

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи та організації освітнього про-
цесу

_____Петров О. В.
“ ____ ” _____ 2021 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	14 Електрична інженерія
спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітні програми	Електричні станції, Електричні системи і мережі

СУЯ ВНТУ-08-13-РП.004.01:21

2021 рік

Робоча програма навчальної дисципліни
 «Математичні задачі електроенергетики»
рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
галузь знань – 14 Електрична інженерія
спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітні програми Електричні станції, Електричні системи і мережі
 2021. — 14 с.

	Посада Протокол засідання	ПІБ	Підпис
Розроблено	Зав. кафедри ЕСС	д.т.н., професор Комар В. О.	
Схвалено	Гарант освітньої програми	д.т.н., професор Комар В. О. к.т.н., доцент Нетребський В. В.	
	Зав. кафедри ЕСС засідання кафедри ЕСС (протокол № 1 від 27.08.2021 р.)	д.т.н., професор Комар В. О.	
	Голова Методичної комісії ФЕЕЕМ Методична комісія ФЕЕЕМ (протокол №__ від ____ 2021 р.)	к.т.н., доцент Розводюк М. П.	
Затверджено	Голова методичної ради Методична рада ВНТУ (протокол №__ від ____ 2021 р.)	к.т.н., доцент Петров О. В.	

© В. О. Комар, 2021
 © ВНТУ, 2021

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітні програми, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Обов'язкова професійна	
Модулів – 2	Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітні програми: Електричні станції Електричні системи і мережі	Рік підготовки (курс):	
Змістових модулів – 3		2	–
Індивідуальне науково-дослідне завдання — курсова робота та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ		Семестр	
Загальна кількість годин - 210		4-й	–
		Лекції	
		36	–
		Практичні, семінарські	
		18	–
		Лабораторні	
		36	–
		Курсовий проект	
		–	–
		Самостійна робота	
		60	–
		Вид контролю	
		іспит	іспит
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,7 самостійної роботи студента – 3,9	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)		

Примітка.

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

для денної форми навчання – 48% - 52%,
для заочної форми навчання – 19% - 81%,

Мова навчання – українська.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Математичні задачі електроенергетики» базується на використанні набутих результатів навчання під час вивчення компонент: загальна фізика, вища математика, теоретичні основи електротехніки, електротехнічні матеріали, вступ до фаху.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни полягає в у формуванні знань в галузі електроенергетики та електротехніки.

Основними завданнями вивчення дисципліни є

- ознайомитись з основними правилами і способи формування рівнянь стану електричної системи;
- ознайомитись з основними методами розв'язування цих рівнянь;
- ознайомитись з основними методами аналізу несиметричних, несинусоїдних режимів;
- ознайомитись з основними методами лінійного, нелінійного та динамічного програмування;
- ознайомитись з основними методами теорії ймовірностей і статистичного аналізу та їх застосування для розв'язування електроенергетичних задач.;
- ознайомитись з методиками та нормативними документами, які використовують під час аналізу електричних систем та мереж.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

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

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК07. Здатність працювати в команді.

ЗК08. Здатність працювати автономно.

ЗК09. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

ЗК10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

СК11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).

СК12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

СК13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

СК15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

СК16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

СК17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного

завдання.

СК18. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища.

СК19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

СК 20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

Програмні результати навчання

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Контрольні заходи

Поточний та підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів під час лекційного заняття, контрольних робіт, колоквіумів, тестування, іспиту.

На позааудиторну роботу виносяться вивчення окремих проблем курсу, написання рефератів та контрольних робіт підготовка до лекційних занять, колоквіумів, тестування, іспиту, виконання індивідуальних науково-дослідних завдань (підготовка доповідей на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ), а також написання курсового проекту.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи аналізу усталених режимів електричних систем

Тема 1. Вступ.

Мета і задачі дисципліни. Структура курсу. Література. Загальні відомості про заступні схеми електричних систем. Способи представлення джерел електричної енергії, електричних навантажень, ліній, трансформаторів та інших елементів електричних систем на заступних схемах.

Тема 2. Матричні рівняння стану для аналізу усталених режимів електричних систем.

Вузел, вітка, закон Ома для узагальненої вітки, перший та другий закони Кірхгофа. Векторне представлення параметрів режиму та системи.

Зображення електричної мережі у вигляді графа. Загальні поняття теорії графів. Перша матриця інцидентів. Друга матриця інцидентів. Розподіл графа на дерево і хорди. Нумерація віток дерева і хорд. Топологічні властивості схем.

