

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної
роботи

С.О. Слободян

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МАНІПУЛЯЦІЙНИХ РОБОТІВ
Control systems of handling robots

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
тип дисципліни нормативна
мова(и) викладання українська
Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Миколаїв, 2022 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» розроблена для студентів з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», ОПП «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації»

«8» січня 2022 р. – 12 с.

Розробники: Черно О.О., зав. кафедри комп'ютеризованих систем управління, д-р техн. наук, доцент; Махнова І.В., методист І категорії.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації»

Гарант ОПП,
к.т.н., доцент

 І.Л. Вінниченко

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління (КСУ).

Протокол від «25» січня 2022 р. № 6.

Завідувач кафедри КСУ  О.О. Черно

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» розглянуто методичною комісією Навчально-наукового інституту автоматики і електро-техніки.

Протокол від « 27 » січня 2022 р. № 6 .

Голова  В.А. Скороходов

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» погоджено з навчальним відділом.

Начальник навчального відділу  А.В. Лабарткава

Робочу програму навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» затверджено Науково-методичною радою НУК.

Протокол від « 23 » лютого 2022 р. № 2 .

Голова НМР НУК 

© Черно О.О., 2022 рік

© Махнова І.В., 2022 рік

© НУК, 2022 рік

Анотація

Навчальна дисципліна «Системи управління маніпуляційних роботів» є нормативною дисципліною професійної підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації» зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматика та приладобудування».

Промислові роботи і збудовані на їх основі роботизовані комплекси є перспективним засобом комплексної автоматизації виробничих процесів. Застосування роботів дозволяє істотно підвищити продуктивність праці, ефективність діючого і заново розробляемого обладнання, а також позбавляє людину від монотонних, фізично важких, ризикованих та шкідливих для здоров'я робіт. Тому, існує потреба у фахівцях у галузі робототехніки.

В курсі вивчаються принципи побудови промислових роботів, математичний опис їх кінематики, основи планування траєкторії маніпулятора, принципи побудови систем автоматичного керування маніпуляційними роботами, системи очутливлення роботів.

Ключові слова: маніпуляційний робот, системи керування.

Abstract

The discipline "Control systems of handling robots" is a normative discipline of professional training of specialists of the first (bachelor's) level of higher education in the educational-professional program "Computer-integrated technologies and automation systems" in specialty 151 "Automation and computer integrated technologies" field of knowledge 15 "Automation and instrumentation".

Industrial robots and robotic complexes built on their basis are a promising means of complex automation of production processes. The use of robots can significantly increase productivity, efficiency of existing and newly developed equipment, as well as relieves people from monotonous, physically difficult, risky and harmful to health work. Therefore, there is a need for specialists in the field of robotics.

The course studies the principles of construction of industrial robots, mathematical description of their kinematics, the basics of planning the trajectory of the manipulator, the structures of handling robot automatic control systems, robot sensing systems.

Key words: handling robots, control systems.

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни.....	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	9
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	10
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	10
9. Засоби навчання.....	11
10. Рекомендовані джерела інформації.....	11
Додаток.....	12

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 3	Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування	Нормативна з циклу дисциплін професійної підготовки бакалавра	
Модулів - 1	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології Освітній рівень: перший (бакалаврський)р	Рік підготовки	
Змістових модулів - 2		4-й	
		Семестр	
		8-й	
		Лекції	
		30 год	
Загальна кількість годин - 90		Практичні роботи	
		–	
		Лабораторні роботи	
		15 год	
		Самостійна робота	
		45 год	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 3		Вид контролю: залік	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета – надбання студентами знань і навичок в області систем управління маніпуляційних роботів.

Завдання – вивчити принципи побудови, кінематику та динаміку маніпуляторів, особливості планування траєкторій, структуру систем автоматичного керування ланками маніпулятора, основні види датчиків, що застосовуються в робототехніці.

Загальні компетентності:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1).

Фахові компетентності:

- здатність обґрунтовувати вибір технічних засобів автоматизації на основі розуміння принципів їх роботи аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації і експлуатаційних умов; налагоджувати технічні засоби автоматизації та системи керування (ФК5);

- здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу (ФК6).

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Передумовами для вивчення навчальної дисципліни «Системи управління маніпуляційних роботів» є наступні навчальні дисципліни:

- Вища математика;
- Теорія автоматичного управління;
- Елементи і пристрої автоматики та систем управління.

4. Очікувані результати навчання

Програмні результати навчання полягають в наступному:

- 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 (ПРН4).

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Кінематика маніпуляторів.

Тема 1. Основні поняття, класифікація роботів

Лекція 1. Основні поняття та класифікація роботів [5, с. 3, 4], 2 год

Тема 2. Побудова промислових роботів

Лекція 2. Побудова промислових роботів [3, с. 13-16], [5, с. 4, 5], 2 год

Тема 3. Математичний опис руху ланок. Матриці повороту

Лекція 3. Математичний опис руху ланок. Матриці повороту [3, с. 29-42], [5, с. 5-7],

2 год

Тема 4. Матриці перетворення

Лекція 4. Матриці перетворення [3, с. 42-49], [5, с. 8, 9], 2 год

Тема 5. Пряма задача кінематики

Лекція 5. Пряма задача кінематики [3, с. 49-68], [5, с. 10-12], 2 год

Тема 6. Зворотна задача кінематики

Лекція 6 - 7. Зворотна задача кінематики [3, с. 69-93], [5, с. 13-16], 4 год

Змістовий модуль 2. Керування маніпуляторами промислових роботів.

