


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ  
Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»

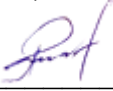


Затверджую:

Декан факультету машинобудування

  
Кассов В.Д.  
«27» травня 2024р.

Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент

  
Разживін О.В.  
«08» травня 2024р.

Розглянуто і схвалено  
на засіданні кафедри автоматизації  
виробничих процесів  
Протокол №\_13 від 06.05.2024р.  
Зав. кафедри

  
Марков О.Є.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ»**

(назва дисципліни)

Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та

робототехніка»

Освітній рівень перший (бакалаврський)

ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Факультет «Машинобудування»

(назва інституту, факультету, відділення)

Розробник: Циганаш В.Є., кандидат техн. наук, доцент  
Білоіваненко Ю.С., асистент

КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ, 2024

Робоча навчальна програма дисципліни «Теорія автоматичного керування» для студентів першого (бакалаврського) рівня за ОПП 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». - 34 с.

Розробник Циганаш В.Є., к.т.н., доцент  
Білоіваненко Ю.С., асистент



Погоджено з групою забезпечення освітньої програми (для обов'язкових дисциплін)

Керівник групи забезпечення



О.В. Разживін, к.т.н., доцент

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри «Автоматизація виробничих процесів», протокол № 13 від 06.05.2024 року.

Зав кафедри АВП:



О.Є. Марков, д.т.н., професор

Розглянуто і затверджено на засіданні Вченої ради факультету машинобудування, протокол № 10-24/05 від 27.05.2024 року

Голова Вченої ради факультету



В.Д. Кассов, д.т.н., професор

©Циганаш В.Є., 2024 рік

©ДДМА, 2024 рік

## I. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Показники		Галузь знань, спеціальність, ОПП (ОНП), професійне (наукове) спрямування, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			Денна Повний/прискор	Заочна Повний/прискор
Кількість кредитів		Галузь знань: «17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації». Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка»	Обов'язкова дисципліна	
8/4	8/4			
Загальна кількість годин				
240/120	240/120			
Модуль – 1		ОПП «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»	Рік підготовки	
Змістових модулів – 2			3/2	3,4/2
Індивідуальне завдання <u>Розробка АСУ</u> <u>технологічним</u> <u>об'єктом</u>			Семестр	
			5/3	5,6,7/3
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 8; самостійної роботи студента – 12		Рівень вищої освіти: <u>перший</u> (бакалаврський)	Лекції	
			45/30	16/8
			Практичні	
			15/15	8/4
			Лабораторні	
			30/15	0
			Курсова робота	
			15/-	4/-
			Самостійна робота	
			135/60	212/108
		Вид контролю		
		Екзамен		

## II. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Актуальність вивчення дисципліни «Теорія автоматичного керування» у зв'язку з завданням професійної підготовки бакалаврів за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» полягає в підвищенні ефективності функціонування автоматизованих систем, шляхом ознайомлення студентів із основними типами засобів керування, оволодіння методикою їх аналізу та розробки; вивчення студентами типових структур систем керування, що мають широке застосування при розробці прикладних систем та методів їх обробки та закріплення навичок роботи.

**Мета викладання дисципліни** – спираючись на принципи та методи, розроблені в цій дисципліні, сформувати здатності та вміння проектування автоматичних систем регулювання і управління об'єктами машинобудування.

Дисципліна «Теорія автоматичного керування» відноситься до обов'язкового циклу загальних дисциплін з напрямку 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

**Завдання** полягає у тому, що на основі вимог ОПП бакалавра за напрямом 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» навчити майбутнього аналізу та розробки; вивчення студентами типових систем керування, що мають широке застосування при розробці прикладних систем керування різної складності.

**Завдання дисципліни** полягає у формуванні здатностей студентів:

**Знати:**

- основні принципи та концепцію побудови замкнених і розімкнених систем автоматичного регулювання та управління;
- теоретичні основи і методи розрахунків основних характеристик систем автоматичного регулювання та управління, а також стійкості та якості;
- організацію взаємодії об'єктів управління з автоматичними регуляторами;
- теоретичні основи, методи розрахунків і алгоритми синтезу систем управління в частотній і часовій області;
- схематичні рішення при побудові корегуючих пристроїв в каналах систем автоматичного регулювання та управління;
- методи аналізу і синтезу систем автоматичного регулювання та управління в частотній і часовій області.

**Вміти:**

- складати математичні моделі замкнених і розімкнених систем автоматичного регулювання та управління;
- аналізувати стійкість та якість динамічних систем;
- обґрунтовано вибирати структури і схеми автоматичного регулювання та управління, здійснювати структурну і параметричну оптимізацію регулюючих пристроїв;
- синтезувати закони та алгоритми оптимального управління технологічними об'єктами;
- застосовувати ЕОМ для дослідження і розрахунку автоматичних систем.

### **Опанувати навиками:**

- планування, проведення досліджень і математичної обробки отриманих результатів;
- формулювання загальних і часткових висновків за результатами досліджень.

### **Передумови для вивчення дисципліни:**

Вища математика, Фізика, Основи мехатроніки, Електротехніка і електромеханіка, Автоматизація технологічних процесів та виробництв.

**Мова викладання:** українська.

**Обсяг навчальної дисципліни** та його розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг для денної форми навчання становить 240 годин/ 8 кредитів, в тому числі: лекції – 45 годин, практичні заняття – 15 годин, лабораторні заняття – 30 годин, практичні з курсової роботи – 15 годин самостійна робота студентів – 135 години.

- загальний обсяг для заочної форми навчання становить 240 годин/ 8 кредитів, в тому числі: лекції – 16 годин, практичні заняття – 8 годин, практичні з курсової роботи – 4 годин самостійна робота студентів – 212 години.

- загальний обсяг для денної прискореної форми навчання на базі академії становить 120 годин/ 4 кредитів, в тому числі: лекції – 30 годин, практичні заняття – 15 годин, лабораторні заняття – 15 годин, самостійна робота студентів – 60 години.

- загальний обсяг для заочної прискореної форми навчання на базі академії становить 120 годин/ 4 кредитів, в тому числі: лекції – 8 годин, практичні заняття – 4 годин, самостійна робота студентів – 108 години.

## **III ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ**

Освітня компонента «Теорія автоматичного керування» повинна сформувати наступні **програмні результати** навчання, що передбачені освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»:

ПРН05. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

ПРН06. 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.

ПРНД3. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Теорія автоматичного керування» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання через здобуття наступних **програмних компетентностей**:

Інтегральні компетентності:

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

Фахові компетентності:

ЗКД1. Здатність діяти свідомо та соціально-відповідально за результати прийняття стратегічних рішень.

ЗКД2. Здатність до навчання та саморозвитку.

Спеціальні компетенції

КІ3. 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.

