

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: A

Stopień studiów: I

Specjalności: Technologie informacyjne w systemach produkcyjnych, 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 oIN B22 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	6.00
SEMESTRY	4 5

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
4	9	9	0	0	0	0
5	9	0	9	9	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Poznanie podstawowych elementów i struktur układów automatyki 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 stanu

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Wiedza z zakresu: algebry macierzy, liniowych równań różniczkowych, przekształcenia Laplace'a, liczb zespolonych

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Wymienia struktury układów sterowania oraz podstawowe liniowe komponenty układów sterowania

EK2 Wiedza Definiuje metody opisu matematycznego układów dynamicznych

EK3 Wiedza Opisuje problematykę stabilności układów sterowania

EK4 Wiedza Charakteryzuje zagadnienia dokładności statycznej i dynamicznej układów sterowania, zna związki parametrów układu drugiego rzędu z jego właściwościami dynamicznymi

EK5 Wiedza Opisuje układy liniowe ciągłe w przestrzeni stanów

EK6 Wiedza Charakteryzuje syntezę układu sterowania ze sprzężeniem od wyjścia oraz sprzężeniem od stanu

EK7 Wiedza Charakteryzuje opis matematyczny i działanie regulatorów PID, sposób działania układu automatycznej regulacji z regulatorem PID

EK8 Umiejętności Przedstawia opis matematyczny w dziedzinie czasu i częstotliwości podstawowych elementów dynamicznych

EK9 Umiejętności Przekształca schematy blokowe i sprawdza stabilność układu automatycznej regulacji

EK10 Umiejętności Wyznacza i interpretuje charakterystyki czasowe i częstotliwościowe elementu liniowego

EK11 Umiejętności Przeprowadza analizę dokładności statycznej układu sterowania o zadanej strukturze

EK12 Umiejętności Wyznacza parametry regulatora PID oraz wzmocnienie sprzężenia od stanu dla zadanych właściwości dynamicznych układu

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Pojęcia podstawowe, klasyfikacja układów: ciągłe/dyskretne, 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	2
W3	Modele matematyczne układów ciągłych, liniowych, stacjonarnych, o parametrach skupionych: transmitancja widmowa i charakterystyki częstotliwościowe definicja i interpretacja	2

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	2
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	1
W7	Dokładność układów sterowania w stanie ustalonym, układy statyczne i astatyczne, transmitancja uchybowa, stopień astatyzmu i jego związek z uchybem ustalonym	1
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	1
W9	Dobór parametrów regulatora I-PD metodą lokowania biegunów	1
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.	1
W13	Przesuwanie zer i biegunów, układy ze sprzężeniem zwrotnym od stanu, układ sterowania ze sprzężeniem zwrotnym od stanu	1

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Równania różniczkowe i transmitancja operatorowa układów mechanicznych i elektrycznych	2
C2	Charakterystyki czasowe układów liniowych	2
C3	Transmitancja widmowa i charakterystyki częstotliwościowe układów liniowych	2
C4	Transmitancja zastępcza układu złożonego z podukładów	2
C5	Stabilność układów liniowych	1

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Wprowadzenie do oprogramowania LabView: moduły Simulation oraz Control Design	1
K2	Modelowanie i symulacja układów ciągłych w programie LabView - układy statyczne i astatyczne.	2
K3	Układ napędowy ramienia robota z silnikiem DC - dobór parametrów regulatora typu I-PD	3
K4	Model dynamiczny i układ sterowania ze sprzężeniem od stanu dla wahadła odwróconego	3

LABORATORIUM		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Identyfikacja obiektu sterowania na podstawie charakterystyki skokowej	1
L2	Układ regulacji obiektem inercyjnym z regulatorem P	1
L3	Układ regulacji obiektem inercyjnym z regulatorem PID	2
L4	Charakterystyki częstotliwościowe	1
L5	Stabilność podukładu regulacji prędkości serwonapędów obrabiarek NC	1
L6	Dokładność statyczna serwonapędów obrabiarek NC	2
L7	Zaliczenie ćwiczeń	1

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	45
Konsultacje przedmiotowe	4
Egzaminy i zaliczenia w sesji	8
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	33
Opracowanie wyników	30
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	30
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	150
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	6.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium na ćwiczeniach tablicowych

F2 Zaliczenie ćwiczeń L i Lk

F4 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F5 Projekt indywidualny na Lk

F6 Ocena z L: średnia arytmetyczna ocen zaliczeń kolejnych ćwiczeń

F7 Ocena z Lk: średnia arytmetyczna ocen zaliczeń kolejnych ćwiczeń

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 W semestrze 4 - średnia arytmetyczna z ocena z kolokwiów na ćwiczeniach,

P2 W semestrze 5 - średnia ważona ocen z: L (0,2), LK (0,2), egzamin pisemny (0,3), egzamin ustny (0,3)

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Uzyskanie ocen pozytywnych z zaliczenia każdego ćwiczenia L i LK

W2 Poprawne wykonanie i oddanie w terminie do 2 tygodni po wykonaniu ćwiczenia sprawozdań z L i LK

W3 Uzyskanie ocen pozytywnych z kolokwiów na ćwiczeniach

W4 Obecność na obowiązkowych formach zajęć

W5 Nieterminowe zaliczenie sprawozdania powoduje obniżenie oceny z zaliczenia ćwiczenia o 0,5 za każde 2 tygodnie opóźnienia

OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA**B1 Ocena sprawozdań i projektów****KRYTERIA OCENY**