Перший закон Кірхгофа у матричній формі. Визначення матриці струмів в розімкнутій схемі. Матриця спадів напруги на вітках схеми та її визначення на підставі I-ї матриці інцидентів. Другий закон Кірхгофа у матричній формі. Узагальнене рівняння стану електричного кола.

Вузлові та контурні рівняння. Послідовність розрахунків параметрів режиму електричної системи в методах вузлових і контурних рівнянь. Матриця коефіцієнтів розподілу визначальних струмів. Визначення та розподілення втрат потужності.

Тема 3. Методи розв'язування рівнянь стану усталеного режиму електричної системи.

Математична постановка задачі аналізу нормального усталеного режиму електричних систем. Методи розв'язування стану електричної системи (прямі і ітераційні). Збіжність ітераційного процесу. Алгоритм методу Гауса із зворотним ходом і без зворотного ходу. Розв'язування рівнянь стану методом звичайної ітерації. Алго-

ритм Зейделя та Ньютона. Застосування обернених матриць для розв'язання рівнянь стану. Методи оптимізації розрахунків режимів електроенергетичних систем.

Змістовий модуль 2. Методи пошуку оптимальних розв'язків задач електроенергетики

Тема 4. Методи лінійного програмування.

Загальні принципи, завдання та методи оптимізації. Завдання та об'єкти оптимізації. Критерій оптимальності. Основні методи оптимізації. Математичне програмування.

Методи лінійного програмування. Загальна постановка задачі лінійного програмування. Основні особливості задач лінійного програмування. Графічне розв'язання задач лінійного програмування. Алгебраїчні методи перетворення системи рівнянь для розв'язання задач лінійного програмування. Симплекс-метод. Транспортні задачі електроенергетики. Методи лінійного цілочисельного програмування. Комбінаторний метод. Метод відтинання. Метод віток і границь. Метод розв'язання цілочисельних задач з двоїчними змінними.

Тема 5. Методи нелінійного програмування.

Особливості задач нелінійного програмування. Метод дихотомії. Метод золотого перерізу. Градієнтні методи розв'язання нелінійних задач. Метод Гаусса-Зейделя (покоординатного пошуку). Метод множників Лагранжа. Метод динамічного програмування. Методи штрафних функцій. Метод зовнішніх штрафів. Метод внутрішніх штрафів. Метод комбінованих штрафних функцій.

Тема 6. Стохастичне програмування та теорії ігор.

Загальні характеристики та особливості задач стохастичного програмування та теорії ігор. Шляхи розв'язання задач стохастичного програмування. Отримання розв'язків в умовах невизначеності із застосуванням теорії ігор. Основні методи розв'язання багатокритеріальних задач.

Змістовий модуль 3. Методи аналізу ненормальних режимів, перехідних процесів та стійкості електроенергетичних систем.

Тема 7. Моделювання несиметричних режимів.

Метод фазних координат. Метод симетричних складових. Схеми заміщення для розрахунку несиметричних режимів. Визначення симетричних складових при несиметричних коротких замиканнях та обривах фаз. Аналіз несиметричних режимів за наявності трансформаторів. Аналіз режимів несиметричних навантажень.

Тема 8. Моделювання несинусоїдних режимів.

Оцінювання несинусоїдності напруги (струму). Величини, які характеризують електричні системи в несинусоїдних режимах. Джерела вищих гармонік. Схеми заміщення для розрахунку несинусоїдних режимів. Розрахунок несинусоїдних режимів в електричних мережах.

Тема 9. Моделювання перехідних процесів електричних систем.

Математичні моделі перехідних режимів. Чисельні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Методи Ейлера-Коші. Методи Рунге-Кути. Дослідження перехідних режимів в електричних системах. Поняття статичної та динамічної стійкості електричних систем і вузлів навантажень. Загальна характеристика математичних методів, що застосовуються для аналізу статичної стійкості.

Тема 10. Стійкість електроенергетичних систем.

Поняття статичної та динамічної стійкості електричних систем і вузлів навантажень. Визначення стійкості руху. Про основні підходи, які використовують для

оцінки статичної стійкості ЕЕС. Поняття запасу стійкості ЕЕС. Поняття ступеня стійкості ЕЕС. Алгебраїчні критерії стійкості. Частотні критерії стійкості. Стійкість нелінійних систем.

Тема 11. Застосування методів теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язування електроенергетичних задач.

Основні поняття. Теорема складання імовірностей. Теорема множення імовірностей. Формула повної імовірності. Випадкові величини і закони їх розподілу. Густина розподілу. Числові характеристики випадкових величин. Закони розподілу випадкових величин в задачах надійності електропостачання. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. Нормальний закон розподіл.

