



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Teoria sterowania

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

Systemy sterowania i robotyki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1 / 1

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratoria

0

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

15

Projekty/seminaria

15

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Kozłowski

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

email: krzysztof.kozlowski@put.poznan.pl

tel. 61 6652199

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Wiedza: Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z rachunku różniczkowego, całkowego, algebry oraz opisu układów dynamicznych za pomocą równań Lagrange'a i w przestrzeni stanów

Umiejętności: Powinien posiadać umiejętność rozwiązywania podstawowych problemów z zakresu projektowania układów regulacji automatycznej dla systemów liniowych badania ich stabilności oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji / mieć gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu



Kompetencje Społeczne: Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, szacunek dla innych ludzi.

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu opisu układów nieliniowych, ich sterowalności, linearyzacji oraz stabilności.
2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania trudnych problemów projektowania sterowania dla układów nieliniowych oraz zastosowania podstawowych narzędzi matematycznych do ich rozwiązywania (narzędzia te nie wykraczają ponad znany studentowi podstawowy aparat całkowy i różniczkowy wykładany na matematyce w uczelniach technicznych).
3. Kształtowanie u studentów umiejętności pracy w małym zespole.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę z zakresu wybranych działów matematyki niezbędną do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań z zakresu teorii sterowania oraz modelowania złożonych układów automatyki; - [K\_W1]
2. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie, szczegółową wiedzę w zakresie metod analizy i projektowania nieliniowych systemów sterowania; - [K\_W7]
3. ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z nieliniowymi systemami sterowania; - [K\_W11]
4. ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu nieliniowych systemów automatyki i robotyki i pokrewnych dyscyplin naukowych; - [K\_W12]

#### Umiejętności

1. potrafi krytycznie korzystać z informacji literaturowych, baz danych i innych źródeł w języku polskim i obcym; - [K\_U1]
2. potrafi przeprowadzić symulację i analizę działania złożonych układów automatyki opisanych nieliniowymi równaniami różniczkowymi; - [K\_U9]
3. potrafi wyznaczać modele złożonych systemów i procesów, a także wykorzystywać je do celów analizy i projektowania układów automatyki i robotyki; - [K\_U10]
4. potrafi formułować i weryfikować symulacyjnie hipotezy związane z zadaniami inżynierskimi i trudnymi problemami badawczymi z zakresu automatyki i robotyki; - [K\_U15]
5. potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania systemów sterowania lub systemów robotyki; - [K\_U19]



6. potrafi krytycznie ocenić i dobrać odpowiednie metody i narzędzia do rozwiązania zadania z zakresu automatyki i robotyki w tym w szczególności nowoczesne narzędzia matematyczne; - [K\_U22]

Kompetencje społeczne

1. ma umiejętność odpowiedzialnej pracy w małym zespole w celu rozwiązywania realizowanych zadań - [K\_K3]

2. ma świadomość konieczności połączenia wiedzy matematycznej z wiedzą techniczną do profesjonalnego rozwiązywania problemów technicznych - [K\_K4]

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

a) w zakresie wykładów:

na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach,

b) w zakresie ćwiczeń oraz projektu:

na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań,

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

i. ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym o charakterze problemowym, które sygnalizowane są w trakcie wykładu.

ii. omówienie wyników egzaminu,

b) w zakresie ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

i. ocenę przygotowania studenta poprzez rozwiązywanie zadań w trakcie realizacji ćwiczeń,

ii. ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń poprzez 2 krótkie sprawdziany w semestrze,

c) w zakresie projektu poprzez ocenę i obronę przez studenta sprawozdania z realizacji projektu.

### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Opis układów nieliniowych w przestrzeni stanów oraz narzędzi wykorzystywanych do ich linearyzacji. Wprowadzone zostaną takie pojęcia podstawowe jak pochodna i nawias Liego ich podstawowe właściwości, które są ilustrowane poprzez odpowiednie przykłady obliczeniowe.



