

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Teoria sterowania**

Nazwa w języku angielskim: **Control theory**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Robotyka i Automatyzacja Procesów**

Specjalność (jeśli dotyczy):

Poziom i forma studiów: **II stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **RAE001031**

Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15	15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60	30	30		
Forma zaliczenia	Egzamin	Zaliczenie na ocenę	Zaliczenie na ocenę		
Grupa kursów					
Liczba punktów ECTS	2	1	1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1	1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1.2	0.7	0.7		

### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Zna pojęcia stosowane w automatyce, a także rodzaje układów sterowania oraz opis i charakterystyki elementów i układów automatyki. Ma podstawową wiedzę o układach automatycznej regulacji oraz dotyczących ich wymaganiach
2. Potrafi przeanalizować proste układy sterowania automatycznego oraz sporządzać i przekształcać schematy blokowe układów automatyki
3. Umiejętność pracy samodzielnej

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Umiejętność analizy stabilności liniowych i nieliniowych układów sterowania
- C2. Umiejętność projektowania algorytmów sterowania dla różnych modeli obiektów
- C3. Umiejętność rozwiązywania liniowo-kwadratowych problemów sterowania
- C4. Umiejętność formułowania i rozwiązywania zadań sterowania optymalnego

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### **I. Z zakresu wiedzy:**

PEK\_W01 - Zdobywa wiedzę dotyczącą teorii projektowania algorytmów sterowania w systemie otwartym i zamkniętym

PEK\_W02 - Zdobywa wiedzę dotyczącą teorii projektowania optymalnych algorytmów sterowania

PEK\_W03 - Zdobywa wiedzę dotyczącą projektowania algorytmów sterowania obiektami probabilistycznymi

### **II. Z zakresu umiejętności:**

PEK\_U01 - Potrafi analizować stabilności liniowych i nieliniowych układów sterowania

PEK\_U02 - Potrafi projektować algorytmy sterowania obiektami statycznymi i dynamicznymi

PEK\_U03 - Potrafi rozwiązywać liniowo-kwadratowe problemy sterowania

### **III. Z zakresu kompetencji społecznych:**

PEK\_K01 - Potrafi działać samodzielnie opracowując złożone projekty inżynierskie

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – Wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie. Klasyfikacja systemów sterowania.	2
Wy2	Modele systemów sterowania.	2
Wy3	Sterowanie ze względu na stan. Sterowalność.	2
Wy4	Sterowanie w systemie zamkniętym z pomiarem wyjścia. Obserwowalność.	2
Wy5	Sterowanie optymalne - problem deterministyczny.	2
Wy6	Programowanie dynamiczne. Równanie Bellmana.	2
Wy7	Zasada maksimum Pontriagina. Sterowanie czasowo-optymalne.	2
Wy8	Sterowanie obiektami z modelami relacyjnymi.	2
Wy9	Sterowanie optymalne z zastosowaniem probabilistycznych opisów niepewności. Metoda największej wiarygodności.	2
Wy10	Sterowanie optymalne z zastosowaniem probabilistycznych opisów niepewności. Metoda minimalnego ryzyka.	2
Wy11	Analiza i synteza układów regulacji przy przypadkowych zakłóceniach stacjonarnych.	2
Wy12	Stabilność systemów sterowania.	2

