



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження
 (Каплун В.В.)
_____ 2024 р.



“СХВАЛЕНО”
на засіданні кафедри автоматики та
робототехнічних систем
Протокол № 37 від “21” 05 2024 р.
Завідувач кафедри
 (Лисенко В.П.)

”РОЗГЛЯНУТО”
Гарант ОП «Автоматизація та комп’ютерно-
інтегровані технології»
Гарант ОП
 (Заєць Н. А.)

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теорія автоматичного керування

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»
ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження
Розробник: доцент кафедри, к.т.н., доцент Дудник А.О.

Київ – 2024 р.

Опис навчальної дисципліни

Теорія автоматичного керування

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	<i>Бакалавр</i>	
Спеціальність	<u>151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</u>	
Освітня програма	<u>«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</u>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	270	
Кількість кредитів ECTS	9	
Кількість змістових модулів	5	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	+	
Форма контролю	<i>Залік, екзамен</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік підготовки)	3	4
Семестр	5-6	7-8
Лекційні заняття	75 год.	4 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	год.
Лабораторні заняття	60 год.	год.
Самостійна робота	105 год.	120 год.
Індивідуальні завдання	год.	4 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5(6) год.	

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета - формування знань з аналізу роботи та синтезу автоматичних систем керування технологічними процесами, що застосовуються в сільському господарстві, а також удосконалення загально-інженерної підготовки студентів.

Завдання - засвоєння практичних навиків з дослідження та проектування систем автоматичного керування.

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та

невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів галузі.

Загальні компетентності (ЗК):

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

1. Здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом і використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації.

3. Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються; вміння застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

Програмні результати навчання (ПРН) ОП:

ПРН1 Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику, теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації.

ПРН5 Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

ПРН6 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.

2. Програма та структура навчальної дисципліни для:

– повного терміну денної (заочної) форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин								Заочна форма				
	денна форма								усього				
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
1	2	3	л	п	лаб	інд	с.р.	9	л	п	лаб	інд	с.р.
Змістовий модуль 1. Основні поняття та визначення. Статичні та динамічні характеристики елементів автоматичної системи.													
Тема 1. Вступ. Основні поняття та визначення. Короткий історичний нарис. Види автоматизації. Класифікація автоматизованих систем.	1	16	2		4		10	10	2				8

Тема 2. Системи автоматичного регулювання(SАР). Структури автоматичних систем та форми їх подання.	2	16	2		4		10	4					4
Тема 3. Функціональні елементи автоматичних систем, їх статичні та динамічні характеристики.	3	9	2	2			5	4					4
Тема 4. Форми подання динамічних характеристик елементів автоматичних систем.	4	10	2	1	2		5	4					4
Тема 5. Елементарні динамічні елементи та їх характеристики.	5	14	2	2			10	4					4
Тема 6. Об'єкти управління та їх характерні властивості. Типові динамічні об'єкти.	6-7	18	4	4			10	4					4
Разом за змістовим модулем 1		83	14	9	10		50	30	2				28
Змістовий модуль 2. Моделювання, аналіз роботи та синтез коректуючих ланок лінійних детермінованих автоматичних систем.													
Тема 1. Види з'єднань динамічних ланок та їх еквівалентні передаточні функції. Зворотні зв'язки в автоматичних системах.	8	14	2	2			10	4					4
Тема 2. Структурні алгоритмічні схеми автоматичних систем та їх динамічні характеристики.	9	16	2		4		10	4					4

Тема 3. Поняття про стійкість автоматичних систем. Загальні умови стійкості за Ляпуновим.	10	9	2	2			5	4					4
Тема 4. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості.	11	9	2	2			5	4					4
Тема 5. Запаси стійкості та методи їх визначення. Аналіз впливу параметри системи на її стійкість. Області стійкості. D-розбиття.	12	16	2		4		10	4					4
Тема 6. Перехідні процеси в автоматичних системах та методи їх побудови. Показники якості роботи АС.	13	16	2		4		10	4					4
Тема 7. Синтез автоматичних систем з заданими показниками якості.	14	16	2		4		10	4					4
Тема 8. Коректуючі та стабілізуючі ланки автоматичних систем. Методи їх визначення та застосування для покращення стійкості та якості роботи системи.	15	11	2		4		5	4					4
Разом за змістовим модулем 2		107	16	6	20		65	32					32
Змістовий модуль 3. Аналіз роботи лінійних автоматичних систем при випадкових збуреннях.													
Тема 1. Характеристики збурень як випадкових процесів. Визначення характеристик по експериментальним реалізаціям.	16	11	2		4		5	6	2				4

