



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Układy nieliniowe [S2AiR1E-ISLiSA>UN]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka/Automatic Control and Robotics

Rok/Semestr

1/1

Studia w zakresie (specjalność)

Inteligentne systemy latające i systemy autonomiczne

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

angielski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratorium

0

Inne

0

Ćwiczenia

30

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

dr inż. Bartłomiej Krysiak

bartlomiej.krysiak@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Wiedza: Student rozpoczynający ten moduł powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu rachunku, algebry i opisu układów dynamicznych z wykorzystaniem równań Lagrange'a i reprezentacji w przestrzeni stanów. Umiejętności: Dodatkowo student potrafi rozwiązywać podstawowe problemy związane z projektowaniem liniowych układów sterowania, analizą ich stabilności, a także potrafi pozyskać niezbędne informacje z różnych źródeł. Student powinien rozumieć potrzebę poszerzania swoich kompetencji.

Kompetencje społeczne: Ponadto w odniesieniu do umiejętności społecznych uczeń powinien wykazywać takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość, kreatywność, manieri i szacunek dla innych ludzi.

## Cel przedmiotu

1. Student uzyska podstawową wiedzę z zakresu opisu układów nieliniowych, ich sterowalności, linearyzacji i stabilności. 2. Student będzie potrafił rozwiązywać trudne problemy związane z układami nieliniowymi oraz zdobędzie wiedzę, jak korzystać z podstawowych narzędzi matematycznych do rozwiązywania tych problemów (narzędzia są znane z kursu z podstawowych rachunków prowadzonych na politechnikach). 3. Umiejętności te nabyć rozwiązując testy praktyczne na zajęciach projektowych.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

### Wiedza

1. posiada obszerną i pogłębioną wiedzę z wybranych dziedzin matematyki, przydatną do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań z zakresu teorii sterowania i modelowania złożonych układów automatyki; - [K2\_W1]
2. ma ugruntowaną szczegółową wiedzę teoretyczną na temat metod stosowanych do analizy i projektowania nieliniowych układów sterowania; - [K2\_W7]
3. ma teoretyczną szczegółową wiedzę dotyczącą sterowania układem nieliniowym; - [K2\_W11]
4. ma wiedzę o kierunkach rozwoju i najważniejszych nowych osiągnięciach w dziedzinie automatyki nieliniowej i robotyki oraz dyscyplin pokrewnych; - [K2\_W12]

### Umiejętności

1. potrafi oceniać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł informacji (w języku polskim i angielskim) - [K2\_U1]
2. potrafi przeprowadzić symulację i analizę działania złożonych układów automatyki opisanych za pomocą nieliniowych równań różniczkowych - [K2\_U9]
3. potrafi wyznaczać modele złożonych systemów i procesów oraz wykorzystywać je do analizy i projektowania układów automatyki i robotyki - [K2\_U10]
4. potrafi formułować i testować hipotezy (przeprowadzać symulacje i eksperymenty) dotyczące problemów inżynierskich i trudnych problemów badawczych z zakresu automatyki i robotyki - [K2\_U15]
5. potrafi przeprowadzić krytyczną analizę działania układów sterowania i systemów robotyki - [K2\_U19]
6. potrafi ocenić przydatność metod i narzędzi do rozwiązania problemu robotyki i automatyki; potrafi korzystać z nowatorskich i matematycznych narzędzi z zakresu automatyki i robotyki - [K2\_U22]

### Kompetencje społeczne

1. ma świadomość odpowiedzialności za własną pracę, potrafi współdziałać i współdziałać w zespole oraz brać odpowiedzialność za wspólnie wykonywane zadania; potrafi kierować zespołem, wyznaczać cele i wyznaczać priorytety w celu realizacji określonego zadania; - [K2\_K3]
2. ma świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do aspektów technicznych, - [K2\_K4]

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

a) wykłady:

na podstawie odpowiedzi na pytania z egzaminu pisemnego,

b) zajęcia projektowe:

ocena wykonania poprawnie powierzonych zadań (zgodnie z przekazanymi instrukcjami projektowymi),

Ocena podsumowująca:

a) weryfikacja założonych celów dydaktycznych związanych z wykładami:

i. ocena nabytej wiedzy na podstawie pisemnego egzaminu.

ii. omówienie poprawnych odpowiedzi na egzaminie

b) weryfikacja założonych celów dydaktycznych związanych z zajęciami samouczkowymi:

i. ocena wiedzy studenta niezbędnej do przygotowania i wykonania zadań ćwiczeniowych,

ii. monitorowanie uczniów aktywność na zajęciach, dwa kolokwia pisemne na zajęciach,

c) obrona i ocena raportów z projektów (częściowo rozpoczęte na zajęciach, zakończone po nich)

## Treści programowe

Wykład powinien obejmować następujące tematy:

1. Opis układów nieliniowych w przestrzeni stanów i narzędzia do linearyzacji tych układów. Zostaną wprowadzone następujące nowe podstawowe pojęcia: pochodna Lie i nawias Lie z obliczonymi przykładami ilustracyjnymi.

