

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра Автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор навчально-наукового інституту

«Українська інженерно-педагогічна академія»

Денис КОВАЛЕЙКО

2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Структури систем підлеглого регулювання

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
(шифр і назва)

спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
(шифр і назва)

освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни За вибором
(обов'язкова / за вибором)

інститут Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою навчально-наукового інституту
«Українська інженерно-педагогічна академія»

« 25 » червня 2025 року, протокол № 10

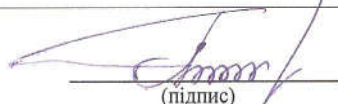
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Василець Тетяна Юхимівна, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри Автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

Програму схвалено на засіданні кафедри

Автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

Протокол від « 06 » червня 2025 року № 12

Завідувач кафедри Автоматизації, метрології та енергоефективних
технологій


(підпис)

Канюк Г.І.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
(керівником проектної групи)

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)

Гарант освітньо-професійної програми
(керівник проектної групи)


(підпис)

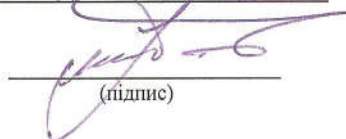
Василець Т.Ю.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією

Навчально наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія»
(назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна)

Протокол від « 24 » червня 2025 року № 7

Голова науково-методичної комісії Навчально наукового інституту
«Українська інженерно-педагогічна академія»


(підпис)

Петров С.В.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Структури систем підлеглого регулювання» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

_____ перший (бакалаврський) _____

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка _____

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета: Формування системи теоретичних знань, практичних вмінь і навичок системного підходу до процесу аналізу і синтезу систем підлеглого регулювання, використовуваних для рішення проблем (завдань) у різних областях виробництва.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення функцій, структури та складу систем підлеглого регулювання;
- формування вміння обґрунтувати вибір структури системи;
- формування навичок розрахунку параметри елементів системи, що проектується;
- формування навичок синтезу регуляторів контурів систем підлеглого регулювання;
- оволодіти технікою застосування математичних пакетів для імітаційного моделювання систем.

1.3. Кількість кредитів

6

1.4. Загальна кількість годин

180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	4-й
Семестр	
7-й	7-й
Лекції	
40 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
50 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
90 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Перелік компетентностей, що формує дана дисципліна

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК5. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ФК3. 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..

ФК9. 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.

1.7. Перелік результатів навчання, що формує дана дисципліна

ПР4. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей

ПР5. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування

1.8. Пререквізити: Фізика, Електротехніка, Робототехніка, Вимірювання та технічні засоби автоматизації, Електроніка, Теорія автоматичного управління, Теорія електроприводу та системи управління електроприводами, Програмне забезпечення систем управління, Мікроконтролери та мікропроцесорна техніка.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Математичні моделі об'єктів і систем управління. Методи синтезу і аналізу систем підлеглого управління

Тема 1. Математичний опис систем управління в змінних вхід-вихід.

Основні означення й поняття. Лінеаризація диференціальних рівнянь. Запис диференціальних рівнянь в операторній формі. Запис диференціальних рівнянь у зображеннях за Лапласом. Передатна функція системи управління електроприводом. Структурні схеми систем управління електроприводами. Частотні методи дослідження систем управління електроприводами.

Тема 2. Математичний опис систем управління в змінних стану. Математичний опис основних елементів систем управління.

Основні означення й поняття. Рівняння стану. Рівняння стану в стандартній формі. Розв'язання рівнянь стану.

Математична модель тиристорного перетворювача. Математична модель двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Рівняння стану двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Матрицева передатна функція. Математична модель двигуна постійного струму з урахуванням пружних деформацій механічної передачі. Математична модель трифазного асинхронного двигуна.

Тема 3. Основні поняття і принципи побудови систем підлеглого управління. Критерії оптимальності.

Визначення системи підлеглого управління. Структурна схема багатоконтурної системи. Вибір кількості контурів. Структура контурів. Визначення малої некомпенсованої сталої часу контуру. Передатні функції контурів.

Модульний і симетричний критерії оптимізації контурів систем підлеглого управління, їх передатні функції. Показники якості перехідних процесів контурів, оптимізованих за симетричним і модульним критеріями. Спосіб зменшення перерегулювання при оптимізації за симетричним критерієм.

