

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2018/2019

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: A

Stopień studiów: II

Specjalności: Sterowanie i monitoring maszyn i urządzeń

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                 |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Podstawy optymalnego sterowania |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Basics of Optimal Control       |
| KOD PRZEDMIOTU                          | A947                            |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe      |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00                            |
| SEMESTRY                                | 2                               |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 2       | 15     | 30        | 0            | 0                                | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie się z podstawowymi kryteriami oceny i metodami syntezy optymalnych układów sterowania.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Zaliczone przedmioty z zakresu przedmiotów podstawowych grupy matematyka i informatyka oraz podstawy automatyki.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Znajomość podstawowych cech i parametrów układów w stanie przejściowym i ustalonym.

**EK2 Wiedza** Podstawowe kryteria oceny jakości regulacji układów liniowych.

**EK3 Umiejętności** Badanie stabilności. Obserwowalność i sterowalność.

**EK4 Umiejętności** Umiejętność zapisu kryteriów optymalizacji z kwadratowymi wskaźnikami jakości.

**EK5 Umiejętności** Synteza optymalnych układów sterowania przy zastosowaniu całkowego kryterium minimum błędu kwadratowego dla układów liniowych bez i z uwzględnieniem więzów - teoria Wienera-Hopfa. Macierzowe równanie Riccatiego. Metoda regulatora LQR.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                         | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Krótką historia sterowania. Przykłady sterowania w praktyce. Paradygmat sterowania. Podstawowe cechy i parametry układów w stanie przejściowym i ustalonym.                                                                                    | 4                |
| <b>W2</b> | Podstawowe kryteria oceny jakości regulacji układów liniowych. Stabilność. Związki macierzowe stosowane w teorii sterowania. Obserwowalność i sterowalność.                                                                                    | 4                |
| <b>W3</b> | Kryteria optymalizacji z kwadratowymi wskaźnikami jakości. Synteza optymalnych układów sterowania przy zastosowaniu całkowego kryterium minimum błędu kwadratowego dla układów liniowych bez i z uwzględnieniem więzów - teoria Wienera-Hopfa. | 4                |
| <b>W4</b> | Macierzowe równanie Riccatiego. Metoda regulatora LQR. Optymalizacja układów sterowania za pomocą filtru Kalmana metoda LQG. Zasada maksimum Pontriagina.                                                                                      | 3                |

| ĆWICZENIA |                                                                                                 |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                          | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | Obliczanie parametrów układów w stanie przejściowym i ustalonym na podstawie funkcji przejścia. | 5                |

| ĆWICZENIA |                                                                                                                                                                                       |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C2</b> | Wyznaczanie obszarów stabilności na podstawie funkcji transmitancji, rozkładu biegunów. Układanie równań macierzowych ruchu układów. Badanie obserwowalności i sterowalności układów. | 5                |
| <b>C3</b> | Wyznaczanie optymalnych układów wibroizolacji dla układów dynamicznych metodą Wienera-Hopfa.                                                                                          | 6                |
| <b>C4</b> | Zadania optymalnego sterowania ruchem układów dynamicznych metodą LQR przy użyciu Matlaba.                                                                                            | 6                |
| <b>C5</b> | Przykład aplikacji metody LQG do syntezy optymalnej wibroizolacji układu o 1SS reprezentującego człowieka siedzącego poddanego wibracjom pionowym.                                    | 4                |
| <b>C6</b> | Zastosowanie zasady Pontriagina w zadaniach sterowania z określonym i nieskończonym horyzontem czasowym.                                                                              | 4                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia tablicowe

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 27                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 2                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 6                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 30                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>        | <b>65</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 3.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Zaliczenie pisemne

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | Znajomość przykładowych typów sterowania w praktyce. Paradygmat sterowania.                     |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | Znajomość podstawowych układów sterowania.                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | Znajomość kryteriów oceny jakości regulacji układów liniowych.                                  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                 |
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | Podstawowe cechy i parametry układów w stanie ustalonym.                                        |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | Podstawowe cechy i parametry układów w stanie przejściowym i ustalonym.                         |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | Obliczanie parametrów układów w stanie przejściowym i ustalonym na podstawie funkcji przejścia. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                 |
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | Układanie równań macierzowych ruchu układów.                                                    |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | Badanie obserwowalności i sterowalności układów.                                                |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                               |
| NA OCENĘ 5.0        | Wyznaczanie obszarów stabilności na podstawie funkcji transmitancji, rozkładu biegunów..        |

| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                    |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | Związki macierzowe stosowane w teorii sterowania.                                                  |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                  |
| NA OCENĘ 4.0        | Macierzowe równanie Riccatiego. Metoda regulatora LQR.                                             |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                  |
| NA OCENĘ 5.0        | Optymalizacja układów sterowania za pomocą filtru Kalmana metoda LQR. Zasada maksimum Pontriagina. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                    |
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | Obserwowalność i sterowalność. Kryteria optymalizacji z kwadratowymi wskaźnikami jakości.          |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                  |
| NA OCENĘ 4.0        | Przykład aplikacji metody LQR do syntezy optymalnej wibroizolacji układu o 1SS.                    |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zadania optymalnego sterowania ruchem układów dynamicznych metodą LQR przy użyciu Matlaba.         |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K2_W01<br>K2_W11<br>K2_K01                                                     | Cel 1           | W1 W2             | N1 N2                 | F1 P1         |
| EK2               | K2_W01<br>K2_W11<br>K2_K01                                                     | Cel 1           | W2 W3             | N1 N2                 | F1 P1         |
| EK3               | K2_UO05<br>K2_UP10                                                             | Cel 1           | W3 W4             | N1 N2                 | F1 P1         |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK4               | K2_UO05<br>K2_UP10                                                             | Cel 1           | W3 W4 C3 C4<br>C5 | N1 N2                 | F1 P1         |
| EK5               | K2_UO05<br>K2_UP10                                                             | Cel 1           | W3 W4 C4 C5<br>C6 | N1 N2                 | F1 P1         |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Górecki H. — *Optymalizacja i sterowanie systemów dynamicznych*, Kraków, 2006, wyd.AGH
- [2] | Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R. — *Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R.: Podstawy teorii sterowania*, Warszawa, 2005, WNT

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Takahashi Y., Rabins M.J., Auslander D.M. — *Takahashi Y. Sterowanie i systemy dynamiczne*, Warszawa, 1976, WNT

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Daniel, Tomasz Ziemiański (kontakt: daniel.ziemianski@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. inż. Marek Książek (kontakt: ksiazek@mech.pk.edu.pl)

4 dr inż. Daniel Ziemiański (kontakt: dziemianski@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....