2. Definicja transformacji dyfeomorficznej zmiennych stanu i stopnia względnego dla układów opisanych równaniami różniczkowymi liniowymi i układami nieliniowymi typu SISO (pojedyncze wejście pojedyncze wyjście) wraz z ilustracyjnymi przykładami analitycznymi.
  3. Definicja względnego stopnia dla systemów nieliniowych typu MIMO (wiele wejść i wiele wyjść) z dynamicznym modelem manipulatora n stopni swobody jako przykład ilustrujący.
  4. Definicja zerowej dynamiki dla systemów typu SISO i MIMO wraz z analitycznym przykładem ilustracyjnym.
  5. Definicja dystrybucji i dystrybucji niewolniczej. Definicja współdystrybucji i jej anihilator. Omówione zostaną ilustracyjne przykłady analityczne.
  6. Wprowadzenie twierdzenia Frobeniusa z konstruktywnym warunkiem integracji wraz z dowodem. Omówiony zostanie ilustracyjny przykład.
  7. Omówienie metody linearyzacji opartej na pierwszej zasadzie Lapunowa z praktycznymi przykładami ilustracyjnymi.
  8. Wprowadzenie metody linearyzacji opartej na transformacji równań przestrzeni stanów i opisie warunków Krenera linearyzacji lokalnej wraz z omówieniem przykładowych przykładów.
  9. Wprowadzenie metody linearyzacji opartej na sprzężeniu zwrotnym z wykazaniem warunku koniecznego dla systemów typu SISO, przeanalizowany zostanie przykład ilustracyjny.
  10. Metoda linearyzacji oparta na sprzężeniu zwrotnym dla systemu typu MIMO z ilustracyjnym przykładem.
  11. Opis metody linearyzacji opartej na dynamicznym sprzężeniu zwrotnym z warunkami koniecznymi i wystarczającymi.
  12. Dyskusja na temat praktycznych metod linearyzacji dla jednego systemu wejściowego wraz z ilustracyjnymi przykładami.
  13. Dyskusja na temat praktycznych metod linearyzacji dla systemów z wieloma wejściami z ilustrującymi przykładami.
  14. Problem stabilizacji wartości zadanej prędkości kątowej silnika prądu stałego wraz z pełnym opisem modelu nieliniowego z wykorzystaniem dynamiki zerowej i funkcji wyjściowej zależnej od prędkości kątowej. Obliczenie stopnia względnego zostanie przeprowadzone wraz z warunkami dotyczącymi asymptotycznej stabilności tego układu.
  15. Wyprowadzenie modelu robota z jednym ogniwem, napędzanego silnikiem prądu stałego z przekładnią i elastycznym złączem reprezentowanym przez sprężynę skrętną. Definicja funkcji wyjściowej, obliczenie względnego stopnia i zerowej dynamiki oraz linearyzacja układu.
- W ramach ćwiczeń (15 godzin) studenci mają za zadanie rozwiązać przykłady ilustrujące 15 opisanych powyżej wykładów. Rozważane przykłady to m.in. robot mobilny z napędem różnicowym, robot podobny do samochodu, manipulator z dwoma stopniami swobody, robot skaczący o dwóch stopniach swobody oraz robot dwunożny o odpowiednio trzech i pięciu stopniach swobody. Ze względu na skomplikowanie rozważanych przykładów, zaleca się ich rozwiązanie analityczne w pewnym stopniu, a później, gdy nie jest możliwe wykonanie ręcznych obliczeń, uczniowie muszą korzystać z oprogramowania wspomagającego obliczenia symboliczne, takiego jak Maple. Problemy te muszą być rozwiązywane przez uczniów w grupach składających się z dwóch lub maksymalnie trzech uczniów. Ta część dotyczy zajęć projektowych (15 godzin). Do rozwiązywania prostszych problemów o charakterze numerycznym zaleca się korzystanie z oprogramowania wspomagającego Maple i Simulink.

## Tematyka zajęć

brak

## Metody dydaktyczne

1. Wykłady: prezentacja multimedialna, prezentacja ilustrowana przykładami przedstawionymi na czarnej tablicy, rozwiązywanie zadań, prezentacja multimedialna
2. Laboratorium: rozwiązywanie zadań, ćwiczenia praktyczne, dyskusja, praca zespołowa, prezentacja multimedialna, konkursy lub studia przypadków

## Literatura

Podstawowa

1. Nonlinear Control Systems, A. Isidori, Springer-Verlag London, 1995
  2. Linearyzacja przez sprzężenie zwrotne w syntezy algorytmów regulacji dla obiektów termoeenergetycznych, W.Bolek, T. Wiśniewski, 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    | 4,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem  | 69     | 3,00 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu) | 31     | 1,00 |