МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра Інформаційних технологій

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з НПР
проф. Віталій ЮЯРЧУК
"____" _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Львів 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни ***Теорія автоматичного керування*** для студентів спеціальності **151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»** першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**.**

Розробники: к.т.н., доц. Лиса О.В.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри «**Інформаційних технологій».**

Протокол: № 1 від 12 серпня 2024 року.

Завідувач кафедри **Інформаційних технологій**

_____ (Тригуба А.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії (ради) факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій.

Протокол: №2 від 29 серпня 2024 року.

Голова методичної комісії факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій.

_____ (Ковалишин С.Й.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. **Опис навчальної дисципліни**

Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти

Галузь знань__15 Автоматизація та приладобудування
(шифр і назва)
Спеціальність __151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Характеристика навчальної дисципліни:
Нормативна
Кількість кредитів _8_____
Загальна кількість годин – _240__
Індивідуальне науково-дослідне завдання _Курсова робота_____
(назва)

Вид контролю: іспит
Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – _3___.
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):
для денної форми навчання – __79,1___
для заочної форми навчання – __20___.

2. **Програма навчальної дисципліни**

Семестр – 5.

Тема 1. Загальні відомості про системи автоматичного керування.

Задачі керування технологічними процесами. Технічна кібернетика. Автоматизація технологічних процесів. Короткий екскурс розвитку теорії і практики автоматичного керування. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Основні поняття автоматичного керування. Класифікація САР.

Тема 2. Елементи систем автоматичного регулювання.

Статичні характеристики елементів САР. Статичні характеристики лінійних елементів САР. Статичні характеристики нелінійних елементів САР. Статичні характеристики статичних елементів. Статичні характеристики астатичних елементів. Статичні характеристики послідовного з'єднання елементів. Аналітичний спосіб знаходження статичної характеристики послідовного з'єднання елементів. Графічний спосіб знаходження статичної характеристики двох послідовно з'єднаних елементів. Статичні характеристики паралельного з'єднання елементів. Аналітичний спосіб знаходження статичної характеристики паралельного з'єднання елементів. Графічний спосіб знаходження статичної характеристики паралельного з'єднання елементів.

Статичні характеристики зустрічно-паралельного з'єднання елементів. Аналітичний спосіб знаходження статичної характеристики зустрічно-паралельного з'єднання елементів. Графічний спосіб знаходження статичної характеристики зустрічно-паралельного з'єднання елементів. Динамічні характеристики елементів САР. Типові вхідні сигнали та реакція на них елементів.

Тема 3. Математичні моделі елементів систем автоматичного регулювання.

Складання рівнянь елементів систем автоматичного регулювання. Основні види алгебраїчних та диференціальних рівнянь, що застосовуються для опису елементів систем автоматичного регулювання. Лінеаризація рівнянь елементів САР. Безрозмірна форма представлення рівнянь. Операторна форма представлення рівнянь елементів САР. Передавальні функції елементів САР. Частотні характеристики елементів САР. Дослідження технологічного процесу сушіння як об'єкта автоматичного регулювання.

Тема 4. Типові ланки систем автоматичного керування та їх характеристики.

Поняття ланки**.** Пропорційна ланка**.**Часові функції пропорційної ланки. Частотні характеристики пропорційної ланки. Аперіодична ланка першого порядку. Часові функції аперіодичної ланки першого порядку. Знаходження параметрів аперіодичної ланки першого порядку. Частотні характеристики аперіодичної ланки першого порядку. Інтегральна ланка. Часові характеристики інтегральної ланки. Знаходження параметрів інтегральної ланки. Частотні характеристики інтегральної ланки. Диференціальна (ідеальна та реальна) ланка. Часові характеристики диференціальних ланок. Знаходження параметрів реальної диференціальної ланки. Частотні характеристики диференціальних ланок. Аперіодична та коливна ланки другого порядку. Часові характеристики ланок другого порядку. Знаходження параметрів ланок другого порядку. Частотні характеристики ланок другого порядку. Часові і частотні характеристики ланки запізнення.

