


Національний університет біоресурсів і природокористування України
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
Кафедра електропостачання ім. проф. В.М. Синькова



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ Енергетики,
автоматики і енергозбереження

 В.В.Каплун


_____ 2022 р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання
ім. проф. В.М. Синькова

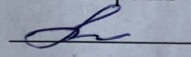
Протокол № 14 від “02” 05 2022 р.

Завідувач кафедри

 В.В.Козирський

“РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОП ЕЕЕ _____

 О.Ю.Синявський

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичні задачі в енергетиці

спеціальність 141 - «Електроенергетика, Електротехніка та Електромеханіка»

освітня програма «Електроенергетика, Електротехніка та Електромеханіка»

ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: проф., д.т.н., проф. Гребченко М.В.

Київ – 2022 р.

1.Опис навчальної дисципліни «Математичні задачі в енергетиці»

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Галузь знань	№ 14 «Електрична інженерія»	
Спеціальність	141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Освітній ступінь	бакалавр	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4,0	
Кількість змістовних модулів	2	
Курсовий проект		
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форми навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	3	
Семестр	5	
Лекційні заняття	30 год.	
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття	30 год.	
Самостійна робота	60 год.	
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		
аудиторних -	4 год.	
самостійної роботи студента -	4 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – опанування студентами основ алгоритмізації та математичного моделювання режимів роботи електроенергетичних систем і аналізу цих режимів.

Завдання –

1. Навчити розробляти схеми електричних мереж, схеми заміщення окремих елементів та визначати їх параметри.

2. Навчити розраховувати усталені режими електроенергетичних систем (ЕЕС).

3. Вивчення і придбання студентами навичок практичного використання методів розрахунку усталених та перехідних режимів електричних систем, методів оптимізації і теорії імовірності при розв'язанні задач, пов'язаних з плануванням та керуванням режимами електричних систем.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основи алгоритмізації задач електроенергетики, моделювання режимів роботи та використання їх особливостей при вирішенні практичних задач електроенергетики;
- методи математичного моделювання ustalених і оптимальних режимів електроенергетичних систем;
- основи моделювання перехідних процесів та методи визначення статичної і динамічної стійкості електроенергетичних систем;
- основи теорії імовірності, її теореми, закони розподілу випадкових величин, а також основи математичної статистики та теорії надійності;

вміти:

- володіти сучасними методами розв'язання лінійних та нелінійних рівнянь, диференціальних рівнянь та систем рівнянь
- розрахунків ustalених, оптимальних та перехідних режимів електричних мереж електроенергетичних систем;
- формувати схеми заміщення електричних мереж на основі схем з'єднань та моделей їх елементів, а також проводити необхідні розрахунки за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для оцінки режимів систем;
- аналізувати режими роботи електричних мереж енергосистем з точки зору їх відповідності вимогам щодо надійності і економічності роботи та щодо якості електроенергії;
- формувати та реалізовувати пропозиції щодо покращення режимів електричної мережі, забезпечення оптимальних режимів її експлуатації та нормованих показників якості електричної енергії для споживачів;
- використовувати ймовірнісні методи для прогнозування можливих тих чи інших подій та тенденції зміни параметрів в умовах експлуатації електричних мереж енергосистем.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Моделювання ustalених режимів електричних систем.

Лекція 1. Мета і задачі курсу. Поняття моделювання. Моделювання електроенергетичних систем. Основні поняття електроенергетичної системи. Особливості математичних задач електроенергетичних систем. Поняття про алгоритмізацію задач.

Лекція 2. Розрахункові схеми електричних мереж та моделі їх елементів. Рівняння ustalеного режиму електричної мережі та форми його запису.

Лекція 3. Закони Ома та Кірхгофа у матричній формі. Графи. Матриці інцидентів. Матриця вузлових провідностей.

Лекція 4. Постановка задачі розрахунку ustalеного режиму, поняття балансуєчого вузла. Способи організації розв'язання систем нелінійних рівнянь ustalеного режиму. Поняття про декомпозицію схем.

Лекція 5. Системи лінійних та нелінійних рівнянь. Прямі методи (Гауса і Краута) та ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних рівнянь. Алгоритм ітераційного процесу.

Лекція 6. Ітераційні розрахунки ustalених режимів електричних мереж. Метод простої ітерації. Метод Зейделя. Метод Ньютона.

Лекція 7. Розв'язання системи нелінійних рівнянь ustalеного режиму електричної мережі методом Ньютона (рівняння ustalеного режиму в виді вузлових небалансів, лінеаризація системи нелінійних рівнянь, структура лінеаризованої системи рівнянь).

Лекція 8. Розрахунки ustalених режимів електричних мереж (струми, перетоки, технологічні втрати потужності).

Лекція 9. Характеристика об'єкту. Рух інформації. Оцінювання стану електричної мережі за даними поточних та ретроспективних зрізів телеметрії та телесигналізації.

Модуль 2. Моделювання оптимізаційних задач електроенергетики

Лекція 10. Поняття оптимізаційної задачі та її постановка. Математичні методи, що використовуються для вирішення оптимізаційних задач в електроенергетиці.

Лекція 11. Оптимізація конфігурації схем електричних мереж методом питомих транспортних витрат.

Лекція 12. Градієнтні методи оптимізації режимів електричних мереж. Градієнтний метод оптимізації з вибором кроку. Питання вибору кроку.

Лекція 13. Мета аналізу перехідних процесів в електроенергетичних системах та його особливості. Класифікація чисельних методів розв'язання звичайних диференційних рівнянь.

Лекція 14. Статична стійкість електричних систем та причини її порушення. Критерії статичної стійкості. Визначення границі статичної стійкості. Розрахунки та визначення запасу статичної стійкості. Заходи забезпечення статичної стійкості.

Лекція 15. Динамічна стійкість електричних систем та причини її порушення. Запас динамічної стійкості. Розрахунки динамічної стійкості. Заходи з підвищення динамічної стійкості.

4. Структура навчальної дисципліни для повного терміну денної форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	тижні	усь ого	у тому числі			
			лекції	пра кт	лабор	сам. роб.
Змістовий модуль 1. Моделювання усталених режимів електричних систем.						
Тема 1. Мета і задачі курсу. Поняття про моделювання режимів ЕЕС. Основні поняття ЕЕС. Особливості математичних задач ЕЕС. Поняття про алгоритмізацію задач.	1	8	2		2	4
Тема 2. Розрахункові схеми електричних мереж та моделі їх елементів. Рівняння усталеного режиму електричної мережі та форми його запису.	2	8	2		2	4
Тема 3. Закони Ома та Кірхгофа у матричній формі. Графи. Матриці інцидентів. Матриця вузлових провідностей.	3	8	2		2	4
Тема 4. Постановка задачі розрахунку усталеного режиму, поняття балансуєчого вузла. Способи організації розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму. Поняття про декомпозицію схем.	4	8	2		2	4
Тема 5. Системи лінійних та нелінійних рівнянь. Прямі методи (Гауса і Краута) та ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних рівнянь. Алгоритм ітераційного процесу.	5	8	2		2	4
Тема 6. Ітераційні розрахунки усталених режимів електричних мереж. Метод простої ітерації. Метод Зейделя. Метод Ньютона.	6	8	2		2	4
Тема 7. Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної мережі методом Ньютона (рівняння усталеного режиму, лінеаризація системи нелінійних рівнянь, структура лінеаризованої системи рівнянь).	7	8	2		2	4
Тема 8. Розрахунки усталених режимів електричних мереж (струми, перетоки, технологічні втрати потужності).	8	8	2		2	4
Разом за змістовим модулем 1		64	16		16	32
Змістовий модуль 2. Моделювання оптимізаційних задач електроенергетики						
Тема 9. Характеристика об'єкту. Рух інформації. Оцінювання стану електричної мережі за даними поточних та ретроспективних зрізів телеметрії та телесигналізації.	9	8	2		2	4
Тема 10. Поняття оптимізаційної задачі та її постановка. Математичні методи, що використовуються для вирішення оптимізаційних задач в електроенергетиці.	10	8	2		2	4
Тема 11. Оптимізація конфігурації схем електричних мереж методом питомих транспортних витрат.	11	8	2		2	4
Тема 12. Градієнтні методи оптимізації режимів електричних мереж. Градієнтний метод оптимізації з вибором кроку. Питання вибору кроку.	12	8	2		2	4
Тема 13. Мета аналізу перехідних процесів в ЕЕС та його особливості. Класифікація чисельних методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.	13	8	2		2	4
Тема 14. Статична стійкість електричних систем та причини її порушення. Критерії статичної стійкості. Визначення границі статичної стійкості. Розрахунки та визначення запасу статичної стійкості. Заходи забезпечення статичної стійкості.	14	8	2		2	4
Тема 15. Динамічна стійкість електричних систем та причини її порушення. Запас динамічної стійкості. Розрахунки динамічної стійкості. Заходи з підвищення динамічної стійкості.	15	8	2		2	4
Разом за змістовим модулем 2		56	14		14	28
Усього годин		120	30		30	60

5. Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення параметрів схем заміщення елементів електричних систем	2
2	Визначення режиму на підставі узагальненого рівняння стану електричної схеми	4
3	Розв'язання системи лінійних рівнянь методом Гауса	4
4	Ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних рівнянь	4
5	Розв'язання диференціальних рівнянь	4
6	Розрахунок усталеного режиму енергосистеми	4
7	Розрахунок електричної схеми з компенсацією реактивної потужності	4
8	Розрахунок перехідного процесу при КЗ в мережі	4

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

1. Поняття моделювання. Моделювання електроенергетичних систем.
2. Основні поняття електроенергетичної системи.
3. Загальна характеристика математичних задач електроенергетичних систем.
4. Поняття про алгоритмізацію задач.
5. Розрахункові схеми електричних мереж та моделі їх елементів.
6. Рівняння усталеного режиму електричної мережі та форми його запису.
7. Закони Ома та Кірхгофа у матричній формі.
8. Графи. Матриці інцидентів. Матриця вузлових провідностей.
9. Постановка задачі розрахунку усталеного режиму, поняття балансуєчого вузла.
10. Способи організації розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму. Поняття про декомпозицію схем.
11. Системи лінійних та нелінійних рівнянь.
12. Прямі методи (Гауса і Краута) та ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних рівнянь.
13. Алгоритм ітераційного процесу.
14. Ітераційні розрахунки усталених режимів електричних мереж.
15. Метод простої ітерації.
16. Метод Зейделя.
17. Метод Ньютона.
18. Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної мережі методом Ньютона.

19. Розрахунки ustalених режимів електричних мереж (струми, перетоки, технологічні втрати потужності).
20. Характеристика об'єкту інформації. Рух інформації.
21. Оцінювання стану електричної мережі за даними поточних та ретроспективних зрізів телеметрії та телесигналізації.
22. Поняття оптимізаційної задачі та її постановка.
23. Математичні методи, що використовуються для вирішення оптимізаційних задач в електроенергетиці.
24. Оптимізація конфігурації схем електричних мереж методом питомих транспортних витрат.
25. Градієнтні методи оптимізації режимів електричних мереж.
26. Градієнтний метод оптимізації з вибором кроку. Питання вибору кроку.
27. Мета аналізу перехідних процесів в електроенергетичних системах та його особливості.
28. Класифікація чисельних методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.
29. Статична стійкість електричних систем та причини її порушення.
30. Критерії статичної стійкості. Визначення границі статичної стійкості.
31. Розрахунки та визначення запасу статичної стійкості. Заходи забезпечення статичної стійкості.
32. Динамічна стійкість електричних систем та причини її порушення. Запас динамічної стійкості.
33. Розрахунки динамічної стійкості. Заходи з підвищення динамічної стійкості.

