

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехнічних систем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з НВР
професор Віталій Боярчук

“ _____ ” _____ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Математичне моделювання електротехнічних систем»

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем» для здобувачів другого (магістерського) рівня освіти ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Розробники: д.т.н., професор Андрій Чабан,
к.т.н., доцент Віталій Левонюк

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри електротехнічних систем

Протокол № 2 від “ 29 ” серпня 2024 року

Завідувач кафедри електротехнічних систем _____ (Віталій Левонюк)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від “ 29 ” серпня 2024 року

Голова методичної комісії факультету _____ (Степан Ковалишин)

1 Опис навчальної дисципліни

Галузь знань, спеціальність, рівень освіти

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Характеристика навчальної дисципліни:

Обов'язкова

Кількість кредитів – 4

Загальна кількість годин – 120

Вид контролю: іспит

Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – 3

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 53 %,

для заочної форми навчання – 13 %.

2 Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні питання математичного моделювання електротехнічних систем

Тема 1. Вступ. Поняття про математичне та фізичне моделювання

1.1 Основні означення. Приклади. Ідеї

1.2 Концепція математичного моделювання електротехнічних, електромеханічних та електроенергетичних систем

1.3 Основні теореми подібності

1.4 Методи визначення критеріїв подібності електромеханічних явищ

Розділ 2. Загальні підходи до побудов математичних моделей електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем на підставі фундаментальних законів електродинаміки

Тема 2. Формалізовані методи аналізу електричних, магнітних та електромагнітних кіл у задачах прикладної електротехніки

2.1 Закони електромагнетизму як основні підходи до моделювання електротехнічних, електромеханічних, електроенергетичних та енергетичних систем

2.2 Закони Біо-Савара, Фарадея та Максвела. Їх використання у задачах електротехніки

2.3 Структурні рівняння кола та рівняння елементів віток

2.4 Граф. Направлений граф. Використання теорії графів для формування структурних рівнянь кола

2.5 Матриці інцидентів та головних перетинів. Правила їх побудови.

Тема 3. Методи пониження порядку систем рівнянь досліджуваних електричних кіл

3.1 Метод струмів (закони Кірхгофа). Матриця головних перетинів

3.2 Метод контурних струмів

3.3 Метод вузлових напруг

Розділ 3. Застосування методів прикладної математики до моделювання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем

Тема 4. Теорія диференціальних рівнянь як основний ключовий апарат у моделюванні динамічних об'єктів

4.1 Засади теорії звичайних диференціальних рівнянь. Використання звичайних диференціальних рівнянь в задачах прикладної електротехніки

4.2 Використання звичайних лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, представлених у матрично-векторній формі

4.3 Засади теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними. Використання цих рівнянь в задачах прикладної електротехніки

Тема 5. Застосування теорії обчислювальної математики до розв'язання лінійних та нелінійних алгебричних рівнянь у задачах прикладної електротехніки

5.1 Метод Гауса. LU -розбиття системи рівнянь

5.2 Метод простої ітерації. Збіжність методу та єдність розв'язку

5.3 Метод Зейделя. Збіжність методу та єдність розв'язку

5.4 Метод Ньютона. Збіжність методу та єдність розв'язку

Тема 6. Чисельні методи інтегрування звичайних нелінійних диференціальних рівнянь у задачах прикладної електротехніки

6.1 Загальні поняття про чисельні методи. Збіжність та єдність розв'язку. Жорсткі та нежорсткі диференціальні рівняння.

6.2 Явні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Метод Ейлера. Метод трапецій. Методи Рунге-Кутта

6.3 Неявні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Неявний метод Ейлера. Покращений неявний метод Ейлера. Методи Гіра (ФДН-формула диференціювання назад).

Розділ 4. Застосування теорії нечітких множин у задачах моделювання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних та систем

Тема 7. Стохастичне моделювання в задачах аналізу динамічних систем.