Тема 4. Типові аналогові регулятори. Методика синтезу послідовних коректуючих пристроїв (регуляторів) контурів систем підлеглого управління. Синтез коригувального пристрою і розрахунок параметрів контуру струму.

Види регуляторів: пропорційний регулятор (П-регулятор), інтегральний регулятор (І-регулятор), інтегрально-пропорційний регулятор (ПІ-регулятор), диференціальний регулятор (Д-регулятор), пропорційно-диференціальний регулятор (ПД-регулятор), їх принципові схеми та передатні функції.

Задача синтезу регуляторів. Послідовність дій при визначенні передатної функції регуляторів.

Спрощена принципова схема контуру струму. Структурна схема контуру струму. Перетворення до схеми з одиничним зворотним зв'язком. Передавальна функція об'єкту управління контура струму. Вибір критерію оптимізації. Визначення передавальної функції регулятора контура струму. Розрахунок параметрів регулятора

Розділ 2. Синтез і дослідження систем підлеглого регулювання швидкості із зворотним зв'язком за швидкістю та ЕРС

Тема 1. Синтез і дослідження одноразово-інтегруючої системи підлеглого регулювання швидкості.

Алгоритмічна схема контуру швидкості. Перетворення до схеми з одиничним зворотним зв'язком. Визначення передавальної функції об'єкту управління контура швидкості. Визначення передавальної функції регулятора контура швидкості при оптимізації за модульним критерієм. Розрахунок параметрів регулятора. Алгоритмічна схема системи управління швидкістю обертання, оптимізованої по модульному критерію.

Побудова схеми моделювання системи з використанням Simulink системи MATLAB. Дослідження динамічних характеристик систем регулювання швидкості з астатизмом першого порядку.

Тема 2. Синтез і дослідження дворазово-інтегруючої інтегруючої системи підлеглого регулювання швидкості

Визначення передавальної функції регулятора контура швидкості при оптимізації за симетричним критерієм. Розрахунок параметрів регулятора. Алгоритмічна схема системи управління швидкістю обертання, оптимізованої по симетричному критерію. Застосування фільтра на вході системи для зменшення перерегулювання системи.

Дослідження динамічних характеристик систем регулювання швидкості з астатизмом другого порядку.

Тема 3. Синтез і дослідження системи регулювання швидкості із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна.

Структурі схеми систем регулювання швидкості із зворотним зв'язком по ЕРС. Розрахунок параметрів регулятора ЕРС в системах з датчиком ЕРС і в системах без застосування датчика ЕРС. Моделювання систем автоматичного управління за допомогою системи MATLAB. Системи регулювання швидкості електроприводом ТП-Д з внутрішнім контуром напруги.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і 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
Розділ 1. Математичні моделі об'єктів і систем управління. Методи синтезу і аналізу систем підлеглого управління												
Тема 1. Математичний опис систем управління в змінних вхід-вихід. Структурні схеми систем управління. Частотні методи дослідження систем управління.	20	6	4			10						
Тема 2. Математичний опис систем управління в змінних стану. Математичний опис основних елементів систем управління.	24	6	4			14						
Тема 3. Основні поняття і принципи побудови систем підлеглого управління. Критерії оптимальності.	23	6	4			13						
Тема 4. Типові аналогові регулятори. Методика синтезу послідовних коректуючих пристроїв (регулято-	23	6	8			9						

рів) контурів систем підлеглого управління. Синтез коригувального пристрою і розрахунок параметрів контуру струму.												
Разом за розділом 1	90	24	20			46						
Розділ 2. Синтез і дослідження систем підлеглого регулювання швидкості із зворотним зв'язком за швидкістю та ЕРС												
Тема 1. Синтез і дослідження одноразово-інтегруючої інтегруючої системи підлеглого регулювання швидкості	30	6	10			14						
Тема 2. Синтез і дослідження дворазово-інтегруючої інтегруючої системи підлеглого регулювання швидкості.	30	4	10			16						
Тема 3. Синтез і дослідження системи регулювання швидкості із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна.	30	6	10			14						
Разом за розділом 2	90	16	30			44						
Усього годин	180	40	50			90						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок параметрів якірного кола електроприводу ТП-Д	2
2	Розрахунок параметрів якірного кола електроприводу Г-Д	2
3	Функціональна схема системи автоматичного управління електроприводом ТП-Д	2
4	Рівняння динаміки і передавальні функції об'єкту управління системи підлеглого регулювання швидкості електроприводу ТП-Д	2
5	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура струму системи підлеглого регулювання із зворотним зв'язком по швидкості	4
6	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура швидкості системи підлеглого регулювання	4
7	Дослідження динамічних характеристик системи підлеглого регулювання швидкості електроприводу ТП-Д	4
8	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура струму системи підлеглого регулювання із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна	2

