

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

Інститут архітектури, будівництва та енергетики  
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор інституту архітектури,  
будівництва та енергетики

М.П. Мазур

2023 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА**

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ**  
(назва навчальної дисципліни)

освітній рівень перший (бакалаврський)  
(назва освітнього рівня)

галузь знань 14 – Електрична інженерія  
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(назва спеціалізації за наявності)

освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(назва ОП)

статус дисципліни обов'язкова  
обов'язкова/вибіркова

Мова викладання українська

2023 р.

Розробник:

професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, доктор фіз.-мат. наук, професор, andriy.bandura@nung.edu.ua  
(посада, назва кафедри, науковий ступінь, вчене звання, електронна пошта)




Андрій БАНДУРА  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Схвалено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Протокол від 31 серпня 2023 року № 1.

Завідувач випускової кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки



Петро КУРЛЯК  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Узгоджено:

Гарант ОП «Електроенергетика, електротехніки та електромеханіки»  
(назва програми)



Олег СОЛОМЧАК  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## 1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ

<p><b>Мета і завдання дисципліни</b></p>	<p><b>Мета вивчення дисципліни</b> – вивчення основних принципів побудови математичних моделей елементів та комплексів систем електропостачання зі застосуванням матричної та векторної алгебри, теорії графів, диференційних рівнянь та їх систем.</p> <p><b>Завдання вивчення дисципліни</b> – набуття знань, навичок оперування методами фізичного та математичного моделювання електротехнічних систем, способами складання диференційних рівнянь різноманітних електротехнічних систем та пристроїв.</p>
<p><b>Посилання на розміщення дисципліни на навчальній платформі</b></p>	<p>Електронний курс дисципліни  <a href="https://dn.nung.edu.ua/course/view.php?id=1470">https://dn.nung.edu.ua/course/view.php?id=1470</a></p>
<p><b>Попередні вимоги для вивчення дисципліни (пререквізити)</b></p>	<p>Вища математика, Фізика, Вступ до електротехніки, Теорія електричних та магнітних кіл, Основи електричних вимірювань та метрології</p>
<p><b>Постреквізити</b></p>	<p>Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики, Математичні задачі енергетики, Перехідні процеси в електричних системах, Електромеханічні перехідні процеси, Стійкість електроенергетичних систем, Основи науково-дослідної роботи</p>
<p><b>Результати навчання</b></p>	<p>ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.</p> <p>ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.</p> <p>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..</p> <p>ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.</p> <p>ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж</p> <p>ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання, вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.</p> <p>ПР19. Застосовувати придатні еміричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.</p> <p>ПР24. Знати методи математичного моделювання, вміти застосовувати їх для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками та вміти оцінювати варіанти їх оптимізації з метою підвищення енергоефективності системи електропостачання.</p>
<p><b>Компетентності</b></p>	<p><b>загальних:</b>  ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.</p>

	<p>ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.</p> <p>ЗК07. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК08. Здатність працювати автономно.</p> <p>ЗК11. Здатність до абстрактного та логічного мислення, аналізу та синтезу (критичне мислення)..</p> <p><b>спеціальних:</b></p> <p>СК02. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.</p> <p>СК03. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем і мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.</p> <p>СК06. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.</p> <p>СК09. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання.</p> <p>СК15. Здатність оцінювати показники надійності, ефективності та безпеки функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем та розробляти заходи з їх підвищення.</p> <p>СК17. Здатність самостійно розрізняти та аналізувати різноманітні за своєю природою технологічні процеси та відповідні електротехнологічні установки, а також виділяти особливості цих процесів з урахуванням вимог щодо надійності та якості електроенергії</p>
<p><b>Підсумковий контроль, форма</b></p>	<p>7 семестр: диференційований залік.</p>
<p><b>Перелік соціальних, «м'яких» навичок (softskills)</b></p>	<p>Комунікативні; логічного мислення; комплексного підходу до вирішення проблем; здатності приймати рішення в нестандартних умовах; самодисципліни й самоконтролю; бажання вчитися та постійно розвиватися тощо.</p>

### 3 ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1 Обсяг навчальної дисципліни

Ресурс годин на вивчення дисципліни «Математичне моделювання в електроенергетиці» згідно з чинним НП, розподіл по семестрах і видах навчальної роботи для різних форм навчання характеризує таблиця 1.

