**Nazwa przedmiotu:**

Teoria sterowania

**Koordynator przedmiotu:**

Krzysztof Malinowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Automatyka i Robotyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

TST

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.
Udział w ćwiczeniach: 15 x 1 godz. = 15 godz.
Wykonywanie projektu: 15 x 1 godz. = 15 godz.
Praca własna: 60 godz.
Udział w konsultacjach: 5 godz.
Łączny nakład pracy studenta: 125 godz., co odpowiada 5 ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wymagane przedmioty poprzedzające:
PODA (Podstawy automatyki),
STP (Sterowanie procesów).

Zalecane przedmioty poprzedzające:
WR (Wstęp do robotyki)

**Limit liczby studentów:**

40

**Cel przedmiotu:**

Nauczenie studentów rozumienia i projektowania nieliniowych systemów sterowania.

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu:
1. Podstawowe struktury systemów sterowania. Transmitancje systemów sterowania z czasem ciągłym albo dyskretnym. Systemy z ujemnym sprzężeniem zwrotnym, systemy z kompensacją oddziaływań zewnętrznych (feedforward systems). Wskaźnik regulacji. (2 h)
2. Układy dynamiczne (UD). Zbiory niezmiennicze i punkty równowagi UD. Definicje stabilności: zbiorów niezmienniczych wg Lapunowa, rozwiązania równania różniczkowego wg Lapunowa, stabilności wykładniczej, stabilności względem pobudzenia. (3 h)
3. Kryteria stabilności liniowych systemów sterowania. (1 h)
4. Badanie stabilności systemów nieliniowych. Twierdzenie Małkina o stabilności przy wymuszeniach. Pierwsza metoda Lapunowa. Druga metoda Lapunowa. Związek miedzy stabilnością wykładniczą a stabilnością względem pobudzenia. (6 h)
5. Stabilność absolutna. Definicja. Kryteria stabilności: Popova, Jakubowicza, Cypkina. (2 h)
6. Podstawy wyznaczania sterowania optymalnego. Typowe zadania sterowania optymalnego: zadanie z ograniczeniami całkowymi, zadanie Bolzy, zadanie wyznaczenia sterowania czaso-optymalnego Optymalne sterowanie w układzie otwartym a optymalne prawo sterowania. Prezentacja zasady maksimum Pontrjagina, programowania dynamicznego Bellmana. (4 h)
7. Zastosowanie zasady maksimum. Wyznaczenie liniowo-kwadratowego (LQ) regulatora optymalnego. (2 h)
8. Elementarne wprowadzenie do projektowania obserwatorów dla układów nieliniowych. (2 h)
9. Sterowanie obiektami z niepewnością. Wrażliwość systemów sterowania. Jakościowa i ilościowa odporność (robustness) algorytmów sterowania. Wprowadzenie do projektowania odpornych systemów sterowania metodą minimalizacji normy Hinf: regulator Hinf jako uogólnienie regulatora LQ, wyznaczanie regulatora Hinf , jego podstawowe własności. (6 h)
10. Podsumowanie. Syntetyczne przedstawienie najistotniejszych zagadnień przedstawionych na wykładzie. (2 h)
Zakres ćwiczeń:
1. Przypomnienie podstawowych metod opisu UD z czasem ciągłym albo dyskretnym.
2. Przykłady różnych zachowań UD, ich zbiorów niezmienniczych i punktów równowagi.
3. Elementarne wprowadzenie do projektowania systemów sterowania drogą linearyzacji przez sprzężenie zwrotne.
4. Konstruowanie funkcji Lapunowa.
5. Projektowanie układów stabilnych absolutnie.
6. Metoda znajdowania sterowań optymalnych przez sprowadzenie do zadania programowania matematycznego
7. Systemy sterowania czaso-optymalnego.
Zakres projektu:
Studenci otrzymują do wykonania dwa projekty realizowane w środowisku MATLAB/SIMULINK:
1. Analiza stabilności, łącznie z portretem fazowym, dwuwymiarowego, nieliniowego układu regulacji.
2. Projekt czaso-optymalnego systemu sterowania, albo regulatora LQ, albo regulatora Hinf dla podanego obiektu.

**Metody oceny:**

Bieżąca aktywność na ćwiczeniach, etapowe weryfikacje postępów projektów, egzamin pisemny i ewentualnie ustny.
Bieżąca aktywność na ćwiczeniach oceniana jest w skali 0-10 pkt., pierwszy projekt -- 0-20 pkt., drugi -- 0-30 pkt., egzamin -- 0-40 pkt., aby zaliczyć przedmiot trzeba uzyskać 25 pkt. z projektów i 25 pkt. z egzaminu.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Preskrypt opracowany przez wykładowcę.
M. Athans, P. Falb: Sterowanie optymalne, WNT 1969.
R. Gessing, M. Latarnik, A. Skrzywan-Kosek: Zbiór zadań z teorii nieliniowych układów regulacji i sterowania, WNT 1981, 4 wyd.: Wyd. Politechniki Śląskiej 1997.
D.-W. Gu, P.Hr. Petkov and M.M. Konstantinov: Robust Control Design with MATLAB, Springer 2005 (wersja elektroniczna dostępna w BG PW).
T. Kaczorek: Teoria układów regulacji automatycznej, 2 wyd., WNT 1977.
T. Kaczorek: Teoria sterowania, PWN, t.1 1977, t. 2 1981.
J.R. Leigh: Control Theory, 2nd ed., The Institution of Electrical Engineers, London 2004 (wersja elektroniczna dostępna w BG PW).
Z. Vukić et al.: Nonlinear Control Systems, Marcel Dekker 2003 (wersja elektroniczna dostępna w BG PW).
pozycje uzupełniające:
S.H. Żak: Systems and Control, Oxford University Press 2003.
H.K. Khalil: Nonlinear Systems, 3rd ed., Prentice Hall 2002.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka TST\_W01:**

Zaawansowana wiedza na temat teorii stabilności układów dynamicznych

Weryfikacja:

egzamin, projekt pierwszy

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka TST\_W02:**

Uporzadkowana wiedza dotycząca teorii projektowania nieliniowych i optymalnych układów sterowania

Weryfikacja:

egzamin, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka TST\_W03:**

Uporządkowana wiedza na temat projektowania odpornych układów sterowania

Weryfikacja:

Egzamin, projekt drugi

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W05, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka TST\_U01:**

Potrafi projektować nieliniowe i optymalne układu sterowania

Weryfikacja:

egzamin, projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U09, K\_U10, K\_U14, K\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, I.P7S\_UO

**Charakterystyka TST\_U02:**

Potrafi projektować proste odporne systemy sterowania

Weryfikacja:

Egzamin, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U09, K\_U10, K\_U14, K\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, I.P7S\_UO