9	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура ЕДС одноразово інтегруючої системи підлеглого регулювання із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна	4
10	Дослідження динамічних одноразово інтегруючої системи підлеглого регулювання із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна	4
11	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура ЕДС дворазово інтегруючої системи підлеглого регулювання із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна	4
12	Дослідження динамічних дворазово інтегруючої системи підлеглого регулювання із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна	4
13	Схема трьохконтурної системи підлеглого регулювання швидкості електроприводу Г-Д	2
14	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура напруги системи підлеглого регулювання швидкості електроприводу Г-Д	4
15	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура струму системи підлеглого регулювання швидкості електроприводу Г-Д	2
16	Синтез послідовного коректуючого пристрою контура швидкості системи підлеглого регулювання швидкості електроприводу Г-Д	4
	Разом	50

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Математичний опис систем управління в змінних вход-вихід. Структурні схеми систем управління. Частотні методи дослідження систем управління. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	15
2	Математичний опис систем управління в змінних стану. Математичний опис основних елементів систем управління. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	20
3	Основні поняття і принципи побудови систем підлеглого управління. Критерії оптимальності. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	20
4	Типові аналогові регулятори. Методика синтезу послідовних коректуючих пристроїв (регуляторів) контурів систем підлеглого управління. Синтез коригувального пристрою і розрахунок параметрів контуру струму. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання курсової роботи. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	20
5	Синтез і дослідження одноразово-інтегруючої інтегруючої системи підлеглого регулювання швидкості. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	18

6	Синтез і дослідження дворазово-інтегруючої інтегруючої системи підлеглого регулювання швидкості. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	20
7	Синтез і дослідження системи регулювання швидкості із зворотним зв'язком по ЕРС двигуна. Робота з конспектом лекцій. Робота з навчальною літературою. Підготовка до практичних занять. Виконання завдань для самостійної роботи на сайті дистанційної освіти.	20
	Разом	90

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

7. Методи навчання

Пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, частково-пошуковий, дослідницький, проблемного викладу; словесні, наочні, практичні; аналіз, синтез, індукція, дедукція; активні методи (дискусії та дебати, метод кейсів), інтерактивні методи (інтерактивні лекції, мозкові штурми, інтерактивні симуляції), проектні методи (проектне навчання, метод проектів); методи дистанційного навчання.

8. Методи контролю

Поточний контроль – усне та письмове опитування, експрес-опитування, контрольні роботи, тестування, оцінка практичних навичок, перевірка завдань для самостійної роботи, кейс-метод, комп'ютерні симуляції.

Підсумковий контроль – екзамен.

9. Схема нарахування балів

для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання									Екзамен	Сума
Розділ 1				Розділ 2			Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом		
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	20	60		
5	5	6	6	6	6	6			40	100

T1, T2 ... – теми розділів

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 20 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Автоматизований електропривод. Розділ 1. Теорія електропривода. Навчальний посібник. / Н.Д. Красношопка – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. - 2023. – 101 с.
2. Возняк, О.М., Штуць. А.А., Колісник М.А. Сучасні системи електроприводів. Теорія та практика. Частина 1. Навчальний посібник. – Вінниця: ТВОРИ, 2021. – 280 с.
3. А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.
4. Панкратов А.І. Системи керування електроприводами. Видання 2: Навч. посібник з дисципліни «Системи керування електроприводами» (для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» денної і заочної форми навчання) – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 225 с.
5. Колб Ант. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. – Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.
6. Панкратов А.І. Системи керування електроприводами. Видання 2: Навч. посібник з дисципліни «Системи керування електроприводами» (для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» денної і заочної форми навчання) – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 225 с.
7. Лавріненко Ю.М. Електропривод: Підручник/ Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко. – К.: Видавництво «Ліра-К», 2009. – 504 с.
8. Попович М. Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. Електромеханічні системи керування та електроприводи: навч. посібник. / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.

