МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва підрозділу)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Математичне моделювання у системах керування електроприводами
MATHEMATICAL MODELING IN ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEMS

рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни — вибіркова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання — українська
українська/англійська

Миколаїв – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами»
(зазначається повна назва навчальної дисципліни)
яка входить до переліку дисциплін вибіркового курсу.

" 10 " травня 20 23 року. - 14 с.

Розробник: Шарейко Дмитро Юрійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматики
Розробник _____ Д.Ю. Шарейко, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» розглянуто на засіданні кафедри автоматики
Протокол № 12 від « 17 » травня 2023 р.

Завідувач кафедри _____ І.С. Білюк, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» розглянуто Методичною Радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки
Протокол № 09 від « 18 » травня 2023 р.

В.о. Голови _____ Д.О. Жук, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу _____ А.В. Лабарткава, к.т.н., доцент

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» затверджено Навчально-методичною радою НУК ім. адм. Макарова
Протокол № 04 від « 24 » травня 2023 р.

Голова НМР НУК _____

© Шарейко Д.Ю., 2023
© НУК, 2023

ЗМІСТ

Стор.

Вступ 4
1. Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни 6
3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни 6
4. Очікувані результати навчання 6
5. Програма навчальної дисципліни.....6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування ...9
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....9
8. Критерії оцінювання результатів навчання 12
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна 13
10. Рекомендовані джерела інформації.....14

ВСТУП

Анотація

Програма підготовки бакалаврату передбачає опанування студентами математичним моделюванням у системах керування електроприводами. Це дозволить їм краще засвоювати спеціалізовані курси. Отже отримання базованих знань з математичного моделювання у системах керування електроприводами є вагомою складовою у підготовці фахівців.

Дисципліна «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» призначена для навчання студентів технічних спеціальностей. Вона розглядає математичне моделювання електромеханічних структур на підставі їх частотних характеристик. Предметом вивчення є методи математичного моделювання за допомогою яких можна отримувати та аналізувати частотні характеристики систем автоматики. Окремо вивчається операційне обчислення для задач електротехніки. Математичне моделювання, проводиться на практичних заняттях.

Ключові слова: амплітуда сигналу, диференціальне рівняння, електропривод, інтегральне рівняння, математична модель, система керування, фаза сигналу, числові ряди, частотні характеристики, частота сигналу.

Abstract

The undergraduate training program involves students mastering mathematical modeling in electric drive control systems. This will allow them to learn specialized courses better. Therefore, obtaining basic knowledge of mathematical modeling in electric drive control systems is an important component in the training of specialists.

The discipline "Mathematical modeling in electric drive control systems" is intended for teaching students of technical specialties. It considers mathematical modeling of electromechanical structures based on their frequency characteristics. The subject of study is the methods of mathematical modeling with the help of which it is possible to obtain and analyze the frequency characteristics of automation systems. Operational calculation for electrical engineering problems is studied separately. Mathematical modeling is carried out in practical classes.

Key words: signal amplitude, differential equation, electric drive, integral equation, mathematical model, control system, signal phase, numerical series, frequency characteristics, signal frequency.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Для всіх галузей знань</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="6">Для всіх спеціальностей</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>4-й</td><td>4-й</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Індивідуальне науково-дослідне завдання
–</td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 150</td><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td></td><td>0 год.</td><td>0 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Тижневих годин для денної форми навчання:

аудиторних – 4;

самостійної роботи студента – 6</td><td rowspan="8">Освітній рівень:
перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>138 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання:</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td>залік</td><td>залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю</td></tr>
<tr><td colspan="2">комбінована</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» є формування у студентів здатності застосовувати отримані теоретичні знання у математичному моделюванні фізичних процесів в електроприводі для дослідження їх властивостей, аналізу та синтезу.

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни «Математичне моделювання у системах керування електроприводами» немає.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.
- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Основи математичного моделювання електроприводів

Змістовий модуль 1. Складання математичних моделей електроприводів.

Тема 1. Задачі курсу. Складання диференціальних рівнянь електроприводів. Формалізація диференціальних рівнянь. [1]. с. 67–74, [2]. с. 4–9.;

Тема 2. Математичне моделювання електроприводів у просторі станів (Форма Коши). [1]. с. 67–74;

Тема 3. Структурний метод математичного моделювання електроприводів. [1]. с. 67–74;

Тема 4. Пряме та обернене перетворення Лапласа. Властивості перетворення Лапласа. [3]. с. 8–30.

Змістовий модуль 2. Частотні характеристики електроприводів.