7.1 Основні поняття та означення

7.2 Використання апарата теорії нечітких множин в задачах математичного моделювання

7.3 Використання теорії дробового інтегрального числення в задачах моделювання динамічних систем (загальні поняття)

7.4 Використання теорії генетичних алгоритмів у задачах моделювання динамічних систем (загальні поняття)

Тема 8. Використання апарата штучних нейронних мереж для задач аналізу, синтезу та ідентифікації стохастичних процесів

8.1 Поняття про нейронну систему головного мозку людини. Біологічний прототип

8.2 Способи навчання штучних нейронних мереж. Мережі з супервізором і без нього

8.3 Перцептрон. Структура. Типи задач, розв'язок яких можливий за допомогою перцептрона

8.4 Правило Хебба (Hebba)

8.5 Метод зворотного поширення помилки (backpropagation). Алгоритм методу

8.6 Мережі Кохенена в задачах кластеризації механічних об'єктів. Алгоритм методу

Розділ 5. Математичне моделювання в теорії керування електротехнічними комплексами та об'єктами та комплексні підходи в моделюванні

Тема 9. Структура та математичне моделювання задач керування.

9.1 Основні поняття про задачі аналізу та синтезу

9.2 Класифікація задач оптимального керування

9.3 Динамічні задачі оптимального керування

9.4 Дослідження операцій

9.5 Математичний опис об'єкта керування

9.6 Структура об'єкту керування

Тема 10. Об'єктно-орієнтовне моделювання динамічних процесів і систем

10.1 Загальні поняття про об'єктно-орієнтовне моделювання

10.2 Структуризація моделей

10.3 Методи об'єктно-орієнтовного моделювання

10.4 Правила побудови об'єктно-орієнтовних програм під час реалізацій відповідних моделей

10.5 Деякі типи загальних комп'ютерних програм, які використовуються в задачах об'єктно-орієнтовного моделювання

Розділ 6. Алгоритмізація задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки в теорії математичного моделювання

Тема 11. Алгоритмізація задач моделювання в електротехніці

11.1 Поняття про алгоритми в теорії моделювання. Принципи та правила побудови алгоритмів

11.2 Алгоритм блок-схема. Правила побудови блок-схем

11.3 Основні засади програмування розв'язків динамічних систем у задачах прикладної електротехніки на основі алгоритм-програм та блок-схем

Тема 12. Програмування алгоритмізаційних задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

12.1 Використання алгоритмічних мов програмування для реалізації математичних моделей динамічних систем

12.2 Приклади найпростіших програм розрахунку перехідних процесів

12.3 Способи реалізації програм на основі алгоритмічно-програмних комплексів типу *MATLAB, MathCad, PE* та ін.

Розділ 7. Параметрична чутливість в теорії моделювання електротехнічних систем

Тема 13. Чутливість системи до параметру електричних схем динамічних об'єктів

13.1 Основні означення. Поняття про варіаційні рівняння

13.2 Матриця параметричної чутливості. Методика флотування елементів згаданої матриці

13.3 Розрахунок параметричної чутливості в задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки в теорії математичного моделювання на підставі теорії звичайних диференціальних рівнянь

Розділ 8. Стійкість систем в теорії математичного моделювання електротехнічних пристроїв і систем

Тема 14. Статична та динамічна стійкості

14.1 Основні означення

14.2 Поняття про статичну стійкість

14.3 Поняття про динамічну стійкість. Метод площ в задачах аналізу стійкості на прикладі турбоагрегату

14.4 Застосування другого методу Ляпунова для аналізу статичної стійкості електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем

3 Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин												
	денна форма						заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	Рік підготовки 1 Семестр 1						Рік підготовки 1 Семестр 1						
Розділ 1. Загальні питання математичного моделювання електротехнічних систем													
Тема 1.	4	1				3	4					4	