К14. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

К19. 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

СКД1 Здатність оформляти отримані робочі результати у вигляді презентацій, науково-технічних звітів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Теорія автоматичного керування» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання, які в загальному вигляді можна навести наступним чином:

**У когнітивній сфері** студент здатний:

- усвідомити методи аналізу технологічного процесу виробництва з точки зору забезпечення вимогам інформаційного забезпечення та керування;
- продемонструвати здатність розробляти структурні схеми об'єктів різної складності;
- докладно продемонструвати вміння виконувати синтез регуляторів для корекції стійких та нестійких систем;
- продемонструвати вміння синтезувати математичні моделі корегуючих контурів лінійних та нелінійних систем;
- усвідомити методики побудови систем керування у дискретній формі;
- здійснити доведення розв'язків завдань до практичних прийнятих рішень при впровадженні відповідних сучасних складних систем керування та обробки інформації;
- усвідомити методи синтезу математичних моделей та роботи з ними;
- застосовувати основні підходи до багатоконтурних цифрових систем керування.

**В афективній сфері** студент здатний:

- критично осмислювати лекційний і поза лекційний навчально-практичний матеріал; вільно, компетентно, послідовно та раціонально будувати власну аргументацію; застосовувати основні теорії пошуку передавальних функцій корегуючих ланок на базі сучасних програмних засобів;
- успішно розв'язувати прикладні обчислювальні задачі в рамках використання персональних комп'ютерів та базових методик синтезу;
- регулярно співпрацювати із іншими студентами та викладачем в процесі обговорення проблемних моментів на лекційних, практичних заняттях, ініціювати та брати участь у предметній дискусії з прикладних питань навчальної дисципліни «Теорія автоматичного керування», повною мірою розділяти цінності колективної та наукової етики;
- абстрактно мислити, критично аналізувати, оцінювати та синтезувати нові та складні ідеї;
- приймати обґрунтовані рішення і діяти свідомо та соціально відповідально за результати прийнятих рішень;
- проявляти визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

**У психомоторній сфері** студент здатний:

- самостійно аналізувати і оцінювати методи аналізу стійкості лінійних та нелінійних систем;
- спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань і видів діяльності);
- вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій та з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки, етичних и правових аспектів використання інформації в різних предметних галузях.
- контролювати результати власних зусиль в навчальному процесі та коригувати (за допомогою викладача) ці зусилля для ліквідації пробілів у засвоєнні навчального матеріалу або формуванні умінь, вмінь та навичок;
- самостійно здійснювати пошук, систематизацію, узагальнення навчально-методичного матеріалу, розробляти варіанти розв'язування завдань й обирати найбільш раціональні з них.





## Заочна форма навчання

Вид навчальних занять/контролю	Розподіл між учбовими тижнями 5 семестр																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
<b>Повний курс 5 семестр</b>																		
Лекції	4	4																
Практ. заняття	2	2																
Сам. робота	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
Консультації									К							К		
Контр. роботи																КР		
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю		ПР1														КР		
Вид навчальних занять/контролю	Розподіл між учбовими тижнями 6 семестр																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Повний курс 6 семестр</b>																		
Лекції	4	4															4	4
Практ. заняття	2	2																2
Сам. робота	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Консультації									К									К
Контр. роботи																		КР
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю		ПР1														КР		
Вид навчальних занять/контролю	Розподіл між учбовими тижнями 7 семестр																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Курсова робота	2	2																
Сам. робота			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
<b>Прискорений курс</b>																		
Вид навчальних занять/контролю	Розподіл між учбовими тижнями 7 семестр																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Лекції	4	4																
Практ. заняття		4																
Сам. робота	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8				
Консультації									К						К			
Контр. роботи															КР			
Змістовні модулі	ЗМ1									ЗМ2								
Контроль по модулю		ПР1												ПР8				

**Лекції**  
**Повний курс навчання**

№ з/п	Найменування змістовних модулів і тем	Кількість годин (денна/ заочна)						
		Разом	в т.ч.					Література
			Л	П	Лаб	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Змістовий модуль 1. Теорія автоматичного управління лінійними системами</b>								
1	Лекція 1. Вступ. Поняття про управління. Поняття про автоматичну систему і основні її складові частини. Основні принципи і закони регулювання. Статичні та астатичні системи. Структури автоматичних систем: алгоритмічна, функціональна, конструктивна.	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	5/8		[1] с 9-14, [2] с 11-15
2	Лекція 2. Розвиток управління процесами (рівні автоматизації). Оптимальний рівень автоматизації.	8/8	2/0	0/0	1/0	5/8		[1] с 32-48, [2] с 39-49
3	Лекція 3. Класифікація систем автоматичного регулювання (САР) в залежності від ідеалізації, допущеної при їх математичному описі. Основні вимоги до САР. Основне рівняння теорії зворотного зв'язку. Властивості і роль зворотного зв'язку в системах керування.	9/7	2/0,5	1/0,5	1/0	5/6		[1] с 15-31, [2] с 15-38
4	Лекція 4. Методика складання диференціальних рівнянь. Приклад складання диференціального рівняння для двигуна постійного струму. Складання схеми для дослідження поведінки двигуна в перехідних режимах з допомогою передавальних функцій (ПФ).	8/9	2/1	0/0	1/0	5/8		[1] с 49-55, 102-113, [2] с 49-59, 95-107
5	Лекція 5. Лінеаризація статичних характеристик. Основні види частотних характеристик: визначення та властивості ПФ лінійних САР, амплітудно-фазочастотна характеристика (АФЧХ), амплітудно-частотна характеристика (АЧХ), фазочастотна характеристика (ФЧХ), матеріально-частотна характеристика (МЧХ), уявно-частотна характеристика (УЧХ), формули переходів.	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	5/8		[1] с 56-65, [2] с 60-80
6	Лекція 6. Логарифмічна амплітудна і фазочастотна характеристика (ЛФЧХ): їх особливості, методика отримання, методика побудови ЛФЧХ одно	8/6,5	2/0,5	0/0	1/0	5/6		[1] с 65-90, [2] с 81-94