Статистичні ряди на прикладі електричних навантажень і відхилень напруги. Функція розподілу і гістограма відхилень напруги. Визначення інтервалів імовірностей випадкової величини.

Поняття про кореляцію. Кореляційний момент. Лінійна кореляція. Числові характеристики суми випадкових навантажень. Побудова лінійного рівняння регресії. Поліноміальна апроксимація. Апроксимація з використанням сплайнів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Методи аналізу усталених режимів електричних систем.						
Тема 1. Вступ. Заступні схеми ЕС.		2	-	-	-	5
Тема 2. Матричні рівняння стану для аналізу усталених режимів електричних систем.		4	4	6	-	5
Тема 3. Методи розв'язування рівнянь стану усталеного режиму електричної системи.		4	4	10	-	5
Модуль 2						
Методи пошуку оптимальних розв'язків задач електроенергетики						
Тема 4. Методи лінійного програмування.		6	4	6	-	5
Тема 5. Методи нелінійного програмування.		4	4	4	-	10
Тема 6. Стохастичне програмування та теорії ігор.		2	-	-	-	10
Модуль 3						
Методи аналізу ненормальних режимів, перехідних процесів та стійкості електроенергетичних систем						
Тема 7. Моделювання		4	1	2	-	10

несиметричних режимів.						
Тема 8. Моделювання несинусоїдних режимів		4	-	2		10
Тема 9. Моделювання перехідних процесів електричних систем.		2	-	-	-	10
Тема 10. Стійкість електроенергетичних систем.		2	1	2	-	10
Тема 11. Застосування методів теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язування електроенергетичних задач.		2	-	4	-	10
Усього годин	150	36	18	36	-	90

5. Теми семінарських занять – не передбачені

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)
1	Побудова схем заміщення електричних систем	1
2	Матрична форма запису параметрів режиму і системи.	1
3	Застосування вузлового рівняння електричної системи	1
4	Застосування контурного рівняння електричної системи	1
5	Розв'язування рівняння стану електричної мережі	1
6	Методи розв'язування задач лінійного програмування.	3
7	Методи розв'язування задач нелінійного програмування.	2
8	Метод динамічного програмування	1
9	Методи стохастичного програмування	1
10	Моделювання несиметричних навантажень в електричних мережах	1
11	Моделювання несинусоїдних режимів	1
12	Дослідження перехідних режимів в електричних системах	1
13	Алгебраїчні критерії стійкості	1
14	Закони ймовірностей випадкових подій. Оцінювання надійності.	1
15	Функція розподілу і щільність розподілу випадкових величин. Теоретичні закони і їх застосування.	1
	Усього годин	18

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)
1	Використання програмної системи MathCAD для роботи з векторами і матрицями	2
2	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі шляхом безпосереднього розв'язання узагальненого рівняння стану	2

3	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі шляхом розв'язання системи вузлових рівнянь	2
4	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі шляхом розв'язання системи контурних рівнянь	2
5	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі методом простої ітерації за допомогою вузлових рівнянь	2
6	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі методом простої ітерації за допомогою вузлових рівнянь	2
7	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі методом простої ітерації за допомогою вузлових рівнянь	2
8	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі методом простої ітерації за допомогою вузлових рівнянь	2
9	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі методом простої ітерації за допомогою вузлових рівнянь	2
10	Розв'язання задач лінійного програмування	2
11	Симплекс-метод	2
12	Транспортна задача (збалансована)	2
13	Транспортна задача з транзитом потужності	2
14	Транспортна задача з обмеженнями пропускної потужності	2
15	Оптимальний розподіл активної потужності між електричними станціями енергосистеми	2
16	Оцінка статичної стійкості системи за основними критеріями	2
17	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі на ЕОМ за допомогою ПК АЧП	2
18	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі на ЕОМ за допомогою «Втрати – 110» та аналіз втрат	2
	<i>Усього годин</i>	36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)
1	Вступ. Мета і задачі дисципліни. Структура курсу. Література. Загальні відомості про заступні схеми електричних систем. Способи представлення джерел електричної енергії, електричних навантажень, ліній, трансформаторів та інших елементів електричних систем на заступних схемах.	5
2	Матричні рівняння стану для аналізу усталених режимів електричних систем. Вузол, вітка, закон Ома для узагальненої вітки, перший та другий закони Кірхгофа. Векторне представлення параметрів режиму та системи. Зображення електричної мережі у вигляді графа. Загальні поняття теорії графів. Перша матриця інциденцій. Друга матриця інциденцій. Розподіл графа на дерево і хорди. Нумерація віток дерева і хорд. Топологічні властивості схем. Перший закон Кірхгофа у матричній формі. Визначення матриці струмів в розімкнутій схемі. Матриця спадів на-	5