Розділ 2. Загальні підходи до побудов математичних моделей електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем на підставі фундаментальних законів електродинаміки												
Тема 2.	5	1				4	5					5
Тема 3.	7	1				6	7					7
Розділ 3. Застосування методів прикладної математики до моделювання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем												
Тема 4.	6	1				5	6	1				5
Тема 5.	10	1		8		1	10			4		6
Тема 6.	7	1		4		2	7			2		5
Розділ 4. Застосування теорії нечітких множин у задачах моделювання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем												
Тема 7.	6	1		4		1	6			1		5
Тема 8.	7	1				6	7	1				6
Розділ 5. Математичне моделювання в теорії керування електротехнічними комплексами та об'єктами та комплексні підходи в моделюванні												
Тема 9.	6	1		4		1	6			1		5
Тема 10.	7	1				6	7	1				6
Розділ 6. Алгоритмізація задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки в теорії математичного моделювання												
Тема 11.	6	1				5	6					6
Тема 12.	6	1		4		1	6	1				5
Розділ 7. Параметрична чутливість в теорії моделювання електротехнічних систем												
Тема 13.	7	1		4		2	7	1				6
Розділ 8. Стійкість систем в теорії математичного моделювання електротехнічних пристроїв і систем												
Тема 14.	6	1				5	6	1				5
Іспит	30					30	30					30
Усього	120	14		28		78	120	6		8		106

4 Теми лабораторних занять

№ теми	Назва теми лабораторної роботи	Кількість годин
5	Числові методи розв'язання систем лінійних рівнянь	4
	Числові методи розв'язання систем нелінійних рівнянь	4
6	Числове диференціювання	4
7	Числове інтегрування	4
9	Наближення значення таблично заданої функції в точці з допомогою інтерполяційних багаточленів	4
12	Застосування системи автоматизованого проектування <i>MathCad</i> для моделювання енергетичних процесів та систем	4
13	Дискретний варіант середньоквадратичних наближень. Метод найменших квадратів	4
	Усього	28

5 Теми винесені на самостійне вивчення

№ з/п	Назва теми	Примітка
1	Види фізичного моделювання. Поняття масштабу моделі.	
2	Структурно-функціональна схеми фізичних та математичних моделей	
3	Приклади використання теорем подібності в моделювання ЕТС	
4	Приклади визначення критеріїв подібності	
5	Математичні засади формування основних законів електродинаміки	
6	Інтегральні та диференціальні форми законів природи	
7	Приклади формування реальних електромагнітних систем	
8	Використання ідеї пониження порядку системи на прикладі задач ЕТС	
9	Елементи теорії лінійної алгебри (розділ матрично-векторне числення)	
10	Елементи теорії математичного аналізу (диференціальне та інтегральне числення)	
11	Елементи теорії дискретної математики (дискретизація похідних)	
12	Елементи теорії розв'язку лінійних алгебричних рівнянь	
13	Елементи теорії аналітичної геометрії (точка, пряма, площина)	
14	Елементи теорії автоматизованого електроприводу (машини постійного та змінного струму) на рівні теорії диференціальних рівнянь	
15	Елементи теорії автоматичного керування, зокрема, розділ слідкуючі системи автоматичного керування	
16	Об'єкт як основний елемент в теорії математичного моделювання	
17	Поняття алгоритму як основного концептуального елементу реалізації математичної моделі	
18	Історичні аспекти виникнення блок-схем алгоритмів	
19	Типи найбільш уживаних алгоритмічних мов програмування	
20	Вплив параметрів системи на її функціонування. Залежність параметрів від вхідних електричних сигналів	
21	Поняття про вплив збурень основних сигналів на стійкість ЕТС	

6 Методи навчання

- 1. Словесні методи** (розповідь, пояснення, бесіда лекція).
- 2. Наочні методи**
 - ілюстрація (презентації, таблиці, моделі, малюнки тощо);
 - демонстрування презентації.
- 3. Практичні методи:** лабораторні та практичні роботи, вправи.