Таблиця 1 – Розподіл годин, виділених на вивчення дисципліни

Найменування показників	Всього		Розподіл по семестрах			
			Семестр <u>7</u>		Семестр _____	
	Денна форма навчання (ДФН)	Заочна (дистанційна) форма навчання (ЗФН)	Денна форма навчання (ДФН)	Заочна (дистанційна) форма навчання (ЗФН)	Денна форма навчання (ДФН)	Заочна (дистанційна) форма навчання (ЗФН)
Кількість кредитів ECTS	3	3	3	3		
Кількість модулів	2	2	2	2		
Загальний обсяг часу, год	90	90	90	90		
Аудиторні заняття, год, у т.ч.:	50	16	50	16		
лекційні заняття	34	10	34	10		
семінарські заняття	-	-	-	-		
практичні заняття	16	6	16	6		
лабораторні заняття	-	-	-	-		
Самостійна робота, год, у т.ч.	40	74	40	74		
виконання курсового проекту (роботи)	-	-	-	-		
виконання контрольних (розрахунково-графічних) робіт	-	-	-	-		
опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях	10	10	10	10		
опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення	20	54	20	54		
підготовка до практичних занять та контрольних заходів	10	10	10	10		
підготовка звітів з лабораторних робіт	-	-	-	-		
підготовка до екзамену	-	-	-	-		
Форма семестрового контролю	Диференційований залік		Диференційований залік			

### 3.2 Лекційні заняття

Тематичний план лекційних занять дисципліни характеризує таблиця 2.

Таблиця 2 – Тематичний план лекційних занять

Шифр	Назви модулів (М), змістових модулів (ЗМ), тем (Т) та їх зміст	Обсяг годин		Література	
		ДФН	ЗФН	порядковий номер	розподіл
1	2	3	4	5	6
<b>M1</b>	<b>Моделювання ustalених режимів електроенергетичних систем</b>	<b>18</b>	<b>5</b>		
<b>ЗМ 1</b>	<b>Основи теорії графів.</b>	<b>4</b>	<b>1</b>		
T 1.1	Елементи теорії графів. Матриця суміжності, переша і друга матриці інцидентів.	2	0,5	1,2,3	
T 1.2	Матриці перетинів та коефіцієнтів розподілу дерева. Векторно-матричний запис законів Ома та Кірхгофа.	2	0,5	1,2,3	
<b>ЗМ2</b>	<b>Векторно-матричні методи аналізу електричних кіл.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		
T 2.1	Формалізовані методи аналізу електричних кіл. Аналіз електричного кола на основі вузлових і контурних рівнянь. Метод незалежних струмів у формі матриць. Метод контурних струмів у формі матриць.	2	1	1,2,3	
T 2.2	Метод незалежних напруг у формі матриць.. Метод вузлових напруг у формі матриць.. Метод міжвузлових напруг у формі матриць..	2	0,5	1,2,3	
T 2.3	Метод координат віток. Метод визначальних координат. Матриці вхідних і взаємних адмітансів, коефіцієнтів розподілу, вузлових і умовних вузлових імпедансів.	2	0,5	1,2,3	
<b>ЗМ3</b>	<b>Аналіз ustalених режимів електро-енергетичних систем</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		
T 3.1	Математична модель аналізу ustalених режимів електроенергетичних систем у методі вузлових напруг. Існування та єдиність розв'язку рівнянь стану електроенергетичних систем.	2	0,5	1,2,3	
T 3.2	Математична модель аналізу ustalених режимів електроенергетичних систем у методі контурних струмів	2	0,5	1,2,3	
T 3.3	Математична модель електроенергетичної системи у фазних координатах у методі контурних струмів.	2	0,5	1,2,3	
T 3.4	Математична модель аналізу ustalених режимів електроенергетичної системи у методі балансу потужностей.	2	0,5	1,2,3	
<b>M2</b>	<b>Методи аналізу перехідних режимів електроенергетичних систем</b>	<b>16</b>	<b>5</b>		

Всього модулів 2, у кожному модулі: М1 - 3 змістовні модулі; М2 - 2 змістовні модулі.

### 3.3. Практичні

	<i>систем</i>				
<b>ЗМ 4</b>	<b>Моделювання перехідних режимів за допомогою диференційних рівнянь</b>	<b>12</b>	<b>4</b>		
Т 4.1	Алгоритм визначення усталеного режиму електричних кіл за допомогою диференційних рівнянь.	2	1	1	
Т 4.2	Математична модель аналізу перехідних процесів електроенергетичних систем у методі вузлових і контурних рівнянь.	2	1	1	
Т 4.3	Математична модель аналізу перехідних процесів електроенергетичних систем у методі контурних координат та у методі вузлових координат.	2	0,5	1	
Т 4.5	Математична модель електромагнетних двигунів. Математична модель асинхронного двигуна.	2	0,5	1	
Т 4.6	Математична модель лінії електропередачі. Математична модель регулятора СТК.	2	0,5	1	
Т 4.7	Математичне моделювання несиметричних режимів. Математична модель ЕЕС з вентильними елементами та динамічним навантаженням.	2	0,5	1	
<b>ЗМ 5</b>	<b>Математичне моделювання хвильових процесів в електроенергетичних системах</b>	<b>4</b>	<b>1</b>		
Т 5.1	Математичне моделювання хвильових процесів у довгих лініях електропередачі. Поширення хвиль у лініях електропередачі за наявності корони.	2	0,5	1,4	
Т 5.2	Урахування скін-ефекту в проводах під час дослідження хвильових процесів у довгих лініях. Математичне моделювання хвильових процесів у трансформаторах.	2	0,5	1,4	
<b>Всього</b>		<b>34</b>	<b>10</b>		

### (семінарські) заняття

Теми практичних занять дисципліни наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Теми практичних занять

Шифр	Назви модулів (М), змістових модулів (ЗМ), тем практичних занять	Обсяг годин		Література	
		ДФН	ЗФН	порядковий номер	розділ, підрозділ
<b>М1</b>	<b>Моделювання усталених режимів електроенергетичних систем</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
П 1.1	Теорія графів: матриця суміжності, перетинів, коефіцієнтів розподілу дерева, перша та друга матриці інцидентів.	2	1	1,2,3	
П 1.2	Метод незалежних струмів, контурних струмів, незалежних напруг, вузлових напруг.	2	0,5	1,2,3	
П 1.3	Метод міжвузлових напруг, координат віток, визначальних координат.	2	0,5	1,2,3	

П 1.4	Математична модель аналізу усталених режимів електроенергетичних систем у методі контурних струмів та вузлових напруг	2	1	1,2,3	
<b>M2</b>	<b>Методи аналізу перехідних режимів електроенергетичних систем</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
П 2.1	Математична модель аналізу усталених режимів електроенергетичної системи у методі балансу потужностей. Алгоритм визначення усталеного режиму електричних кіл.	2	1	1	
П 2.2	Математична модель аналізу перехідних процесів електроенергетичних систем у методі контурних координат та у методі вузлових координат.	2	1	1	
П 2.3	Математична модель електромагнетних двигунів та лінії електропередавання.	2	0,5	1	
П 2.4	Математичне моделювання несиметричних режимів. Математичне моделювання хвильових процесів у довгих лініях електропередавання	2	0,5	1,4	
<b>Всього</b>		<b>16</b>	<b>6</b>		

### 3.4 Лабораторні заняття

Лабораторні заняття не передбачені.

### 3.5 Завдання для самостійної роботи студента

Види самостійної роботи в межах даного курсу наводяться у таблиці 4.

Таблиця 4 – Зміст самостійної роботи

Найменування показників	Обсяг годин (ДФН)	Обсяг годин (ЗФН)
Самостійна робота, год, у т.ч.:	70	74
– Опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях	10	10
– Підготовка до практичних / семінарських / лабораторних занять	-	
– Підготовка звітів з практичних / лабораторних робіт	-	
– Підготовка до поточних контрольних заходів	10	10
– Виконання індивідуального завдання (курсова робота / проєкт / розрахункова робота)	-	
– Підготовка та складання іспиту	-	
Опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення	20	54

Перелік матеріалу, який виноситься на самостійне вивчення, наведено у таблиці 5.

Таблиця 5 – Матеріал, що виноситься на самостійне вивчення

Назви модулів (М), змістових модулів (ЗМ), тем (Т)	Обсяг годин	Література

Шифр	та їх зміст	ДФН	ЗФН	порядковий номер	розділ, підрозділ
<i>M1</i>	<i>Методи розрахунку ustalених режимів електроенергетичних систем</i>	6	14		
<i>ЗМ1</i>	<i>Основи теорії графів</i>	2	4		
С 1	Ланцюг, цикл, прадерево графа. Цикломатичне число. Кількість прадерев і дерев.	2	4	2,3	
<i>ЗМ2</i>	<b>Векторно-матричні методи аналізу електричних кіл.</b>	2	5		
С 2	Математична модель розімкненої системи. Застосування теорії множин до аналізу електричних кіл.	2	5	4	
<i>ЗМ3</i>	<b>Аналіз ustalених режимів електро-енергетичних систем</b>	2	5		
С 3	Узагальнені математичні моделі замкнених мереж. Перетворення рівнянь з комплексної площини в дійсну.	2	5	1,2,3,4	
<i>M2</i>	<i>Методи аналізу перехідних режимів електроенергетичних систем</i>	14	40		
<i>ЗМ4</i>	<b>Моделювання перехідних режимів за допомогою диференціальних рівнянь</b>	10	30		
С 4	Методика моделювання електромеханічних перехідних процесів.	2	5	4	
С 5	Математичні моделі динамічних елементів електроенергетичної системи. Математична модель квазістаціонарного режиму.	2	10	4	
С 6	Математичні моделі електростанцій. Одночастотна математична модель енергосистеми. Методика моделювання тривалого перехідного процесу.	3	10	4	
С 7	Методика розрахунку ustalеного післяаварійного режиму. Математичні моделі несиметричних режимів електричних систем.	3	5	4	
<i>ЗМ5</i>	<b>Математичне моделювання хвильових процесів в електроенергетичних системах</b>	4	10		
С 8	Математична модель ЛЕП з розподіленими параметрами. Вузлова математична модель хвильових процесів. Математичні моделі елементів зі зосередженими параметрами.	4	10	1,4	
<b>Всього:</b>		<b>20</b>	<b>54</b>		

Контроль за опрацюванням тем, винесених на самостійне навчання, входить до поточного оцінювання за відповідними змістовними модулями.

#### **4 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

##### **4.1 Основна література**

1. Математичні моделі електричних систем : Лабораторний практикум: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. Л. Кацадзе, О. М. Паненко. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 63 с.

2. Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах: монографія / С. Є. Саух, А. В. Борисенко. — К.: «Три К», 2020. — 340 с.

3. Гай, О.В., Нікіфоров, А.П. Методичні вказівки до виконання розрахунково-практичної роботи з дисципліни «Математичні задачі в енергетиці». - Київ: НУБіП України, 2022. - 268 с.

4. Кириленко О. В., Сегеда М.С., Буткевич О.М., Мазур Т. А. Математичне моделювання в електроенергетиці: підручник. - Львів, видавництво НУ „Львівська політехніка“, 2010, с. 608.

#### 4.2 Додаткова література

5. Перхач, В. С. Математичні задачі електроенергетики [Текст] / В. С. Перхач. — 3-е вид., перероб. і доп. — Львів : Вища школа, 1989. — 464 с.

6. Перхач, В. С. Математичні задачі електроенергетики [Текст] / В. С. Перхач. — 2-е вид., перероб. та доп. — Л. : Вища школа, 1982. — 380с.

7. Мельник, В.П. Математичні моделі електроенергетичних систем: навч. посібник / В.П. Мельник. - К.: ІСДО, 1993. — 336 с.