	контурних систем. Приклад побудови ЛФЧХ. Типові динамічні ланки їх характеристики і способи математичного опису.							
7	Лекція 7. ПФ і рівняння замкнутих систем автоматичного регулювання. Складання і перетворення структурних схем: спосіб складання структурної схеми, багатоконтурна структурна схема, еквівалентні перетворення структурних схем. Дидактичні засоби – графопроектор (структурні схеми ПФ)	8/9,5	1/1	1/0,5	1/0	5/8		[1] с 113-119, [2] с 107-122
8	Лекція 8. Особливості методу простору стану. Змінні стану і рівняння стану динамічних систем. Керованість і спостережуваність.	8/9	2/1	0/0	1/0	5/8		[1] с 119-132 [2] с 126-135, 287-292
9	Лекція 9. Схеми в змінних стану для безперервних систем, одержувані по ПФ системи. Способи програмування. Приклади.	9/10	2/0,5	1/0,5	1/0	5/8		[1] с 119-132, [2] с 136-139
10	Лекція 10. Схеми в змінних стану для безперервних систем, одержувані безпосередньо з рівнянь стану. Приклади.	8/9	2/1	0/0	1/0	5/8		[1] с 119-132, [2] с 136-139
<b>Змістовний модуль 2. Аналогові та цифрові системи керування</b>								
11	Лекція 11. Поняття стійкості. Теорема Ляпунова. Алгебраїчні критерії стійкості: критерій Рауса, критерій Гурвіца. Особливості алгебраїчних критеріїв стійкості. Дидактичні засоби – графопроектор (алгебраїчні критерії стійкості)	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	5/8		[1] с 133-143, [2] с 140-150, 152-155
12	Лекція 12. Частотні критерії стійкості, їх особливості. Принцип аргументу. Загальна властивість мінімально-фазових стійких ланок. Дидактичні засоби – графопроектор (частотні критерії стійкості)	6/8	1/0	0/0	1/0	5/8		[1] с 65,143-148, [2] с 93-94, 155-162
13	Лекція 13. Частотний критерій стійкості Михайлова. Приклад. Амплітудно-фазовий критерій стійкості Найквіста-Михайлова. Аналіз стійкості одноконтурних САР по їх логарифмічним частотним характеристикам.	9,5/9	2/0,5	1/0,5	1,5/0	5/8		[1] с 151-165, [2] с 176-181
14	Лекція 14. Запас стійкості системи по модулю і по фазі. Виділення областей стійкості (метод Д-розподілу для одного, двох параметрів). Приклади.	7/8	1/0	0/0	1/0	5/8		[1] с 148-151, [2] с 150-152, 162-171

15	Лекція 15. Показники якості. Методи аналізу якості. Критерії якості. Визначення динамічних характеристик об'єктів регулювання, труднощі, які виникають при визначенні характеристик. Експериментальне визначення частотних характеристик: вибір діапазону частот для експерименту, метод синусоїдальної хвилі, метод прямокутної хвилі.	8,5/8,5	1/0	1/0,5	1,5/0	5/8	[1] с 168-171, [2] с 193-204
16	Лекція 16. Експериментальне визначення перехідних характеристик: підготовка до проведення експерименту, визначення розгінної та часової характеристик, самовирівнювання, визначення імпульсної характеристики. Рівняння Вінера і методи його розв'язання.	8/8,5	2/0,5	0/0	1/0	5/8	[1] с 181-197,202-215, [2] с 204-217,226-227.
17	Лекція 17. Зв'язок стійкості системи з її якістю. Введення в'язкого тертя. Дидактичні засоби – графопроектор (прикладі реалізації в'язкого тертя)	9/9,5	2/1	1/0,5	1/0	5/8	[1] с 246-254, [2] с 234-243
18	Лекція 18. Підвищення стійкості системи введенням похідних від розпогодження, диференціюючих контурів, інтегруючих контурів і інтегро-диференціюючих контурів.	7,5/8	1/0	0/0	1,5/0	5/8	[1] с 254-261, [2] с 243-246
19	Лекція 19. Підвищення запасу стійкості введенням внутрішнього зворотного зв'язку: замикання інерційної ланки жорстким і гнучким зворотним зв'язком, за-микання інтегруючої ланки жорстким зворотним зв'язком, замиканням електродвигуна гнучким зворотним зв'язком.	8/10	1/1	1/1	1/0	5/8	[1] с 261-263, [2] с 246-253
20	Підвищення запасу стійкості замиканням безінерційної ланки затримуючим зворотним зв'язком, замиканням кількох ланок зворотним зв'язком. Переваги та недоліки використання зворотного зв'язку.	8,5/8,5	2/0,5	0/0	1,5/0	5/8	[1] с 264-275, [2] с 246-255
21	Лекція 21. Загальна характеристика методів підвищення точності САР: використання замкнутих САР і підвищення коефіцієнту підсилення регулятора системи, формування необхідних законів регулювання (введення астатизму, регулювання по похідним і т.п.), використання спеціальних структур САР (комбіноване керування, САР зі змінною структурою і т.п.), реалізація	9/9,5	2/1	1/0,5	1/0	5/8	[1] с 275-284, [2] с 253-265

	принципів інваріантності, використання різного виду корегуючих пристроїв (неодиничний зворотний зв'язок і т.п.).							
22	Лекція 22. Синтез стаціонарних лінійних систем по типовим логарифмічним частотним характеристикам. Методи синтезу. Способи включення корегуючих пристроїв.	7,5/9	1/1	0/0	1,5/0	5/8		[1] с 248-290, [2] с 265-279
23	Лекція 23. Послідовне, паралельне і комбіноване корегування САР. Активні типові ланки послідовної корекції. Передавальні функції, частотні характеристики. Методика вибору параметрів корегуючих пристроїв при послідовній і паралельній корекції. Приклади.	8/9,5	1/0,5	1/1,0	1/0	5/8		[1] с 290-294, [2] с 280-286
24	Лекція 24. Послідовна корекція в просторі стану. Спостережувач Люенбергера. Принципи модального керування.	8/9	2/1	0/0	1/0	5/8		[18] с 47-58,31-64
25	Лекція 25. Випадкові функції та їх оцінка. Проходження випадкового сигналу через САР. Визначення помилок від перешкод. Графічне визначення помилок від перешкод.	8,5/9,5	1/1	1/0,5	1,5/0	5/8		[1] с 295-3396 [2] с 293-310
26	Лекція 26. Особливості нелінійних систем. Типи не лінійностей. Статичні харак-теристики нелінійних систем. Побудова статичних характеристик розімкнутих і замкнутих систем.	8/8,5	2/0,5	0/0	1/0	5/8		[1] с.475-478,[2] с.311-342
27	Лекція 27. Основні методи дослідження стійкості і автоколивань в нелінійних системах: метод фазової площини, метод крапкових перетворень, метод гармонічного балансу, критерій абсолютної стійкості В.М.Попова.	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	5/8		[1] с. 535-539 [2] с. 342-346
Курсова робота							15/4	
Разом годин		240/240	45/16	15/8	30/0	135/212	15/4	

### Прискорений курс навчання

№ з/п	Найменування змістовних модулів і тем	Кількість годин (денна/ заочна)						
		Разом	в т.ч.					
			Л	П	Лаб	СРС	Курс	Література
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Змістовий модуль 1. Теорія автоматичного управління лінійними системами</b>								

