

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА
БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехнічних систем

ПОГОДЖЕНО

Гарант ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Андрій ЧАБАН

(ім'я та прізвище, підпис)

«28»серпня 2025 року

ЗАТВЕРДЖЕНО

Декан факультету механіки,
енергетики та інформаційних
технологій

Степан КОВАЛИЩИН

(ім'я та прізвище, підпис)

«28»серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ»

рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u> (назва освітнього рівня)
галузь знань	<u>G «Інженерія, виробництво та будівництво»</u> (назва галузі знань)
спеціальність	<u>G3 «Електрична інженерія»</u> (назва спеціальності)
освітня програма	<u>«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</u> (назва)
вид дисципліни	<u>обов'язкова</u> (обов'язкова / за вибором)
програма навчання	<u>повна</u> (повна/ скорочена)

2025–2026 навчальний рік

Робоча програма «Математичне моделювання електротехнічних систем»
(назва навчальної дисципліни)

Укладачі:

Чабан А. В. – професор кафедри електротехнічних систем, д.т.н., професор

Левонюк В. Р. – завідувач кафедри електротехнічних систем, к.т.н., доцент

(вказати укладачів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

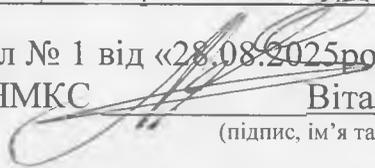
Робочу програму схвалено на засіданні кафедри електротехнічних систем

Протокол № 1 від «28.08.2025 року»

Завідувач кафедри  Віталій ЛЕВОНЮК
(підпис, ім'я та прізвище)

Погоджено навчально-методичною комісією спеціальностей 141 «Електро-
енергетика, електротехніка та електромеханіка» та G3 «Електрична інженерія»
(назва спеціальності)

Протокол № 1 від «28.08.2025 року»

Голова НМКС  Віталій ЛЕВОНЮК
(підпис, ім'я та прізвище)

Схвалено рішенням навчально-методичної ради факультету МЕІТ
(назва факультету)

Протокол № 1 від «28.08.2025 року»

Голова НМРФ  Ковалишин С.Й.
(підпис, ім'я та прізвище)

Ухвалено вченою радою факультету МЕІТ протокол №1 від «28.08.2025 р».

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Всього годин	
	денна форма здобуття освіти	заочна форма здобуття освіти
Семестр	1	1
Кількість кредитів/годин	4/120	4/120
Усього годин аудиторної роботи	42	14
В т.ч.:		
• лекційні заняття, год.	14	6
• практичні заняття, год.	28	8
• лабораторні заняття, год.		–
• семінарські заняття, год.	–	–
Усього годин самостійної роботи	78	106
Форма контролю	Іспит	Іспит

Примітка.

Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі:

для денної форми здобуття освіти – 35,0 %

для заочної форми здобуття освіти – 11,7 %

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем» є формування у студентів системи теоретичних і практичних знань для подальших підходів до побудови математичних моделей електротехнічних об'єктів, методів їх алгоритмічної реалізації і, в кінцевому варіанті, кількісний та якісний аналіз досліджуваних об'єктів і систем.

Завдання навчальної дисципліни передбачають:

- ❖ набуття здобувачами знань для розв'язування практичних задач із застосуванням апарата математичного моделювання для прикладних задач електротехніки, електроенергетики та електромеханіки;
- ❖ формування принципів побудови математичних моделей електротехнічних пристроїв і систем;
- ❖ засвоєння концепції ідентифікації, аналізу та синтезу динамічних систем на основі колових та коло-польових підходів до моделювання електричних пристроїв і систем;
- ❖ опанування методики моделювання електричних, магнітних та електромагнітних кіл, виходячи з теорії формалізованих методів аналізу;
- ❖ набуття умінь розв'язання алгебричних, диференціальних та інтегральних рівнянь динамічного стану електротехнічних об'єктів;
- ❖ вивчення методів аналізу перехідних процесів у системах із зосередженими електричними параметрами;
- ❖ формування навичок застосування техніко-економічних критеріїв під час моделювання електричних пристроїв і систем.