	<p>пруги на вітках схеми та її визначення на підставі I-ї матриці інцидентій. Другий закон Кірхгофа у матричній формі. Узагальнене рівняння стану електричного кола.</p> <p>Вузлові та контурні рівняння. Послідовність розрахунків параметрів режиму електричної системи в методах вузлових і контурних рівнянь. Матриця коефіцієнтів розподілу визначальних струмів. Визначення та розподілення втрат потужності.</p>	
3	<p>Методи розв'язування рівнянь стану усталеного режиму електричної системи. Математична постановка задачі аналізу нормального усталеного режиму електричних систем. Методи розв'язування стану електричної системи (прямі і ітераційні). Збіжність ітераційного процесу. Алгоритм методу Гауса із зворотним ходом і без зворотного ходу. Розв'язування рівнянь стану методом звичайної ітерації. Алгоритм Зейделя та Ньютона. Застосування обернених матриць для розв'язання рівнянь стану. Методи оптимізації розрахунків режимів електроенергетичних систем.</p>	5
4	<p>Моделювання несиметричних режимів. Метод фазних координат. Метод симетричних складових. Схеми заміщення для розрахунку несиметричних режимів. Визначення симетричних складових при несиметричних коротких замиканнях та обривах фаз. Аналіз несиметричних режимів за наявності трансформаторів. Аналіз режимів несиметричних навантажень.</p>	10
5	<p>Моделювання несинусоїдних режимів. Оцінювання несинусоїдності напруги (струму). Величини, які характеризують електричні системи в несинусоїдних режимах. Джерела вищих гармонік. Схеми заміщення для розрахунку несинусоїдних режимів. Розрахунок несинусоїдних режимів в електричних мережах.</p>	10
6	<p>Методи лінійного програмування. Загальні принципи, завдання та методи оптимізації. Завдання та об'єкти оптимізації. Критерій оптимальності. Основні методи оптимізації. Математичне програмування.</p> <p>Методи лінійного програмування. Загальна постановка задачі лінійного програмування. Основні особливості задач лінійного програмування. Графічне розв'язання задач лінійного програмування. Алгебраїчні методи перетворення системи рівнянь для розв'язання задач лінійного програмування. Симплекс-метод. Транспортні задачі електроенергетики. Методи лінійного цілочисельного програмування. Комбінаторний метод. Метод відтинання. Метод віток і границь. Метод розв'язання цілочисельних задач з двоїчними змінними.</p>	5
7	<p>Методи нелінійного програмування. Особливості задач нелінійного програмування. Метод дихотомії. Метод золотого перерізу. Градієнтні методи розв'язання нелінійних задач. Метод Гаусса-Зейделя (покоординатного пошуку). Метод множників Лагранжа. Метод динамічного програмування. Методи штрафних функцій. Метод зовнішніх штрафів. Метод внутрішніх штрафів. Метод комбінованих штрафних функцій.</p>	10
8	<p>Стохастичне програмування та теорії ігор. Загальні характеристики та особливості задач стохастичного програмування.</p>	10

	мування та теорії ігор. Шляхи розв'язання задач стохастичного програмування. Отримання розв'язків в умовах невизначеності із застосуванням теорії ігор. Основні методи розв'язання багатокритеріальних задач.	
9	Моделювання перехідних процесів електричних систем. Математичні моделі перехідних режимів. Чисельні методи інтегрування диференціальних рівнянь. Методи Ейлера-Коші. Методи Рунге-Кути. Дослідження перехідних режимів в електричних системах. Поняття статичної та динамічної стійкості електричних систем і вузлів навантажень. Загальна характеристика математичних методів, що застосовуються для аналізу статичної стійкості.	10
10	Стійкість електроенергетичних систем. Поняття статичної та динамічної стійкості електричних систем і вузлів навантажень. Визначення стійкості руху. Про основні підходи, які використовують для оцінки статичної стійкості ЕЕС. Поняття запасу стійкості ЕЕС. Поняття ступеня стійкості ЕЕС. Алгебраїчні критерії стійкості. Частотні критерії стійкості. Стійкість нелінійних систем.	10
11	Застосування методів теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язування електроенергетичних задач. Основні поняття. Теорема складання ймовірностей. Теорема множення ймовірностей. Формула повної ймовірності. Випадкові величини і закони їх розподілу. Густина розподілу. Числові характеристики випадкових величин. Закони розподілу випадкових величин в задачах надійності електропостачання. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. Нормальний закон розподіл. Статистичні ряди на прикладі електричних навантажень і відхилень напруги. Функція розподілу і гістограма відхилень напруги. Визначення інтервалів ймовірностей випадкової величини. Поняття про кореляцію. Кореляційний момент. Лінійна кореляція. Числові характеристики суми випадкових навантажень. Побудова лінійного рівняння регресії. Поліномінальна апроксимація. Апроксимація з використанням сплайнів.	10
	<i>Усього годин</i>	90

