



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Teoria sterowania [S1AiR2>TS]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Rok/Semestr

3/5

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratorium

15

Inne

0

Ćwiczenia

15

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

5,00

### Koordynatorzy

dr hab. inż. Dariusz Pazderski prof. PP  
dariusz.pazderski@put.poznan.pl

dr inż. Robert Bączyk  
robert.baczyk@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Wiedza: Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z przedmiotów takich jak Podstawy automatyki, Analiza matematyczna, Mechanika ogólna. Umiejętności: Powinien posiadać umiejętność rozwiązywania podstawowych problemów z zakresu objętego wymaganą wiedzą oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji. 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 wiedzy z teorii sterowania a w szczególności wiedzy związanej z dynamicznymi układami sterowania w celu merytorycznego przygotowania do zagadnień związanych z ich stabilnością oraz syntezą i analizą ich sterowania. 2. Rozwijanie u studentów umiejętności związanych z modelowaniem układów dynamicznych, przekształcaniem układów liniowych do postaci równoważnych, interpretacją i badaniem sterowalności i obserwowalności układów liniowych, badaniem stabilności typu wejście stan i wejście-wyjście, podstawową analizą stabilności według Lapunowa. Ponadto studenci będą posiadali umiejętności projektowania różnych obserwatorów szeroko stosowanych w technice oraz rozwiązywania wybranych zagadnień optymalizacji w sterowaniu.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie matematyki obejmującą algebrę, geometrię, analizę, probabilistykę oraz elementy matematyki dyskretnej i logiki, w tym metody matematyczne i metody numeryczne niezbędne do opisu i analizy własności liniowych i podstawowych nieliniowych systemów dynamicznych i statycznych, opisu i analizy wielkości zespolonych, - [K1\_W1]
2. opisu procesów losowych i wielkości niepewnych, opisu i analizy systemów logicznych kombinacyjnych i sekwencyjnych, opisu algorytmów sterowania i analizy stabilności systemów dynamicznych, opisu, analizy oraz metod przetwarzania sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości, numerycznej symulacji systemów dynamicznych w dziedzinie czasu ciągłego i czasu dyskretnego; - [K1\_W1]
3. ma uporządkowaną w zaawansowanym stopniu wiedzę w zakresie teorii liniowych systemów dynamicznych, w tym wybranych metod modelowania i teorii stabilności; zna i rozumie podstawowe własności liniowych elementów dynamicznych w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz własności wybranych elementów nieliniowych; zna i rozumie techniki projektowania liniowych układów sterowania korzystające z opisu w przestrzeni stanu - [K1\_W14]
4. orientuje się w aktualnym stanie oraz najnowszych trendach rozwojowych obszaru automatyki i robotyki; - [K1\_W21]

Umiejętności:

1. potrafi pozyskiwać informacje z literatury, dokumentacji technicznych oraz innych źródeł także w języku angielskim; - [K1\_U1]
2. potrafi sprawdzić stabilność liniowych oraz wybranych nieliniowych obiektów i układów dynamicznych; - [K1\_U12]
3. potrafi projektować proste układy sterowania dla procesów z jednym wejściem i jednym wyjściem; potrafi świadomie wykorzystywać standardowe bloki funkcjonalne systemów automatyki oraz kształtować własności dynamiczne torów pomiarowych; - [K1\_U29]

Kompetencje społeczne:

1. posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych, skrupulatnego zapoznania się z dokumentacją oraz warunkami środowiskowymi, w których urządzenia i ich elementy mogą funkcjonować; jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej i wymagania tego od innych, poszanowania różnorodności poglądów i kultur; - [K1\_K5]

## 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 i zajęć laboratoryjnych: na podstawie oceny bieżącego postępu rozwiązywanych zadań

Ocena podsumowująca:

- a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:
  - i. ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym z przedmiotu, który składa się z 10 zadań za które można uzyskać 20 punktów (po 2 punktów za zadanie).
  - ii. ocenę wiedzy i umiejętności na podstawie indywidualnego omówienia wyników ze pisemnego (dodatkowe pytania kontrolne),
- b) w zakresie ćwiczeń rachunkowych i zajęć laboratoryjnych weryfikowanie założonych efektów

kształcenia realizowane jest przez:

- i. ocenę przygotowania studenta do poszczególnych ćwiczeń audytoryjnych oraz ocenę umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych,
- ii. ocenianie ciągle, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) - premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami,
- iii. ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją efektów kształcenia poprzez jedno pisemne kolokwium.

Uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za:

- i. omówienia dodatkowych aspektów zagadnienia,
- ii. efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanych problemów, iii. uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych,
- iv. wskazywanie trudności percepcyjnych studentów umożliwiające bieżące doskonalenie procesu dydaktycznego.

## Treści programowe

Klasyfikacja układów dynamicznych, modelowanie podstawowych układów dynamicznych w przestrzeni stanu, układy liniowe i ich postaci normalne, przekształcenia stanu i wejścia, formy równoważne, rozwiązanie równania stanu, wybrane właściwości układów liniowych, sterowalność/obserwowalność, stabilność układów, funkcja Lapunowa, obserwatory deterministyczne i stochastyczne, sprzężenie od stanu i od wyjścia, wybrane metody sterowania, elementy sterowania optymalnego.