Тема 7. Планування траєкторії маніпулятора

Лекція 8 - 9. Планування траєкторії маніпулятора [3, с. 168-221], [5, с. 16-21], 4 год

Тема 8. Структурна схема системи управління ланкою маніпулятора

Лекція 10. Структурна схема системи управління ланкою маніпулятора [1, с. 133-173], [2, с. 256-303], [3, с. 222-293], [5, с. 21-23], 2 год

Тема 9. Система керування електроприводами руху ланок маніпулятора з компенсацією моментної складової помилки

Лекція 11. Система керування електроприводами руху ланок маніпулятора з компенсацією моментної складової помилки [5, с. 24-27] 2 год

Тема 10. Системи очутливлення роботів

Лекція 12-13. Системи очутливлення роботів [3, с. 295-324], [5, с. 27-34] 4 год

Тема 11. Ієрархічна структура системи управління маніпуляційним роботом

Лекція 14. Ієрархічна структура системи управління маніпуляційним роботом [5, с. 34, 35] 2 год

МКР

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	практ	с.р.		л	лаб	практ	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Модуль 1. Системи управління маніпуляційних роботів										
Змістовий модуль 1. Кінематика маніпуляторів										
Тема 1. Основні поняття, класифікація роботів	4	2	-	-	2	5	1	-	-	4
Тема 2. Побудова промислових роботів	4	2	-	-	2	4	-	-	-	4
Тема 3. Математичний опис руху ланок. Матриці повороту	14	2	3	-	9	11	-	1	-	10
Тема 4. Матриці перетворення	6	2	-	-	4	8	-	-	-	8
Тема 5. Пряма задача кінематики	14	2	4	-	8	16	1	1	-	14
Тема 6. Зворотна задача кінематики	18	4	4	-	10	16	1	1	-	14
Разом за змістовим модулем 1	60	14	11	-	35	60	3	3	-	54
Змістовий модуль 2. Керування маніпуляторами промислових роботів										
Тема 7. Планування траєкторії маніпулятора	10	4	4	-	2	10	1	2	-	7
Тема 8. Структурна схема системи управління ланкою маніпулятора	4	2	-	-	2	5	1	-	-	4
Тема 9. Система керування електроприводами руху ланок маніпулятора з компенсацією моментної складової помилки	4	2	-	-	2	4	-	-	-	4
Тема 10. Системи очутливлення роботів	6	4	-	-	2	3	1	-	-	2
Тема 11. Ієрархічна структура системи управління маніпуляційним роботом	3	2	-	-	1	4	2	-	-	2
Модульна контрольна робота	3	2	-	-	1	4	2	-	-	2
Разом за змістовим модулем 2	30	16	4	-	10	30	7	2	-	21
Усього годин за модулем 1	90	30	15	-	45	90	10	5	-	75

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Матриці повороту	3
2	Пряма задача кінематики	4
3	Зворотна задача кінематики	4
4	Планування траєкторії маніпулятора	4
	Разом	15

Теми практичних занять

Практичних занять програмою не передбачено.

Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти є однією з форм організації навчання, основною формою оволодіння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений для засвоєння здобувачем вищої освіти в процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався при проведенні навчальних занять.

Розподіл годин самостійної роботи для денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 0,5 год. / на 1 лекцію;
- підготовка до лабораторних робіт – 2 год. / 1 робота;
- підготовка до контрольних заходів – 8 год. / 1 захід.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лекцій	6
2	Підготовка до виконання лабораторних робіт	8
3	Підготовка до контрольних заходів	24
4	Підготовка до екзамену	7
	Разом	45

Індивідуальне науково дослідне завдання

Програмою передбачено наступні форми індивідуальної роботи:

- індивідуальні консультації з дисципліни, які проводяться зі студентами за окремим графіком, з метою отримання студентом відповіді на окремі теоретичні або практичні питання та для пояснення певних теоретичних положень чи аспектів їх практичного застосування;
- індивідуальне завдання, яке має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти отримують у процесі навчання, а також застосування цих знань на практиці.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

- лекція;
- ілюстрування;
- лабораторна робота;
- інструктаж;
- робота з літературою;
- методи контролю і самоконтролю:
 - контрольні роботи;
 - лабораторний контроль.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- екзамен;

- презентації результатів виконання завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- завдання на лабораторному та комп'ютерному обладнанні.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом контролю виконання лабораторних робіт, їх захисту та підсумкового контролю у формі письмової модульної контрольної роботи. За першою темою студенти також складають реферат, у якому розкривають особливості застосування робіт у певній галузі промислового виробництва. Додаткові бали студент отримує за правильні відповіді на лекціях (від 3 до 7 балів в залежності від складності питання).