9. Методи навчання

Лекція, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, лабораторні роботи, практичні роботи, підготовка рефератів, доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

10. Методи контролю

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час лекційного та лабораторного заняття, тестування, колоквиумів, контрольної роботи, диференціальний залік (в 1 семестрі), іспит (в другому семестрі), захист курсового проекту.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів за засвоєння змістових модулів протягом 3 семестру (частина1) для студентів денного навчання.

Поточне тестування та самостійна робота			Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3		
30 балів	25 балів	15 балів	25 балів	100 балів

T12÷T32 – теми розділів, що входять в змістові модулі 3, 4.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
64-74	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

Таблиця 2 - Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Лаб. роботи. Кількість (роб./год)	Практичні заняття (семінари) (год.)	Контрольна робота	Колоквіуми
I	2	14	4 / 8	8	1	1
II	2	13	5 / 10	10	1	1
III	1	14	2 / 4	-	1	1

Таблиця 3 – Оцінювання знань, умінь та навичок студентів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модулі		
	1	2	3
1. Практичні заняття	8	10	-
2. Лабораторні роботи	8	10	4
3. Колоквіум	14	20	18
4. Контрольна робота	10	10	10
Всього	35	25	15

12. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Комплект екзаменаційних білетів.
3. Комплект комплексних контрольних робіт.
4. Тести поточного контролю знань.

15. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентності	За шкалою ЕКТС	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий) «5»	A	Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на рівні творчого використання.
III Достатній (конструктивний) «4»	B	Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях.
	C	Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні стандартних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нераціональності при програмуванні задач.
II Середній (репродуктивний) «3»	D	Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, робити висновки та розробляти програмні блоки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при програмуванні застосовуються не найраціональніші рішення.
	E	Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. Здатність за допомогою викладача логічно відтворювати значну частину матеріалу. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, програми пишуться нераціонально, не використовуються всі ефективні засоби програмування.
I Низький «2»	FX	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (40-60%), пояснення не до ладу. Самостійно, без допомоги викладача, не може сформулювати алгоритм рішення задачі. Програми не раціональні та неефективні, при програмуванні використовуються лише прості конструкції.
	F	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%). Самостійно, без допомоги викладача, не може сформулювати алгоритм рішення задачі.

16. Рекомендована література

Базова

1. Лежнюк П.Д., Собчук Н.В. Параметрична подібність в задачах оптимізації електричних систем. Монографія. – вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», Вінниця, 2006.– 124 с.
2. Перхач В. С. Математичні задачі електроенергетики: Навчальний посібник / В. С. Перхач. – Львів : Вища школа. Вид-во при Львів. ун-ті, 1982. – 380 с.
3. Математичне моделювання в електроенергетиці: Підручник. / О.В. Кириленко, М.С. Сегеда, О.Ф. Буткевич, Т.А. Мазур. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 608 с.
4. Сивокобиленко В.Ф. Математичне моделювання в електротехніці і енергетиці: навчальний посібник / Сивокобиленко В.Ф. – Донецьк РВА ДонНТУ, 2005 – 350 с.
5. Бурбело М.Й. Математичні задачі електроенергетики. Математичне моделювання електропостачальних систем: навч. посібник / М.Й. Бурбело. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 185 с.

Додаткова

1. Лежнюк П.Д., Зелінський В.Ц., Бевз С.В., Найчук В.А. Математичні задачі електроенергетики. Лабораторний практикум. Частина 1. Навчальний посібник. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2001. – 127 с.
2. Лежнюк П.Д., Зелінський В.Ц. Методи оптимізації в електроенергетиці. Симплексний метод. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 90 с.
3. Зелінський В.Ц. Математичні задачі електроенергетики. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 108 с.
4. Чабан В.Й. Математичне моделювання в електротехніці / Чабан В.Ф. – Львів: Видавництво Т Сороки, 2010. – 508 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
2. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>
3. <http://any-book.org/download/68591.html>

4. <http://window.edu.ru/resource/262/75262/>
5. Електронна бібліотека. Режим доступу: <http://www.twirpx.com> (дата звернення 01.09.2012). — Назва з екрана.