Допоміжна література

1. Васи́лега П. О. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Васи́лега. – Суми: Сумський державний університет, 2022. – 290 с. ISBN 978-966-657-900-6.
2. Шефер О.В. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів: конспект лекцій. – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – 154 с.
3. Електропривод виробничих машин і механізмів: Навчальний посібник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В. , 2020. – 444 с. ISBN 978-617-7890-88-0.
4. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / [А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, І.С. Трунова]. – Х.: ХНАДУ, 2016 – 292 с.

5. Зеленов А.Б. Теорія електропривода. Методика проектування електроприводів: Підручник / А.Б. Зеленов. – Луганськ: вид-во «Ноулідж», 2010. – 670 с.
6. Шевченко І.С., Морозов Д.І. Електромеханічні системи в асинхронному електроприводі: Навч. посібник / І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – Алчевськ: ДонДТУ, 2009. – 349 с.
7. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (теорія и практика): Учбовий посібник/ За ред. М.Г. Поповича, В.В. Кострицького. - К.: КНУТД, 2008. - 408 с.
8. Шульга О.В. Автоматизоване керування електроприводами. Навчальний посібник Полтава: ПолтНТУ, 2007. – 293 с.
9. Васи́лега П.О., Му́ріков Д.В. Електропривод робочих машин: Навч. Посібник. – Суми: Університетська книга, 2006. – 228 с.
10. Ткачук В. О. Електромеханотроніка: підручник / В. О. Ткачук. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 440 с.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Посилання на сторінку навчальної дисципліни в системі дистанційної освіти ННІ «УІПА». URL. <https://moodle.karazin.ua/>
2. Working Principle of DC Motor. URL. <https://griml.com/0pw7z>
3. Construction and Working of a DC Motor. URL. <https://griml.com/3tOVa>
4. Construction of a DC Generator. URL. <https://griml.com/oyiyb>
5. How to control DC & AC motors. URL. <https://griml.com/Yk95o>
6. What is a SYNCHRONOUS MOTOR and how does it work ? URL. <https://griml.com/msRSc>
7. How does an Induction Motor work ? URL. <https://griml.com/Tylkc>
8. How does an Induction Motor work how it works 3 phase motor ac motor. <https://griml.com/Q19Nl>
9. Speed Control of DC Motor. URL. <https://griml.com/n9f1h>
10. Speed Control of Induction Motor. URL. <https://griml.com/tEea6>
11. Three phase full wave controlled rectifier. URL. <https://griml.com/ZrecC>
12. Understanding the concept of Control System-Basics, Open & Closed Loop, Feedback Control System. <https://griml.com/qUc6d>
13. Closed Loop Control. URL. <https://griml.com/GFOjL>
14. A real control system - how to start designing. URL. <https://griml.com/9vpYV>
15. Структури систем підлеглого регулювання : навч.-метод. посіб. для студ. освітнього ступеня «бакалавр» денної та заоч. форм навч. спец. : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Ч. 1 / Т. Ю. Василець, О. О. Варфоломієв ; Укр. інж.-пед. акад. ; Харків : [б. в.], 2020. – 76 с.
16. Структури систем підлеглого регулювання : навч.-метод. посіб. для студ. освітнього ступеня «бакалавр» денної та заоч. форм навч. спец. : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Ч. 2 / Т. Ю. Василець, О. О. Варфоломієв ; Укр. інж.-пед. акад. ; Харків : [б. в.], 2020. – 86 с.
17. Структури систем підлеглого регулювання: метод. вказ. до організації та планування самостійної роботи для студентів ОС «бакалавр» денної та заоч. форм навч. спец. : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. / Укр. інж.-пед. акад. ; упоряд. . Т. Ю. Василець. – Харків : [б. в.], 2020. – 34 с.
18. Структури систем підлеглого регулювання : метод. вказ. до проведення практичних занять для студ. ОС «бакалавр» денної та заоч. форм навч. спец: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. / Укр. інж.-пед. акад. ; упоряд. Т. Ю. Василець, О. О. Варфоломієв. – Харків : [б. в.], 2020. – 52 с – 113 с.