8. Карпалюк І. Т. Конспект лекцій з курсу «Математичні методи і моделі в електроенергетиці» Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 182 с.

9. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.

10. Федорів, М. Й. Математичне моделювання в електроенергетиці : метод. вказівки / М. Й. Федорів, А. І. Поточний. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. - 31 с.

11. Федорів, М.Й. Математичне моделювання в системах електропостачання: конспект лекцій. - Івано-Франківськ, 1999. - 80 с.

12. Курляк, П. О. Математичні задачі електроенергетики. практикум / П. О. Курляк, Я. В. Бацала, Л. М. Шиндак. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. – 83 с.

13. Гаврилюк, Р. Б. Математичні задачі електроенергетики [Текст] : конспект лекцій /Р. Б. Гаврилюк. — Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2004. — 139 с.

14. Бурбело М. Й. Математичні задачі електроенергетики : лаб. практикум / М. Й. Бурбело, С. М. Левицький ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2017 .Ч. 2. - 2019. - 120 с.

#### 4.3 Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://sagecell.sagemath.org/> сервер Sage для виконання обчислень

2. <https://www.scilab.org/> пакет Scilab для інженерних та наукових розрахунків

3. <https://pypsa.org/> модуль для мови Python для моделювання та оптимізації електричних мереж

4. <https://numpy.org/> модуль для мови Python для інженерних та наукових розрахунків

При вивченні дисципліни відповідно до наказу №150 «Про шифрування методів навчання, методів і форм оцінювання» від 24.06.2021р засвоєння здобувачами вищої освіти навчального матеріалу з «Вищої математики» реалізується в таких формах: навчальні заняття, виконання індивідуальних завдань, контрольні заходи, самостійна робота. Зокрема: 1) лекційні заняття (МН 1.1), покликані формувати в студентів компетентності, зазначені у п.2 даної програми, а також допомагати студентам освоїти матеріал, винесений на самостійне вивчення, 2) практичні заняття (МН 3.4), що покликані поглиблювати знання, отримані на лекції в узагальненій формі, і допомагати студентам застосовувати ці знання для їх професійної діяльності 3) консультації як робота під керівництвом викладача(МН 19), мета яких – допомога студентам у виконанні практичних і розрахункових робіт та відпрацювання пропущених занять; 4) методи самостійної роботи вдома(МН 18)

У ході вивчення дисципліни застосовуються такі методи навчання: наочні (ілюстрація); практичні (розрахунки); інформаційно-рецептивні (пред'явлення готової інформації викладачем та її засвоєння студентами); репродуктивні (виконання різного роду завдань за зразком); індуктивні, дедуктивні, узагальнення.

Форми і методи навчання й оцінювання в межах даного курсу наводяться в таблиці 6.

**Таблиця 6 – Забезпечення програмних результатів навчання відповідними формами та методами**

<b>Шифр програмного результату навчання</b>	<b>Методи навчання (МН)</b>	<b>Форми і методи оцінювання (МФО)</b>
ПР08	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль
ПР09	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль
ПР11	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль
ПР12	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19);	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль

	інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	
ПР17	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль
ПР18	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль
ПР19	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль
ПР24	лекція (МН 1.1), розповідь-пояснення (МН 1.2); наочні методи: ілюстрування (МН 2.1), комп'ютерні і мультимедійні методи (МН 2.4); практичні методи: вправи (МН 3.1), практичні роботи (МН 3.4); аналітичний (МН 7); синтетичний методи (МН 8); узагальнення (МН 10); самостійної роботи вдома (МН 18); робота під керівництвом викладача (МН 19); інтерактивні методи: дискусія, диспут (МН 20.2), мозковий штурм (МН 20.3)	<b>МФО 3</b> - диференційований залік, <b>МФО 4</b> - поточний контроль, <b>МФО 5</b> - усний контроль, <b>МФО 6</b> - письмовий контроль, <b>МФО 7</b> - лабораторно-практичний контроль

## 6 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА СХЕМА НАРАХУВАННЯ БАЛІВ

Оцінювання знань студентів проводиться за результатами комплексних контрольних заходів за темами. Контроль за кожною темою передбачає контроль теоретичних знань і практичних навиків, самостійної та індивідуальної роботи.