2. Definicja przekształcenia dyfeomorficznego zmiennych stanu oraz rzędu względnego dla układu opisanego liniowymi równaniami różniczkowymi w przestrzeni stanu oraz układów nieliniowych typu SISO (single input single output ? z pojedynczym wejściem oraz pojedynczym wyjściem) wraz z ilustracją dla prostych przykładów obliczeniowych.
3. Definicja rzędu względnego dla układu typu MIMO (multiple input multiple output ? z wieloma wejściami oraz wieloma wyjściami) wraz z przykładem ilustrującym opis dynamiki manipulatora o  $n$  stopniach swobody.
4. Definicja dynamiki zerowej dla układów dynamicznych typu SISO oraz MIMO wraz z przykładem obliczeniowym.
5. Definicja pojęcia dystrybucji oraz dystrybucji inwolutywnej. Definicja kodystrybucji oraz jej anihilatora. Ilustracja pojęć za pomocą prostych przykładów obliczeniowych.
6. Omówienie twierdzenia Frobeniusa dotyczącego całkowalności dystrybucji wraz z konstruktywnym dowodem warunku wystarczalności. Przeprowadzenie prostego przykładu obliczeniowego.
7. Omówienie linearyzacji poprzez przybliżenie liniowe oraz warunków stabilności wynikających z pierwszej zasady Lapunowa wraz z praktycznymi przykładami obliczeniowymi.
8. Omówienie linearyzacji poprzez czystą transformację zmiennych stanu, podanie warunku Krenera linearyzacji lokalnej wraz z przykładami obliczeniowymi.
9. Omówienie linearyzacji poprzez sprzężenie zwrotne wraz z dowodem warunku wystarczającego dla układów typu SISO wraz z przykładem obliczeniowym.
10. Omówienie linearyzacji poprzez sprzężenie zwrotne dla układu typu MIMO wraz z przykładem obliczeniowym.
11. Określenie warunków linearyzacji przez dynamiczne sprzężenie zwrotne wraz z podaniem warunków dostatecznego i wystarczającego.
12. Omówienie praktycznych metod wyznaczania linearyzacji dla obiektów o jednym wejściu wraz z przykładami ilustrującymi.
13. Omówienie praktycznych metod wyznaczania linearyzacji dla obiektów o wielu wejściach wraz z przykładami ilustrującymi.
14. Omówienie zadania stabilizacji obrotów silnika prądu stałego z jego pełnym nieliniowym modelem dynamiki z wykorzystaniem dynamiki zerowej i funkcją wyjścia zależną od prędkości. Określenie rzędu względnego układu wraz z podaniem warunków asymptotycznej stabilności układu.
15. Przedstawienie modelu dynamiki manipulatora z jednym ogniwem sterowanym za pomocą silnika prądu stałego z przekładnią i elementem elastycznym. Definicja funkcji wyjścia, obliczenie rzędu względnego układu, dynamiki zerowej oraz linearyzacja badanego układu.



W ramach ćwiczeń rachunkowych studenci rozwiązują przykłady obliczeniowe ilustrujące treści wyżej wymienionych 15 wykładów. Przykładowymi obiektami nieliniowymi analizowanymi są między innymi robot dwukołowy z napędem różnicowym, robot typu samochód, manipulator o dwóch stopniach swobody, robot skaczący o dwóch stopniach swobody oraz robot dwunożny o trzech i pięciu stopniach swobody. Ponieważ przykłady obliczeniowe są bardzo skomplikowane fragmenty obliczeń realizowane są w postaci analitycznej a te bardziej skomplikowane za pomocą procesora wyrażeń symbolicznych np. Maple. Zadania te są realizowane przez studentów maksymalnie w grupach dwuosobowych i składają się na zadania projektowe realizowane w ramach przedmiotu. Do rozwiązania prostszych przykładów o charakterze numerycznym wykorzystywany będzie Matlab oraz Simulink.

### **Metody dydaktyczne**

Metody dydaktyczne:

1. wykład: prowadzony metodą tradycyjną ilustrowany licznymi przykładami podawanymi na tablicy.
2. ćwiczenia rachunkowe: prowadzone metoda tradycyjną i rozwiązaniem licznymi przykładów obliczeniowych na tablicy.
3. projekt : studenci otrzymują bardziej złożone przykłady obliczeniowe do rozwiązania z wykorzystaniem takich narzędzi jak procesor wyrażeń symbolicznych oraz pakietów numerycznych. Największa grupa studentów to dwie osoby, natomiast o ile to możliwe zaleca się każdy ze studentów sam rozwiązać jeden bardziej złożony problem.

### **Literatura**

Podstawowa

1. Nonlinear Control Systems, A. Isidori, Springer-Verlag London, 1995
2. Linearyzacja przez sprzężenie zwrotne w syntezy algorytmów regulacji dla obiektów termoenergetycznych, W.Bolek, T. Wi-śniewski, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2006

Uzupełniająca

1. Applied Nonlinear Control, J.E. Slotine, W. Li, Prentice Hall, 1991
2. Nonlinear Dynamical Systems, N. Nijmeijer, A.J. van der Schaft, Springer, 1990
3. Robot Modeling and Control, M. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, John Wiley and Sons, Inc., 2006



**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	69	3,0
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu) <sup>1</sup>	31	1,0

<sup>1</sup>niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności