



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Projektowanie układów regulacji

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

---

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

3/5

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obieralny

### Liczba godzin

Wykład

15

Ćwiczenia

0

Laboratoria

30

Projekty/seminaria

0

Inne (np. online)

0

### Liczba punktów ECTS

3

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Maciej Marcin Michalek, prof. PP

email: maciej.michalek@put.poznan.pl

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr inż. Wojciech Adamski

email: wojciech.adamski@put.poznan.pl

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu analizy i implementacji (w środowisku Matlab-Simulink) układów regulacji automatycznej dla systemów SISO w kontekście podstawowych zadań sterowania, posiadać wiedzę na temat budowy i własności regulatorów oraz filtrów liniowych, posiadać umiejętność wykorzystania transformat Laplace'a i Laurent'a, umiejętność opisu dynamiki systemów w przestrzeni stanu i w postaci wejściowo-wyjściowej; powinien znać i umieć stosować podstawowe metody analizy stabilności dla liniowych układów dynamicznych, znać podstawowe cele sterowania oraz kryteria oceny jakości sterowania ze sprzężeniem zwrotnym, umieć aproksymować układy nieliniowe w otoczeniu punktu pracy, umieć implementować i testować schematy blokowe układów dynamicznych w środowisku Matlab-Simulink. Ponadto student powinien umieć ko-



rzystać z podstawowych technik informacyjno-komunikacyjnych, umieć pozyskiwać informacje ze wskazanych źródeł, a także powinien wykazywać gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

Systematyzacja i poszerzenie zagadnień związanych z projektowaniem struktur układów sterowania oraz zagadnień związanych z doбором parameterów projektowych bloków funkcjonalnych obwodów regulacyjnych dla systemów dynamicznych liniowych i nieliniowych w kontekście różnych rodzajów zadań sterowania definiowanych w warunkach praktycznych; przedstawienie fundamentalnych ograniczeń dotyczących problemu projektowania układów regulacji; wprowadzenie wybranych metod projektowych dla wybranych zadań sterowania i omówienie warunków ich stosowalności; wypracowanie umiejętności świadomego i konstruktywnego wykorzystania poznanych metod projektowych do różnych zadań sterowania oraz oceny jakości pracy powstałych systemów sterowania.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. Systematyzacja i pogłębiona wiedza w zakresie projektowania struktury i bloków funkcjonalnych układów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym i wyprzedzającym dla różnych rodzajów zadań sterowania i w kontekście różnych kryteriów jakościowych definiowanych z uwzględnieniem praktycznych warunków pracy takich układów. [K1\_W1],[K1\_W14],[K1\_W17]
2. Znajomość fundamentalnych ograniczeń dotyczących projektowania układów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym i ich konsekwencji dla uzyskiwanej jakości sterowania. [K1\_W12],[K1\_W14]
3. Rozszerzona wiedza na temat wybranych technik wykorzystania modeli obiektów do celów projektowania bloków funkcjonalnych układów sterowania oraz rozszerzona wiedza na temat sposobów implementacji podstawowych bloków funkcjonalnych układów regulacji. [K1\_W1],[K1\_W17]
4. Znajomość praktycznych technik modyfikacji własności regulacyjnych i możliwości funkcjonalnych obwodów sterowania metodą 'add-on'. [K1\_W17],[K1\_W19]

#### Umiejętności

1. Rozróżnianie typów zadań sterowania stawianych w praktycznych układach regulacji na podstawie postawionego problemu oraz umiejętność określenia i krytycznej oceny wymagań jakościowych dla tych zadań. [K1\_U24]
2. Dobór/wyprowadzanie struktury układu regulacji i jego bloków funkcjonalnych dla postawionego problemu sterowania i dla zadanego typu dynamiki obiektu. Ocena trudności praktycznej realizacji oraz fundamentalnych ograniczeń zaprojektowanego układu oraz świadomy wybór rozwiązań kompromisowych. [K1\_U22],[K1\_U24],[K1\_U29]
3. Implementacja zaprojektowanego układu sterowania w układzie szybkiego prototypowania i ocena uzyskanej jakości sterowania na podstawie wybranych kryteriów jakościowych. [K1\_U9],[K1\_U24]

#### Kompetencje społeczne

1. Umiejętność pracy w zespole oraz świadomość pozatechnicznych skutków podejmowanych decyzji projektowych w obszarze automatycznych układów regulacji. [K1\_K2],[K1\_K3]
2. Świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych i krytycznej oceny dokonywanych wyborów projektowych. [K1\_K5],[K1\_K1]



## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

A) W zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest poprzez ocenę wiedzy studentów podczas pisemnego zaliczenia końcowego w formie testu wyboru. Test zawiera 20-30 pytań, każde z czterema odpowiedziami (A, B, C, D), z których zawsze dwa są poprawne i dwa fałszywe. Wybór dwóch poprawnych odpowiedzi daje 1 punkt za dane pytanie; wybór jednej odpowiedzi poprawnej i jednej fałszywej daje 0 punktów za dane pytanie; wybór jednej odpowiedzi poprawnej i brak drugiej odpowiedzi skutkuje przyznaniem 0,5 punktu za dane pytanie (pozostałe wybory dają 0 punktów za dane pytanie). Ocena dostateczna z testu wymaga zdobycia ponad połowy maksymalnej liczby punktów. Wynik testu determinuje ocenę OT, która wraz z oceną z laboratorium OL pozwala na wyznaczenie oceny końcowej OK zgodnie ze wzorem:  $OK = OT \cdot 0,7 + OL \cdot 0,3$  (zaokrąglanej do stosownej skali ocen przewidzianej regulaminem studiów).  $OK < 3,0$  skutkuje oceną niedostateczną.