Пререквізити: для успішного опанування курсу «Математичне моделювання електротехнічних систем» необхідно володіти знаннями із курсів: «Фізика», «Математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини та апарати», «Відновлювані джерела енергії», «Основи електроприводу», «Основи електропостачання» та ін.

Постреквізити: вивчення дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем» створює підґрунтя для опанування наступних компонент магістерської освітньої програми, зокрема «Методи оптимізації та їх застосування у задачах електротехніки», «Проектування систем електропостачання». Отримані знання та компетентності особливо важливі під час виконання магістерських кваліфікаційних робіт, проходження практики та розроблення комплексних проєктів. Це сприяє формуванню професійних умінь з аналізу, проектування, синтезу електротехнічних систем, а також здатності до управління технологічними процесами та впровадження інновацій в умовах сучасних викликів аграрного сектору. та ін.

Відповідно до освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» вивчення дисципліни забезпечує набуття здобувачами таких компетентностей та програмних результатів навчання:

Індекс в матриці ОПП	Програмні компоненти
1	2
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або в процесі навчання, що передбачає застосування теорій і методів прикладної фізики та інженерних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов стосовно математичного моделювання електротехнічних систем.
Загальні компетентності	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ❖ Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ❖ Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій. ❖ Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності (за погодженням із студентами).
Фахові (спеціальні) компетентності	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ❖ Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ❖ Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. ❖ Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях. <p>Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання електричних об'єктів, явищ, пристроїв та систем, які ґрунтуються на фундаментальних засадах технічної електродинаміки, створювати ці</p>

	<p>моделі; а також уміти будувати алгоритми чисельно-методної реалізації згаданих моделей під час розв'язання прикладних задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Здатність розробляти сучасні алгоритмічно-програмні комплекси з урахуванням методів об'єктно-орієнтовного програмування із використанням різних мов програмування, сучасних бібліотек крос-платформного програмування під час розв'язання прикладних задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
<p>Програмні результати навчання</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні. ❖ Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах. ❖ Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем. ❖ Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах. ❖ Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах. ❖ Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ❖ Брати участь у сумісних дослідженнях і розробках з іноземними науковцями та фахівцями в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ❖ Поеднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією. ❖ Використовувати: <ul style="list-style-type: none"> – методи чисельного розв'язання систем лінійних та нелінійних алгебричних рівнянь; – чисельні методи інтегрування звичайних нелінійних диференціальних рівнянь; – чисельні методи розв'язання крайових та мішаних задач у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ❖ Володіти сучасними мовами об'єктно-орієнтовного програмування та методикою розробки індивідуальних програм, а також вміти реалізовувати побудовані алгоритм-програми комп'ютерних моделей електричних пристроїв і систем за допомогою алгоритмічних мов програмування.

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма здобуття освіти (ДФЗО)						заочна форма здобуття освіти (ЗФЗО)					
	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	8	9	10	11	10
Тема 1. Вступ. Поняття про математичне та фізичне моделювання	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 2. Формалізовані методи аналізу	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1

