

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра автоматики та електроустаткування

T7652



ЗАТВЕРДЖЕНО
Заступник директора з
навчальної роботи

 к.т.н., проф. Дудченко О.М.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Control systems of electric drives

рівень вищої освіти	<i>перший (бакалаврський)</i>
тип дисципліни	<i>обов'язкова</i>
мова викладання	<i>українська</i>

Херсон – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи керування електроприводів» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійна програма «Електромеханіка».

«27» серпня 2023 року. – 27 с.

Розробник: Філіпчук О.М., старший викладач кафедри автоматки та електроустаткування..

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи керування електроприводів» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми

Гарант освітньо-професійної програми

«Електромеханіка»

канд. техн. наук, доцент

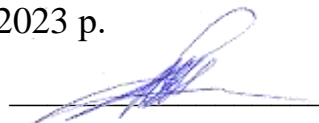


О.Д. Штанько

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Системи керування електроприводів» розглянуто на засіданні кафедри автоматки та електроустаткування.

Протокол № 01 від «28» серпня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри



А.В. Надточій

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи керування електроприводів» затверджена методичною радою ХННІ НУК.

Протокол № 01 від «29» серпня 2023 р.

Голова МР ХННІ НУК



О.М. Дудченко

© ХННІ НУК, 2023 рік

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	14
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	15
8. Критерії оцінювання результатів навчання	21
9. Засоби навчання	21
10. Рекомендовані джерела інформації	21
Додаток.....	23

ВСТУП

Анотація

Робочою програмою навчальної дисципліни «Системи керування електроприводів» передбачено формування у здобувачів вищої освіти основних методів проектування та аналізу основних характеристик автоматизованих електроприводів різних класів та систем керування ними, що базуються на знанні фізичних принципів роботи та особливостей електромеханічних систем, силових перетворювачів, методів аналізу динамічних характеристик.

Дисципліна «Системи керування електроприводів» носить міждисциплінарний характер, вона забезпечує підготовку здобувачів вищої освіти до вивчення навчальних дисциплін «Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів», «Основи енергозбереження в електромеханічних системах».

Ключові слова: автоматизований електропривод, датчик, регулятор, система керування, силовий перетворювач.

Annotation

The work program of the study discipline «Control systems of electric drives» provides for the formation in students of higher education of the basic methods of designing and analyzing the main characteristics of automated electric drives of various classes and their control systems, based on knowledge of the physical principles of operation and features of electromechanical systems, power converters, methods of analyzing dynamic characteristics .

The discipline «Control systems of electric drives» is interdisciplinary in nature, it provides training for students of higher education to study the educational disciplines «Power converters of automated electric drives», «Basics of energy saving in electromechanical systems».

Keywords: automated electric drive, sensor, regulator, control system, power converter.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 9	Галузь знань 14 – Електрична інженерія	Обов'язкова	
Модулів – 3		Рік підготовки	
Змістових модулів – 3		4-й	4-й
Електронна адреса на сайті ХННІ НУК: http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/electromechanics-b.html	Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Освітня програма «Електромеханіка»	Семестри	
Індивідуальне науково-дослідне завдання - Курсовий проект		7-й, 8-й	7-й, 8-й
Загальна кількість годин - 270		Лекції	
		7, 8 семестр - 60 год.	26 год.
		Практичні	
		7, 8 семестр - 60 год.	18 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 7, 8 семестр – 4,5; самостійної роботи студента: 7, 8 семестр – 4,5.	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лабораторні	
		7, 8 семестр - 15 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		7, 8 семестр - 135 год.	222 год.
		Індивідуальні завдання: год.	
		-	
		Види контролю: 7, 8 семестр – екзамен, 8 семестр – курсовий проект	
		Форма контролю: комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Системи керування електроприводів» є формування у здобувачів вищої освіти відповідно до освітньої програми таких компетентностей:

1) інтегральну компетентність:

- здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов;

2) загальні компетентності:

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

3) професійні компетентності:

ФК11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР);

ФК17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання;

ФК22*. Здатність планувати і розробляти проекти у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, здійснювати інформаційне, матеріальне-технічне та кадрове забезпечення.

ФК 23*. Розуміння сутності та основ керування електромеханічними системами автоматизації та електроприводами, застосування енергозберігаючих технологій в електромеханічних системах та електроенергетиці.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Теорія електропривода».

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів вищої освіти таких результатів навчання:

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПР03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та

автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

ПР11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

ПР14. Розуміти принципи європейської демократії та поваги до прав громадян, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР15. Розуміти та демонструвати добру професійну, соціальну та емоційну поведінку, дотримуватись здорового способу життя.

ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні,

розподіленні та використанні.

ПР20*. Вміти застосовувати на практиці інструментальні засоби для реалізації і модернізації електричних мереж, електромеханічних систем автоматизації та електроприводів промислових підприємств і підприємствах морегосподарського комплексу.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Функціональна побудова та математичний опис систем керування.

Тема 1. Терміни та визначення. Загальна характеристика АЕП. Узагальнена функціональна схема АЕП.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 2. Принципи побудови системи керування. Показники якості процесів керування, показники якості перехідних процесів.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 3. Основні закони керування та типи регуляторів, реалізованих на операційних підсилювачах постійного струму.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 4. Регулювання швидкості в СКЕП постійного струму. Типові структури СКЕП.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 5. Основні силові схеми вентильних перетворювачів. Схеми реверсивних вентильних електроприводів.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 6. Керування реверсивними вентильними перетворювачами. Сумісне керування групами вентилів. Роздільне керування групами вентилів.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 7. Система імпульсно-фазового керування.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 8. Стандартні настройки найпростіших контурів систем керування.

Джерела інформації: [1-13].

Модуль 2

Змістовий модуль 2. Замкнені СКЕП змінного струму.

Тема 9. Загальна характеристика СКЕП змінного струму. Фізичні залежності, характерні для АЕП змінного струму.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 10. Особливості керування швидкістю асинхронних електроприводів.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 11. Замкнені схеми регулювання швидкості АЕП шляхом зміни напруги статора.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 12. Класифікація систем частотного керування асинхронним двигуном.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 13. Схема регульованого електропривода на основі автономного інвертора струму.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 14. Керування струмом двигуна при відсутності регулятора швидкості.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 15. Асинхронний електропривод з регульованою напругою на статорі й використанням регуляторів швидкості.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 16. Системи частотно-струмового керування швидкістю.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 17. Системи векторного керування. Принцип векторного керування. Схеми.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 18. Система векторного керування асинхронним електроприводом без датчика швидкості.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 19. Система керування положенням механізму. Принцип побудови слідкуючих СКЕП в режимі позиціонування та функціональні схеми.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 20. Особливості математичного опису слідкуючих СКЕП.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 21. Якісні характеристики.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 22. Методи синтезу корегуючих пристроїв. Розрахунки параметрів регуляторів.

Джерела інформації: [1-13].

Тема 23. Синтез регуляторів в слідкуючих СКЕП.

Джерела інформації: [1-13].

Модуль 3

Змістовий модуль 3.

Визначення теми курсового проекту та складання плану. Затвердження теми і плану курсового проекту у керівника. Підбір і вивчення рекомендованої літератури. Складання бібліографії. Збір та обробка фактичних і статистичних даних. Класифікація, систематизація та опрацювання даних згідно з послідовністю розділів плану курсового проекту. Проведення розрахунків, обґрунтування пропозицій, побудова таблиць та графіків, формування висновків та здійснення редагування. Написання тексту і оформлення курсового проекту. Захист курсового проекту.