7 Методи контролю

- 1. Усне опитування** (фронтальне, індивідуальне).

2. Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка (розв'язування задач та прикладів, підготовка різних відповідей, рефератів, контрольні роботи (з конкретних питань тощо)).

3. Практична перевірка (виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформації, розв'язок професійних завдань).

4. Стандартизований контроль тестовий екзамен (можливе проведення у дистанційній формі).

Види контролю: поточний контроль, проміжна та семестрова атестація.

8 Результати навчання

У результаті засвоєння окремих тем із дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем» здобувачі набувають знання, уміння та компетентності, що відповідають вимогам ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Індекс в матриці ОПП	Програмні компоненти
ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ФК1	Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК3	Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК6	Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
ПРН1	Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного, електромеханічного обладнання, засобів традиційної та відновлювальної енергетики й відповідних комплексів і систем.
ПРН2	Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних системах традиційної та відновлювальної енергетики, при їх комп'ютерному моделюванні.
ПРН3	Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів у електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних системах і системах традиційної та відновлювальної енергетики.
ПРН5	Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному, електромеханічному обладнанні.
ПРН6	Реконструювати існуючі електротехнічні та електромеханічні комплекси і системи, обладнання та системи традиційної та відновлювальної енергетики, з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.
ПРН7	Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів і процесів у електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних системах і системах традиційної та відновлювальної енергетики.
ПРН10	Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, традиційної та відновлювальної енергетики.

9 Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота (разом 50 балів)														Підсумковий тест (екзамен)	Сума
розд. 1	розд. 2		розд. 3			розд. 4		розд. 5		розд. 6		розд. 7	розд. 8	50 балів	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14		
				15	7	7		7			7	7			

T1, T2 ... T14 – теми

10 Методичне забезпечення

1. Чабан А. В., Левонюк В. Р. Математичне моделювання електротехнічних систем: конспект лекцій. Дубляни: ЛНАУ, 2017. 181 с.

2. Чабан А. В., Левонюк В. Р. Математичне моделювання електротехнічних систем: методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт здобувачами другого (магістерського) рівня освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Дубляни: ЛНАУ, 2021. 89 с.

3. Чабан А. В., Левонюк В. Р. Розрахунок перехідних процесів в електричному колі зі змішаним з'єднанням R, L, C елементів: методичні рекомендації для виконання розрахункової роботи з дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем» здобувачами другого (магістерського) рівня освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Дубляни: ЛНАУ, 2017. 25 с.

11 Рекомендована література

Базова

1. Чабан В. Й. Математичне моделювання в електротехніці. Львів: Вид-во Т. Сороки., 2010. 284 с.

2. Бахрушин В. Є. Математичне моделювання: навч. посіб. Запоріжжя, 2003. 140 с.

3. Чорний О. П., Луговой А. В., Родькін Д. Й., Сисюк Г. Ю., Садовой О. В. Моделювання електромеханічних систем: підручник. Кременчук, 2001. 410 с.

Допоміжна

4. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: Книжкове вид-во НАУ, 2013. 201 с.

5. Толочко О. І. Моделювання електромеханічних систем: навчальний посібник. Київ, НТУУ «КПІ», 2016. 150 с.

6. Кириленко О. В., Сегеда М. С., Буткевич О. Ф., Мазур Т. А. Математичне моделювання в електроенергетиці. Львів: Видавництво НУ «ЛП», 2010. 610с.

12 Інформаційні ресурси

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

2. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет.

2.1 https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15658/1/Modelyuvannia_asunxron_system.pdf

2.2 https://www.google.com/search?sca_esv=565306219&sxsrf=AM9HkKkYJmbRwCz4yzCfoiYKmXlCJTRX4Q:1694687542350&q=%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5+%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%B7%D0%B0+%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%8E+Z+%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC&sa=X&ved=2ahUKEwiz-t2H86mBAxXqAhAIHWIFBxAQ1QJ6BAgvEAE&biw=1366&bih=568