електричних, магнітних та електромагнітних кіл у задачах прикладної електротехніки												
Тема 3. Методи пониження порядку систем рівнянь досліджуваних електричних кіл	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 4. Теорія диференціальних рівнянь як основний ключовий апарат у моделюванні динамічних об'єктів	7	1	2			4	7	0.5	0.5			6
Тема 5. Застосування теорії обчислювальної математики до розв'язання лінійних та нелінійних алгебричних рівнянь у задачах прикладної електротехніки	7	1	2			4	7	0.4	0.5			6,1
Тема 6. Чисельні методи інтегрування звичайних нелінійних диференціальних рівнянь у задачах прикладної електротехніки	7	1	2			4	7	0.4	0.5			6,1
Тема 7. Стохастичне моделювання в задачах аналізу динамічних систем	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 8. Використання апарата штучних нейронних мереж для задач аналізу, синтезу та ідентифікації стохастичних процесів	7	1	2			4	7	0.5	0.5			6
Тема 9. Структура та математичне моделювання задач керування	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 10. Об'єктно-орієнтовне моделювання динамічних процесів і систем.	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 11. Алгоритмізація задач моделювання в електротехніці	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 12. Програмування алгоритмізаційних задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки	6	1	2			3	6	0.4	0.5			5,1
Тема 13. Чутливість системи до параметру електричних схем динамічних об'єктів	7	1	2			4	7	0.5	1			5,5
Тема 14. Статична та динамічна стійкості в задачах електротехніки	7	1	2			4	7	0.5	1			5,5
Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів	30					30	30					30
Усього годин	120	14	28			78	120	6	8			106

4. ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	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.	1	0.4
2	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,	1	0.4

	<p>електроенергетичних та енергетичних систем.</p> <p>2.2 Закони Біо-Савара, Фарадея та Максвелла. Їх використання у задачах електротехніки.</p> <p>2.3 Структурні рівняння кола та рівняння елементів віток.</p> <p>2.4 Граф. Направлений граф. Використання теорії графів для формування структурних рівнянь кола.</p> <p>2.5 Матриці інцидентів та головних перетинів. Правила їх побудови.</p>		
3	<p>Тема 3. Методи пониження порядку систем рівнянь досліджуваних електричних кіл.</p> <p>3.1 Метод струмів (закони Кірхгофа). Матриця головних перетинів.</p> <p>3.2 Метод контурних струмів.</p> <p>3.3 Метод вузлових напруг.</p>	1	0.4
4	<p>Тема 4. Теорія диференціальних рівнянь як основний ключовий апарат у моделюванні динамічних об'єктів.</p> <p>4.1 Засади теорії звичайних диференціальних рівнянь. Використання звичайних диференціальних рівнянь в задачах прикладної електротехніки.</p> <p>4.2 Використання звичайних лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, представлених у матрично-векторній формі.</p> <p>4.3 Засади теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними. Використання цих рівнянь в задачах прикладної електротехніки.</p>	1	0.5
5	<p>Тема 5. Застосування теорії обчислювальної математики до розв'язання лінійних та нелінійних алгебричних рівнянь у задачах прикладної електротехніки.</p> <p>5.1 Метод Гауса. LU-розбиття системи рівнянь.</p> <p>5.2 Метод простої ітерації. Збіжність методу та єдність розв'язку.</p> <p>5.3 Метод Зейделя. Збіжність методу та єдність розв'язку.</p> <p>5.4 Метод Ньютона. Збіжність методу та єдність розв'язку.</p>	1	0.4
6	<p>Тема 6. Чисельні методи інтегрування звичайних нелінійних диференціальних рівнянь у задачах прикладної електротехніки.</p> <p>6.1 Загальні поняття про чисельні методи. Збіжність та єдність розв'язку. Жорсткі та нежорсткі диференціальні рівняння.</p> <p>6.2 Явні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Метод Ейлера. Метод трапецій. Методи Рунге-Кутта.</p> <p>6.3 Неявні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Неявний метод Ейлера. Покращений неявний метод Ейлера. Методи Гіра (ФДН-формула диференціювання назад).</p>	1	0.4
7	<p>Тема 7. Стохастичне моделювання в задачах аналізу динамічних систем.</p> <p>7.1 Основні поняття та означення.</p> <p>7.2 Використання апарата теорії нечітких множин в задачах математичного моделювання.</p> <p>7.3 Використання теорії дробового інтегрального числення в задачах моделювання динамічних систем (загальні поняття).</p> <p>7.4 Використання теорії генетичних алгоритмів у задачах моделювання динамічних систем (загальні поняття).</p>	1	0.4
	<p>Тема 8. Використання апарата штучних нейронних мереж для задач аналізу, синтезу та ідентифікації стохастичних процесів.</p>	1	0.5