5.1. Тематичний план навчальної дисципліни

Назва змістових модулів і тем дисципліни	Кількість годин										
	Разом	Денна форма навчання				Разом	Заочна форма навчання				
		у тому числі					у тому числі				
		Лекції	Лабор/ робота	Практична робота	Самостійна робота		Лекції	Лабор/ робота	Практична робота	Самостійна робота	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Модуль 1											
Змістовий модуль 1. Функціональна побудова та математичний опис систем керування											
Тема 1. Терміни та визначення. Загальна характеристика АЕП. Узагальнена функціональна схема АЕП	5	2		2	1	15	2			5	
Тема 2. Принципи побудови системи керування. Показники якості процесів керування, показники якості перехідних процесів	6	2		2	2					2	6
Тема 3. Основні закони керування та типи регуляторів, реалізованих на операційних підсилювачах постійного струму	6	2		2	2	7	2			5	
Тема 4. Регулювання швидкості в СКЕП постійного струму. Типові структури СКЕП	8	3		3	2	15	2		2	6	
Тема 5. Основні силові схеми вентильних перетворювачів. Схеми реверсивних вентильних електроприводів	8	3		3	2						5
Тема 6. Керування реверсивними вентильними перетворювачами. Сумісне керування групами вентилів. Роздільне керування групами вентилів	8	3		3	2	21	2		2	5	
Тема 7. Система імпульсно-фазового керування	8	3		3	2						5
Тема 8. Стандартні настройки найпростіших контурів систем керування	6	2		2	2					2	5
Разом за змістовим модулем 1	55	20		20	15	58	8		8	42	

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 2										
Змістовий модуль 2. Замкнені СКЕП змінного струму										
Тема 9. Загальна характеристика СКЕП змінного струму. Фізичні залежності, характерні для АЕП змінного струму	6	2		2	2	18			2	6
Тема 10. Особливості керування швидкістю асинхронних електроприводів	6	2		2	2		2	2		6
Тема 11. Замкнені схеми регулювання швидкості АЕП шляхом зміни напруги статора	10	3	2	3	2	18	2			6
Тема 12. Класифікація систем частотного керування асинхронним двигуном	6	2		2	2		2		2	6
Тема 13. Схема регульованого електропривода на основі автономного інвертора струму	10	3	2	3	2	6				6
Тема 14. Керування струмом двигуна при відсутності регулятора швидкості	8	3		3	2	8	2			6
Тема 15. Асинхронний електропривод з регульованою напругою на статорі й використанням регуляторів швидкості	10	3	2	3	2	8			2	6
Тема 16. Системи частотно-струмового керування швидкістю	8	3		3	2	8	2			6
Тема 17. Системи векторного керування. Принцип векторного керування. Схеми	10	3	2	3	2	6				6
Тема 18. Система векторного керування асинхронним електроприводом без датчика швидкості	8	3		3	2	10	2		2	6
Тема 19. Система керування положенням механізму. Принцип побудови слідкуючих СКЕП в режимі позиціонування та функціональні схеми	10	3	2	3	2	8	2			6
Тема 20. Особливості математичного опису слідкуючих СКЕП	10	3	2	3	2	10	2	2		6
Тема 21. Якісні характеристики	6	2		2	2	8			2	6
Тема 22. Методи синтезу корегуючих пристроїв. Розрахунки параметрів регуляторів	10	3	2	3	2	8	2			6
Тема 23. Синтез регуляторів в слідкуючих СКЕП	7	2	1	2	2	6				6
Разом за змістовим модулем 2	125	40	15	40	30	122	18	4	10	90

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 3										
Змістовий модуль 3. Курсовий проект										
1. Визначення теми курсового проекту та складання плану. Затвердження теми і плану курсового проекту в керівника	10	-	-	-	10	10	-	-	-	10
2. Підбір і вивчення рекомендованої літератури. Складання бібліографії. Коригування плану курсового проекту	20	-	-	-	20	20	-	-	-	20
3. Збір та обробка фактичних і статистичних даних. Класифікація, систематизація та опрацювання даних згідно з послідовністю розділів плану курсового проекту	20	-	-	-	20	20	-	-	-	20
4. Проведення розрахунків, обґрунтування пропозицій, побудова таблиць та графіків, формування висновків та здійснення редагування. Уточнення планів з урахуванням матеріалу	20	-	-	-	20	20	-	-	-	20
5. Консультація з питань оформлення курсового проекту. Написання тексту і оформлення курсового проекту. Підготовка до захисту курсового проекту. Консультація з різних загальних питань	20	-	-	-	20	20	-	-	-	20
6. Захист курсового проекту	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 3	90	-	-	-	90	90	-	-	-	90
Усього годин	270	60	15	60	135	270	26	4	18	222

Примітка: для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання читаються оглядові лекції за темами модулів в обсягах відповідно до таблиці.