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Умовою допуску студента до КЗ є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів. Якщо студент не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до КЗ і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок написання реферату.

Студент також має можливість отримати додаткові бали за виконання індивідуального завдання за тематикою дисципліни, пов'язаного з його діяльністю на виробництві, або з модернізацією лабораторної бази університету. Кількість балів за виконання індивідуального завдання може складати від 0 до 70 балів в залежності від його рівня та обсягу.

Семестровий підсумковий контроль здійснюється в письмовій формі у вигляді тестування. Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, пише підсумкову семестрову залікову роботу (проводиться у письмовій формі у вигляді тестів), до якої він допускається, якщо має за виконання всіх передбачених елементів модулів необхідну мінімальну суму 50 балів. Максимальна кількість балів за підсумкову залікову роботу становить 30 балів. Результуюча оцінка виставляється відповідно до шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання

Сума балів за результатом підсумкового контролю	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82 – 89	B
74 – 81	C
64 – 73	D
60 – 63	E
35 – 59	FX
0 – 34	F

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Реферат, що виконує студент за першою темою, повинен розкривати особливості застосування робіт у певній галузі промислового виробництва, містити зміст, висновки та список використаних джерел, і повинен принципово відрізнятися від рефератів інших студентів. При виконанні цих умов реферат зараховується, і студент отримує 10 балів. При невиконанні хоча б однієї з наведених умов реферат не зараховується, і студент балів не отримує.

За першу лабораторну роботу (л. р. 1) студент отримує від 0 до 5 балів в залежності від результату її захисту, що проводиться у формі тестування (кількість балів дорівнює числу правильних відповідей). Обов'язковою умовою допуску до захисту є виконання роботи та оформлення звіту.

За кожну з наступних лабораторних робіт (л. р. 2 – л. р. 4) студент отримує окремо 5 балів за виконання роботи та оформлення звіту і оцінку за захист від 0 до 10 балів, що проводиться у формі тестування (кількість балів дорівнює числу правильних відповідей). Якщо студент не виконав лабораторну роботу, або не оформив звіт згідно вимогам, за дану роботу він балів не отримує.

Модульна контрольна робота (МКР) включає питання другого змістового модуля, що не увійшли до 4-ї лабораторної роботи. МКР проходить у формі тесту та дає можливість отримати до 40 балів. Тестове завдання містить 30 питань, тому оцінка розраховується за формулою:

$$M = N \cdot 4/3,$$

де N – число правильних відповідей. Отримане значення M округлюється в більшу сторону.

Розподіл балів, які отримують студенти

Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2			Сума
Реферат	Л. р. 1	Л. р. 2		Л. р. 3		Л. р. 4		МКР	
		Вико- нання	Захист	Вико- нання	Захист	Вико- нання	Захист		
10	5	5	10	5	10	5	10	40	100

9. Засоби навчання

Для досягнення мети дисципліни та набуття бажаних результатів навчання передбачено застосування наступних засобів навчання:

- демонстраційні лабораторні стенди;
- комп'ютери;
- обчислювальне середовище Mathcad.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
2. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами: Учеб. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. – 400 с.
3. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ. – М.: Мир., 1989. – 624 с.
4. Черно О.О. Системи управління маніпуляційних роботів: Методичні вказівки до лабораторних робіт. – Миколаїв: НУК, 2013. – 23 с.
5. Черно О.О. Системи управління маніпуляційних роботів: Конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. О. Черно. – Миколаїв, 2020. – 31 с. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1o3ifgr61AO28_7Ee8E-PS3ZyEXyTUdhk/view?usp=sharing

Допоміжна література

6. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк., 1989. – 431 с.
7. Крутько П.Д. Управление исполнительными системами роботов. – М.: Наука, 1991. – 336 с.
8. Сафонов Ю.М. Электроприводы промышленных роботов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
9. Черноруцкий Г.С., Сибрин А.П., Жабреев В.С. Следящие системы автоматических манипуляторов / Под ред. Г.С. Черноруцкого. – М.: Наука, 1987. – 272 с.
10. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М.: Мир., 1990. – 527 с.

Питання для поточного та модульного контролю**Змістовий модуль 1**

1. Класифікація роботів за системою координат.
2. Класифікація роботів за видом приводів ланок.
3. Побудова промислових роботів.
4. Матриці повороту і матриці перетворення.
5. Представлення Денавіта-Хартенберга.
6. Пряма задача кінематики.
7. Зворотна задача кінематики.
8. Задача планування траєкторії маніпулятора.

Змістовий модуль 2

1. Інтерполяція законів зміни кутів повороту ланок маніпулятора.
2. Трьохрівнева ієрархічна система управління промисловим роботом.
3. Структурна схема системи управління ланкою маніпулятора, побудована за принципом зворотного зв'язку.
4. Структурна схема комбінованої системи управління ланкою маніпулятора
5. Покоління роботів.
6. Робочі органи робота.
7. Застосування робототехнічних систем у сучасному виробництві.