**Nazwa przedmiotu:**

Sterowanie procesami

**Koordynator przedmiotu:**

Maciej Ławryńczuk, Piotr Marusak

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Automatyka i Robotyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

STP

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

- udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.
- udział w ćwiczeniach: 15 x 1 godz. = 15 godz.
- udział w konsultacjach: 4 godz.
- wykonywanie projektów (15 godz. na każdy projekt, łącznie z opracowaniem sprawozdania i krótką prezentacją uzyskanych wyników): 30 godz.
- przygotowanie do bieżących zajęć (wykładów i ćwiczeń): 10 godz.
- przygotowanie do kolokwiów ( w tym rozwiązywanie typowych zadań): 15 godz.
Łączny nakład pracy studenta: 104 godz., co odpowiada 4 ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

30 (wykład) + 15 (ćwiczenia) + 15 (konsultacje) + 20 (przyjmowanie projektów)=80, co odpowiada 3 ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

30 godz., co odpowiada 1 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 15h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy automatyki

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest przedstawienie podstawowych oraz bardziej zaawansowanych struktur i algorytmów sterowania ciągłymi obiektami dynamicznymi o jednym wejściu i jednym wyjściu (SISO – ang. Single Input Single Output), w tym procesami przemysłowymi. Rozważa się algorytmy regulacji z czasem ciągłym, ich dyskretne (cyfrowe) realizacje oraz algorytmy projektowane z czasem dyskretnym. Omawiane są: metoda sprzężenia od stanu, algorytmy i struktury regulacji PID, algorytmy regulacji predykcyjnej DMC (ang. Dynamic Matrix Control) i GPC (ang. Generalized Predictive Control), algorytmy regulacji rozmytej (rozmyty algorytm PID, rozmyty algorytm ze sprzężeniem od stanu, rozmyty algorytm regulacji predykcyjnej), warstwowa struktura sterowania przemysłowego z nadrzędną warstwą optymalizacji ekonomicznej. Ilustrację wykładu stanowią liczne przykłady przedstawiane w trakcie zajęć. Do syntezy układów regulacji wykorzystuje się pakiet Matlab/Simulink.

**Treści kształcenia:**

1. Wstęp: Procesy dynamiczne jako obiekty sterowania, klasy modeli procesów dynamicznych (liniowe/nieliniowe, równania stanu/transmitancje), przegląd metod projektowania układów regulacji. Przykłady wykorzystania algorytmów regulacji: sterowanie satelity telekomunikacyjnego, sterowanie samolotu o pionowym starcie (VTOL - ang. Vertical Take-off and Landing), sterowanie pojazdu marsjańskiego, sterowanie kolumny destylacyjnej. Prezentacja pakietu Matlab/Simulink: modelowanie procesów, synteza i symulacji układów sterowania. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
2. Metody przestrzeni stanów: Modele ciągłych procesów dynamicznych w przestrzeni stanów i w postaci transmitancji, sterowalność i obserwowalność, przechodzenie od modelu w przestrzeni stanów do transmitancji (i odwrotnie), wybór zmiennych stanu - modelowanie. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
3. Przesuwanie biegunów za pomocą sprzężenia od stanu: projektowanie układu regulacji metodą przesuwania biegunów układu zamkniętego, dobór biegunów układu zamkniętego, wielokryterialna ocena jakości regulacji, niezerowe punkty pracy. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 2 jd)
4. Estymacja wartości niedostępnych pomiarowo zmiennych stanu: Projektowanie obserwatorów pełnego i zredukowanego rzędu, dobór biegunów obserwatora, zasada separowalności, wymuszanie zerowego uchybu ustalonego (układy regulacji z całkowaniem). (wykład: 3 jd, ćwiczenia: 1 jd)
5. Dyskretne (cyfrowe) układy regulacji: Pośrednie (emulacja) oraz bezpośrednie metody projektowania dyskretnych algorytmów regulacji, cyfrowe realizacje algorytmu PID, transmitancja dyskretna, modele ARX, symulacja dyskretnych algorytmów regulacji. (wykład: 3 jd, ćwiczenia: 2 jd)
6. Opis procesu dyskretnego w przestrzeni stanów: sterowalność i obserwowalność procesów dyskretnych, przechodzenie od modelu dyskretnego w przestrzeni stanów do transmitancji dyskretnej (i odwrotnie), wybór zmiennych stanu - modelowanie, przechodzenie od ciągłych równań stanu do dyskretnych. ( wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
7. Projektowanie dyskretnych układów regulacji metodą sprzężenia od stanu: dyskretne obserwatory stanu pełnego i zredukowanego rzędu. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
8. Regulacja PID: wielokryterialna ocena jakości regulacji (konflikt między dokładnością i odpornością), uwzględnianie ograniczeń sygnału sterującego w algorytmie PID, kompensacja wpływu mierzonych zakłóceń w regulacji PID (układy otwarto-zamknięte), regulacja kaskadowa. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
9. Regulacja predykcyjna: zasada regulacji predykcyjnej, klasy algorytmów regulacji predykcyjnej, model odpowiedzi skokowych, związek między transmitancją a modelem odpowiedzi skokowej, algorytm DMC w wersji analitycznej bez ograniczeń, strojenie algorytmu DMC. ( wykład: 3 jd, ćwiczenia: 1 jd)
10. Uwzględnianie ograniczeń w analitycznej wersji algorytmu DMC, wersja numeryczna (z ograniczeniami) algorytmu DMC. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
11. Algorytm GPC w wersji analitycznej i numerycznej. (wykład: 2 jd, ćwiczenia: 1 jd)
12. Nieliniowa regulacja rozmyta: systemy rozmyte typu Takagi-Sugeno, rozmyty algorytm regulacji PID, rozmyty algorytm regulacji ze sprzężeniem od stanu, rozmyty algorytm regulacji predykcyjnej DMC, rozmyty algorytm regulacji predykcyjnej GPC. (wykład: 4 jd, ćwiczenia: 2 jd)
13. Warstwowa struktura sterowania przemysłowego z nadrzędną warstwą optymalizacji ekonomicznej. (wykład: 2 jd)