5.2 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Моделювання мостового широтно-імпульсного перетворювача з почерговим законом керування в усталених режимах	2	
2	Моделювання системи з автономним інвертором	2	2
3	Побудова асинхронного електропривода з частотним керуванням	2	
4	Дослідження частотно-струмового електропривода зі скалярним керуванням	2	
5	Побудова частотного електропривода з векторним керуванням	4	2
6	Побудова електропривода на базі вентильного двигуна	3	
Разом		15	4

5.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	2	3	4
1	Терміни та визначення. Загальна характеристика АЕП. Узагальнена функціональна схема АЕП	2	
2	Принципи побудови системи керування. Показники якості процесів керування, показники якості перехідних процесів	2	2
3	Основні закони керування та типи регуляторів, реалізованих на операційних підсилювачах постійного струму	2	
4	Регулювання швидкості в СКЕП постійного струму. Типові структури СКЕП	3	2
5	Основні силові схеми вентильних перетворювачів. Схеми реверсивних вентильних електроприводів	3	
6	Керування реверсивними вентильними перетворювачами. Сумісне керування групами вентилів. Роздільне керування групами вентилів	3	2
7	Система імпульсно-фазового керування	3	
8	Стандартні настройки найпростіших контурів систем керування	2	2
9	Загальна характеристика СКЕП змінного струму. Фізичні залежності, характерні для АЕП змінного струму	2	2
10	Особливості керування швидкістю асинхронних електроприводів	2	
11	Замкнені схеми регулювання швидкості АЕП шляхом зміни напруги статора	3	
12	Класифікація систем частотного керування асинхронним двигуном	2	2
13	Схема регульованого електропривода на основі автономного інвертора струму	3	
14	Керування струмом двигуна при відсутності регулятора швидкості	3	
15	Асинхронний електропривод з регульованою напругою на статорі й використанням регуляторів швидкості	3	2
16	Системи частотно-струмового керування швидкістю	3	

Продовження таблиці

1	2	3	4
17	Системи векторного керування. Принцип векторного керування. Схеми	3	
18	Система векторного керування асинхронним електроприводом без датчика швидкості	3	2
19	Система керування положенням механізму. Принцип побудови слідкуючих СКЕП в режимі позиціонування та функціональні схеми	3	
20	Особливості математичного опису слідкуючих СКЕП	3	
21	Якісні характеристики	2	2
22	Методи синтезу корегуючих пристроїв. Розрахунки параметрів регуляторів	3	
23	Синтез регуляторів в слідкуючих СКЕП	2	
Разом		60	18

5.4. Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	0,5-2 год /1 лекцію	14	21
2	Підготовка до практичних занять	0,5-2 год /1 заняття	14	23
3	Підготовка до лабораторних занять	1-2 год/1 заняття	12	8
4	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – 5 (20) год. на 1 захід		-
5	Підготовка до екзамену		5	20
6	Виконання контрольної роботи	мінімум 30 годин на 1 роботу		60
7	Виконання курсового проекту роботи	90 год. на 1 роботу	90	90
Разом			135	222

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

В якості методів навчання для всіх видів занять використовується:

- робота з літературою, як опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної освіти;
- пояснення, як словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення.

Для лекційних занять застосовується:

- лекція, як усний виклад навчального матеріалу, що характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;
- ілюстрування, як показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символічному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

– відеометод, як використання відеоматеріалів для активізації наочно чуттєвого сприймання, що забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості.

Для лабораторних занять:

- лабораторна робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом створення програм і отримання результатів роботи програми з використанням комп'ютерів;

- інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки та організацію робочого місця.

Для практичних занять застосовується:

– практична робота, як метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

– звіти з виконання лабораторної роботи та презентації результатів виконаних лабораторних робіт на комп'ютері (або письмовий контроль результатів);

– усні відповіді на практичних заняттях;

– поточний модульний контроль у формі тестування;

– контрольні роботи (для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання);

– курсовий проект;

– екзамен.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення здобувача вищої освіти оцінюються за 100-бальною системою університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів. Право здавати заключний екзамен дається здобувачу вищої освіти, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного екзамену набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Поточний контроль проводиться після вивчення кожного з модулів дисципліни. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань практичних та лабораторних робіт.