	<p>8.1 Поняття про нейронну систему головного мозку людини. Біологічний прототип.</p> <p>8.2 Способи навчання штучних нейронних мереж. Мережі з супервізором і без нього.</p> <p>8.3 Перцептрон. Структура. Типи задач, розв'язок яких можливий за допомогою перцептрона.</p> <p>8.4 Правило Гейба (Hebba).</p> <p>8.5 Метод зворотного поширення помилки (backpropagation). Алгоритм методу.</p> <p>8.6 Мережі Кохенена в задачах кластеризації механічних об'єктів. Алгоритм методу.</p>		
	<p>Тема 9. Структура та математичне моделювання задач керування.</p> <p>9.1 Основні поняття про задачі аналізу та синтезу.</p> <p>9.2 Класифікація задач оптимального керування.</p> <p>9.3 Динамічні задачі оптимального керування.</p> <p>9.4 Дослідження операцій.</p> <p>9.5 Математичний опис об'єкта керування.</p> <p>9.6 Структура об'єкту керування.</p>	1	0.4
	<p>Тема 10. Об'єктно-орієнтовне моделювання динамічних процесів і систем.</p> <p>10.1 Загальні поняття про об'єктно-орієнтовне моделювання.</p> <p>10.2 Структуризація моделей.</p> <p>10.3 Методи об'єктно-орієнтовного моделювання.</p> <p>10.4 Правила побудови об'єктно-орієнтовних програм під час реалізацій відповідних моделей.</p> <p>10.5 Деякі типи загальних комп'ютерних програм, які використовуються в задачах об'єктно-орієнтовного моделювання.</p>	1	0.4
	<p>Тема 11. Алгоритмізація задач моделювання в електротехніці.</p> <p>11.1 Поняття про алгоритми в теорії моделювання. Принципи та правила побудови алгоритмів.</p> <p>11.2 Алгоритм блок-схема. Правила побудови блок-схем.</p> <p>11.3 Основні засади програмування розв'язків динамічних систем у задачах прикладної електротехніки на основі алгоритм-програм та блок-схем.</p>	1	0.4
	<p>Тема 12. Програмування алгоритмізаційних задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.</p> <p>12.1 Використання алгоритмічних мов програмування для реалізації математичних моделей динамічних систем.</p> <p>12.2 Приклади найпростіших програм розрахунку перехідних процесів.</p> <p>12.3 Способи реалізації програм на основі алгоритмічно-програмних комплексів типу <i>MATLAB</i>, <i>MathCad</i>, <i>PE</i> та ін.</p>	1	0.4
	<p>Тема 13. Чутливість системи до параметру електричних схем динамічних об'єктів.</p> <p>13.1 Основні означення. Поняття про варіаційні рівняння.</p> <p>13.2 Матриця параметричної чутливості. Методика флотування елементів згаданої матриці.</p> <p>13.3 Розрахунок параметричної чутливості в задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки в теорії математичного моделювання на підставі теорії звичайних диференціальних рівнянь.</p>	1	0.5
	<p>Тема 14. Статична та динамічна стійкості в задачах електротехніки.</p>	1	0.5

