

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2025/2026

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: A

Stopień studiów: I

Specjalności: Technologie informacyjne w systemach produkcyjnych, Automatyzacja systemów wytwarzania, Automatyka systemów konwersji energii, Sterowanie i monitoring maszyn i urządzeń

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Sterowanie procesami ciągłymi
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Continuous process control
KOD PRZEDMIOTU	WM AIR oIS C11 25/26
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	4 5

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
4	14	14	0	0	0	0
5	14	0	14	0	14	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Poznanie podstawowych elementów i struktur układów sterowania procesami ciągłymi oraz metod ich opisu matematycznego.

Cel 2 Zapoznanie z działaniem i zasadami projektowania układów automatycznej regulacji z regulatorami PID.

Cel 3 Zapoznanie z opisem układów w przestrzeni stanów oraz projektowaniem układów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym od zmiennych stanu.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Wyznaczanie i interpretacja fizyczna pochodnej i całki, przekształcenie Laplace'a, twierdzenie o wartości granicznej, zapis i rozwiązywanie liniowych równań różniczkowych, liczby zespolone (postacie i działania), algebra macierzy (dodawanie, mnożenie, wyznaczniki, macierz odwrotna, macierz dołączona, wartości własne, rząd macierzy), rozwiązywanie układu równań liniowych, wzory Cramera, logarytmy dziesiętne i naturalne, skala logarytmiczna wykresów, analiza funkcji (granice, ekstrema, miejsca zerowe).

2 Równania ruchu dla układu typu wahadło odwrócone.

3 Działanie i związki prąd - napięcie dla podstawowych rezystora, kondensatora, cewki, równania i parametry silnika prądu stałego.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student wymienia i charakteryzuje struktury układów sterowania.

EK2 Wiedza Student wymienia i definiuje metody opisu matematycznego elementów dynamicznych układu sterowania.

EK3 Wiedza Student opisuje problematykę i charakteryzuje kryteria stabilności układów sterowania.

EK4 Umiejętności Student przedstawia opis matematyczny w dziedzinie czasu i częstotliwości podstawowych elementów dynamicznych.

EK5 Umiejętności Student przekształca schematy blokowe i sprawdza stabilność układu automatycznej regulacji.

EK6 Wiedza Student charakteryzuje zagadnienia dokładności statycznej i dynamicznej układów sterowania.

EK7 Wiedza Student opisuje działanie regulatorów PID i ich wykorzystanie w układach automatycznej regulacji.

EK8 Wiedza Student przedstawia opis układu sterowania w przestrzeni stanów.

EK9 Umiejętności Student wyznacza i interpretuje charakterystyki czasowe i częstotliwościowe elementu liniowego.

EK10 Umiejętności Student przeprowadza analizę dokładności statycznej układu sterowania o zadanej strukturze.

EK11 Umiejętności Student wyznacza parametry regulatora I-PD dla wymaganych właściwości dynamicznych układu.

EK12 Umiejętności Student wyznacza wzmocnienia sprzężenia od zmiennych stanu dla wymaganych właściwości dynamicznych układu.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Zapis równań różniczkowych i transmitancji operatorowych układów mechanicznych i elektrycznych dla układów jedno i wielowymiarowych.	4
C2	Wyznaczanie charakterystyk czasowych układów liniowych.	3
C3	Wyznaczanie transmitancji widmowej i charakterystyk częstotliwościowych układów liniowych.	3
C4	Budowa schematów blokowych i wyznaczanie transmitancji zastępczych układów złożonych.	2
C5	Sprawdzanie stabilności układów liniowych.	2

LABORATORIUM		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Identyfikacja obiektu sterowania na podstawie charakterystyki skokowej.	2
L2	Układ regulacji obiektem inercyjnym z regulatorem P.	2
L3	Układ regulacji obiektem inercyjnym z regulatorem PID.	2
L4	Charakterystyki częstotliwościowe układu sterowania.	2
L5	Dokładność statyczna serwonapędu.	2
L6	Dokładność dynamiczna serwonapędu.	2
L7	Struktury układu sterowania w układach napędowych.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Pojęcia podstawowe, klasyfikacja układów: ciągłe/dyskretnie, liniowe/nieliniowe, stacjonarne/niestacjonarne, o parametrach skupionych/rozłożonych, jedno-/wielowymiarowe.	1
W2	Modele matematyczne układów ciągłych, liniowych, stacjonarnych, o parametrach skupionych: równania różniczkowe, transmitancja operatorowa, odpowiedzi na wymuszenie impulsowe, skokowe i liniowe.	3
W3	Modele matematyczne układów ciągłych, liniowych, stacjonarnych, o parametrach skupionych: transmitancja widmowa i charakterystyki częstotliwościowe: definicja i interpretacja.	3