Wy13	Sterowanie ekstremalne.	2
Wy14	Sterowanie adaptacyjne.	2
Wy15	Sztuczna inteligencja i reprezentacja wiedzy w systemach sterowania	2
		Suma: 30
Forma zajęć – Ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Transformaty sygnałów ciągłych i dyskretnych.	3
Ćw2	Wyznaczanie odpowiedzi układów ciągłych i impulsowych	2
Ćw3	Stabilność układów ciągłych i impulsowych.	2
Ćw4	Wyznaczanie sterowania układów impulsowych ze względu na stan docelowy.	2
Ćw5	Wyznaczanie sterowania optymalnego dla układów probabilistycznych.	2
Ćw6	Wyznaczanie sterowania optymalnego dla układów deterministycznych.	2
Ćw7	Kolokwium zaliczeniowe.	2
		Suma: 15
Forma zajęć – Laboratorium		Liczba godzin
Lab1	Wprowadzenie.	1
Lab2	Sterowanie przy zadanym stanie w układzie otwartym.	2
Lab3	Sterowanie przy zadanym stanie w układzie zamkniętym.	2
Lab4	Obserwatory stanu.	2
Lab5	Sterowanie obiektem dynamicznym w układzie zamkniętym z zadanym stanem końcowym z pomiarem wyjścia.	3
Lab6	Sterowanie czasowo-optymalne z ograniczonym sygnałem sterującym.	3
Lab7	Zajęcia dodatkowe (odrębne).	2
		Suma: 15

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. prezentacja multimedialna  
N2. przygotowanie sprawozdania  
N3. ćwiczenia rachunkowe  
N4. ćwiczenia problemowe

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
--	--------------------------	---

F1	PEK_W01,PEK_W02,PEK_W03	EGZAMIN
P = F1		

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Ćwiczenia)		
Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	AKTYWNOŚĆ NA ZAJĘCIACH, KOŁOKWIUM ZALICZENIOWE
P = F1		

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Laboratorium)		
Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03,	AKTYWNOŚĆ NA ZAJĘCIACH,
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03	SPRAWOZDANIA
$P = 0.3F1 + 0.7F2$		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA</u></p> <p>[1] Bubnicki Z., Teoria i algorytmy sterowania, PWN, Warszawa 2002.[2] Kaczorek T., Teoria układów regulacji automatycznej, WNT, Warszawa 1977.[3] Kaczorek T., Teoria sterowania, T.1. Układy liniowe ciągłe i dyskretne, PWN, Warszawa 1977.[4] Kaczorek T., Teoria sterowania, T.2. Układy nieliniowe, procesy stochastyczne. oraz optymalizacja statyczna i dynamiczna, PWN, Warszawa 1981.[5] Kaczorek T., Teoria sterowania i systemów. wyd.2 popr., PWN, Warszawa 1996.</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA</u></p> <p>[1] Philippe de Larminat, Yves Thomas., Automatyka-układy liniowe. T. I, II, III.[2] Zbiór zadań i problemów z teorii sterowania. pod red. Zdzisława Bubnickiego, Oficyna Wyd. PWr, Wrocław 1979</p>

OPIEKUN PRZEDMIOTU

dr hab. inż. Mirosław Łukowicz tel.: 3202153 email: [mirosław.lukowicz@pwr.edu.pl](mailto:mirosław.lukowicz@pwr.edu.pl)

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Teoria sterowania**

Name in English: **Control theory**

Main field of study (if applicable): **Robotics and Process Automation**

Specialization (if applicable):

Level and form of studies: **II level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **RAE001031**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	15	15		
Number of hours of total student workload (CNPS)	60	30	30		
Form of crediting	Examination	Crediting with grade	Crediting with grade		
Group of courses					
Number of ECTS points	2	1	1		
including number of ECTS points for practical (P) classes		1	1		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.2	0.7	0.7		

### PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. Student should know notations used in control system theory, to know types of control systems and characteristics of control system elements. Student should have the basic knowledge of control systems.
2. Student should know how to analyze simple control systems and arrange and rearrange block diagrams of control systems.
3. Student should have ability to work individually.

## SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Skill in stability analysis of linear and nonlinear control systems.
- C2. Skill in designing of control algorithms for models of various type control plants.
- C3. Skill in solving linear-quadratic problems.
- C4. Skill in formulating and solving optimal control problems.

## SUBJECT LEARNING OUTCOMES

### I. Relating to knowledge:

PEK\_W01 - A student gets the knowledge of feedforward and feedback control systems design.