1.	Вступ. Поняття про управління. Поняття про автоматичну систему і основні її складові частини. Основні принципи і закони регулювання. Статичні та астатичні системи. Структури автоматичних систем: алгоритмічна, функціональна, конструктивна.	9/9	1/0,5	1/0	1/0	3/6	[1] с 9-14, [2] с 11-15
2.	Класифікація систем автоматичного регулювання (САР) в залежності від ідеалізації, допущеної при їх математичному описі. Основні вимоги до САР. Основне рівняння теорії зворотного зв'язку. Властивості і роль зворотного зв'язку в системах керування.	9/7	1/0,5	1/0,5	1/0	3/6	[1] с 15-31, [2] с 15-38
3.	Методика складання диференціальних рівнянь. Приклад складання диференціального рівняння для двигуна постійного струму. Складання схеми для дослідження поведінки двигуна в перехідних режимах з допомогою передавальних функцій (ПФ).	8/9	2/0,5	0/0	1/0	3/6	[1] с 49-55, 102-113, [2] с 49-59, 95-107
4.	Лінеаризація статичних характеристик. Основні види частотних характеристик: визначення та властивості ПФ лінійних САР, амплітудно-фазочастотна характеристика (АФЧХ), амплітудно-частотна характеристика (АЧХ), фазочастотна характеристика (ФЧХ), матеріально-частотна характеристика (МЧХ), уявно-частотна характеристика (УЧХ), формули переходів.	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	3/6	[1] с 56-65, [2] с 60-80
5.	Логарифмічна амплітудна і фазочастотна характеристика (ЛФЧХ): їх особливості, методика отримання, методика побудови ЛФЧХ одно контурних систем. Приклад побудови ЛФЧХ. Типові динамічні ланки їх характеристики і способи математичного опису.	8/6,5	1/0,5	0/0	1/0	4/6	[1] с 65-90, [2] с 81-94
6.	ПФ і рівняння замкнених систем автоматичного регулювання. Складання і перетворення структурних схем: способ	8/9,5	2/0,5	1/0,5	0/0	3/6	[1] с 113-119, [2] с 107-122

	складання структурної схеми, багатоконтурна структурна схема, еквівалентні перетворення структурних схем. Дидактичні засоби – графопроектор (структурні схеми ПФ)						
7.	Особливості методу простору стану. Змінні стану і рівняння стану динамічних систем. Керованість і спостережуваність.	8/9	2/0	0/0	1/0	3/5	[1] с 119-132 [2] с 126-135, 287-292
8.	Схеми в змінних стану для безперервних систем, одержувані безпосередньо з рівнянь стану. Приклади.	8/9	1/0,5	0/0	0/0	3/5	[1] с 119-132, [2] с 136-139

### Змістовний модуль 2. Аналогові та цифрові системи керування

9.	Поняття стійкості. Теорема Ляпунова. Алгебраїчні критерії стійкості: критерій Рауса, критерій Гурвіца. Особливості алгебраїчних критеріїв стійкості. Дидактичні засоби – графопроектор (алгебраїчні критерії стійкості)	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	3/6	[1] с 133-143, [2] с 140-150, 152-155
10.	Частотні критерії стійкості, їх особливості. Принцип аргументу. Загальна властивість мінімально-фазових стійких ланок. Дидактичні засоби – графопроектор (частотні критерії стійкості)	6/8	1/0,5	0/0	1/0	3/6	[1] с 65,143-148, [2] с 93-94, 155-162
11.	Частотний критерій стійкості Михайлова. Приклад. Амплітудно-фазовий критерій стійкості Найквіста-Михайлова. Аналіз стійкості одноконтурних САР по їх логарифмічним частотним характеристикам.	9,5/9	2/0,5	1/0,5	1/0	3/6	[1] с 151-165, [2] с 176-181
12.	Запас стійкості системи по модулю і по фазі. Виділення областей стійкості (метод Д-розподілу для одного, двох параметрів). Приклади.	7/8	2/0	0/0	0/0	3/6	[1] с 148-151, [2] с 150-152, 162-171
13.	Показники якості. Методи аналізу якості. Критерії якості. Визначення динамічних характеристик об'єктів регулювання, труднощі, які виникають при визначенні характеристик. Експериментальне визначення	8,5/8,5	1/0	1/0,5	1/0	4/6	[1] с 168-171, [2] с 193-204

	частотних характеристик: вибір діапазону частот для експерименту, метод синусоїдальної хвилі, метод прямокутної хвилі.							
14.	Підвищення запасу стійкості введенням внутрішнього зворотного зв'язку: замикання інерційної ланки жорстким і гнучким зворотним зв'язком, замикання інтегруючої ланки жорстким зворотним зв'язком, замиканням електродвигуна гнучким зворотним зв'язком.	8/10	2/0,5	1/0	0/0	3/6		[1] с 261-263, [2] с 246-253
15.	Підвищення запасу стійкості замиканням безінерційної ланки затримуючим зворотним зв'язком, замиканням кількох ланок зворотним зв'язком. Переваги та недоліки використання зворотного зв'язку.	8,5/8,5	2/0,5	0/0	1/0	3/6		[1] с 264-275, [2] с 246-255
16.	Загальна характеристика методів підвищення точності САР: використання замкнутих САР і підвищення коефіцієнту підсилення регулятора системи, формування необхідних законів регулювання (введення астатизму, регулювання по похідним і т.п.), використання спеціальних структур САР (комбіноване керування, САР зі змінною структурою і т.п.), реалізація принципів інваріантності, використання різного виду корегуючих пристроїв (неодиначний зворотний зв'язок і т.п.).	9/9,5	2/0,5	1/0,5	1/0	4/5		[1] с 275-284, [2] с 253-265
17.	Синтез стаціонарних лінійних систем по типовим логарифмічним частотним характеристикам. Методи синтезу. Способи включення корегуючи пристроїв.	7,5/9	1/0,5	0/0	1/0	3/5		[1] с 248-290, [2] с 265-279
18.	Особливості нелінійних систем. Типи не лінійностей. Статичні харак-теристики нелінійних систем. Побудова статичних характеристик розімкнутих і замкнутих систем.	8/8,5	1/0,5	0/0	1/0	3/5		[1] с.475-478,[2] с.311-342



19.	Основні методи дослідження стійкості і автоколивань в нелінійних системах: метод фазової площини, метод крапкових перетворень, метод гармонічного балансу, критерій абсолютної стійкості В.М.Попова.	9/9	2/0,5	1/0,5	1/0	3/5	[1] с. 535-539 [2] с. 342-346
Разом годин		120/120	30/8	15/4	15/0	60/108	-

### Теми практичних занять

Мета практичних робіт - закріплення знань теоретичного матеріалу, здобуття навичок аналізу та побудові алгоритмів, проектування ЦА.

№ з/п	№ теми	Кількість годин	Найменування роботи	Література
1	2	4	5	6
1	1, 2	4	Диференціальні рівняння і частотні характеристики САР.	
2	3, 4	4	Визначення і побудова частотних характеристик (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, ВЧХ, МЧХ)	
3	5, 6	4	Побудова ЛАХ та ЛФЧХ	
4	7, 8	4	Аналіз стійкості САР з використанням необхідної та до-статньої умови стійкості, критеріїв Гурвиця, Михайлова.	
5	9, 10	4	Аналіз стійкості з використанням критеріїв Михайлова, Найквіста, визначення запасу стійкості по амплітуді та фазі.	
6	11,12	4	Оцінка якості лінійних САР. Методи поліпшення якості і синтез САР.	
7	13,14	4	Визначення оптимального параметра методом наймен-шого кореня та за допомогою інтегральної оцінки якості перехідної функції.	
8	15, 16	4	Аналіз САУ методами простору стану, синтез САУ в ча-совій області.	
9	17,18	4	Аналіз стійкості САР методами простору стану. Побу-дова структурних схем різними засобами. Визначення матриць.	
10	22,27	4	Засоби боротьби з випадковістю.	
Усього годин		40		

### Контрольні роботи

Контрольні роботи з теоретичної частини розподілені таким чином:

№ з/п	№ ЗМ	Тема контрольної роботи	Кількість варіантів
1	1	Отримання ПФ розімкнених та замкнених систем	30
2	2	Синтез регулятора замкненої системи	30

### Перелік індивідуальних та/або групових завдань

Індивідуальна робота містить такі етапи:

- проробка лекційного матеріалу згідно з конспектом та літературою;
- підготовка до опитування, контрольних робіт;
- самостійне вивчення частини теоретичного матеріалу згідно з рекомендованою літературою;
- складення конспектів;
- виконання завдань індивідуального характеру.