Семестр – 6 .

Тема 5. Математичні моделі лінійних систем та перетворення їх структурних схем.

Основні види з’єднань ланок, їх передавальні функції та частотні харатеристики. Визначення передавальної функції системи за передавальними функціями її елементів. Основи еквівалентного перетворення структурних схем динамічних систем.

Тема 6. Зв’язок перехідних функцій системи з її передавальною функцією.

Застосування прямого і зворотного перетворень Лапласа для досліджень систем автоматичного керування. Зв'язок перехідної функції та імпульсної перехідної функції системи з її передавальною функцією.

Тема 7. Логарифмічні частотні характеристики елементів систем.

Означення логарифмічних частотних характеристик. ЛАЧХ і ЛФЧХ типових ланок. ЛАЧХ і ЛФЧХ інтегральної ланки. ЛАЧХ і ЛФЧХ аперіодичної ланки першого порядку. ЛАЧХ і ЛФЧХ ідеальних диференціальних ланок. ЛАЧХ і ЛФЧХ реальної диференціальної ланки. ЛАЧХ і ЛФЧХ ланок другого порядку. Логарифмічні частотні характеристики типових з'єднань ланок САР.

Тема 8. Стійкість лінійних динамічних систем.

Визначення стійкості динамічних систем. Системи стійкі, нестійкі, і ті, що знаходяться на межі стійкості. Аналітичне формулювання умов стійкості. Критерії стійкості динамічних систем. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості. Дослідження стійкості САР за допомогою критерію Рауса. Дослідження стійкості САР за допомогою критерію Гурвіца. Частотний критерій Найквіста для розімкнено стійких і нестійких динамічних систем. Фізичний зміст амплітудно-фазового критерію Найквіста. Запас стійкості систем автоматичного регулювання. Логарифмічний критерій стійкості. Критерій Михайлова. Вплив ланок запізнення на стійкість динамічних систем.

Тема 9. Побудова систем автоматичного регулювання реальними технологічними об'єктами.

Математичні моделі об'єктів регулювання. Апроксимація математичних моделей реальних об'єктів типовими ланками. Знаходження моделі об'єкта із самовирівнюванням. Знаходження моделі об'єкта без самовирівнювання. Типові закони регулювання промислових автоматичних регуляторів, їх передавальні функції та перехідні функції, структурні схеми. Пропорційні регулятори. Інтегральні регулятори. Пропорційно-інтегральні регулятори. Пропорційно-диференціальні регулятори. Пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори. Комп'ютерне дослідження систем автоматичного регулювання та їх елементів

Тема 10. Якість процесів регулювання. Синтез САР.

Оцінка якості процесів регулювання. Інваріантна та коваріантна САР. Показники якості САР. Інтегральні оцінки якості процесів регулювання. Знаходження значень настроювальних параметрів регуляторів за мінімумом інтегральних оцінок якості. Методи аналізу якості САР. Прямі методи аналізу якості. Непрямі методи аналізу якості. Визначення якості САР за розміщенням коренів характеристичного рівняння САР. Частотні методи аналізу якості САР. Аналіз якості САР за АЧХ замкнутої системи. Аналіз якості САР за амплітудно-фазовою характеристикою розімкненої системи. Побудова АЧХ замкненої системи за амплітудною круговою діаграмою та АФХ розімкненої системи. Знаходження перехідної функції САР за її частотними характеристиками.

Тема 11. Методи розрахунку лінійних САР.