Семестровий підсумковий контроль з дисципліни проводиться після закінчення її вивчення у комбінованій формі проведення екзамену (тестування, задача та усна компонента).

При виставленні підсумкової оцінки (балів) з навчального курсу враховуються результати поточного контролю.

Виконання контрольної роботи є обов'язковою умовою для здобувачів вищої освіти, що навчаються за заочною формою. Завдання для контрольних

робіт добираються з теоретичних питань і тестів, що охоплюють зміст робочої програми дисципліни.

вищої освіти, що навчаються за денною та заочною формою і має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які здобувачі одержують у процесі навчання, а також застосування знань на практиці. Курсовий проект виконується самостійно і не входить до тижневого аудиторного навантаження здобувача. Виконання курсового проекту дає змогу здобувачу навчитися самостійно використовувати та узагальнювати теоретичні положення та інформаційні матеріали, формулювати власні погляди стосовно невирішених проблем та обґрунтовувати висновки і пропозиції, спрямовані на розв'язання їх.

Оцінювання курсового проекту проводиться окремо за 100-бальною системою університету.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

7.1. Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Лабораторна робота

Бал	Критерії оцінювання
2,5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
2	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; в цілому правильно складає звіт та робить висновки. Здобувач вищої освіти відмовляється надавати усні запитання.
1,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складає звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані повні усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
0,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Здобувач вищої освіти відмовляється надавати усні запитання.
0	Робота не виконувалася

Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань здобувачів вищої освіти у формі тестування (для денної форми навчання)

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	15	13	11	9	7	5	4	3	2	1

7.2. Узагальнюючі результати поточного контролю знань здобувачів вищої освіти за модулями та формами навчання

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних/практичних робіт	12 роб. × 2,5 бали = 30 балів	12 роб. × 2,5 бали = 30 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР × 15 балів = 30 балів	-
Виконання контрольних робіт	-	2 роб. × 15 балів = 30 балів
Всього	60	60

Система нарахування рейтингових балів та критерії оцінювання контрольної роботи (для заочної форми навчання)

Бал	Критерії оцінювання
15	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти вільно орієнтується в матеріалах
10	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
7	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

Підсумковий контроль знань здобувачів вищої освіти у формі комплексного екзамену

Підсумковий контроль знань здобувачів вищої освіти складається з тестування, усної відповіді на два контрольних питання та задачі.

Критерії оцінювання тестування здобувачів вищої освіти

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Критерії оцінювання задачі здобувачів вищої освіти

Бал	Критерії оцінювання
1	2
10	Рішення представлено повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь правильна
8	Рішення представлено у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь правильна
6	Рішення представлено повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків
4	Рішення представлено у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків
2	Рішення представлено неповне, більш ніж наполовину, правильна відповідь відсутня
0	Рішення не представлено взагалі або неповне, менш ніж наполовину

Критерії оцінювання усної відповіді здобувачів вищої освіти

Бал	Критерії оцінювання
1	2
10	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання
7	Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання
5	Відповідь надана не повна, висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі
3	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі
1	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці
0	Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню

Оцінювання курсового проекту проводиться окремо за 100-бальною системою університету.

Критерії оцінювання курсового проекту

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
1	2	3
Пояснювальна записка	40	Зміст проекту відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення проекту стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Проект виконувався систематично та вчасно поданий на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсового проекту
	35	Зміст проекту відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення проекту стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Проект виконувався не систематично та поданий на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	30	Зміст проекту відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Проект виконувався не систематично та поданий на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	20	Проект, оформлений за вимогами, які пред'являються до курсових проектів, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези проекту розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації
	15	Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих
	5	Проект не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових проектів. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер
Ілюстративна частина	20	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, матеріали ілюстрації підготовлені відповідно до вимог що висуваються
	15	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями

1	2	3
	10	Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість
	5	Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали
Захист проекту	40	Доповідь логічно побудована, здобувач чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	35	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює
	30	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання
	25	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи
	20	Здобувач неупорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи
	15	Здобувач неупорядковано викладає основні результати дослідження робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
	10	Здобувач демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи
	5	Здобувач неупорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№ змістового модуля	Тема	Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1-T8	Практичні роботи № 2-7	15	Практичні роботи № 1-7	15
	-	-	-	Контрольна робота	15
ПМК 1			15	-	-
ЗМ 2	T11	Лабораторна робота № 1	2,5	Практична робота № 8	2,5
	T13	Лабораторна робота № 2	2,5	Лабораторна робота № 1	2,5
	T17	Лабораторна робота № 3	2,5	Практична робота № 9	2,5
	T20	Лабораторна робота № 4	2,5	Практична робота № 10	2,5
	T22	Лабораторна робота № 5	2,5	Лабораторна робота № 5	2,5
	T23	Лабораторна робота № 6	2,5	Практична робота № 11	2,5
ПМК 2			15	-	-
Підсумковий контроль		Екзамен, в т.ч.	40	Екзамен, в т.ч.	40
		Тестування	10	Тестування	10
		Задача	10	Задача	10
		Усна відповідь	20	Усна відповідь	20
Сума			100		100

Схема оцінювання курсового проекту здобувачів вищої освіти (для денної та заочної форм навчання)

№ модуля	Параметри оцінювання	Кількість балів
ЗМ 3	Пояснювальна записка	40
	Ілюстративна частина	20
	Захист роботи	40
Разом		100

9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, DingTalk, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber, WeChat, Telegram, соціальні мережі тощо).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Бровинська Н. М. Системи керування електроприводами (частина друга): Методичні матеріали для лекцій / Н.М. Бровинська, С.О. Гаврилов – Миколаїв: ІВП «Степ-інфо», 2009.

2. Васильєв О. Г. Методичні вказівки до виконання практичних і контрольних робіт з дисципліни «Системи керування електроприводами» / О. Г. Васильєв, С. О. Гаврилов, С. І. Ольшевський. Миколаїв: НУК, 2016. 42 с.

3. Васильєв О. Г. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Системи керування електроприводами» / О. Г. Васильєв, С. О. Гаврилов, С. І. Ольшевський. – Миколаїв : НУК, 2016. – 60 с.

4. Васильєв О. Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Системи керування електроприводом», част. 1 / О. Г. Васильєв, А.М. Фоменко, С. І. Ольшевський – Миколаїв: УДМТУ, 2003.

5. Соляник, В. П. Системи керування електроприводами / В. П. Соляник. – К. : УМКВ, 1992.

Допоміжна література

6. Довідник з автоматизованого електроприводу / За ред. В. А. Єлісєєва та А. В. Шиняньського / М.: Вища школа, 1983. 616 с.

7. Довідник з проектування автоматизованого електроприводу та систем управління технологічними процесами. / За ред. В. І. Круповича, Ю. Г. Барібіна, М. Л. Самовера. 3-тє вид., перероб. та дод. М.: Вища школа, 1982. 416 с.

8. Зимін Е. М. Автоматичне керування електроприводами / Е. М. Зимін, В. І. Яковлєв. – К. : Вища школа, 1979. – 318 с.

9. Комплектні тиристорні електроприводи: Довідник І. Х. Євзеров, А. С. Горобець, Б. І. Мошкович та ін; За ред. канд. техн. наук В. М. Перельмутера. М.: Вища школа, 1988. 319 с.

10. Лур'є Б.Я. Класичні методи автоматичного управління / Б.Я. Лур'є, П.Дж. Енрайт. С-Петербург, 2004.

11. Михайлов О.П. Автоматизований електропривод верстатів та промислових роботів. / М: Машинобудування, 1990. 304 с.

12. Москаленко В. В. Автоматизований електропривод: підручник для вузів. Москва: Вища школа, 1986. 415 с.

13. Силові напівпровідникові прилади. Довідник / Чебовський О.Г., Мойсєєв Л.Г., Недошивін Р.П. 2-ге вид., перераб. та дод. М.: Вища школа, 1985. 400 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua>.

2. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <http://www.rada.gov.ua>.

3. Офіційний сайт ХННІ НУК. URL: <http://kb.nuos.edu.ua>.

Розробник:

старший викладач кафедри
автоматики та електроустаткування



О.М. Філіпчук

Питання для модульного контролю знань
Контрольні питання до 1-го змістового модуля

1. Що таке електропривод і які його основні компоненти?
2. Визначте поняття «асинхронний електропривод» (АЕП).
3. Що таке ПД-регулятор і які його основні складові?
4. Які основні типи електроприводів використовуються в промисловості?
5. Намалюйте та поясніть узагальнену функціональну схему асинхронного електропривода.
6. Які основні принципи побудови систем керування електроприводами?
7. Перелічіть основні показники якості процесів керування.
8. Які основні показники якості перехідних процесів?
9. Що таке закон керування в контексті систем керування електроприводами?
10. Поясніть пропорційний закон керування. Які його основні характеристики?
11. Що таке інтегральний закон керування і в яких випадках він застосовується?
12. Поясніть диференційний закон керування та його особливості.
13. Що таке закон зворотного зв'язку і як він реалізується в системах керування?
14. Поясніть принцип роботи операційного підсилювача постійного струму.
15. Як реалізується диференційний регулятор на операційних підсилювачах?
16. Які основні методи регулювання швидкості використовуються в СКЕП постійного струму?
17. Які основні компоненти входять до складу типової структури СКЕП?
18. Що таке контур струму і контур швидкості в СКЕП?
19. Поясніть, як функціонують блоки перетворення напруги та керування у типовій структурі СКЕП.
20. Поясніть схему однофазного мостового випрямляча та її застосування.
21. Як працює трифазний мостовий випрямляч і які його переваги порівняно з однофазним?
22. Поясніть принцип роботи схем з керованими та некерованими вентилями.
23. Які основні компоненти входять до складу вентиляного перетворювача?
24. Як забезпечується захист вентиляльних перетворювачів від перевантажень та коротких замикань?
25. Що таке реверсивний вентильний електропривод і в яких випадках він використовується?
26. Опишіть схему реверсивного електропривода на базі двох трифазних мостових випрямлячів.

27. Опишіть структуру схеми реверсивного електропривода на базі двох трифазних мостових випрямлячів.

28. Які основні параметри впливають на ефективність керування реверсивними вентиляними перетворювачами?

29. Як реалізується сумісне керування групами вентилів в трифазних мостових випрямлячах?

30. Які переваги та недоліки має сумісне керування групами вентилів?

31. Як реалізується роздільне керування групами вентилів в реверсивних електроприводах?

32. Що таке система імпульсно-фазового керування (ІФК)?

33. Які основні компоненти входять до складу системи імпульсно-фазового керування?

34. Які існують режими роботи системи ІФК?

35. Які основні параметри визначають роботу системи ІФК?

36. Поясніть принципи роботи відкритого та закритого контурів керування.

37. Які є переваги та недоліки відкритого контуру керування порівняно із закритим?

38. Які основні параметри потрібно налаштувати в простих контурах керування?

39. Які показники якості перехідних процесів враховуються при налаштуванні контурів керування?

40. Які методи використовуються для оцінки стабільності контуру керування?

Контрольні питання до 2-го змістового модуля

1. Які основні компоненти входять до складу СКЕП змінного струму?

2. Які особливості мають асинхронні електроприводи (АЕП) змінного струму порівняно з іншими типами електроприводів?

3. Поясніть фізичні основи роботи асинхронного електроприводу змінного струму.

4. Як змінюється швидкість обертання ротора асинхронного двигуна залежно від навантаження?

5. Як впливає частота живлення на роботу асинхронного електроприводу?

6. Які основні параметри визначають характеристики асинхронного електроприводу?

7. Які існують методи регулювання швидкості роботи асинхронного електроприводу?

8. Які основні методи керування швидкістю асинхронних електроприводів існують?

9. Які основні параметри регулятора швидкості асинхронного електроприводу?

10. Які основні методи пуску асинхронних електроприводів використовуються для керування швидкістю?