На протязі семестру студенти паралельно з аудиторними лекційними і практичними заняттями виконують індивідуальні завдання в вигляді розрахунково-графічної роботи алгоритмізації підсистемі поточного контролю промисловим об'єктом.

Приблизна тематика індивідуального завдання наведена у додатку Б.

Роботи повинні представляти собою огляд технічної літератури, проектування структурних та функціональних схем MS Visio. Об'єм роботи повинен бути 5-10 сторінок, оформлених в текстовому редакторі MS WORD шрифтом Times New Roman №14 з міжрядковим інтервалом 1,5, а також містить графічне креслення БСА та ГСА управляючого автомату.

## V КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

### Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної форми навчання

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	2	3	4
1	Побудова та аналіз структурних схем.	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав завдання з побудови структурних схем, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
2	Алгоритми спрощення структурних схем.	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент проводить аналіз простих та покращених структурних схем, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача та колег.
3	Запис передавальних функцій по структурній схемі	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав побудову ПФ, проводить аналіз ПФ, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
4	Закони спрощення ПФ	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав задачу лінійного спрощення ПФ, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
5	Розімкнені та замкнені системи.	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент реалізував створення та трансформації ПФ, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача

1	2	3	4
6	Стійкість систем за алгебраїчними критеріями	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент реалізував визначення стійкості розімкнених та замкнених систем, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
7	Стійкість систем за алгебраїчними критеріями.	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент реалізував визначення стійкості розімкнених та замкнених систем, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
8	Аналіз систем у частотній області	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент реалізував аналіз стійкості системи, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
9	Синтез регулятора послідовної та паралельної корекції	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент реалізувати регулятори послідовної та паралельної корекції, а також навів аргументовані відповіді на уточнювальні та додаткові запитання викладача
8	Контрольна робота 1 за лекційним матеріалом	10	Студент відповів на всі питання контрольної роботи з лекційного матеріалу
9	Контрольна робота 2 за лекційним матеріалом	10	Студент відповів на всі питання контрольної роботи з лекційного матеріалу
10	Індивідуальне завдання	10	Студент виконав розрахунково-графічні індивідуальні завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни
Підсумковий контроль		100	Студент виконав тестові та розрахунково-графічні індивідуальні завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни «Комп'ютерна логіка»
Всього		100	

Підсумкові оцінки за семестр в цілому переводяться за національною шкалою та шкалою ECTS відповідно до таблиці переведення, яка визначається діючим в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців:

<b>Рейтингова оцінка</b>	<b>У національній шкалі</b>	<b>У шкалі ECTS</b>
90-100	Відмінно (зараховано)	A
81-89	Добре (зараховано)	B
75-80	Добре(зараховано)	C
65-74	Задовільно (зараховано)	D
65-64	Задовільно (зараховано)	E
30-54	Незадовільно (не зараховано)	FX
0-29	Незадовільно (не зараховано)	F

Для отримання позитивної оцінки з дисципліни студент повинен скласти всі модулі та одержати не менше ніж 55 балів сумарної оцінки. Студент, який на протязі триместру склав всі модулі і набрав не менше 55 балів сумарної оцінки, має право отримати підсумкову оцінку і буди допущений до заліку, якщо студент не склав контрольні точки або набрав не менше 55 балів сумарної оцінки на протязі семестру має право на перескладання контрольних точок.

Результати прийому заліку оцінюються за 100 – бальною рейтинговою шкалою. При оцінюванні результатів використовується також національна 5-бальна шкала та вищенаведена таблиця переведення з діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

**Критерії оцінювання сформованості програних результатів навчання під час підсумкового контролю**

<b>Синтезований опис компетентності</b>	<b>Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання</b>
<p>Когнітивні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів розв'язку задач моделювання прикладних наукових досліджень;</li> <li>- студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних математичних методів та методологій дослідження систем керування;</li> <li>- студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних обчислювальних методів та комп'ютерних алгоритмів в рамках практичного застосування</li> </ul>	<p>75-89% – студент припускається незначних помилок у описі методів розв'язку задач, недостатньо повно визначає прикладний науково-статистичний зміст наукометричних співвідношень, неповною мірою розуміє переваги та недоліки застосованої моделі, припускається несуттєвих фактичних помилок при витлумаченні розрахунково-графічних результатів та визначенні точності досліджування обчислювальних методів</p> <p>60-74% – студент некоректно формулює алгоритми та методи розв'язання практичних задач та робить суттєві помилки у змісті моделювання, припускається помилок при проектуванні власного комп'ютерного алгоритму, присукається грубих помилок у витлумаченні та розрахунках, а також при оформленні практичної роботи</p> <p>менше 60% – студент не може обґрунтувати свою позицію посиленням на конкретний алгоритм розв'язання практичних задач, неповно володіє методикою розрахунків, не може самостійно підібрати необхідну елементну базу та розрахункові методи; не має належної уяви про витлумачення одержаних результатів</p>
<p>Афективні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- студент здатний критично осмислювати матеріал лекційних та або лабораторних занять; аргументувати власну позицію, спроможний оцінити аргументованість вимог та компетентно дискутувати у професійному та науковому середовищі;</li> <li>- студент здатний креативно співпрацювати із іншими студентами та викладачем; ініціювати і брати участь у конструктивній та аргументованій дискусії, розділяти цінності колективної та наукової етики у сфері прикладних загальнонаукових досліджень</li> </ul>	<p>75-89% – студент припускається певних логічних помилок в аргументації власної позиції в дискусіях на заняттях та під час захисту практичних та індивідуальних розрахункових завдань, відчуває певні складності у поясненні фахівцю та колегам певних подробиць та окремих аспектів професійної проблематики</p>