Упродовж вивчення дисципліни застосовуються такі методи і форми оцінювання: усний контроль (МФО 5), письмовий контроль (МФО 6), лабораторно-практичний контроль (МФО 7), тестовий контроль (МФО 8); форма підсумкової атестації іспит (МФО 1).

Схема нарахування балів при оцінюванні знань студентів з дисципліни наведено в таблиці 5.

Таблиця 7 – Схема нарахування балів у процесі оцінювання знань студентів

Шифри модулів та занять	Назва модулів та теми занять	Методи і форма оцінювання*	Максимальна кількість балів		
			лекції	практ	лабор
<b>Заліковий кредит 1</b>					

<b>M1</b>	<b>Моделювання усталених режимів електроенергетичних систем</b>		25		
<b>ЗМ 1</b>	<b>Основи теорії графів.</b>				
T 1.1	Елементи теорії графів. Матриця суміжності, переша і друга матриці інцидентів.	МФО 5,6,7		3	
T 1.2	Матриці перетинів та коефіцієнтів розподілу дерева. Векторно-матричний запис законів Ома та Кірхгофа.	МФО 5,6,7		3	
<b>ЗМ2</b>	<b>Векторно-матричні методи аналізу електричних кіл.</b>				
T 2.1	Формалізовані методи аналізу електричних кіл. Аналіз електричного кола на основі вузлових і контурних рівнянь. Метод незалежних струмів у формі матриць. Метод контурних струмів у формі матриць.	МФО 5,6,7		3	
T 2.2	Метод незалежних напруг у формі матриць.. Метод вузлових напруг у формі матриць.. Метод міжвузлових напруг у формі матриць..	МФО 5,6,7		3	
T 2.3	Метод координат віток. Метод визначальних координат. Матриці вхідних і взаємних адмітансів, коефіцієнтів розподілу, вузлових і умовних вузлових імпедансів.	МФО 5,6,7		3	
<b>ЗМ3</b>	<b>Аналіз усталених режимів електро-енергетичних систем</b>				
T 3.1	Математична модель аналізу усталених режимів електроенергетичних систем у методі вузлових напруг. Існування та єдиність розв'язку рівнянь стану електроенергетичних систем.	МФО 5,6,7		3	
T 3.2	Математична модель аналізу усталених режимів електроенергетичних систем у методі контурних струмів	МФО 5,6,7		3	
T 3.3	Математична модель електроенергетичної системи у фазних координатах у методі контурних струмів.	МФО 5,6,7		2	
T 3.4	Математична модель аналізу усталених режимів електроенергетичної системи у методі балансу потужностей.	МФО 5,6,7		2	
<b>M2</b>	<b>Методи аналізу перехідних режимів електроенергетичних систем</b>		25		
<b>ЗМ 4</b>	<b>Моделювання перехідних режимів за допомогою диференційних рівнянь</b>				
T 4.1	Алгоритм визначення усталеного	МФО 5,6,7		3	

	режиму електричних кіл за допомогою диференційних рівнянь.				
Т 4.2	Математична модель аналізу перехідних процесів електроенергетичних систем у методі вузлових і контурних рівнянь.	МФО 5,6,7		3	
Т 4.3	Математична модель аналізу перехідних процесів електроенергетичних систем у методі контурних координат та у методі вузлових координат.	МФО 5,6,7		3	
Т 4.5	Математична модель електромагнетних двигунів. Математична модель асинхронного двигуна.	МФО 5,6,7		3	
Т 4.6	Математична модель лінії електропередавання. Математична модель регулятора СТК.	МФО 5,6,7		3	
Т 4.7	Математичне моделювання несиметричних режимів. Математична модель ЕЕС з вентиляними елементами та динамічним навантаженням.	МФО 5,6,7		3	
<b>ЗМ 5</b>	<b>Математичне моделювання хвильових процесів в електроенергетичних системах</b>				
Т 5.1	Математичне моделювання хвильових процесів у довгих лініях електропередавання. Поширення хвиль у лініях електропередавання за наявності корони.	МФО 5,6,7		3	
Т 5.2	Урахування скін-ефекту в проводах під час дослідження хвильових процесів у довгих лініях. Математичне моделювання хвильових процесів у трансформаторах.	МФО 5,6,7		4	
<b>Всього</b>			<b>50</b>	<b>50</b>	
	Форма підсумкової атестації	Диференційований залік (МФО 3)			