B) W zakresie zajęć laboratoryjnych weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest poprzez bieżącą ocenę postępów w nauce, a także przez końcową ocenę jakości działania zaprojektowanego układu sterowania, ocenę pisemnego raportu z realizacji postawionego zadania, a także ocenę odpowiedzi na pytania merytoryczne związane z wykonanym zadaniem.

## Treści programowe

Program przedmiotu obejmuje następujące zagadnienia:

- klasyfikacja zadań i celów sterowania stawianych układom regulacji w warunkach praktycznych, ich cechy i przykłady praktyczne (stabilizacja / regulacja stałowartościowa, regulacja nadążna, śledzenie trajektorii programowej, ekstremalizacja),
- kryteria jakości sterowania w kontekście praktycznych problemów sterowania; sposoby porównywania jakości działania układów regulacji; stabilność a odporność i jakość sterowania; miary odporności układu regulacji,
- analiza technicznych i pozatechnicznych skutków niewłaściwego doboru struktury i parametrów układu sterowania,
- projektowanie/dobór struktury układu regulacji oraz jego bloków funkcjonalnych na podstawie postawionego zadania sterowania i własności obiektu sterowania (układy sterowania kaskadowego, sprzężenie wyprzedzające od zakłócenia i od sygnału zadanego, filtry wstępne, filtry pomiarowe i wyjściowe, estymatory sygnałów niemierzalnych, korektor efektu 'windup', blok D regulatora vs. sprzężenie tachometryczne); krytyczna ocena możliwych skutków podjętych decyzji projektowych,
- obiekty trudne w sterowaniu (z opóźnieniem czasowym, z zerami w RHP, niestabilne z zerami w RHP, z wieloma modami słabo tłumionymi, o dynamice wysokiego rzędu, silnie nieliniowe) i sposoby podejścia do projektowania układów sterowania dla takich obiektów,
- fundamentalne ograniczenia związane z projektowaniem układów regulacji (funkcja wrażliwości i komplementarna funkcja wrażliwości, całka Bodego i efekt 'waterbed', skuteczność sprzężenia wyprzedzającego w obecności niepewności modelu, ograniczenia projektowe związane z jakością sterowania w obecności szumów pomiarowych w sprzężeniu zwrotnym, praktyczne skutki ograniczenia sygnału sterującego),
- wybrane techniki i metody projektowania oraz parametrycznej syntezy układów regulacji (świadomy dobór bloków funkcjonalnych regulatorów liniowych, metoda połówkowa redukcji modeli, metoda



IMC / SIMC, projektowanie układów regulacji dla obiektów z opóźnieniem, regulator 2DOF w strukturze R-S-T, metoda lokowania biegunów i redukcji wpływu zer transmitancji układu zamkniętego, projektowanie sprzężenia wyprzedzającego pełnego i częściowego),

- zasady projektowania i implementacji generatorów sygnałów referencyjnych,
- podstawowe zasady projektowania i implementacji regulatorów dyskretnych dla ciągłych obiektów sterowania,
- wybrane zagadnienia estymacji / rekonstrukcji niemierzalnych sygnałów w układzie sterowania,
- przykłady rozwiązywania zadań projektowych w obszarze układów regulacji automatycznej.

### Metody dydaktyczne

A) Wykłady: prezentacje multimedialne (slajdy) dodatkowo ilustrowane wyprowadzeniami i/lub przykładami podawanymi i analizowanymi na tablicy.

B) Ćwiczenia laboratoryjne: realizacja zadań programistyczno-symulacyjnych i zadań szybkiego prototypowania przez (2-4)-osobowe zespoły studenckie w tematyce podanej przez prowadzącego (ćwiczenia praktyczne).

### Literatura

#### Podstawowa

- [1] Control system design, G. C. Goodwin, S. F. Graebe, M. E. Salgado, Prentice Hall, 2001
- [2] Advanced PID control, K. J. Astrom, T. Hagglund, ISA, 2006
- [3] Feedback control. Linear, nonlinear and robust techniques and design with industrial applications, S. J. Dodds, Springer, 2015

#### Uzupełniająca

- [4] Multivariable control design. Analysis and design, S. Skogestad, I. Postlethwaite, Wiley, 2005
- [5] Computer-controlled systems. K. J. Astrom, B. Wittenmark, Prentice Hall, 1997

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
łączy nakład pracy	96	3
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	48	1,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych, testowanie programów poza zajęciami, przygotowanie raportu końcowego z ćwiczeń laboratoryjnych, przygotowanie do zaliczenia laboratorium, przygotowanie do zaliczenia wykładu i udział w teście zaliczeniowym) <sup>1</sup>	48	1,5

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