	<p>60-74% – студент припускається істотних логічних помилок в аргументації власної позиції, виявляє недостатню ініціативу до участі у дискусіях та індивідуальних консультаціях за наявності складності у виконанні практичних та індивідуальних завдань; відчуває істотні складності при поясненні фахівцю або нефахівцю окремих аспектів професійної проблематики</p>
<p>Психомоторні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- студент здатний самостійно працювати, розробляти оригінальні варіанти індивідуальних рішень, впевнено та кваліфіковано звітувати про них;</li> <li>- студент здатний спокійно та зосереджено слідувати методичним підходам до прикладних розрахунків;</li> <li>- студент здатний повною мірою контролювати результати власних зусиль та намагатися оптимально коригувати свої власні зусилля</li> </ul>	<p>менше 60% – студент не здатний продемонструвати вільного володіння логікою та аргументацією у виступах, не виявляє ініціативи до участі у професійній дискусії, до консультування з проблемних питань виконання практичних та індивідуальних завдань, не здатний пояснити нефахівцю суть відповідних проблем професійної діяльності; виявляє зневагу до етики навчального процесу</p>
	<p>75-89% – студент припускається певних помилок у стандартних методичних підходах та відчуває ускладнення при їх модифікації за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p>
	<p>60-74% – студент відчуває ускладнення при модифікації стандартних методичних підходів за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p>
	<p>менше 60% – студент нездатний самостійно здійснювати пошук та опрацювання методів та алгоритмів розв’язання задач, виконувати індивідуальні завдання, проявляє ознаки академічної не сформовані навички самооцінки результатів навчання і навичок міжособистісної комунікації з прийняття допомоги з виправлення поточної ситуації не добросовісності при підготовці індивідуальних завдань та виконанні контрольних робіт</p>

## VI ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання
1	Захист практичних робіт	- опитування за термінологічним матеріалом, що відповідає темі роботи; - оцінювання аргументованості звіту лабораторних завдань; - оцінювання активності участі у дискусіях
2	Індивідуальне завдання	- письмовий звіт про виконання розрахунково-графічної роботи; - оцінювання самостійності та якості виконання завдання в ході звіту-захисту та співбесіди
3	Модульні контрольні роботи	- стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання
Підсумковий контроль		- стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання

## VII РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Єфіменко Л. І. Теорія автоматичного керування. Практикум : навч. посіб. для вищих навч. закладів / Л. І. Єфіменко, І. А. Маринич. – Кривий Ріг : Чернявський Д. О., 2017. – 384 с.

2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. Підручник.-К.: Либідь, 2007.-656с.

3. Теорія автоматичного керування : Частина I : Курс лекцій / Уклад. М.Г. Попович, Б.І. Приймак. – К.: НТУУ "КПІ", 2010. – 182 с.

4. Гоголюк П. Ф. Теорія автоматичного керування. Гоголюк П. Ф., Гречин Т. М., видавництво: Львівська політехніка, 2012 – 280с.

5. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни „Теорія автоматичного управління”: ДДМА, Краматорськ, 2002 (електронний носій)

6. Циганаш В.Є. Теорія автоматичного керування. Конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»/ В.Є. Циганаш: Краматорськ: ДДМА, - 2020.- 116с.10..

7. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997. - 544 с.

8. Åström K.J., Hägglund T. Advanced PID control. – ISA (The Instrumentation, System, and Automation Society) , 2006. — 460 p.

9. Astrom K.J. Advanced PID Control [Текст] / Astrom K.J., Hägglund T. - Instrumentation, Systems, and Automation Society, USA, 2006. – 250 p.

Робоча програма складена  
доц. кафедри АВП,  
к.т.н., доц.  
асистент кафедри АВП

Циганаш Віктор Євграфович  
Білоіваненко Ю.С.



## **ДОДАТКИ**

до робочої навчальної програми з дисципліни  
“ Теорія автоматичного керування ”  
(для денної та заочної форми навчання)

**ДОДАТОК А**  
**ТИПОВІ КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ**

**Контрольні запитання**

1. Що таке функція передачі? Як визначається?
2. Що таке помилка щодо положення? Як визначається?
3. Яка система є стійкою? Наведіть приклад 2-х критеріїв стійкості.
4. Як покращити статичні якості системи (перехідного процесу)?
5. Що таке перехідний процес? Як визначається?
6. Що таке коливальність системи?
7. Яка система є нестійкою? Наведіть приклад 2-х критеріїв стійкості.
8. У чому відмінність послідовної та паралельної корекції системи?
9. Що таке коефіцієнт перерегулювання? Як визначається?
10. Що таке ПІ-регулятор? Для яких систем можна застосовувати?
11. Як визначити стійкість системи по ЛАЧХ та ЛФЧХ.
12. Як зміниться якість перехідного процесу, якщо замінити послідовний регулятор паралельним?
13. Що таке час перехідного процесу? Як визначається?
14. Що таке ПІД-регулятор? Для яких систем можна застосовувати?
15. Яка система називається аперіодичною? Наведіть приклад ПФ.
16. Наведіть приклад ПФ ПІД-регулятора.
17. Що таке точність системи у статиці? Як визначається?
18. Що таке запас стійкості з амплітуди? Як визначається?
19. Яка система називається астатичною? Наведіть приклад ПФ.
20. Наведіть приклад ПФ ВД-регулятора.
21. Що таке точність системи у поступовій динаміці? Як визначається?
22. Що таке запас стійкості по фазі? Як визначається?
23. Послідовність синтезу регулятора послідовної корекції.
24. Наведіть приклад ПФ П-регулятора.
25. Що таке помилка зі швидкістю? Як визначається?
26. Що таке функція передачі? Як визначається?
27. Послідовність синтезу регулятора паралельної корекції.
28. Яка система називається стійкою? Наведіть приклад 2-х критеріїв стійкості.
29. Що таке помилка за становищем? Як визначається?
30. Що таке перехідний процес? Як визначається?
31. Як покращити динамічні якості системи (перехідного процесу)?
32. Що таке коефіцієнт перерегулювання? Як визначається?
33. У чому відмінність послідовної та паралельної корекції системи?

### Задачі

1. 1. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ

$$W_p(p) = \frac{290 \cdot (1 + 0,41 \cdot p)}{p \cdot (1 + 4,7p)(1 + 0,028 \cdot p)}. \text{ Від отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ ПФ}$$

$$W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}$$

2. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{3222 \cdot (1 + 1,2p)(1 + 0,21p)}{p^2 \cdot (1 + 16p)(1 + 0,0023p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

3. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{2,13 \cdot (1 + 13p)}{p(1 + 140p)(1 + 1,4p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ ПФ}$$

$$W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

4. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{13,5 \cdot (1 + 11p)(1 + 4,4p)}{p^2(1 + 130p)(1 + 0,066p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

5. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ .

$$W_p(p) = \frac{12,6 \cdot (1 + 23p)(1 + 11p)}{p^2 \cdot (1 + 120p)(1 + 1,2p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

6. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ .

$$W_p(p) = \frac{2 \cdot (1 + 460p)^2}{p \cdot (1 + 7100p)^2(1 + 42p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ ПФ}$$

$$W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

7. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ .

$$W_p(p) = \frac{2,7316 \cdot (1 + 280p)}{p \cdot (1 + 10p)(1 + 2000p)(1 + 42p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти}$$

$$\text{ЛАЧХ ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

8. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ .

$$W_p(p) = \frac{13,5 \cdot (1+11p)(1+4,4p)}{p^2 \cdot (1+130p)(1+0,066p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

9. Що таке коливальність системи?

10. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{38,6 \cdot (1+0,54p)^2}{p \cdot (1+8,2p)^2(1+0,03p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

11. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{4,79 \cdot (1+95p)}{p \cdot (1+3100p)(1+1,4p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

12. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{13,5 \cdot (1+11p)(1+4,4p)}{p^2(1+130p)(1+0,066p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ}$$

$$\text{ПФ } W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)}.$$

13. Побудувати ЛАЧХ, ЛФЧХ системи за заданою ПФ.

$$W_p(p) = \frac{2,13 \cdot (1+13p)}{p(1+140p)(1+1,4p)}. \text{ З отриманої ЛАЧХ відняти ЛАЧХ ПФ}$$

$$W_p(p) = \frac{1}{(1+p)(1+10p)} ..$$

## ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1. По наведеним у таблиці Б.1 диференціальним рівнянням скласти структурну схему й визначити наступні передатні функції:

- а) розімкненої системи;
- б) замкнутої системи;
- в) по збурюванню.

Таблиця Б.1

№ завд.	Системи диференціальних рівнянь	№ завд.	Системи диференціальних рівнянь
1	$y''(t) + y'(t) + y(t) = x(t) + n(t)$	14	$y(t) - n(t) = 5 \int_0^t z(t) dt + n(t);$ $z(t) = x(t) - y(t)$
2	$Y'(p) = 10z(p) - n_1(p)$ $z(t) = x(t) - 2x'(t) - [y(t) + n(t)]$	15	$Y(p) = \frac{k_{\omega}}{p^2} Z(p) + n(p)$ $Z(p) = X(p) - k_{o.c.} pY(p)$
3	$z_1(t) = z(t) + z'(t) + n_1$ $y'(t) = 10z_1(t) + n_2$ $x(t) - y(t) = z(t)$	16	$y(t) = 2 \int_0^t z(t) dt - n(t)$ $z(t) = x(t) - y(t) - n_2(t)$
4	$y(t) = 10 \int_0^t z(t) dt + n(t)$ $z(t) = x(t) + y(t) - n_2(t)$	17	$y(t) = 5 \int_0^t [z(t) + 2z'(t)] dt$ $z(t) = x(t) - [y(t) + n(t)]$
5	$Y(p) = \frac{10}{p^2} Z(p)$ $Z(p) = X(p) - 0.1p[Y(p) + n(p)]$	18	$y(t) = 5 \int_0^t [z(t) + 2z'(t)] dt$ $z(t) = x(t) - [y(t) + n(t)]$
6	$y(t) - n(t) = 2 \int_0^t [z(t) + z'(t)] dt$ $z(t) = x(t) - y(t)$	19	$z_1(t) = 2z(t) + x'(t)$ $y'(t) = z_1(t) - n_1(t)$ $z(t) = x(t) - y(t)$
7	$y(t) = 2 \int_0^t z(t) dt + n_1(t)$ $z(t) = x(t) - [y(t) + n_2(t)]$	20	$y(t) = 10 \int_0^t z(t) dt - n(t)$
8	$Y(p) = \frac{k}{p^2} Z(p) + n(p)$ $Z(p) = X(p) - k_{o.c.} pY(p) - n_2(p)$	21	$y(t) = kz'(t) = 2z'(t)$ $y_1(t) = 5y(t) - n(t)$ $z(t) = x(t) - y_1(t)$
9	$y(t) = 2 \int_0^t [z(t) + z'(t)] dt$ $z(t) = x(t) - y(t) + n_1(t)$	22	$y'(t) = 5[z_1(t) + 5n(t)]$ $z_1(t) = 2z(t) - n_2(t)$ $z(t) = x(t) - y(t)$

10	$Y''(t) + 2y'(t) + y(t) = x'(t) + 2x(t)$	23	$y'(t) = [z_1(t) + n(t)]2$ $z_1(t) = 0.5z(t)$ $z(t) = x(t) - y(t) - n(t)$
11	$Y'(t) = 5z(t) - n_2(t)$ $z(t) = x(t) + 2x'(t) - y(t)$	24	$2y'(t) = z_1(t) + n_2(t)$ $z_1(t) = 2[z'(t) + 2z(t)]$ $Z(p) = X(p) - Y(p) - n_1(t)$
12	$Y(p) = \frac{k_{\omega}}{p^2} Z(p)$ $Z(p) = X(p) - k_{o.c.} p[Y(p) + n(p)]$	25	$Y(p) = \frac{10}{p^2} Z(p)$ $Z(p) = X(p) - 0.1pY(p)$
13	$y'(t) = z(t)$ $y_1(t) = 9y'(t) - n_2(t)$ $z(t) = x(t) - y_1(t)$	26	$y'(t) = 5z(t) - n_1(t)$ $z(t) = x(t) - 2x'(t) - y(t)$

2. Для заданої передатної функції системи, наведеної в таблиці Б.2, записати математичні залежності й побудувати наступні частотні характеристики:

- амплітудно-фазову частотну характеристику  $W(j\omega)$ ;
- амплітудну частотну характеристику  $A(\omega)$ ;
- фазову частотну характеристику  $\varphi(\omega)$ ;
- речовинну частотну характеристику  $P(\omega)$ ;
- мниму частотну характеристику  $Q(\omega)$ .

Таблиця Б.2

№ завд.	Передатна функція $W(p)$	№ завд.	Передатна функція $W(p)$
1	$\frac{10p}{1 + 0.5p}$	14	$\frac{10}{(1 + 0.5p)(1 + 0.01p)}$
2	$\frac{10p}{(1 + 0.5p)^2}$	15	$\frac{100}{(1 + 0.5p)p^2}$
3	$\frac{10p^2}{(1 + 0.1p)^2}$	16	$\frac{100p}{1 + 0.01p}$
4	$\frac{100}{(1 + 0.2p)^2}$	17	$\frac{10}{(1 + 0.5p)(1 + p)}$
5	$\frac{100}{p(1 + 0.1p)}$	18	$\frac{10}{(1 + 0.1p)p^2}$
6	$\frac{100(1 + p)}{p^2}$	19	$\frac{100}{(1 + 0.5p)^3}$
7	$\frac{100p}{1 + 0.05p}$	20	$\frac{100}{(1 + 0.05p)(1 + 0.1p)}$

8	$\frac{100p}{(1+0.2p)^2}$	21	$\frac{10}{(1+0.02p)p^2}$
9	$\frac{100p^2}{(1+0.05p)^2}$	22	$\frac{10p}{1+0.1p}$
10	$\frac{10}{(1+0.2p)^2}$	23	$\frac{10}{(1+5p)(1+2p)}$
11	$\frac{100}{p(1+0.5p)}$	24	$\frac{100}{(1+2p)p^2}$
12	$\frac{100(1+5p)}{p^2}$	25	$\frac{10}{(1+5p)^3}$
13	$\frac{100p}{1+0.05p}$	26	$\frac{100}{(1+5p)(1+0.1p)}$

3. По заданій у таблиці Б.3 передатні функції розімкнутої системи побудувати логарифмічну частотну характеристику  $L(\omega)$  і фазову частотну характеристику  $\varphi(\omega)$ .