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.		
Усього годин	14	6

5. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Числові методи розв'язання систем лінійних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	2	0.5
2	Числові методи розв'язання систем нелінійних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	2	0.5
3	Чисельне диференціювання в задачах електромеханіки	2	0.5
4	Числове інтегрування в задачах електромеханіки. Метод прямокутників, трапецій та Сімпсона (парабол).	2	0.5
5	Явні методи чисельного інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Явний метод Ейлера. Покращений метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта 4-го порядку.	2	0.5
6	Неявні методи чисельного інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Невний метод Ейлера. Метод трапеція. Метод Гіра (ФДН).	2	0.5
7	Неявні методи чисельного інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Невний метод Ейлера. Метод трапеція. Метод Гіра (ФДН).	2	0.5
8	Методи розв'язання нелінійних алгебро-диференціальних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	2	0.5
9	Методи розв'язання нелінійних алгебро-диференціальних рівнянь у прикладних задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	2	0.5
10	Застосування алгоритмічної мови <i>MathCad</i> для моделювання енергетичних процесів та систем у задачах прикладної електротехніки.	2	0.5
9	Дискретний варіант середньоквадратичних наближень. Застосування методу найменших квадратів.	2	0.5
11	Застосування нейромереж із супервізором у прикладних задачах електротехніки. Перцептрон.	2	0.5
12	Застосування методу Левенберга-Маркварта в задачах моделювання електричних пристроїв і систем.	2	0.5
13	Визначення чутливості електротехнічної системи до її параметрів. Принцип побудови матриці монохромії.	2	1

14	Дослідження електротехнічної системи на стійкість. Використання матриці монохромії в другому методі Ляпунова.	2	1
Усього годин		28	8

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Тема 1. Вступ. Поняття про математичне та фізичне моделювання. Основні означення. Приклади. Ідеї. Концепція математичного моделювання електротехнічних, електромеханічних та електроенергетичних систем. Основні теореми подібності. Методи визначення критеріїв подібності електромеханічних явищ.	3	5,1
2	Тема 2. Формалізовані методи аналізу електричних, магнітних та електромагнітних кіл у задачах прикладної електротехніки. Закони електромагнетизму як основні підходи до моделювання електротехнічних, електромеханічних, електроенергетичних та енергетичних систем. Закони Біо-Савара, Фарадея та Максвелла. Їх використання у задачах електротехніки. Структурні рівняння кола та рівняння елементів віток. Граф. Направлений граф. Використання теорії графів для формування структурних рівнянь кола. Матриці інцидентів та головних перетинів. Правила їх побудови.	3	5,1
3	Тема 3. Методи пониження порядку систем рівнянь досліджуваних електричних кіл. Метод струмів (закони Кірхгофа). Матриця головних перетинів. Метод контурних струмів. Метод вузлових напруг.	3	5,1
4	Тема 4. Теорія диференціальних рівнянь як основний ключовий апарат у моделюванні динамічних об'єктів. Засади теорії звичайних диференціальних рівнянь. Використання звичайних диференціальних рівнянь в задачах прикладної електротехніки. Використання звичайних лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, представлених у матрично-векторній формі. Засади теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними. Використання цих рівнянь в задачах прикладної електротехніки.	4	6
5	Тема 5. Застосування теорії обчислювальної математики до розв'язання лінійних та нелінійних алгебричних рівнянь у задачах прикладної електротехніки. Метод Гауса. LU -розбиття системи рівнянь. Метод простої ітерації. Збіжність методу та єдність розв'язку. Метод Зейделя. Збіжність методу та єдність розв'язку. Метод Ньютона. Збіжність методу та єдність розв'язку.	4	6,1
6	Тема 6. Чисельні методи інтегрування звичайних нелінійних диференціальних рівнянь у задачах прикладної електротехніки. Загальні поняття про чисельні методи. Збіжність та єдність розв'язку. Жорсткі та нежорсткі диференціальні рівняння. Явні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Метод Ейлера. Метод трапецій. Методи Рунге-Кутта. Неявні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Неявний метод Ейлера. Покращений неявний метод Ейлера. Методи Гіра (ФДН-формула диференціювання назад).	4	6,1
7	Тема 7. Стохастичне моделювання в задачах аналізу динамічних систем. Основні поняття та означення. Використання апарата теорії нечітких множин в задачах математичного моделювання.	3	5,1