PEK\_W02 - A student gets the knowledge of optimal control systems design.

PEK\_W03 - A student gets the knowledge of probabilistic plant control systems design.

### II. Relating to skills:

PEK\_U01 - A student can analyze stability of linear and non-linear control systems.

PEK\_U02 - A student can design control algorithms for static and dynamic plants.

PEK\_U03 - A student can find a solution for linear-quadratic optimal control problem.

### III. Relating to social competences:

PEK\_K01 - A student can act independently working on a complex engineering project.

## PROGRAM CONTENT

Form of classes – Lecture		Number of hours
Lec1	An introduction. Classification of control systems.	2
Lec2	Open-loop control system design methods. Feedback control system design methods.	2
Lec3	State controllability.	2
Lec4	Feedback control system design methods. Observability.	2
Lec5	Deterministic optimal control.	2
Lec6	Dynamic programming. Bellman's equation.	2
Lec7	Pontryagin's maximum principle. Time-optimal control.	2
Lec8	Control system design based on relative models.	2
Lec9	Optimal control based on probabilistic models. Maximum likelihood method.	2
Lec10	Design of linear control systems operating under stationary random noise. Minimal risk method.	2
Lec11	Design of linear control systems operating under stationary random noise.	2
Lec12	Stability.	2

Lec13	Extremal control.	2
Lec14	Adaptive control.	2
Lec15	Artificial intelligence and knowledge representation in control systems.	2
		Total hours: 30
Form of classes – Classes		Number of hours
CI1	Transforms of continuous and discrete signals.	3
CI2	Response evaluation of continuous and discrete systems.	2
CI3	Stability of continuous and discrete systems.	2
CI4	Evaluation of discrete systems with respect to goal state.	2
CI5	Evaluation of optimal control for probabilistic systems.	2
CI6	Evaluation of optimal control for deterministic systems.	2
CI7	Final test.	2
		Total hours: 15
Form of classes – Laboratory		Number of hours
Lab1	Introduction.	1
Lab2	Open-loop control system design methods.	2
Lab3	Feedback control system design methods.	2
Lab4	State observers.	2
Lab5	Feedback control systems based on state observers.	3
Lab6	Time-optimal control with limited magnitude of control signal.	3
Lab7	Complementary classes.	2
		Total hours: 15

TEACHING TOOLS USED	
N1. multimedia presentation N2. report preparation N3. calculation exercises N4. problem exercises	



EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_W01,PEK_W02,PEK_W03	final exam,
P = F1		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Classes)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03	activity, final test,
P = F1		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Laboratory)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03,	ACTIVITY
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03	REPORTS
P = 0.3F1+0.7F2		

## PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

### PRIMARY LITERATURE

[1] Bubnicki Z., Teoria i algorytmy sterowania, PWN, Warszawa 2002.[2] Kaczorek T., Teoria układów regulacji automatycznej, WNT, Warszawa 1977.[3] Kaczorek T., Teoria sterowania, T.1. Układy liniowe ciągłe i dyskretne, PWN, Warszawa 1977.[4] Kaczorek T., Teoria sterowania, T.2. Układy nieliniowe, procesy stochastyczne. oraz optymalizacja statyczna i dynamiczna, PWN, Warszawa 1981.[5] Kaczorek T., Teoria sterowania i systemów. wyd.2 popr., PWN, Warszawa 1996.

### SECONDARY LITERATURE

[1] Philippe de Larminat, Yves Thomas., Automatyka-układy liniowe. T. I, II, III.[2] Zbiór zadań i problemów z teorii sterowania. pod red. Zdzisława Bubnickiego, Oficyna Wyd. PWr, Wrocław 1979

## SUBJECT SUPERVISOR

dr hab. inż. Mirosław Łukowicz tel.: 3202153 email: mirosław.lukowicz@pwr.edu.pl