Тема 5. Проходження гармонійного сигналу через лінійну безперервну систему. [1]. с. 89–90;

Тема 6. Частотні характеристики електроприводів. [6]. с. 19–44;

Тема 7. Операційне обчислення у математичному моделюванні електроприводів. [3]. с. 30–40;

Тема 8. Теорії рядів у математичному моделюванні електроприводів. [5]. с. 142–153.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лек.	пр.	с.р.		лек.	пр.	с.р.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Модуль1. Основи математичного моделювання електроприводів								
Змістовий модуль 1. Складання математичних моделей електроприводів								
Тема 1. Задачі курсу. Складання диференціальних рівнянь електроприводів. Формалізація диференціальних рівнянь.	15	2	2	11	18	0.5	0.5	17
Тема 2. Математичне моделювання електроприводів у просторі станів (Форма Коши).	20	4	4	12	19	0.5	0.5	18
Тема 3. Структурний метод математичного моделювання електроприводів.	20	4	4	12	19	1	1	17
Тема 4. Пряме та обернене перетворення Лапласа. Властивості перетворення Лапласа.	20	4	4	12	19	1	1	17
Разом за змістовим модулем 1	**75**	**14**	**14**	**47**	**75**	**3**	**3**	**69**
Змістовий модуль 2. Частотні характеристики електроприводів								
Тема 5. Проходження гармонійного сигналу через лінійну безперервну систему.	19	4	4	11	17	0.5	0.5	16
Тема 6. Частотні характеристики електроприводів.	18	4	4	10	16	0.5	0.5	15
Тема 7. Операційне обчислення у математичному моделюванні електроприводів.	19	4	4	11	21	1	1	19
Тема 8. Теорії рядів у математичному моделюванні електроприводів.	19	4	4	11	21	1	1	19
Разом за змістовим модулем 2	**75**	**16**	**16**	**43**	**75**	**3**	**3**	**69**
ІНДЗ (КР/КП)	–	–	–	–	–	–	–	–
Усього годин	**150**	**30**	**30**	**90**	**150**	**6**	**6**	**138**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Складання диференційних рівнянь у електроприводах [2]. с. 2–30.	2	0.5
2	Формалізація (нормалізація) диференційних рівнянь у системах керування електроприводами. [2]. с. 4–9.	4	0.5
3	Математичне моделювання електроприводів у просторі станів (Форма Коши). [1]. с. 67–74.	4	1
4	Структурний метод математичного моделювання у електроприводах. [1]. с. 67–74.	4	1
Змістовий модуль 2			
5	Перетворення Лапласа у диференційному обчисленні. [5]. с. 142–153.	4	0.5
6	Формалізація диференціальних рівнянь у перетворенні Лапласа. [6]. с. 5–8.	4	0.5
7	Лінеаризація диференційних рівнянь враховуючи принцип малих відхилень. [1]. с. 67–74.	4	1
8	Теорія рядів у математичному моделюванні електроприводів. [5]. с. 142–153.	4	1
	Разом	**30**	**6**

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

– підготовка до лекційних занять – ***0,5 год/1 лекцію***;

– підготовка до практичних занять – ***2 год-3 год /1 заняття***;

– виконання домашньої контрольної роботи – ***15 годин/1 робота***;

– підготовка до заліку – ***15 год.***

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин
1	Підготовка до лекційних занять	15
2	Підготовка до практичних занять	45
3	Виконання домашньої контрольної роботи	15
4	Підготовка до заліку	15
	Разом	**90**

Індивідуальне науково-дослідне завдання

Не передбачено.

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

Методи навчання:
- лекція;
- практична робота;
- інструктаж;
- робота з літературою;
- методи контролю і самоконтролю:
- контрольні роботи.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання з дисципліни є:
- залік;
- усні відповіді;
- контрольні роботи;
- завдання на комп'ютерному обладнанні.

У процесі освоєння дисципліни здобувач має:
- виконати п'ять окремих завдань, оформити паперовий аналітичний звіт у відповідності до цих завдань та представити на розгляд викладачу, який оцінює виконання кожної роботи та на основі усних відповідей визначає рівень розуміння виконаної роботи;
- скласти поточні модульні контролі за кожним змістовним модулем у вигляді стандартизованих тестів для оцінки рівня отриманих теоретичних знань; на проходження одного тесту надається 20 хвилин;
- скласти залік у вигляді усної відповіді на одне теоретичне питання та вирішення однієї практичної задачі; на підготовку надається одна година.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати до 60 балів. Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок - 40 балів. Право здавати заключний залік дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт.

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

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт

Практична робота	**Критерії оцінювання**
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.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; в цілому правильно складає звіт та робить висновки. Студент відмовляється надавати усні запитання.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складає звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані повні усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Студент відмовляється надавати усні запитання.
0	Робота не виконувалася
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (8 робіт по 5 балів).