Класифікація методів розрахунку лінійних САР. Наближені методи розрахунку параметрів налаштування регуляторів. Аналітичні методи розрахунку САР. Метод Циглера–Нікольса (Метод незаникаючих коливань). Теоретичні основи розрахунку САР за методом розширених частотних характеристик. Розрахунок параметрів налаштування пропорційних регуляторів. Розрахунок параметрів налаштування інтегральних регуляторів. Розрахунок параметрів налаштування пропорційно-інтегрального регулятора. Розрахунок параметрів налаштування пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора. Структурні методи підвищення якості лінійних САР. Комбіновані системи автоматичного регулювання. Каскадні системи автоматичного регулювання

Тема 12. Робота лінійних САР при випадкових збуреннях.

Характеристики випадкових процесів. Взаємозв'язок між властивостями САР та характеристиками випадкових процесів. Оцінка якості САР при дії випадкових збурень. Визначення дисперсії похибки регулювання САР при дії випадкових процесів каналом регулюючої дії. Визначення дисперсії похибки регулювання САР при дії випадкових процесів каналом збурюючої дії. Визначення дисперсії похибки регулювання САР при дії випадкових процесів каналом керуючої дії. Розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів при випадкових збуреннях.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Семестр 5						***Семестр 5***					
Тема 1.	12	4	2	2		4	12	2	1	1		8
Тема 2.	16	4	2	4		6	16	2	2	2		10
Тема 3.	18	4	6	4		4	18	2	2	2		12
Тема 4.	14	2	4	4		4	14	2	1	1		10
Іспит	*30*	-	-	-	-	*30*	*30*	-	-	-	-	*30*
Усього годин	**90**	**14**	**14**	**14**	**0**	**48**	**90**	**8**	**6**	**6**	**0**	**70**
	Семестр 6						***Семестр 6***					
Тема 5.	11	2	2	2		5	11	1		1		9
Тема 6.	11	2	2	2		5	11	1	1			9
Тема 7.	11	2	2	2		5	11	1	1	1		8
Тема 8.	11	2	2	2		5	11	1	1	1		8
Тема 9.	11	2	2	2		5	11	1		1		9
Тема 10.	11	2	2	2		5	11	1	1			9

Тема 11.	12	2	2	2		6	12	1	1	1		9
Тема 12.	12	2	2	2		6	12	1	1	1		9
Іспит	*30*	-	-	-	-	*30*	*30*	-	-	-	-	*30*
Усього годин	**120**	**16**	**16**	**16**		**72**	**120**	**8**	**6**	**6**		**100**
Індивідуальні завдання												
КР	**30**	**-**	**-**	**-**	**30**	**-**	**30**	**-**	**-**	**-**	**30**	**-**
Усього годин	**150**	**16**	**16**	**16**	**30**	**72**	**150**	**8**	**6**	**6**	**30**	**100**
Разом годин	**240**	**30**	**30**	**30**	**30**	**120**	**240**	**16**	**12**	**12**	**30**	**170**

4. Теми лабораторно-практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість, год.
	Семестр 5	
1	Побудова математичних моделей електричних аналогів типових ланок.	2
2	Знаходження параметрів типових ланок за кривими розгону	2
3	Знаходження математичних моделей елементів систем автоматичного регулювання на основі експериментальних кривих розгону.	6
4	Дослідження частотних характеристик типових ланок на електричних схемах.	4
5	Дослідження перехідних процесів та частотних характеристик основних з'єднань елементів.	6
6	Визначення та розрахунок частотних характеристик елементів САР та їх з'єднань. Побудова логарифмічних частотних характеристик	4
7	Знаходження функцій передачі типових з'єднань ланок. Еквівалентні перетворення структурних схем динамічних систем. Побудова структурної схеми на основі функціональної схеми САР заданого технологічного параметра. Знаходження математичної моделі САР на основі моделей її елементів	4
	Семестр 6	
8	Дослідження стійкості САР за алгебраїчними критеріями Гурвіца, Рауса. Аналіз стійкості САР за частотними критеріями стійкості Найквіста, Михайлова.	4
9	Структурні перетворення та дослідження систем автоматичного регулювання.	4
10	Дослідження стійкості лінійних систем автоматичного регулювання	4
11	Визначення стійкості САР за логарифмічними частотними характеристиками.	4

