

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2019/2020

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: A

Stopień studiów: I

Specjalności: Automatykacja systemów wytwarzania, Technologie informacyjne w systemach produkcyjnych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Sterowanie procesami ciągłymi
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Continuous process control
KOD PRZEDMIOTU	WM AIR oIN B22 19/20
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
<b>W1</b>	Pojęcia podstawowe, klasyfikacja układów: ciągłe/dyskretne, liniowe/nieliniowe, stacjonarne/niestacjonarne, o parametrach skupionych/rozłożonych, jedno-/wielowymiarowe	1
<b>W2</b>	Modele matematyczne układów ciągłych, liniowych, stacjonarnych, o parametrach skupionych: równania różniczkowe, transmitancja operatorowa, odpowiedzi na wymuszenie impulsowe, skokowe i liniowe	2
<b>W3</b>	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, równoległe 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 przekształcenie 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		
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

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

## 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
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	4
Egzaminy i zaliczenia w sesji	8
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	33
Opracowanie wyników	30
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	30
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>150</b>
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 liniowych 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 L2 L3 L7 K3 K4	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 SZCZEGÓLOWYCH 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 L2 L3 L6 K2	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 L2 L3 K3 K4	N1 N3 N4 N5	F2 F4 F5 F6 F7 P2
EK7	A1_W21 A1_U12 A1_U22	Cel 1 Cel 2	W2 W9 L2 L3 K3	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 L2 L6 K1 K2	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

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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