Тема 2. Канонічне розкладання випадкових процесів. Спектральна густина випадкового процесу.	17	11	2		4		5	4					4
Тема 3. Проходження випадкового процесу через лінійну систему.	18	16	2		4		10	4					4
Тема 4. Визначення якості роботи лінійних автоматичних систем при стаціонарних збуреннях	19	11	2		4		5	4					4
Тема 5. Фільтрація сигналів. Оптимальний фільтр Вінера.	20	11	4	2			5	4					4
Тема 6. Характеристики стохастичних динамічних систем. Кореляційна теорія випадкових процесів.	21	14	2		4		10	4					4
Тема 7. Стохастичні диференціальні рівняння. Рівняння Іто.	22	16	4	2			10	4					4
Тема 8. Різницеві стохастичні рівняння. Дискретний фільтр Калмана та його застосування.	23	16	2		4		10	4					4
Разом за змістовим модулем 3		108	20	4	24		60	34	2				32
Змістовий модуль 4. Нелінійні і цифрові автоматичні системи та методи аналізу їх роботи.													
Тема 1. Поняття про нелінійну АС. Види нелінійностей.	24	8	3	1	2		4						4

Динаміка нелінійних систем.														
Тема 2. Метод гармонічної лінеаризації. Передаточна функція нелінійної ланки.	25	8	2		2		4						4	
Тема 3. Метод припасування. Приклад побудови руху нелінійної системи цим методом.	26	8	4	2			4						4	
Тема 4. Метод фазового портрета. Фазові траєкторії. Особливі точки на фазових портретах.	27	6	4	2			10						4	
Тема 5. Метод статичної лінеаризації. Визначення коефіцієнтів лінеаризації.	28	6	4	2			2						4	
Тема 6. Застосування методу статистичної лінеаризації для аналізу роботи нелінійних систем.	29	6	4	2			10						4	
Тема 7. Цифрові системи керування.	30	6	4	2	2		10						4	
Разом за змістовим модулем 4		86	25	11	6		44	28					28	
Усього годин		384	75	30	60		219	124	4				120	
Курсовий проект (робота) з Теорії автоматичного керування		40		-	-	-	40	-	4	-	-	-	4	-
Усього годин		424						128						

3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження перехідних характеристик елементарних ланок.	4
2	Дослідження функцій ваги елементарних динамічних ланок.	4

3	Дослідження АФЧХ елементарних динамічних ланок.	4
4	Дослідження стійкості автоматичних систем за частотними критеріями.	4
5	Дослідження стійкості та запасів стійкості для систем із чистим запізненням.	4
6	Дослідження перехідних процесів автоматичних систем та визначення їх показників якості роботи.	4
7	Дослідження впливу коефіцієнта передачі на показники якості роботи АС.	4
8	Дослідження впливу чистого запізнення на показники якості роботи АС.	2
9	Визначення характеристик стаціонарних випадкових процесів по одній реалізації.	4
10	Апроксимація та аналіз моделей характеристик стаціонарних випадкових процесів.	4
11	Дослідження зміни характеристик випадкових процесів при проходженні через лінійну систему.	4
12	Оцінка якості роботи автоматичних систем під дією стаціонарних випадкових збурень.	4
13	Визначення тривалості технологічних циклів у стохастичних динамічних системах.	4
14	Визначення оптимальної оцінки стану об'єкта за допомогою фільтра Калмана.	4
15	Дослідження можливих видів руху нелінійних систем.	2
16	Дослідження залежностей амплітуди, періоду і частоти автоколивань від зміни параметрів нелінійних ланок.	2
17	Синтез цифрових ПД-регуляторів	2

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Побудова математичних моделей елементів автоматичних систем аналітичним методом.	2
2	Дослідження АЧХ та ФЧХ елементарних динамічних ланок.	2
3	Вплив коефіцієнтів динамічних ланок на їх перехідні та частотні характеристики.	3
4	Отримання еквівалентних передаточних функцій різних видів з'єднань динамічних ланок.	2
5	Побудова функціональних та структурних алгоритмічних схем автоматичних систем с.г. виробництва.	2
6	Дослідження стійкості АС за алгебраїчними критеріями.	2
7	Побудова функціональних схем автоматизації	2

8	Синтез лінійних автоматичних систем за допомогою ЛЧХ.	2
9	Дослідження впливу зони неоднозначності на параметри та рух нелінійних систем.	1
10	Побудова частотних характеристик автоматичних систем.	2
11	Визначення показників якості роботи автоматичних систем при типових сигналах на вході в систему.	2
12	Побудова бажаних ЛЧХ та технічна реалізація коректуючи ланок.	2
13	Перевірка забезпечення системою зоотехнічних або агротехнічних вимог в процесах с.г. виробництва.	2
14	Дослідження якості роботи нелінійної системи при випадкових збуреннях методом статистичної лінеаризації.	2
15	Визначення допустимих періодів квантування у цифрових системах керування.	2