Використовуючи графіки  $L(\omega)$  і  $\varphi(\omega)$ , визначити

а) частоту зрізу системи  $\omega_c$ ;

б) коефіцієнт підсилення на частотах  $2\omega_c$  й  $0,5\omega_c$  ( $k(2\omega_c)$  і  $k(0,5\omega_c)$ );

в) величину фазового зрушення, внесеного системою на частоті зрізу  $\varphi(\omega_c)$  і опорних частотах  $\varphi(\omega_i)$ .

Таблиця Б.3

№ завд.	Передатна функція $W(p)$	№ завд.	Передатна функція $W(p)$
1	$\frac{100(1+0,25p)}{p(1+2,5p)(1+0,033p)^2}$	14	$\frac{200(1+0,125p)}{p(1+1,25p)(1+0,0176p)^2}$
2	$\frac{300(1+0,08p)}{p(1+0,8p)(1+0,001p)^2}$	15	$\frac{25(1+p)}{p(1+10p)(1+0,15p)^2}$
3	$\frac{500(1+0,05p)}{p(1+0,5p)(1+0,007p)^2}$	16	$\frac{125(1+0,3p)^2}{p^3(1+0,001p)^2}$
4	$\frac{100(1+0,33p)}{p(1+3,3p)(1+0,033p)^2}$	17	$\frac{50(1+0,5p)}{p(1+5p)(1+0,066p)^2}$
5	$\frac{50(1+0,66p)}{p(1+6,6p)(1+0,066p)^2}$	18	$\frac{1,25(1+3p)^2}{p^3(1+0,1p)^2}$
6	$\frac{1000(1+0,33p)}{(1+3,3p)^2(1+0,033p)^2}$	19	$\frac{1000(1+0,05p)^2}{p(1+5p)^2(1+0,033p)^2}$

7	$\frac{1000(1+0,5p)^2}{(1+5p)^3(1+0,033p)^2}$	20	$\frac{1000(1+0,33p)^2}{p(1+3,3p)^2(1+0,033p)^2}$
8	$\frac{9(1+p)}{p^2(1+0,05p)^2}$	21	$\frac{27(1+0,5p)^2}{p^3(1+0,05p)^2}$
9	$\frac{1000(1+0,3p)^2}{(1+3p)^3(1+0,05p)^2}$	22	$\frac{100(1+p)}{p(1+10p)(1+0,01p)^2}$
10	$\frac{100(1+0,25p)}{(1+1,67p)^2(1+0,05p)^2}$	23	$\frac{100(1+p)^2}{p^2(1+10p)(1+0,05p)^2}$
11	$\frac{8(1+p)^2}{p^3(1+0,05p)^2}$	24	$\frac{36(1+0,25p)}{p^2(1+0,05p)^2}$
12	$\frac{100(1+10p)^2}{p(1+100p)^2(1+0,5p)^2}$	25	$\frac{10p}{(1+p)(1+0,1p)}$
13	$\frac{100p^2}{(1+p)^2(1+0,1p)^2}$	26	$\frac{1000p^3}{(1+p)^3(1+0,1p)^3}$

4. Для заданої в таблиці Б.4 логарифмічні амплітудно-частотні характеристики розімкнутої системи  $L(\omega)$ :

- а) написати вираження її передатної функції  $W(p)$ ;
- б) визначити коефіцієнт підсилення системи на частотах  $2\omega_c$  й  $0,5\omega_c$  ( $k(2\omega_c)$  і  $k(0,5\omega_c)$ );
- в) визначити величину фазового зрушення, внесеного системою на частоті зрізу  $\varphi(\omega_c)$  і опорних частотах  $\varphi(\omega_i)$ ;
- г) побудувати фазочастотну характеристику системи й амплітудно-фазову;
- д) побудувати криву залежності частоти зрізу системи від величини коефіцієнта підсилення;
- е) побудувати криву залежності фазового зрушення на частоті зрізу від коефіцієнта підсилення.

Таблиця Б.4

№ дз	Графік	№ дз	Графік
------	--------	------	--------

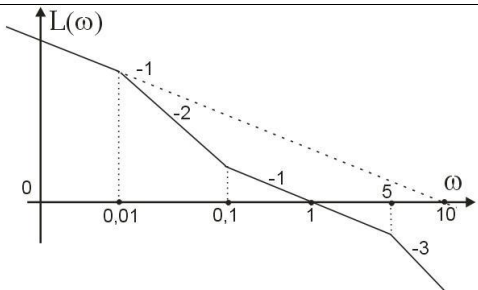


1		14	
2		15	
3		16	
4		17	
5		18	

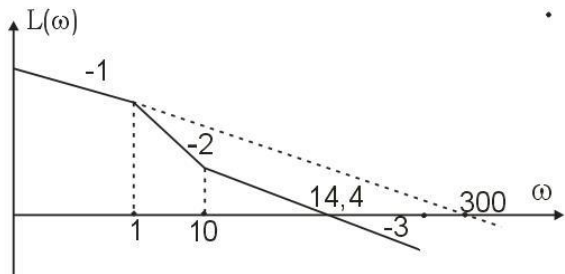
Продовження табл. Б.4

№ ДЗ	Графік	№ ДЗ	Графік
------	--------	------	--------

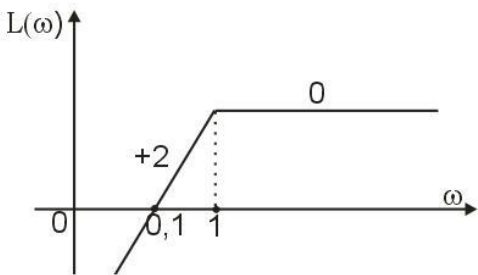
11



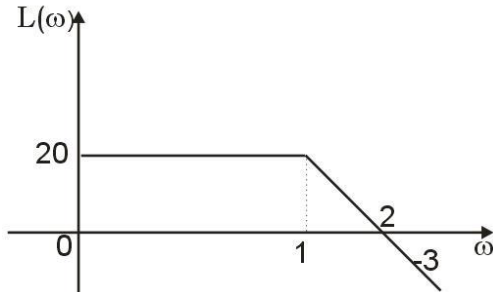
24



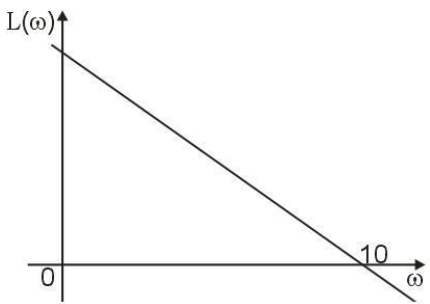
12



25



13



26