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Układy dynamiczne i opis układów w przestrzeni stanu.
  - a) definicja układu dynamicznego
  - b) klasy układów dynamicznych
  - c) typowe formy opisu układów w czasie ciągłym
  - d) opis w przestrzeni dyskretniej
  - e) układy liniowe LTI i LTV
  - f) związek z pomiędzy opisem w przestrzeni stanu a transmitancją operatorową
  - g) przykładowe modele
2. Przekształcenia stanu i wejścia. Układy równoważne.
  - a) pojęcia podstawowe
  - b) przekształcenia liniowe i formy normalne
  - c) przekształcenie do postaci normalnej sterowalnej i obserwowalnej
  - d) przekształcenie do postaci modalnej (diagonalnej i postaci Jordana, rzeczywistej postaci Jordana)
  - e) dekompozycja Kalmana i reprezentacja minimalna
3. Wybrane właściwości układów liniowych
  - a) rozwiązanie równania stanu i własności macierzy tranzycji
  - b) pojęcie sterowalności i obserwowalności
  - c) wyprowadzenie warunków Kalmana
4. Wybrane zagadnienia z zakresu stabilności
  - a) stabilność BIBO (typu ograniczone wejście ograniczone wyjście), BIBS (typu ograniczone wejście ograniczony stan)
  - b) stabilność według Lapunowa
  - c) definicja funkcji Lapunowa dodatnio, ujemnie, pół-dodatnio pół-ujemnie określonej wraz z przykładami dla układów liniowych oraz nieliniowych
  - d) kryteria stabilności dla układów LTI
  - e) klasy trajektorii rozwiązania układu swobodnego LTI
5. Obserwatory dla układów liniowych
  - a) wyprowadzenie obserwatora Luenbergera i podanie warunku stosowalności
  - b) obserwator pełny i zredukowany
  - c) filtr Kalmana jako przypadek obserwatora stochastycznego
  - d) interpretacja równań filtru Kalmana
6. Korekcja dynamiczna i projektowanie liniowych układów regulacji
  - a) sprzężenie od stanu i sprzężenie od wyjścia
  - b) warunek stabilizowalności
  - c) definicja odsprężania typu wejście-wyjście

- d) konstrukcja algorytmu odsprężania dla układu liniowego
- e) algorytm sterowania wykorzystujący rozszerzenie dynamiczne
- f) algorytm sterowania ze sprzężeniem wyprzedzającym
- g) zastosowanie obserwatora i zasada separacji
- 7. Elementy sterowania optymalnego
  - a) definicja sterowania optymalnego i syntezy regulatora optymalnego
  - b) zasada maksimum Pontriagina
  - c) opis metody programowania dynamicznego dla układów dyskretnych
  - d) synteza optymalnego regulatora liniowo-kwadratowego

Ćwiczenia audytoryjne oraz ćwiczenia laboratoryjne prowadzone są w formie siedmiu 2-godzinnych zajęć każde. Na ćwiczeniach audytoryjnych studenci rozwiązują rachunkowe zadania obejmujące treści przekazywane na wykładzie. Szczegółowo rozpatruje się zagadnienie modelowania układów, przekształcania dynamiki do postaci normalnych, badania stabilności, sterowalności i obserwowalności, projektowania sprzężenia od stanu i obserwatorów liniowych. W ramach laboratorium realizowane są ćwiczenia numeryczne i symulacyjne, które są uzupełniające względem treści rozważanych na ćwiczeniach, przede wszystkim w uwagi na możliwość rozpatrywania bardziej złożonych przypadków.

## Metody dydaktyczne

1. Wykład: prezentacja tradycyjna na tablicy ilustrowana przykładami.
2. Ćwiczenia audytoryjne: rozwiązywanie zadań, studium przypadków.
3. Ćwiczenia laboratoryjne: praca przy komputerze w środowisku numerycznym/symulacyjnym (typu Matlab/Simulink, Python, itd.).

## Literatura

Podstawowa:

1. T. Kaczorek, Teoria układów regulacji automatycznej, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, 1974
2. P. De Larminat, Yves Thomas, Automatyka - układy liniowe, tom 2, Sterowanie, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, 1983
3. P. De Larminat, Yves Thomas, Automatyka - układy liniowe, tom 3, Sterowanie, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, 1983
4. Jean-Jacques E. Slotine, Weiping Li, Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1995
5. R. C. Dorf, R. H. Bishop, Modern Control Systems, tenth edition, Pearson Educational International, Prentice Hall, 2005

Uzupełniająca:

1. A. Isidori, Nonlinear Control Systems, Springer Verlag, 1995

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

|                                                                                                                                                      | Godzin | ECTS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| Łączny nakład pracy                                                                                                                                  | 125    | 5,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem                                                                                            | 62     | 2,50 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu) | 63     | 2,50 |