	Використання теорії дробового інтегрального числення в задачах моделювання динамічних систем (загальні поняття). Використання теорії генетичних алгоритмів у задачах моделювання динамічних систем (загальні поняття).		
8	Тема 8. Використання апарата штучних нейронних мереж для задач аналізу, синтезу та ідентифікації стохастичних процесів. Поняття про нейронну систему головного мозку людини. Біологічний прототип. Способи навчання штучних нейронних мереж. Мережі з супервізором і без нього. Перцептрон. Структура. Типи задач, розв'язок яких можливий за допомогою перцептрона. Правило Гібба (Hebba). Метод зворотного поширення помилки (backpropagation). Алгоритм методу. Мережі Кохенена в задачах кластеризації механічних об'єктів. Алгоритм методу.	4	6
9	Тема 9. Структура та математичне моделювання задач керування. Основні поняття про задачі аналізу та синтезу. Класифікація задач оптимального керування. Динамічні задачі оптимального керування. Дослідження операцій. Математичний опис об'єкта керування. Структура об'єкта керування.	3	5,1
10	Тема 10. Об'єктно-орієнтовне моделювання динамічних процесів і систем у задачах електротехніки. Загальні поняття про об'єктно-орієнтовне моделювання. Структуризація моделей. Методи об'єктно-орієнтовного моделювання. Правила побудови об'єктно-орієнтовних програм під час реалізацій відповідних моделей. Деякі типи загальних комп'ютерних програм, які використовуються в задачах об'єктно-орієнтовного моделювання.	3	5,1
11	Тема 11. Алгоритмізація задач моделювання в електротехніці. Поняття про алгоритми в теорії моделювання. Принципи та правила побудови алгоритмів. Алгоритм блок-схема. Правила побудови блок-схем. Основні засади програмування розв'язків динамічних систем у задачах прикладної електротехніки на основі алгоритм-програм та блок-схем.	3	5,1
12	Тема 12. Програмування алгоритмізаційних задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Використання алгоритмічних мов програмування для реалізації математичних моделей динамічних систем. Приклади найпростіших програм розрахунку перехідних процесів. Способи реалізації програм на основі алгоритмічно-програмних комплексів типу <i>MATLAB</i> , <i>MathCad</i> , <i>PE</i> та ін.	3	5,1
13	Тема 13. Чутливість системи до параметру електричних схем динамічних об'єктів. Основні означення. Поняття про варіаційні рівняння. Матриця параметричної чутливості. Методика флотування елементів згаданої матриці. Розрахунок параметричної чутливості в задачах електроенергетики, електротехніки та електромеханіки в теорії математичного моделювання на підставі теорії звичайних диференціальних рівнянь.	4	5,5
14	Тема 14. Статична та динамічна стійкості в задачах електротехніки. Основні означення. Поняття про статичну стійкість. Поняття про динамічну стійкість. Метод площ в задачах аналізу стійкості на прикладі турбоагрегату. Застосування другого методу Ляпунова для аналізу статичної стійкості електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.	4	5,5
Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів		30	30
Усього годин		78	106

7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчання з дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем» здійснюється із застосуванням сучасних інтерактивних та практикоорієнтованих методів, які поєднують словесні (лекція, пояснення, дискусія), наочні (демонстрація, робота з мультимедійними матеріалами) та активні форми (групові проєкти, семінари-дискусії, моделювання ситуацій, аналіз кейсів). Використання методів мозкового штурму, проблемно-орієнтованих і дослідницьких підходів сприяє розвитку критичного та креативного мислення, уміння працювати в команді й приймати ефективні управлінські рішення. Ефективність забезпечується залученням сучасних цифрових інструментів, програмних засобів для планування й контролю, а також роботи з професійною літературою та науковими публікаціями.

8. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Оцінювання результатів навчання студентів здійснюється проведенням поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль здійснюється під час практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання відповідних завдань. Форми проведення поточного контролю – усне та письмове опитування, тестовий контроль.

Підсумковий контроль проводиться з метою оцінювання результатів навчання на завершальному етапі вивчення дисципліни. Підсумковий контроль здійснюється у формі екзамену.

9. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Успішність студента оцінюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю.