12	Розрахунок параметрів настроювання автоматичних регуляторів з умови стійкості САР.	8
13	Розрахунок та дослідження лінійних систем автоматичного регулювання.	8

5. Теми винесені на самостійне вивчення:

№ з/п	Назва теми
1	Показники якості САК
2	Математичний опис реальних елементів САК (двигунів, безпілотників, генераторів)
3	Алгебраїчні критерії стійкості (Раусса, Ляпунова)
4	Критерій Найквіста, Михайлова.
5	Логарифмічні частотні характеристики
6	Статистичні методи дослідження САК.
7	Метод гармонійної лінеаризації.

6. Індивідуальні завдання:

Тема(и) курсових робіт, завдання - .

Курсова робота:

1 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в хімічному реакторі.
2 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання розрідження у випарному апараті.
3 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання перепаду тиску на пристрої звуження (соплі)
4 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температура замісу у чанку замісу при виробництві етилового спирту.
5 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури сушильного агента в сушарці киплячого шару.
6 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в дозаторі води для замішування опари.
7 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в хлібопекарній печі
8 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання відстійника для очистки стічних вод
9 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання сушіння солоду у виробництві пива.
10 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в реакторі-полімеризаторі поліпропілену.
11 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в кристалізаторі адипінової кислоти.
12 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в підігрівачі мазуту.
13 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання рівня в реакторі.
14 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання розрідження в сушарці киплячого шару
15 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання витрати конденсату парової турбіни

16 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури верху ректифікаційної колони
17 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури сушильного агента стрічкової сушарки
18 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання рівня в абсорбційній колоні
19 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в сушарці киплячого шару
20 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання розрідження в барабанній сушарці
21 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в прямотечійній сушарці
22 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в струменевій сушарці в зоні висушування сухого молока
23 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання осушування природного газу
24 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в тістомісильній машині
25 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури в першій зоні хлібопекарської печі
26 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури у виробництві хлібопекарних дріжджів
27 Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання тиску у ректифікаційній колоні абсолютного спирту.

Завдання.

1. Знаходження динамічної моделі об’єкта регулювання.
   1.1. Вибір структури моделі та розрахунок її параметрів.
   1.2. Перевірка адекватності динамічної моделі.
2. Розрахунок параметрів настроювання автоматичних регуляторів.
   2.1. Вибір схеми автоматичного регулювання і вибір регулятора за законом регулювання.
   2.2. Теоретичні основи методу розрахунку параметрів настроювання автоматичних регуляторів.
   2.3. Знаходження оптимальних настроювальних параметрів регулятора.
   2.4. Уточнення структурної схеми САР, законів регулювання регуляторів і їх параметрів настроювання.
3. Дослідження перехідних процесів САР.
   3.1. Моделювання і дослідження перехідних процесів САР при заданих збуреннях.
   3.2. Визначення показників якості одержаних перехідних процесів САР.

Вихідними даними для виконання курсової роботи є:

1. Заданий технологічний об’єкт, задане значення регульованої величини, значення збурень, при яких досліджувався технологічний об’єкт.
2. Криві розгону або імпульсні перехідні характеристики об’єкта регулювання, отримані зміною регулюючої дії, зміною основних збурень або зміною завдання регулятора в замкнутій САР.
3. Вимоги до якості процесу регулювання.

7. Методи навчання:

1. Словесні методи (розповідь, пояснення, бесіда, лекція).

2. Наочні методи:

– ілюстрація (картинки, таблиці, моделі, муляжі, малюнки тощо);

– демонстрування: навчальне відео чи його фрагменти; інтерактивні презентації; експеримент, спостереження, досліди та аналіз результатів тощо.

3. Практичні методи: досліди, вправи, самостійна робота. Лабораторні та практичні роботи, розрахункові, реферати.