\* - пояснення див. Наказ ректора ІФНТУНГ «Про шифрування методів навчання, методів і форм оцінювання» №150 від 24.06.2021 року

Остаточне оцінювання екзамену з дисципліни проводиться відповідно до вимог чинного Положення «Про систему поточного і підсумкового контролю, оцінювання знань та визначення рейтингу студентів». Диференційований залік з дисципліни виставляється студенту відповідно до чинної шкали оцінювання, що наведена нижче.

Для визначення ступеня оволодіння навчальним матеріалом з подальшим його оцінюванням застосовуються рівні навчальних досягнень здобувачів вищої освіти, наведені в таблиці 9.

Таблиця 8 – Рівні навчальних досягнень

Рівні навчальних	Відсоток балу за виконан	Критерії оцінювання навчальних досягнень	
		Теоретична підготовка	Практична підготовка

досягнень	ня завдань	Здобувач вищої освіти	
<b>Відмінний</b>	90...100	вільно володіє навчальним матеріалом, висловлює свої думки, робить аргументовані висновки, рецензує відповіді інших студентів, творчо виконує індивідуальні та колективні завдання; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань; вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення власних знань	може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує завдання, не передбачені навчальною програмою; вільно використовує знання для вирішення поставлених перед ним завдань
<b>Достатній</b>	75...89	вільно володіє навчальним матеріалом, застосовує знання на практиці; узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускає незначні недоліки у порівняннях, формулюванні висновків, застосуванні теоретичних знань на практиці виконання завдання	за зразком самостійно виконує практичні завдання, передбачені програмою; має стійкі навички

<b>Задовільний</b>	60...74	володіє навчальним матеріалом поверхово, фрагментарно, на рівні запам'ятовування відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу	має елементарні, нестійкі навички виконання завдання
<b>Незадовільний</b>	менше 60	має фрагментарні знання (менше половини) у незначному загальному обсязі навчального матеріалу; відсутні сформовані вміння та навички; під час відповіді допускаються суттєві помилки	планує та виконує частину завдання за допомогою викладача

Результати навчання з дисципліни оцінюються за 100-бальною шкалою (від 1 до 100) з переведенням в оцінку за традиційною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно» відповідно до шкали, наведеної в таблиці 10).

Таблиця 10 - Шкала оцінювання: національна та ECTS

Національна	Університетська (в балах)	ECTS	Визначення ECTS
<b>Відмінно</b>	90-100	A	<b>Відмінно</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок

<b>Добре</b>	82-89	B	<b>Дуже добре</b> – вище середнього рівня з кількома помилками
	75-81	C	<b>Добре</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок
<b>Задовільно</b>	67-74	D	<b>Задовільно</b> - непогано, але зі значною кількістю недоліків
	60-66	E	<b>Достатньо</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії
<b>Незадовільно</b>	35-59	FX	<b>Незадовільно</b> – потрібно попрацювати перед тим, як отримати залік або скласти іспит
	0-34	F	<b>Незадовільно</b> – необхідна серйозна подальша робота

## 7. ЗАСОБИ НАВЧАННЯ

### Вимоги до робочого місця

В умовах очного навчання для проведення лекцій та практичних занять використовується навчальна аудиторія згідно розкладу.

В умовах навчання з використанням дистанційних технологій всі заняття проводяться з використанням GOOGLE MEET, мережі telegram із застосуванням особистих комп'ютерів студентів, відеокамер, мікрофонів. Необхідний доступ до мережі Інтернет.

Використовуються ресурси Наукової бібліотеки ІФНТУНГ.

### Необхідне обладнання

В умовах дистанційного навчання необхідною є наявність особистого комп'ютера у студента, відеокамери, мікрофона, а також доступ до мережі Інтернет.