Максимальна кількість балів з дисципліни «Математичне моделювання електротехнічних систем», яку може отримати студент протягом семестру за всі види роботи, становить 100, при цьому 50 балів за результатами поточного оцінювання, та 50 – за результатами екзаменаційного контролю.

Результати поточного контролю оцінюються в кінці семестру сумою отриманих балів за поточну успішність:

Критерії поточного оцінювання знань студентів

Оцінка	Критерії оцінювання
«відмінно»	У повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко і всебічно розкриває зміст, використовуючи обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив 90% тестових завдань.
«добре»	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст завдань, використовуючи обов'язкову літературу. При викладанні окремих питань не вистачає

	достатньої глибини та аргументації, допускаються несуттєві неточності й незначні помилки. Правильно вирішив більшість тестових завдань.
«задовільно»	У цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив близько половини тестових завдань.
«незадовільно»	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Викладає матеріал фрагментарно та поверхово, без аргументації й обґрунтування, недостатньо розкриває зміст теоретичних і практичних завдань, допускає суттєві неточності. Правильно вирішив меншість тестових завдань.

Переведення підсумкових рейтингових оцінок з дисципліни, виражених у балах за 100-бальною шкалою, у оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS

Таблиця 1 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, диференційованого заліку, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90–100	A	відмінно	зараховано
82–89	B	добре	
74–81	C		
64–73	D	задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

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

Основна

1. Чабан В. Й. Математичне моделювання в електротехніці. Львів: Вид-во Т. Сороки., 2010. 284 с.
2. Чабан А. Принцип Гамільтона-Остроградського в електромеханічних системах. Львів: Вид-во Т. Сороки., 2015. 488 с.
3. Бахрушин В. Є. Математичне моделювання: навч. посіб. Запоріжжя, 2003. 140 с.
4. Чорний О. П., Луговой А. В., Родькін Д. Й., Сисюк Г. Ю., Садовой О. В. Моделювання електромеханічних систем: підручник. Кременчук, 2001. 410 с.

Допоміжна

5. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: Книжкове вид-во НАУ, 2013. 201 с.
6. Толочко О. І. Моделювання електромеханічних систем: навчальний посібник. Київ, НТУУ «КПІ», 2016. 150 с.
7. Кириленко О. В., Сегеда М. С., Буткевич О. Ф., Мазур Т. А. Математичне моделювання в електроенергетиці. Львів: Видавництво НУ «ЛП», 2010. 610с.
8. Журахівський А. В., Кінаш Б. М., Пастух О. Р. Надійність електричних систем і мереж: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 280 с.

12. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
2. Віртуальне навчальне середовище ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького – <https://moodle.lnup.edu.ua/course/view.php?id=10862> .
3. Електронні інформаційні ресурси мережі інтернет з переліком сайтів: (потрібно дати декілька посилань, які стосуються дисципліни)
 - 3.1. Modeling Electrical Power Systems with Simscape (MathWorks). Онлайн-курс / тренінг з моделювання систем електропостачання в середовищі Simulink / Simscape, який демонструє, як будувати моделі електричних компонентів, ліній, трансформаторів, тощо. URL: <https://www.mathworks.com/learn/training.html> .
 - 3.2. Power System Modelling and Fault Analysis (Coursera). Курс, присвячений моделюванню елементів енергосистем, аналізу несправностей (коротких замикань) і використанню еквівалентних схем. URL: <https://www.coursera.org/learn/industrial-power-system-analysis-and-stability> .
 - 3.3. MOOC: Modelling with Differential Equations (Delft University of Technology). Онлайн-курс, який вводить у цикл моделювання: як формувати математичні моделі, вирішувати диференціальні рівняння, перевіряти моделі. URL: <https://online-learning.tudelft.nl/courses/modelling-with-differential-equations> .
4. Бібліотеки: Львівського ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького м. Дубляни, НУ «Львівська політехніка», Львівська національна наукова бібліотека України ім. В. Стефаника, м. Львів.