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W4	Podstawowe elementy dynamiczne: inercyjny I rzędu, inercyjny II rzędu, oscylacyjny II rzędu, całkujący i różniczkujący idealny i z inercją, regulatory PID.	4
W5	Układy liniowe złożone z podukładów, schematy blokowe, układy zastępcze dla elementów połączonych szeregowo, równolegle i ze sprzężeniem zwrotnym.	1
W6	Stabilność układów liniowych, kryteria stabilności.	2
W7	Dokładność układów sterowania w stanie ustalonym, układy statyczne i astatyczne, transmitancja uchybowa, stopień astatyzmu i jego związek z uchybem ustalonym.	2
W8	Właściwości dynamiczne układu sterowania na podstawie charakterystyki skokowej: przeregulowanie, czas narastania, czas ustalania; bieguny układu oscylacyjnego drugiego rzędu i ich związek z właściwościami dynamicznymi układu; bieguny dominujące.	2
W9	Dobór parametrów regulatora I-PD metodą lokowania biegunów.	2
W10	Modelowanie procesów ciągłych metodami przestrzeni stanów: zmienne fazowe i fizyczne, transmitancja układu opisanego w przestrzeni stanów.	2
W11	Niejednoznaczność równań stanu, macierz charakterystyczna, wartości własne, zmienne stanu w postaci kanonicznej sterowalnej, macierz przekształcenia do postaci kanonicznej sterowalnej.	2
W12	Wprowadzenie do sterowalności i obserwowalności układów liniowych. Przesuwanie zer i biegunów, układy ze sprzężeniem zwrotnym od stanu, układ sterowania ze sprzężeniem zwrotnym od stanu.	2
W13	Wprowadzenie do logiki sterowania rozmytego, logika rozmyta, funkcje przynależności, reguły wnioskowania.	2

PROJEKT		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	Dobór parametrów regulatora ze względu na dokładność statyczną.	4
P2	Dobór parametrów regulatora I-PD układu napędowego ramienia robota z silnikiem DC.	4
P3	Dobór parametrów układu sterowania ze sprzężeniem od zmiennych stanu dla układu typu wahadło odwrócone.	4
P4	Rozmyty układ sterowania - implementacja modelu symulacyjnego.	2

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Ćwiczenia laboratoryjne

N4 Ćwiczenia projektowe

N5 Konsultacje

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	70
Konsultacje przedmiotowe	4
Egzaminy i zaliczenia w sesji	4
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	25
Opracowanie wyników	7
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	15
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	125
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Aktywność na zajęciach

F3 Zaliczenie ćwiczenia laboratoryjnego

F4 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F5 Ocena L: średnia arytmetyczna ocen zaliczeń i sprawozdań kolejnych ćwiczeń

F6 Zaliczenie projektu indywidualnego

F7 Raport projektu indywidualnego

F8 Ocena P: średnia arytmetyczna ocen zaliczeń i raportów kolejnych projektów

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 W semestrze 4 - średnia arytmetyczna z ocen z kolokwiiów na ćwiczeniach, z uwzględnieniem aktywności na zajęciach

P2 W semestrze 5 - średnia ważona ocen z: L (0,25), P (0,25), egzamin pisemny (0,25), egzamin ustny (0,25)

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 W semestrze 4 - uzyskanie ocen pozytywnych z kolokwiiów na ćwiczeniach

W2 W semestrze 5 - uzyskanie ocen pozytywnych z zaliczeń i sprawozdań każdego ćwiczenia L

W3 W semestrze 5 - uzyskanie ocen pozytywnych z zaliczeń i raportów każdego projektu

W4 W semestrze 5 - uzyskanie ocen pozytywnych z egzaminu pisemnego i ustnego

W5 Nieterminowe oddanie sprawozdania i raportu powoduje obniżenie oceny o 5 pkt za każdy rozpoczęty tydzień opóźnienia

OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

B1 Aktywność w czasie ćwiczeń tablicowych

B2 Aktywność w czasie ćwiczeń projektowych

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Rysuje schematy blokowe podstawowych struktur układów sterowania i je charakteryzuje, wymienia i zna podstawowe parametry linowych komponentów układów sterowania.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.

NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Definiuje sposoby opisu matematycznego układów dynamicznych, podaje związki pomiędzy transmitancją operatorową i charakterystykami czasowymi, podaje definicję i interpretację transmitancji widmowej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Definiuje pojęcie stabilności oraz kryteriuma stabilności Hurwitza i Nyquista.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Wyznacza transmitancję operatorową i widmową, odpowiedź skokową i impulsową oraz charakterystyki częstotliwościowe podstawowych elementów dynamicznych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Wyznacza transmitancję zastępczą złożonego schematu blokowego. Sprawdza stabilność układu liniowego stosując kryterium Hurwitza.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.

NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Definiuje pojęcia uchybu ustalonego, transmitancji uchybowej i stopnia astatyzmu, przeregulowania, czasu narastania i czasu ustalania, omawia wpływ współczynnika tłumienia i częstości drgań własnych na postać i parametry charakterystyki skokowej układu drugiego rzędu.
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Definiuje równanie, parametry, transmitancję operatorową i odpowiedź skokową regulatora PID. Rysuje schemat blokowy i przebiegi sygnałów w układzie automatycznej regulacji obiektem inercyjnym pierwszego rzędu z regulatorem w postaci wybranych komponentów PID.
EFEKT KSZTAŁCENIA 8	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Podaje równania stanu i równania wyjścia oraz metody doboru zmiennych stanu. Wypisuje odpowiednie macierze dla zmiennych fazowych i kanonicznych sterowalnych. Podaje związek pomiędzy opisem układu w przestrzeni stanów i transmitancją operatorową.
EFEKT KSZTAŁCENIA 9	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.

NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Na podstawie zarejestrowanej charakterystyki skokowej elementu inercyjnego wyznacza współczynnik wzmocnienia, stałą czasową i czas opóźnienia. Rysuje charakterystyki czasowe i częstotliwościowe podstawowych elementów dynamicznych
EFEKT KSZTAŁCENIA 10	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Dla układu o podanej strukturze wyznacza transmitancję uchybową, stopień astatyzmu względem sygnału zadanego i zakłócającego, dla podanego sygnału wejściowego i zakłócającego wyznacza wartość uchybu ustalonego. Wyznacza wartość wzmocnienia regulatora dla zadanej wartości uchybu ustalonego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 11	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.
NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Dla danego układu oraz zadanych wymagań odnośnie właściwości dynamicznych układu w postaci przeregulowania i czasu ustalania określa wymagane położenie biegunów i wyznacza parametry regulatora I-PD.
EFEKT KSZTAŁCENIA 12	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia wymagań na ocenę 3,0.
NA OCENĘ 3.0	Student uzyskał 51 % punktów.
NA OCENĘ 3.5	Student uzyskał 61 % punktów.
NA OCENĘ 4.0	Student uzyskał 71 % punktów.
NA OCENĘ 4.5	Student uzyskał 81 % punktów.

NA OCENĘ 5.0	Student uzyskał 91 % punktów z: Dla danego układu oraz zadanych wymagań odnośnie właściwości dynamicznych układu w postaci przeregulowania i czasu ustalania określa wymagane położenie biegunów i wyznacza wzmocnienia w sprzężeniu od zmiennych stanu.
--------------	--

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	AiR-1-W11	Cel 1	C4 L2 L3 L7 W1 W4 W5 W9 W12 W13 P2 P3 P4	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 P1 P2
EK2	AiR-1-W11	Cel 1	C1 C2 C3 C4 W2 W3 W4 W10 W11 W12	N1 N2 N5	F1 F2 P1
EK3	AiR-1-W11	Cel 1	C5 W6	N1 N2 N5	F1 F2 P1
EK4	AiR-1-W11 AiR-1-U5	Cel 1	C1 C2 C3 L1 L4 W2 W3 W4	N1 N2 N3 N5	F1 F2 F3 F4 F5 P1
EK5	AiR-1-W11 AiR-1-U5	Cel 1	C4 C5 W5 W6	N1 N2 N3 N5	F1 F2 P1
EK6	AiR-1-W11	Cel 2	L2 L3 L5 L6 W7 W8 P1	N1 N3 N4 N5	F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 P2
EK7	AiR-1-W11	Cel 2	L2 L3 L7 W4 W9 P2 P4	N1 N3 N4 N5	F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 P2
EK8	AiR-1-W11	Cel 3	W10 W11 W12 P3	N1 N4 N5	F6 F7 F8 P2
EK9	AiR-1-W11 AiR-1-U5	Cel 2 Cel 3	L1 L4 W2 W3	N1 N3 N5	F3 F4 F5 P2
EK10	AiR-1-U11 AiR-1-U5	Cel 2	L2 L3 L5 W7 P1	N1 N3 N4 N5	F3 F4 F5 F6 F7 F8 P2
EK11	AiR-1-U11 AiR-1-U5	Cel 2	W8 W9 W13 P2 P4	N1 N4 N5	F6 F7 F8 P2
EK12	AiR-1-U11 AiR-1-U5	Cel 3	W10 W11 W12 P3	N1 N4 N5	F6 F7 F8 P2

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Słota A. — *Sterowanie procesami ciągłymi Wykorzystanie LabVIEW w praktyce*, Warszawa, 2022, PWN
- [2] | Pełczewski W. — *Teoria sterowania*, Warszawa, 1980, WNT
- [3] | Kaczorek T. — *Teoria sterowania*, Warszawa, 1977, PWN

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Emirsajłow Z. — *Teoria układów sterowania*, Szczecin, 2000, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej
- [2] | Ogata K. — *Modern control engineering*, , 2002, Prentice-Hall International

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż., prof. PK Adam Słota (kontakt: adam.slota@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)