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Potrafi narysować schematy blokowe podstawowych struktur układów sterowania i je scharakteryzować, potrafi wymienić i zna podstawowe parametry linowych komponentów układów sterowania
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Potrafi wymienić i zdefiniować sposoby opisu matematycznego układów dynamicznych i podać związki pomiędzy nimi
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Zna pojęcie stabilności oraz potrafi przedstawić kryteria stabilności układów liniowych ciągłych
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	-

NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Zna pojęcia uchybu ustalonego, transmitancji uchybowej i stopnia astatyzmu, przeregulowania, czasu narastania i czasu ustalania, potrafi określić wpływ współczynnika tłumienia i częstości drgań własnych na postać i parametry charakterystyki skokowej układu drugiego rzędu
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Zna postać równania stanu i równania wyjścia oraz metody doboru zmiennych stanu. Zna postać odpowiednich macierzy dla zmiennych fazowych i kanonicznych sterowalnych. Zna związek pomiędzy opisem układu w przestrzeni stanów i transmitancją operatorową.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Potrafi przedstawić tok postępowania przy wyznaczaniu parametrów układu sterowania z wykorzystaniem sprzężenia od wyjścia i sprzężenia od stanu dla zmiennych kanonicznych sterowalnych i fizycznych
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0

NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Potrafi przedstawić równanie, parametry, transmitancję operatorową i odpowiedź skokową regulatora PID. Potrafi narysować 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	-
NA OCENĘ 3.0	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Dla podanego układu potrafi odpowiedź skokową i impulsową, transmitancję operatorową, transmitancję widmową i charakterystyki częstotliwościowe
EFEKT KSZTAŁCENIA 9	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Dla zadanego schematu blokowego potrafi wyznaczyć transmitancję zastępczą, potrafi sprawdzić stabilność układu stosując wybrane kryterium stabilności
EFEKT KSZTAŁCENIA 10	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Na podstawie zarejestrowanej charakterystyki skokowej elementu inercyjnego potrafi wyznaczyć współczynnik wzmocnienia, stałą czasową i czas opóźnienia, potrafi przedstawić charakterystyki czasowe i częstotliwościowe podstawowych elementów dynamicznych

EFEKT KSZTAŁCENIA 11	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Dla układu o podanej strukturze potrafi wyznaczyć transmitancję uchybową, stopień astatyzmu względem sygnału zadanego i zakłócającego, dla podanego sygnału wejściowego i zakłócającego potrafi wyznaczyć wartość uchybu ustalonego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 12	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	51% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 3.5	61% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.0	71% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 4.5	81% wymagań na ocenę 5,0
NA OCENĘ 5.0	90% z: Dla danego układu oraz zadanych wymagań odnośnie właściwości dynamicznych układu w postaci przeregulowania i czasu ustalania potrafi określić wymagane położenie biegunów oraz wyznaczyć parametry regulatora PID i wzmocnienie sprzężenia od 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	A1_W02 A1_W21	Cel 1	W1 W2 W4 W5 W9 W13 K3 K4 L2 L3 L7	N1 N3 N4 N5	F2 F6 F7 P2
EK2	A1_W02 A1_W21	Cel 1 Cel 3	W1 W2 W3 W5 C1 C2 C3 C4 L1 L4	N1 N2 N3 N5	F1 F2 F6 P1 P2

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK3	A1_W21	Cel 1 Cel 2	W6 C5 L5	N1 N2 N3 N5	F1 F2 F4 F6 P1 P2
EK4	A1_W21	Cel 1 Cel 2	W7 W8 K2 L2 L3 L6	N1 N3 N4 N5	F2 F4 F5 F7 P1 P2
EK5	A1_W02 A1_W21	Cel 1 Cel 3	W10 W11 K4	N1 N4 N5	F2 F5 F7 P2
EK6	A1_W21	Cel 2 Cel 3	W9 W12 W13 K3 K4 L2 L3	N1 N3 N4 N5	F2 F4 F5 F6 F7 P2
EK7	A1_W21 A1_U12 A1_U22	Cel 1 Cel 2	W2 W9 K3 L2 L3	N1 N3 N4 N5	F2 F4 F5 F6 F7 P2
EK8	A1_U12	Cel 1	W2 W3 W4 C1 C2 C3 L1	N1 N2 N3 N5	F1 F2 F4 F6 P1 P2
EK9	A1_W21 A1_U12	Cel 1	W5 W6 C4 C5 L5	N1 N2 N3 N5	F1 F2 F4 F6 P1 P2
EK10	A1_W21 A1_U12	Cel 1	W2 W3 W4 L1 L4	N1 N3 N5	F2 F4 F6 P2
EK11	A1_U05 A1_U12	Cel 1 Cel 2 Cel 3	W7 K1 K2 L2 L6	N1 N3 N4 N5	F1 F2 F4 F5 F6 F7 P2
EK12	A1_U05 A1_U22	Cel 2 Cel 3	W8 W9 W12 W13 K3 K4	N1 N4 N5	F1 F2 F5 F7 P2

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Pełczewski W.** — *Teoria sterowania*, Warszawa, 1980, WNT
- [2] | **Kaczorek T.** — *Teoria sterowania, tom 1*, Warszawa, 1977, PWN

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

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

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

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

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr inż. Adam Słota (kontakt: slota@mech.pk.edu.pl)

2 mgr inż. Jarosław Zych (kontakt: zych@mech.pk.edu.pl)

3 mgr inż. Ryszard Trela (kontakt: trela@mech.pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....
.....