4. Теми самостійної роботи.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Статистично оптимальні системи	8
2.	Постановка задачі статистично оптимальних систем	8
3.	Синтез лінійних систем з мінімальною середньоквадратичною похибкою	8
4.	Синтез оптимального фільтра Вінера, що фізично реалізується	8
5.	Приклад побудови оптимального фільтра Вінера	8
6.	Області стійкості. Метод D-розбиття	8
7.	Метод простору станів	8
8.	Оптимальна фільтрація в стохастичних динамічних дискретних системах	8
9.	Формулювання задачі	8
10.	Постановка задачі оптимальної фільтрації	8
11.	Алгоритм оптимальної фільтрації. Фільтр Калмана	8
12.	Метод статистичної лінеаризації	8
13.	Проходження випадкового сигналу через нелінійну ланку	8
14.	Ідея статистичної лінеаризації. Визначення коефіцієнтів статистичної лінеаризації	8

15.	Приклад розрахунку коефіцієнтів статистичної лінеаризації для ідеального двопозиційного реле	8
16.	Методика дослідження динамічної точності нелінійних САР за допомогою статистичної лінеаризації	8
17.	Приклад визначення точності нелінійної системи за методом статистичної лінеаризації	8
18.	Метод простору станів у цифрових системах керування	
19.	Переваги методу простору станів	8
20.	Застосування методу простору станів для неперервних автоматичних систем	8
21.	Застосування методу простору станів для цифрових систем керування	8
22.	Синтез цифрової системи керування за допомогою зворотного зв'язку за станом	8
23.	Керованість та спостережуваність цифрових систем	8
24.	Оптимальна цифрова фільтрація в стохастичних динамічних дискретних системах	8
25.	Формулювання задачі	8
26.	Постановка задачі оптимальної цифрової фільтрації	8
27.	Алгоритм оптимальної цифрової фільтрації. Фільтр Калмана	8

**5. Засоби діагностики результатів навчання:
(вибрати необхідне чи доповнити)**

- екзамен;
- залік;
- модульні тести;
- захист лабораторних та практичних робіт.

6. Методи навчання.

Передбачено проведення занять у вигляді лекцій, лабораторних та самостійних робіт. На лекціях застосовуються мультимедійні засоби та дискусії. Лабораторні роботи проводяться у двох частинах – пояснення завдання та захист студентами їхнього виконання. Самостійна робота може бути проведена за вказівкою викладача або за вибором студента відкритого курсу та демонстрації сертифікату проходження цього курсу. Для розповсюдження усіх матеріалів як з боку викладача, так і з боку студента, використовується платформа moodle, що розташована за посиланням elearn.nubip.ua.

7. Методи оцінювання.

(вибрати необхідне чи доповнити)

- екзамен;
- залік;
- усне або письмове опитування;
- модульне тестування;
- захист лабораторних та практичних робіт;
- презентації та виступи на наукових заходах.

8. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна та результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу здобувача вищої освіти із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу здобувача вищої освіти з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

9. Навчально-методичне забезпечення

(вибрати необхідне чи доповнити)

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - *посилання*);
- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.

2. Теорія автоматичного керування. Сучасна теорія керування: Лабораторний практикум : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. О. Данькевич, В. С. Цапар – Електронні текстові дані (1 файл: 1,21 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 30 с.
3. Лістровий С. В., Мірошник М. А., Клименко Л. А. Теорія автоматичного керування, штучний інтелект і автоматизація процесу прийняття рішення: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 120 с., рис. 24, табл. 1.
4. Гавриляк М.С. Основи автоматики та систем управління / М.С. Гавриляк – Чернівці: Чернівець. нац. ун-тет, 2022, с. 211
5. Robert Sevenich “Instrumentation and Process Control” Encyclopedia of Dairy Sciences (Third edition), Elsevier, 2022, Pages 336-355 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00330-5>:
6. Olivier Bethoux “PID controller design” Encyclopedia of Electrical and Electronic Power Engineering Elsevier, 2023, Pages 261-267, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821204-2.00102-1>
7. Цифрові системи керування. Навчальний посібник / Головінський Б.Л., Шуруб Ю.В., Дудник А.О., Лисенко В.П. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2016. – 110 с.
8. ЕНК по даній дисципліні знаходиться за електронною адресою: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1271>