**Metody oceny:**

W trakcie semestru przeprowadzane są 2 kolokwia, każde oceniane w skali 0-30 pkt. Studenci mają możliwość wykonania dwóch projektów ocenianych w skali 0-30 pkt. Do zaliczenia przedmiotu należy uzyskać co najmniej 50 pkt. (łącznie).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Maciej Ławryńczuk: Sterowanie Procesów, preskrypt, 2010.
Lektury uzupełniające
1. R. C. Dorf, R. H. Bishop: Modern control systems. Addison-Wesley, 1995.
2. G. F. Franklin, J. D. Powell, A. Emami-Naeini: Feedback control of dynamic systems. Addison Wesley, 1994.
3. T. Kaczorek: Teoria układów regulacji automatycznej. WNT, Warszawa 1977.
4. P. Tatjewski: Zaawansowane sterowanie obiektów przemysłowych, struktury i algorytmy. EXIT, Warszawa 2002.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka STP\_W01:**

Znajomość najważniejszych klas modeli dynamicznych: modele liniowe i nieliniowe, modele z czasem ciągłym i dyskretne, modele w przestrzeni stanu i modele transmitancyjne, znajomość metod konwersji najważniejszych klas modeli.

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka STP\_W02:**

Znajomość podstawowych metod syntezy układów regulacji (zarówno procesów ciągłych jak i dyskretnych): regulator PID i jego modyfikacje, regulator ze sprzężeniem od stanu, znajomość metod projektowania obserwatorów stanu pełnego i zredukowanego rzędu.

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka STP\_W03:**

Znajomość zaawansowanych metod syntezy układów regulacji (procesów dyskretnych): algorytmy regulacji predykcyjnej DMC i GPC, algorytmy regulacji rozmytej (rozmyty algorytm PID, rozmyty algorytm ze sprzężeniem od stanu, rozmyte algorytmy regulacji predykcyjnej).

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W13, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka STP\_W04:**

Znajomość metod wielokryterialnej oceny jakości regulacji układu regulacji.

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka STP\_W05:**

Znajomość programów komputerowych służących do projektowania i symulacji algorytmów regulacji (np. Matlab/Simulink).

Weryfikacja:

projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W13, K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka STP\_U01:**

Umiejętność konwersji najważniejszych klas modeli dynamicznych (przejście od modelu w przestrzeni stanu do modelu transmitancyjnego i odwrotnie, dyskretyzacja modeli ciągłych).

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o, III.P6S\_UW.4.o

**Charakterystyka STP\_U02:**

Umiejętność zaprojektowania podstawowych układów regulacji (zarówno procesów ciągłych jak i dyskretnych): regulator PID i jego modyfikacje, regulator ze sprzężeniem od stanu, umiejętność zaprojektowania obserwatorów stanu pełnego i zredukowanego rzędu.

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U18, K\_U19, K\_U25, K\_U11, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o, III.P6S\_UW.4.o, I.P6S\_UW

**Charakterystyka STP\_U03:**

Umiejętność zaprojektowania zaawansowanych układów regulacji (procesów dyskretnych): algorytmy regulacji predykcyjnej DMC i GPC, algorytmy regulacji rozmytej (rozmyty algorytm PID, rozmyty algorytm ze sprzężeniem od stanu, rozmyte algorytmy regulacji predykcyjnej).

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U18, K\_U19, K\_U25, K\_U11, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.4.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o

**Charakterystyka STP\_U04:**

Umiejętność wielokryterialnej oceny jakości regulacji układu regulacji.

Weryfikacja:

kolokwia, projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o, III.P6S\_UW.4.o

**Charakterystyka STP\_U05:**

Umiejętność posługiwania się programami komputerowymi służącymi do projektowania i symulacji algorytmów regulacji (np. Matlab/Simulink), umiejętność napisania własnych programów do symulacji dyskretnych algorytmów regulacji.

Weryfikacja:

projekty

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U18, K\_U19, K\_U11, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o, III.P6S\_UW.4.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o