

<b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>		
Nazwa modułu/przedmiotu <b>Sterowanie robotów manipulacyjnych</b>		Kod <b>1010535121010554237</b>
Kierunek studiów <b>Automatyka i robotyka</b>	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) <b>ogólnoakademicki</b>	Rok / Semestr <b>1 / 2</b>
Ścieżka obieralności/specjalność <b>Systemy automatyki i robotyki</b>	Przedmiot oferowany w języku: <b>polski</b>	Kurs (obligatoryjny/obieralny) <b>obligatoryjny</b>
Stopień studiów: <b>II stopień</b>	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) <b>niestacjonarna</b>	
Godziny Wykłady: <b>12</b> Ćwiczenia: - Laboratoria: <b>12</b> Projekty/seminaria: -		Liczba punktów <b>2</b>
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) (ogólnouczelniany, z innego kierunku) <b>kierunkowy z danego kierunku</b>		
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki		Podział ECTS (liczba i %)
<b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:    Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b>		
dr. inż. Piotr Dutkiewicz email: Piotr.Dutkiewicz@put.poznan.pl tel. 61 6652368 Wydział Informatyki ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań		dr inż. Marcin Kielczewski email: marcin.kielczewski@put.poznan.pl tel. 61 6652848 Wydział Informatyki ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań
<b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>		
1	<b>Wiedza:</b>	Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z podstaw robotyki (kinematyka manipulatora, kinematyka różniczkowa manipulatora, jacobian manipulatora, równania dynamiki, trajektoria) oraz z podstaw serwonapędu elektrycznego.
2	<b>Umiejętności:</b>	Powinien posiadać umiejętność rozwiązywania podstawowych problemów z zakresu układów liniowych (opis w przestrzeni stanu, sterowanie ze sprzężeniem zwrotnym, sprzężenie wyprzedzające, linearyzacja) oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji.
3	<b>Kompetencje społeczne</b>	Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, szacunek dla innych ludzi.
<b>Cel przedmiotu:</b>		
1. Przekazanie studentom wiedzy z robotyki w zakresie sterowania robotów manipulacyjnych a w szczególności z modelowania dynamiki robotów manipulacyjnych oraz syntezy i analizy układów sterowania tej klasy robotów.		
2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów związanych ze sterowaniem robotów manipulacyjnych z naciskiem na praktyczne wykorzystanie podanych algorytmów sterowania pod kątem ich implementacji.		
3. Kształtowanie u studentów umiejętności doboru właściwej strategii sterowania na podstawie matematycznego modelu i eksperymentów symulacyjnych oraz prawidłowej oceny jakości działania zaproponowanego układu sterowania.		
<b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>		
<b>Wiedza:</b>		
1. ma rozszerzoną wiedzę z zakresu modelowania nieliniowej dynamiki robotów manipulacyjnych oraz identyfikacji parametrów modelu, - [K_W5]		
2. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie, szczegółową wiedzę w zakresie metod analizy i projektowania systemów sterowania manipulatorów, - [K_W7]		
3. ma poszerzoną wiedzę w ramach wybranych obszarów robotyki, a w szczególności w ramach zagadnień związanych z wykorzystaniem robotów manipulacyjnych - [K_W10]		
<b>Umiejętności:</b>		
1. przeprowadzić symulację i analizę działania złożonego układu automatyki jakim jest robot manipulacyjny oraz zaplanować i przeprowadzić weryfikację symulacyjną i eksperymentalną, - [K_U9]		
2. wyznaczać modele matematyczne dynamiki manipulatora, a także wykorzystywać je do celów analizy i syntezy układu sterowania robota, - [K_U10]		
3. dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania systemów sterowania manipulatorów; będzie posiadał umiejętność doboru właściwej strategii sterowania, - [K_U19]		
4. krytycznie ocenić i dobrać odpowiednie metody i narzędzia do rozwiązania zadania z zakresu robotyki; będzie potrafił wykorzystywać narzędzia szybkiego prototypowania do projektowania niekonwencjonalnego systemu sterowania robota oraz odpowiednio do potrzeb sterownika będzie potrafił kształtować własności dynamiczne torów pomiarowych - [K_U22]		

**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 - [K\_K4]

**Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia**

Ocena formująca:

a) w zakresie laboratoriów:

na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań,

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

i. ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym, który składa się z 5 zadań problemowych, za które można uzyskać 25 punktów (po 5 punktów za zadanie) oraz testu wielokrotnego wyboru T składającego się z 11 pytań, za które można uzyskać 22 punkty - ocena końcowa ustalana jest na podstawie ważonego wyniku  $W=T+2*Z$  (ocena 3.0 wymaga uzyskania wyniku z egzaminu  $W=36$  punktów),

ii. ocenę wiedzy i umiejętności na podstawie indywidualnego omówienia wyników z egzaminu pisemnego (dodatkowe pytania kontrolne),

b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

i. ocenę przygotowania studenta do poszczególnych sesji zajęć laboratoryjnych / audytoryjnych oraz ocenę umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych,

ii. ocenianie ciągle, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) ? premiowanie przyrostu umiejętności postugiwania się poznanymi zasadami i metodami,

iii. ocenę funkcjonowania programów symulacyjnych przygotowywanych częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu; ocena ta obejmuje także umiejętność pracy w zespole,

iv. ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zadań laboratoryjnych poprzez jedno kolokwium zaliczeniowe (ustne z laboratorium, pisemne z ćwiczeń),

v. ocenę i ?obronę? przez studenta sprawozdania z realizacji samodzielnie wykonanego zadania projektowego w ramach laboratorium.

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

i. omówienia dodatkowych aspektów zagadnienia,

ii. efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanego problemu,

iii. umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium,

iv. uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych,

v. wskazywanie trudności percepcyjnych studentów umożliwiające bieżące doskonalenia procesu dydaktycznego.

**Treści programowe**

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Model matematyczny manipulatora i sposoby jego wyprowadzania:

- wyprowadzenie zależności na energię kinetyczną (tensor bezwładności ogniwa) i energię potencjalną ogniwa manipulatora,

- wyprowadzenie wzoru na całkowitą energię kinetyczną manipulatora (macierz mas manipulatora),

- wykorzystanie w/w zależności w równaniach Lagrange'a II rodzaju, w algorytmie rekurencyjnym Newtona-Eulera, w metodzie jacobianowej w konstrukcji równań dynamiki manipulatora,

- właściwość pasywności układu mechanicznego,

- modele tarcia.

2. Algorytmy niezależnego sterowania ogniwami manipulatora:

- modelowanie dynamiki układu mechanicznego ogniwa i dynamiki napędu w sterowaniu uproszczonym,

- proste regulatory (P, PD, PID), ich właściwości, dobór nastaw, praktyczna realizacja tachometrycznego sprzężenia zwrotnego,

- analiza stabilności i astatyzm względem sygnału zadanego i sygnału zakłócenia,

- algorytm sterowania metodą sprzężenia w przód z kompensacją grawitacji (PID+FF+G),

- sterowanie ślizgowe.

3. Algorytmy sterowania scentralizowanego:

- sterowanie z odprężeniem grawitacyjnym,

- sterowanie z dynamiką odwrotną,

- algorytmy adaptacyjne dla manipulatora,

- algorytmy sterowania odpornego manipulatora.

4. Zagadnienia modelowania napędu elektrycznego wykorzystującego silniki synchroniczne.

5. Algorytmy sterowania siłą i sterowanie hybrydowe pozycja/ siła.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie sześciu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium,

poprzedzonych sesją instruktażową na początku semestru. Szczegółowo wyprowadzony jest model dynamiki manipulatora planarnego o strukturze 2R. Model ten stanowi studium przypadku dla wszystkich algorytmów sterowania. Na początku dokonywana jest analiza i synteza uproszczonego układu sterowania niezależnego złącza manipulatora (ogniwo wraz z dynamiką siłownika i przekładni). Synteza układu regulacji uwzględnia zagadnienia stabilności i kryteria jakościowe regulacji oraz właściwości jakie musi wykazywać manipulator w trakcie wykonywania ruchu. Ćwiczenia realizowane są przez 2-osobowe zespoły studentów. Laboratorium składa się z następujących ćwiczeń.

B1 - blok ćwiczeń wprowadzających

C1. Model manipulatora PM2R. Zadanie proste i odwrotne dynamiki. Generator sygnałów referencyjnych.

B2 - blok zadań problemowych (sprzętowych)

C2. Niezależne sterowanie osiami manipulatora - synteza obwodów regulacji o dwóch stopniach swobody:

- Implementacja sterowania PD,
- Implementacja sterowania PID+FF z korekcją efektu wind-up,
- Implementacja sterowania PID+FF+G - manipulator PM1R C.

Wszystkie grupy realizują ćwiczenia bloku B1 i B2.

Metody dydaktyczne:

1. wykład: prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, prezentacje multimedialne
2. ćwiczenia laboratoryjne: wykonywanie eksperymentów symulacyjnych i sprzętowych, dyskusja, praca w zespole dwuosobowym, pokaz multimedialny, demonstracja działania systemu sterowania manipulatorem i jego układów pomiarowych, rozwiązywanie praktycznych problemów przez zespoły

#### Literatura podstawowa:

1. Wprowadzenie do robotyki. Mechanika i sterowanie, J.J. Craig, WNT Warszawa, 1993
2. Dynamika i sterowanie robotów, M.W. Spong, M. Vidyasagar, WNT, Warszawa 1997
3. Manipulatory i roboty mobilne. Modele, planowanie ruchu, sterowanie, K. Tchoń, A. Mazur, I. Dulęba, R. Hossa, R. Muszyński, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 2000
4. Modelowanie i sterowanie robotów, K. Kozłowski, P. Dutkiewicz, W. Wróblewski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2003

#### Literatura uzupełniająca:

1. Modeling and Control of Robot Manipulators, Sciavicco, B. Siciliano, Springer-Verlag, London, 2000

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

Czynność	Czas (godz.)
1. udział w wykładach	12
2. udział w zajęciach laboratoryjnych:	12
3. przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych:	9
4. dokończenie (w ramach pracy własnej) zadań z ćwiczeń laboratoryjnych	6
5. 4. udział w konsultacjach (realizowanych drogą elektroniczną) związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych	1
6. przygotowanie do egzaminu i obecność na egzaminie:	10

### Obciążenie pracą studenta

forma aktywności	godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	50	2
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	25	1
Zajęcia o charakterze praktycznym	27	1