczeń, pytania w czasie ćwiczeń	lab.

#### 4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

##### Wykład

- Egzamin pisemny – warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny z egzaminu pisemnego.

##### Laboratoria

Warunkiem uzyskania zaliczenia z zajęć laboratoryjnych jest:

- uzyskanie pozytywnej oceny z przygotowania do zajęć (ustalana na podstawie odpowiedzi ustnych lub pisemnych).
- uzyskanie pozytywnej oceny z aktywności i efektów pracy w czasie zajęć laboratoryjnych.
- napisanie sprawozdań (12)
- uzyskanie pozytywnej oceny z kolokwiów (3).

#### 5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny z harmonogramu studiów	36
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	5
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	84
SUMA GODZIN	120
<b>SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS</b>	<b>5</b>

\* Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.

#### 6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	nie dotyczy

#### 7. LITERATURA

Literatura podstawowa:

1. Notatki z wykładów z *Układów sterowania*.
2. Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R.: *Podstawy teorii sterowania*, WNT, Warszawa 2016.

3. Kowal J.: *Podstawy automatyki, cz. 2*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2007.
4. Rumatowski K.: *Podstawy automatyki, t. 2.*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006.

Literatura uzupełniająca:

1. Ibrahim D., *Microcontroller Based Applied Digital Control*, John Wiley & Sons, Ltd., 2006.
2. Klamka J., Ogonowski Z.: *Teoria systemów liniowych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
3. Kowal J.: *Podstawy automatyki, cz. 1*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006.
4. Łaszczuk P., Niedźwiedź M.: *Implementacja i testowanie algorytmu regulacji PID w sterownikach Simatic serii S7-300/400*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
5. Niederliński A., Mościński J.: Ogonowski Z., *Regulacja adaptacyjna*, PWN, Warszawa 1995.
6. Stoica P., Soderstrom T.: *Identyfikacja systemów*, PWN, 1997.
7. Tatjewski P.: *Sterowanie zaawansowane obiektów przemysłowych. Struktury i algorytmy*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002.
8. Tewari A.: *Modern Control Design with Matlab and Simulink*, John Wiley and Sons, Ltd, New York 2002.
9. Ziętkiewicz J.: *Identyfikacja obiektów sterowania. Ćwiczenia laboratoryjne*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2018.
10. Horla D.: *Sterowanie adaptacyjne. Ćwiczenia laboratoryjne*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2019.

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej