

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова вченої ради факультету
комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки

« 30 » серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ОСНОВИ МЕХАТРОНІКИ ТА РОБОТОТЕХНІКИ, ПРОМИСЛОВІ РОБОТИ»

для студентів освітнього рівня «бакалавр»
спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології»
освітньо-професійна програма «Робототехніка та комп'ютеризовані системи
управління»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра автоматизація і комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б.
Самотокіна

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри
автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна
протокол від « 27 » червня 2021 р. № 6

Завідувач кафедри
автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна
_____ А.Г. Ткачук

Розробник: ст.викл. кафедри
автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Богдановський М.В.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: <u>15 «Автоматизація та приладобудування»</u> (шифр і назва)	За вибором	
Модулів – 2	Спеціальність: <u>151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 120		3-й	
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 3,37	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	16 год.	
		Практичні	
		Лабораторні	
		32 год.	
		Самостійна робота	
		72 год.	
		Індивідуальні завдання:	
		Вид контролю: Залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 0,6

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомлення студента із основами побудови промислових роботів та проектування мехатронних систем, методами аналізу їх функціональних властивостей шляхом математичного моделювання кінематичних та динамічних характеристик. Розглянути основні задачі та принципи управління мехатронними системами. Представити електромеханічні властивості та системи управління мехатронних пристроїв. Розглянути програмне забезпечення та парадігму реалізації задач проектування та моделювання характеристик мехатронних систем та роботизованих комплексів.

Завдання: отримання теоретичних знань та практичних навичок в таких питаннях, як:

1. опис функціональних та структурних властивостей мехатронних систем;
2. перетворення систем координат руху і методи формування рівнянь кінематики мехатронних систем;
3. математичне моделювання та аналіз характеристик руху електромеханічних систем;
4. алгоритмічне та програмне забезпечення моделювання роботизованих комплексів та механізмів.

Результатом вивчення дисципліни є набуття студентами наступних компетенцій:

ПР04. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

ПР06. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Мехатроніка та робототехніка. Поняття, застосування, основні характеристики мехатронних систем.

Тема 1. Вступ. Історія становлення та розвитку мехатроніки. Напрямки та ринок робототехніки. Означення мехатроніки, та основні етапи її розвитку. Структура та ієрархія мехатронних пристроїв. Відмінні риси мехатронних систем від класичних систем автоматики та електромеханіки руху. Функціональні характеристики, що висуваються до сучасних електромеханічних систем руху. Ринок робототехніки по галузях застосування.

Тема 2. Архітектура та концепція створення мехатронних систем, мехатронні принципи в робототехніці. Еволюція створення мехатронних систем. Структура взаємодії компонентів мехатронної системи. Споріднені та відмінні характеристики систем управління мехатронними модулями руху в порівнянні з класичними електромеханічними системами. Принцип супервізорного управління. Системи з еталонною моделлю. Принцип паралельного проектування та інверсного аналізу мехатронних систем. Структурний аналіз мехатронних систем на основі показників функціонального навантаження. Мехатронні технології в сучасному верстатобудуванні, структура систем управління що їх реалізують та порівняння з класичними системами.

Тема 3. Будова промислових роботів. Основні характеристики та задачі управління на прикладі промислових роботів KUKA та ABB. Сфери застосування промислових роботів по галузях та задачі управління. Представлення просторово-кінематичних властивосте промислових роботів. Будова промислових роботів, модульність та взаємозамінність елементів систем. Основні характеристики промислових роботів. Режими роботи. Способи управління промисловими роботами. Розрахунок нормативних показників роботи в складі роботизованого комплексу.

Тема 4. Основи кінематики просторових механізмів. Однорідні перетворення систем координат. Узагальнені системи координат просторових механізмів, афінні матричні та векторні перетворення координат руху матеріальних точок. Типи ланок та елементів передачі руху при описі кінематичних зв'язків. Приклади кінематичного опису маніпуляційних систем.

Змістовий модуль 2. Проектування та моделювання кінематики та динаміки виконавчих механізмів. Програмні засоби проектування: моделювання та управління роботизованих систем.

Тема 1. Теорія та практика розв'язання задач кінематики промислови роботів. Узагальнена постановка задач управління промисловими роботами. Постановка задач кінематики для промислових роботів. Математичний базис опису кінематичних співвідношення мезанізмів передачі руху. Перетворення Дена віта-Хартенберга. Розв'язання обернених задач кінематики для плоського та об'ємного маніпулятора.

Тема 2. Основи динаміки мехатронних систем. Моделі приводної частини на базі електроприводу.

Основні компоненти функціонального перетворення енергії виконавчого приводу. Рівняння динаміки системи з голономними та не голономними зв'язками. Модель динаміки приводу на базі двигуна постійного струму (ДПС). Структурна схема заміщення двигуна. Формування зв'язаного графу динамічних параметрів модуля руху. Модель динаміки гідروприводу з силовим гідроциліндром. Структурна схема заміщення приводу. Формування зв'язаного графу динамічних параметрів модуля руху на базі гідроприводу. Автоматизоване формування рівнянь динаміки приводів та аналіз руху, що ними створюється.

Тема 3. Основи методу зв'язаного графу для комплексного переставлення задачі аналізу та управління мехатронною системою.

Методи опису динаміки мехатронних систем. Основні поняття графоаналітичних методів, зв'язок з простором стану системи. Графоаналітичне представлення властивосте електромеханічної системи. Розв'язання задач передачі руху трансмісійної та маніпуляційної частини робота методом зв'язаних графів. Моделювання руху виконавчого механізму, трансмісії. Формування узагальненої моделі динаміки маніпуляційної системи.

Тема 4. Програмні засоби проектування та моделювання роботизованих систем та комплексів. Математичний опис неперервних та дискретних процесів в мехатронних системах. Характеристики та інструментарій програмних середовищ MathCAD та MATLAB для моделювання динаміки мехатронних систем. Формалізація, чисельні методи та програмні функції MathCAD та MATLAB при реалізації кінематичних та динамічних перетворень. Виртуальне проектування та управління промисловими комплексами: основи створення та програмування в програмному середовищі RoboDK.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Мехатроніка та робототехніка. Поняття, застосування, основні характеристики мехатронних систем.						
Тема 1. Вступ. Історія становлення та розвитку мехатроніки. Напрямки та ринок робототехніки.	15	2	-	4	-	9

Тема 2. Архітектура та концепція створення мехатронних систем, мехатронні принципи в робототехніці.	15	2	-	4	-	9
Тема 3. Будова промислових роботів. Основні характеристики та задачі управління на прикладі промислових роботів KUKA та ABB.	15	2	-	4		9
Тема 4. Основи кінематики просторових механізмів. Однорідні перетворення систем координат.		2		4		9
Разом за змістовим модулем 1	45	8	-	16	-	36
Модуль 2						
Змістовий модуль 2. Проектування та моделювання кінематики та динаміки виконавчих механізмів. Програмні засоби проектування: моделювання та управління роботизованих систем.						
Тема 1. Теорія та практика розв'язання задач кінематики промислови роботів. Узагальнена постановка задач управління промисловими роботами.	15	2	-	4	-	9
Тема 2. Основи динаміки мехатронних систем. Моделі приводної частини на базі електроприводу.	15	2	-	4	-	9
Тема 3. Основи методу графів для комплексного перетавлення задачі аналізу та управління мехатронною системою.	15	2	-	4	-	9
Тема 4. Програмні засоби проектування та моделювання роботизованих систем та комплексів.		2		4	-	9
Разом за змістовим модулем 2	45	8	-	16	-	36
Усього годин	90	16	-	32	-	72

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3

1	Основи перетворень систем узагальнених координат для побудови кінематичної моделі промислових роботів.	4
2	Математичне моделювання та візуалізація габаритів промислового робота в середовищі MathCAD.	4
3	Розв'язання оберненої задач кінематики у середовищі MathCAD для плоского двохланкового маніпулятора.	4
4	Моделювання характеристик приводів постійного струму промислових роботів в середовищі MathCAD	4
5	Моделювання характеристик пневмо- та гідроприводів постійного змінного струму промислових роботів.	4
6	Створення та симуляція переміщення промислового робота з урахуванням динаміки сервоприводів в середовищі MathCAD.	
7	Знайомство з інтерфейсом та програмними можливостями системи автоматизованого проектування RoboDK.	4
8	Створення робочої сцени роботизованого технологічного комплексу за використанням системи автоматизованого проектування RoboDK.	4
Разом		36

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Передумови розвитку мехатронних систем. Методологія створення та ринкові умови. Людино-машинний інтерфейс. Сучасні мехатронні системи та сфери їх застосування.	9
2	Основні сфери та прикладні задачі застосування промислових роботів АВВ на світовому ринку автоматизації.	9
3	Типи рухомих ланок та способи задачі систем координат. Основні математичні операції над матрицями та векторами: добуток, векторний добуток, якобіан.	9
4	Формалізм представлення динаміки за методом Ньютона-Сйлера. Рекурсивний метод формування рівнянь динаміки.	

5	Принцип спонукання Даламбера. Врахування динамічних реакцій в ланках просторово розподілених систем. Автоматизовані методи формування рівнянь динаміки Лагранжа, Ньютона-Ейлера, Апеля.	9
6	Динамічні алгоритми керування маніпуляційними системами. Синтез керування рухом по заданій траєкторії. Алгоритми керування маніпуляційними системами з силовим зворотним зв'язком.	9
7	Програмне моделювання промислових роботів. Формування моделей динаміки передатних механізмів та трансмісій. Моделювання силових частин електроприводу та гідروприводу.	9
8	Основний інструментарій роботи MATLAB Simulink. Елементи моделювання систем силової електроніки в пакеті Sim Power System. Моделювання електричних машин в пакеті Sim Power System.	9
Разом		72

7. Методи навчання

Навчальний процес побудований на сполученні лекційних і практичних занять з самостійною роботою студентів.

Лекційні заняття призначені для теоретичного ознайомлення та узагальнення складних розділів курсу, що визначають основний матеріал та проблемні питання.

Практичні заняття призначені для демонстрації методів дослідження та математичного і комп'ютерного моделювання складових мехатронних систем, а також формування в студентах навичок і вмінь самостійного і творчого мислення при розв'язуванні науково-практичних задач.

8. Методи контролю

Кредитна модульна робота проводиться у вигляді письмової аудиторної роботи. До складу роботи входять теоретичні питання та практичні завдання у формі задач.

Кінцевим видом контролю є залік, що проводиться у письмовій формі за завданнями, сформованими з теоретичних і практичних питань до модулів.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Зимовий залік

Поточне тестування та самостійна робота (Модуль 1 та 2)						Сума
Змістовий модуль №1			Змістовий модуль № 2			100
Л1	МКР1	СР1	Л2	МКР2	СР2	
20	20	10	20	20	10	

МКР1–МКР2 – модульні контрольні роботи;

Л1–Л2 – оцінювання лабораторних задач;

СР1 – оцінювання самостійної роботи.

13. Модуль та критерії його оцінювання

Елементи модуля та критерії його оцінювання	Кількість балів
1	2

<p><i>Письмова модульна контрольна робота (МКР):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - виконана у повному обсязі, повна відповідь на додаткові запитання МКР 	20
<ul style="list-style-type: none"> - виконана у повному обсязі, з деякими неточностями та з незначними помилками, неповна відповідь на додаткові запитання 	14
<ul style="list-style-type: none"> - виконана з неточностями та помилками, невпевнена відповідь на запитання 	7
<ul style="list-style-type: none"> - виконана не в повному обсязі, допущені серйозні помилки 	
<p><i>Перевірка практичних задач, виконуваних під час лабораторних робіт:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - повне розв'язання та демонстрація результатів 	20
<ul style="list-style-type: none"> - неповне розв'язання та отримання фрагментарного рішення 	14
<ul style="list-style-type: none"> - відсутність розв'язку жодної підзадачі. 	0
<p><i>Перевірка реферативної роботи за розділами до самостійного вивчення:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Тема матеріалу повністю розкрита 	10
<ul style="list-style-type: none"> - Тема розкрита фрагментарно (відсутні розтлумачення, схеми, вирази, принципи роботи або алгоритми) 	6
<ul style="list-style-type: none"> - Тема не розкрита 	0

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену та курсової роботи	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Електронні макети для виконання практичних задач у програмному забезпеченні MathCAD та MATLAB.

14. Рекомендована література

Базова

1. Подураев, Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение / Ю.В. Подураев. – М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.
2. Кузьмин, Д.В. Моделирование динамики мехатронных систем. Уравнения и алгоритмы: монография / Д.В. Кузьмин. – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. – 120с.
3. Воробьев, Е.И. Механика промышленных роботов: В 3 т./ Е.И. Воробьев, С.А.Попов. – М.: Высшая школа, 1988. – Т. 1: Кинематика и динамика. – 299 с.

Додаткова

4. Кинематика, динамика и точность механизмов: Справочник / Под ред Г. В. Крейна. – М.: Машиностроение, 1984. – 224с ил.
5. Многоуровневое управление динамическими объектами / Васильев В.И. и др. – М.: Наука, 1987. – 307с.

6. Целенаправленная механика управляемых манипуляторов. Корнеев Г.В. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 448с.
7. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: линейные модели. – М.: Наука. Гл. ред. ф-м. лит., 1987. – 304с.
8. Автоматизированное проектирование следящих приводов и их элементов/ В.Ф. Казимиренко, М.В. Баранов, Ю.В. Илбхин и др.; Под. ред. В.Ф. Казимиренко. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 240с., с ил.
9. Основы динамики промышленных роботов./ Козловский М.З. Слоущ А.В. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 240с.
10. Галиуллин А.С. Методы решения обратных задач динамики. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. –224с.
11. Вукобраитович М. Стокич Д. Управление манипуляционными роботами: теория и приложения. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 385с.
12. Крутько, П.Д. Алгоритмы и программы проектирования автоматических систем / П.Д. Крутько, А.И. Максимов, Л.М. Скворцов. – М.: Радио и связь, 1988. – 306 с.

**15. Технічні засоби та програмне забезпечення,
що використовуються при викладанні дисципліни:**

Пакети ПП: Microsoft Word, MathCAD, MATLAB, RoboDK.