11. Як використовуються регенеративні та енергоефективні режими роботи асинхронних електроприводів?
12. Як працює замкнута схема регулювання швидкості асинхронного електроприводу зміною напруги статора?
13. Які існують методи регулювання напруги статора асинхронного електроприводу для зміни швидкості?
14. Які основні показники якості враховуються при оцінці ефективності системи керування швидкістю асинхронних електроприводів?
15. Як забезпечується стабільність роботи замкнутої системи регулювання швидкості зі зміною напруги статора?
16. Які основні типи частотного керування асинхронним двигуном існують?
17. В чому основна відмінність між векторним та скалярним частотним керуванням?
18. Які основні методи скалярного частотного керування можна виділити?
19. Які основні функціональні блоки входять до системи векторного частотного керування?
20. Як використовується модуляція напруги та частоти в системах частотного керування асинхронними двигунами?
21. Як працює автономний інвертор струму в системі керування електроприводом?
22. Які функції здійснює автономний інвертор струму в системі електропривода?
23. Які параметри можна регулювати за допомогою автономного інвертора струму?
24. Які основні кроки програмування і налаштування автономного інвертора струму?
25. Чому важливе керування струмом при роботі електропривода без регулятора швидкості?
26. Які існують типові схеми керування струмом двигуна без використання регулятора швидкості?
27. Як забезпечується захист двигуна в системах керування, що базуються на керуванні струмом?
28. Як працює асинхронний двигун з регульованою напругою на статорі?
29. Які методи регулювання швидкості використовуються в асинхронних електроприводах?
30. Які існують типові схеми асинхронних електроприводів з регульованою напругою на статорі?
31. Які методи модуляції напруги на статорі застосовуються у системах з регульованою напругою?
32. Що таке система частотно-струмового керування в контексті електроприводів?
33. Які основні складові частотно-струмового керування і як вони взаємодіють між собою?

34. Поясніть загальну функціональну схему системи частотно-струмового керування.

35. Які основні методи модуляції інвертора використовуються у системах частотно-струмового керування?

36. Які параметри можна регулювати в системі частотно-струмового керування?

37. Поясніть загальну функціональну схему системи векторного керування.

38. Які існують типові схеми векторного керування в електроприводах?

39. Які основні методи модуляції інвертора використовуються у векторному керуванні?

40. Які фізичні величини використовуються для визначення положення механізму в таких системах?

41. Як працюють слідкуючі системи керування електроприводів в режимі позиціонування?

42. Поясніть загальну функціональну схему системи керування положенням механізму.

43. Які типові датчики використовуються для вимірювання положення механізму в системах керування?

44. Які математичні моделі часто використовуються для опису СКЕП?

45. Які основні аспекти потрібно враховувати при виборі математичної моделі для конкретного застосування?

46. Як проводиться симуляція роботи слідкуючої СКЕП?

47.

48. Які основні показники якості процесів керування в електроприводах?

49. Як оцінюється точність регулювання в статичному режимі?

50. Які параметри характеризують динамічну стабільність систем керування?

51. Як впливають зміни навантаження, параметрів електроприводу та інших зовнішніх факторів на якісні характеристики систем керування?

52. Наведіть приклади методів синтезу корегуючих пристроїв в системах керування.

53. Які основні критерії використовуються для вибору методу синтезу?

54. Які основні параметри регуляторів потрібно розраховувати для оптимального керування електроприводом?

55. Які основні параметри PID-регулятора і як вони впливають на його роботу?

56. Наведіть основні методи синтезу регуляторів, що застосовуються в слідкуючих СКЕП.

57. Які переваги та недоліки кожного методу?

58. Як вибрати оптимальний метод синтезу для конкретної задачі слідкування?

Орієнтовна тематика курсових проектів

1. Проектування електропривода подачі металорізальних верстатів.
2. Розробка системи керування для постійного струму електроприводів.
3. Синтез системи керування для асинхронного двигуна.
4. Інтелектуальні системи керування електроприводами.
5. Системи керування електроприводами з використанням ПД-регуляторів.
6. Керування електроприводами з використанням PLC (програмованих логічних контролерів).
7. Енергозберігаючі технології в системах електроприводів.
8. Дистанційне керування та моніторинг електроприводів.
9. Системи керування електроприводами в робототехніці.
10. Дослідження систем керування зворотного зв'язку для електроприводів.
11. Моделювання та симуляція систем керування електроприводами.
12. Автоматизація виробничих процесів на базі електроприводів.
13. Системи керування електроприводами з використанням сучасних мікроконтролерів.