8. Методи навчання

Теоретичний матеріал (лекції), виконання контрольних та лабораторних робіт, виконання розрахунків режиму мережі із зображенням центру і лінії живлення та схеми мережі електропостачання району, що проектується, а також типи вибраного обладнання розподільчих пристроїв вищого і нижчого рівнів напруги.

9. Форми контролю

Контрольні роботи щодо пройденого теоретично-практичного матеріалу. Контрольні запитання в режимі діалогу на лекціях на протязі семестру щодо попередньо пройденого теоретичного матеріалу та при прийманні лабораторних робіт.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи $R_{нр}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{др}$	Рейтинг штрафний $R_{штр}$	Підсумкова атестація (екзамен)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

**Співвідношення між національними оцінками
і рейтингом здобувача вищої освіти**

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	Заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання за модулями

Вид діяльності	Кількість балів	З урахуванням ваги модуля
----------------	-----------------	---------------------------

Модуль 1. Моделювання усталених режимів електричних систем (35%)

Навчальна робота		
Визначення параметрів схем заміщення елементів електричних систем	15	
Визначення режиму на підставі узагальненого рівняння стану електричної схеми	15	
Розв'язання системи лінійних рівнянь методом Гауса	15	
Ітераційні методи розв'язання систем алгебраїчних рівнянь	15	
Самостійна робота		
Завдання 1- Створити граф та першу матрицю інциденцій	10	3,5
Модульний контроль	30	10,5
Всього за модуль 1	100	35

Модуль 2. Моделювання оптимізаційних задач електроенергетики. (35%)

Навчальна робота		
Розв'язання диференціальних рівнянь	15	
Розрахунок усталеного режиму енергосистеми	15	
Розрахунок електричної схеми з компенсацією реактивної потужності	15	
Розрахунок перехідного процесу при кз в мережі	15	
Самостійна робота		
Завдання 2- Створити другу матрицю інциденцій	10	3,5
Модульний контроль	30	10,5
Всього за модуль 2	100	35

Підсумкова атестація (30%)

Підсумковий тест	100	30
Всього з дисципліни		100

11. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Електричні системи та мережі». Укладач: О.В. Гай - К.: Видавничий центр НУБіП України. 2011. - 22 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні системи та мережі». Укладачі: А.В. Жильцов, О.В. Гай. – К.: Видавничий центр НУБіП України.- 2010. - 35 с.
3. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні системи та мережі». Укладачі: Петренко А.В., Гай О.В., Костюк В.А. – К.: ЦП «КОМПРИНТ». 2014.- 58 с.

12. Рекомендована література

Основна

1. *Перхач В.С.* Математичні задачі енергетики. – Львів: Вища школа, 1989.-464 с
2. *Бахвалов Н.С.* Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения). – М.: Наука, 1973.- 632 с.
3. *Брамеллер А., Аллан Р., Хэмэм Я.* Слабо заполненные матрицы: Анализ электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1979. -192 с.
4. *Демидович Б.П., Марон И.А.* Основы вычислительной математики. – М.: Наука, 1970.-664 с.
5. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике: Учебное пособие для вузов / *О.В. Щербачев, А.Н. Зейлингер, К.П. Кадомская и др.* — Л.: Энергия, 1980. — 240 с.
6. *Синьков В.М. и др.* Математические задачи сельской энергетики.- К.: «Вища школа», 1978. – 286с.

Допоміжна

1. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике: Учебное пособие для вузов / *О.В. Щербачев, А.Н. Зейлингер, К.П. Кадомская и др.* — Л.: Энергия, 1980. — 240 с.
2. Электрические системы, Т.1. Математические задачи электро-энергетики / *Под ред. В.А. Веникова.* – М.: Высш. школа, 1970. -336 с.
3. Электрические системы. Кибернетика электрических систем / *Под ред. В.А. Веникова.*– М.: Высш. школа, 1974. -328 с.
4. *Совалов С.А.* Режимы единой энергосистемы. – М.: Энергоатом-издат, 1983.- 384 с.
5. *Идельчик В.И.* Расчеты установившихся режимов электрических систем. *Под ред. В.А. Веникова.* – М.: Энергия, 1977. - 189 с.