8. Очікувані результати навчання з дисципліни:

Очікуваними результати навчання з дисципліни «Теорія автоматичного керування» є набуття студентами ***загальних компетентностей*** – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. ***Фахових компетентностей*** – здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації; здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування; здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

Програмні результати навчання:

- *за загальною підготовкою* – знати та використовувати методи фундаментальних наук для розв'язання та професійних завдань.
- *за фаховою підготовкою* – вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування; вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування типових інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів комп'ютерної графіки.

9 Методи контролю:

1. Усне опитування (фронтальне, індивідуальне детальний аналіз відповідей студентів).

2. Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка (розрахункові, вирішення задач і прикладів, виконання графічних матеріалів, схем, підготовка різних відповідей, рефератів, контрольні роботи тощо).

3. Практична перевірка (проведення різних вимірів, збір, систематизація та опрацювання складання, налагодження, розробка документації, виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформацію, рішення професійних завдань, ділові ігри і т.д.

4. Стандартизований контроль (тести, контрольна робота).

Види контролю: Поточний контроль, проміжна та семестрова атестація.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Семестр 5

Поточне тестування та самостійна робота (разом **50** балів)				Підсумко-вий тест (іспит)	Сума
Т1	Т2	Т3	Т4	**50**	**100**

Т1, Т2 ... Т4 – теми лабораторно-практичних робіт.

Семестр 6

Поточне тестування та самостійна робота (разом **50** балів)								Підсумковий тест (іспит)	Сума
Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	**50**	**100**
6	6	6	7	6	6	6	7		

Т5, Т6 ... Т12 – теми лабораторно-практичних робіт.

11. Методичне забезпечення

Навчально-методичні матеріали до семінарських, практичних і лабораторних занять; підручники і навчальні посібники; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи студентів.

12. Рекомендована література

Основна

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Либідь, 2007. 656 с.
2. Phillips C., Harbor R. Feedback control systems, Prentice-Hall, 2000, 658 p.
3. Теорія автоматичного керування : Частина І : Курс лекцій / Уклад. М.Г. Попович, Б.І. Приймак. – К.: НТУУ ”КПІ”, 2010. – 182 с. – Режим доступу: http://ela.kpi.ua/handle/123456789/770.
4. Теорія автоматичного керування : Частина ІІ : Курс лекцій / Уклад. М.Г. Попович, Б.І. Приймак. – К.: НТУУ ”КПІ”, 2012. – 165 с. – Режим доступу: http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2209.
5. Control System Toolbox. User’s Guide, The MathWorks, Release 2009
6. Б.Б. Самотокін. Курс лекцій з теорії автоматичного керування. — Житомир: ЖІТІ, 1997.
7. Л.М. Артюшин, О.А. Машков,Б.В. Дурняк,М.С. Сівов. Теорія автоматичного керування. — Львів: Видавництво УАД, 2004.
8. Лиса О.В. Research and development of the drying technology / Лиса О. В., Мідик А.-В.В., *Tomasz Więcek* / Міжвідомчий науково-технічний збірник “Вимірювальна техніка та метрологія ”, 2024, том.85, вип..3
9. Лиса О. В. Моделювання системи автоматичного регулювання температури хлібопекарської печі Збірник наукових праць VII Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 «Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів» Луцьк, УКРАЇНА 28-30 травня 2022 року с.77-78.
10. Лиса О.В., Мідик А.-В.В. Віддалене адміністрування роботою групи теплиць. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку» Луцьк, УКРАЇНА 20-22 жовтня 2022 року с.46.
11. Лиса О., Боярчук О. Автоматизація технологічного процесу приготування опари в хлібопекарному виробництві /Вчені Львівського національного університету природокористування виробництву: каталог інноваційних розробок / за заг. ред. В.І.Лопушняка. Вип. 24. Львів, Львів нац.ун-т природ., 2024.

Допоміжна

1. http://www.google.com.ua - пошуковий сайт

13. Інформаційні ресурси

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.