Критерії оцінювання поточного модульного контролю у формі тестування

Правильних відповідей	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

У відповідності до програми передбачено 2 поточних модульних контролі, таким чином максимальна оцінка за даний компонент програми 20 балів. Кожний тест передбачає 10 тестових запитань.

Критерії оцінювання заліку

Здобувач має відповісти на одне письмове питання та вирішити одну практичну задачу. Кожна відповідь на усне питання оцінюється максимум у 15 балів, вирішення кожної практичної задачі – у 25 балів. Загалом за залік можна отримати максимум 40 балів.

Відповідь на письмове питання	**Критерії оцінювання на заліку**
15	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.
9	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
8	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.
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, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
6	Відповідь надана не повна, але 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, наведено приклади такого використання.
5	Відповідь надана не повна, але 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.
4	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, наведено приклади такого використання.

Відповідь на письмове питання	**Критерії оцінювання на заліку**
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.
2	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, відсутні пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці.
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.
	Максимальна оцінка студента за відповідь на усне питання 15 балів (1 питання по 15 балів).

Рішення практичної задачі	**Критерії оцінювання на заліку**
25	Рішення представлене повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь правильна.
20	Рішення представлене у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь правильна.
15	Рішення представлене повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків.
10	Рішення представлене у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків.
5	Рішення представлене неповне, більш ніж наполовину, правильна відповідь відсутня.
0	Рішення не представлене взагалі або неповне, менш ніж наполовину.
	Максимальна оцінка студента за задачі 25 балів (1 задача по 25 балів).

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	Т1	Практична робота № 1	5	Практична робота № 1	5
	Т2	Практична робота № 2	5	Практична робота № 2	5
	Т3	Практична робота № 3	5	Практична робота № 3	5
	Т4	Практична робота № 4	5	Практична робота № 4	5
	ПМК	Тестування за темами ЗМ1	10	Тестування за темами ЗМ1	10
ЗМ 2	Т5	Практична робота № 5	5	Практична робота № 5	5
	Т6	Практична робота № 6	5	Практична робота № 6	5
	Т7	Практична робота № 7	5	Практична робота № 7	5
	Т8	Практична робота № 8	5	Практична робота № 8	5
	ПМК	Тестування за темами ЗМ2	10	Тестування за темами ЗМ2	10
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			**100**		**100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90-100	A
82-89	B
74-81	C
64-73	D
60-63	E
35-59	FX
0-34	F

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

1. Опорний конспект лекцій з дисципліни в електронному варіанті.

2. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни в електронному варіанті.

3. Лабораторні стенди для вивчення характеристик електромеханічних систем.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Теорія автоматичного керування: підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук . – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

2. Шарейко Д.Ю., Білюк І.С., Савченко О.В., Фоменко А.М. Практикум з курсу «Теорія автоматичного керування». У двох частинах. Ч.1. Передаточна функція. – Миколаїв: НУК, 2021. – 28 с.

3. Павленко А.В., Кагадій Л.П., Копорулін В.Л. Операційне числення: Навч. посібник.– Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 42 с.

4. Диференціальне та інтегральне числення функцій однієї змінної. Конспект лекцій. / Уклад.: В. О. Гайдей, Л. Б. Федорова, І. В. Алєксєєва, О. О. Диховичний. – К: НТУУ «КПІ», 2013. – 108 с.

5. Ряди. Теорія функцій комплексної змінної. Операційне числення. Практикум. / Уклад.: І. В. Алєксєєва, В. О. Гайдей, О. О. Диховичний, Л. Б. Федорова. – К: НТУУ «КПІ», 2013. – 160 с.

Допоміжна література

6. Бурау Н.І., Півторак Д.О. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 57 с.

7. А.Ф. Дащенко, В.Ф. Кириллов, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей. MATHLAB в инженерных и научных расчетах. – Одесса: «Астропринт», 2003. – 212 с.

Інформаційні ресурси в інтернет

1. Науковий журнал «Енергетика та системи керування». Національний університет «Львівська політехніка». [Режим доступу https://doi.org/10.23939/jeecs].
2. Науковий журнал «АСУ та прилади автоматики». Харківський національний університет радіоелектроніки. [Режим доступу https://nure.ua/branch/naukovo-tehnichniy-zhurnal-asu-ta-priladi-avtomatiki].
3. Міжнародний науково-технічний журнал "Вісник ХНУ. Технічні науки". Хмельницький національний університет. [Режим доступу http://journals.khnu.km.ua/vestnik/zmisthtmt.htm].