



МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ ЕНЕРГЕТИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Електричні системи і мережі
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Заочна
Рік підготовки, семестр	II курс, 3-й семестр
Обсяг дисципліни	195 годин: лекції - 10, практичні – 8, самостійна робота студентів – 177 годин / 6,5 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит/1 МКР та РГР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д-р техн. наук, професор Буткевич О.Ф. o.butkevych@gmail.com
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MzU0MDQ5Mjg1MDY1?hl=ru&cjc=nazbagn

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Математичні задачі енергетики» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки бакалавра спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- на підставі постановки задачі та даних про електричні мережі створювати їхні заступні схеми та формально враховувати особливості конфігурації електричних мереж під час формування відповідних математичних моделей;
- використовувати матричну форму запису законів електротехніки; формувати матриці вузлових провідностей та контурних опорів; формувати моделі розрахунку усталеного режиму електричної мережі;
- розраховувати режими електричних мереж, використовуючи ітераційні методи;
- аналізувати відповідність одержаних результатів фізичним уявленням про можливість реалізації режиму з відповідними значеннями режимних параметрів;

- аналізувати характер збіжності ітераційних процесів виконання розрахунків методами простої ітерації, Зейделя, Ньютона та робити висновки щодо ефективності застосування кожного із методів;
- орієнтуватися в особливостях постановок задач та практичній наявності даних для використання методів, які можуть бути застосовані для оптимізації режимів енергосистем;
- використовувати симплекс-метод для розв'язання проектних, транспортних та експлуатаційних задач електроенергетики, які може бути формалізовано у вигляді задач лінійного програмування;
- формулювати постановки задач та формувати алгоритми розв'язання конкретних оптимізаційних задач електроенергетики, які може бути формалізовано у вигляді задач нелінійного програмування, використовуючи відповідний, найбільш доцільний за конкретних умов, числовий метод;
- використовувати методи чисельного інтегрування для розв'язання окремих рівнянь або систем диференціальних рівнянь;
- застосовувати теореми та формули теорії ймовірностей для розв'язання практичних задач електроенергетики;
- одержувати числові характеристики випадкових величин, зокрема режимних параметрів енергосистеми;
- здійснювати статистичне оброблення результатів дослідів (спостережень, вимірювань), будувати гістограми, згладжувати результати спостережень;
- оцінювати достовірність одержаних результатів дослідів;
- визначати ймовірності (частоти) випадкових подій за даними дослідів;
- застосовувати знання законів розподілу ймовірностей випадкових величин; перевіряти гіпотези про наявність того чи іншого закону розподілу;
- визначати довірчу ймовірність та довірчий інтервал випадкових величин, якими є показники режиму енергосистеми;
- використовувати теореми закону великих чисел у розв'язанні задач електроенергетики.

Предмет навчальної дисципліни – математичний апарат для формалізації та розв'язання задач енергетики та особливості його застосування.

Програмні результати навчання

Компетенції:

- здатність створювати заступні і розрахункові схеми та формально враховувати особливості конфігурації електричних мереж під час формування відповідних математичних моделей;
- залежно від постановок задач та наявності даних здатність визначати методи, що можуть бути застосовані для розв'язання задач;
- здатність формалізувати постановки задач та формувати алгоритми розв'язання конкретних задач лінійного та нелінійного програмування, використовуючи відповідний, найбільш доцільний за конкретних умов, числовий метод;
- здатність формувати алгоритми моделювання електромеханічних перехідних процесів в електроенергетичній системі, поданій системою алгебро-диференціальних рівнянь, використовуючи різні методи чисельного інтегрування;
- здатність застосовувати відповідний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язання задач електроенергетики.

Знання:

- про матриці для врахування конфігурації електричних мереж під час формуванні моделей для розрахунку їхніх режимів;
- про особливості математичної формалізації задачі розрахунку усталеного режиму електричної мережі та відповідні математичні моделі;
- про методи розв'язання систем алгебричних рівнянь, що описують усталені режими електричних систем;
- характеристик числових ітераційних методів, що можуть використовуватися для розрахунку усталеного режиму електричної мережі;
- про чинники, що впливають на збіжність ітераційних процесів розрахунку режимів електричних систем;
- про особливості застосування симплекс-методу для розв'язання задач електроенергетики, що можуть бути зведені до задачі лінійного програмування;
- особливості формалізації задач електроенергетики, які зводяться до задач нелінійного програмування, та методи їх розв'язання;
- про особливості вибору оптимального кроку під час використання методу спуску за антиградієнтом та методу зведеного градієнту, про особливості використання методу штрафних функцій та методу невизначених множників Лагранжа для розв'язання задач оптимізації режимів енергосистем;
- про призначення та особливості моделювання перехідних процесів в електроенергетичних системах та методи, які використовують для цього;
- теорем Ляпунова про стійкість та нестійкість руху, прямого методу Ляпунова та особливостей його використання для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем;
- основних понять теорії ймовірностей, основних теорем теорії ймовірностей, формули повної ймовірності, теореми гіпотез;
- теорем про повторення дослідів;
- про закони розподілу дискретної і неперервної випадкових величин, функцію та щільність розподілу;
- про призначення та обчислення числових характеристики випадкових величин;
- законів рівномірної щільності та нормального розподілу, правил "трьох сигма";
- про ймовірність попадання випадкової величини, що розподілена за нормальним законом, на задану ділянку.
- про статистичний закон розподілу випадкової величини та його вирівнювання, про гістограму та її побудову;
- про числові характеристики статистичного розподілу та їх визначення;
- про "доброякісні" оцінки параметрів закону розподілу випадкової величини;
- про довірчий інтервал та довірчу ймовірність та їх визначення;
- критеріїв згоди: Пірсона та Колмогорова та умов їх використання;
- про систему випадкових величин, функцію та щільність розподілу системи випадкових величин, про числові характеристики системи випадкових величин;
- про числові характеристики функцій випадкових величин;
- про закон великих чисел, нерівність Чебишева та теореми Чебишева.

Уміння:

- використовувати матричну форму запису законів електротехніки; формувати матриці вузлових провідностей та контурних опорів; формувати моделі розрахунку усталеного режиму електричної мережі;
- розраховувати режими електричних мереж, використовуючи методи простої ітерації, Зейделя, Ньютона;
- аналізувати збіжність ітераційних процесів та порівнювати ефективність відповідних методів, що можуть використовуватися для розрахунку режиму електричної мережі;
- використовувати симплекс-метод для розв'язання задач, які може бути формалізовано у вигляді задачі лінійного програмування;
- використовувати методи оптимізації для пошуку розв'язків задач енергетики, що можуть бути формалізовані у вигляді задач нелінійного програмування;
- використовувати методи чисельного інтегрування для розв'язання окремих рівнянь або систем диференціальних рівнянь, зокрема і тих, що входять до складу математичної моделі електроенергетичної системи, поданої у вигляді системи алгебро-диференціальних рівнянь;
- формувати функцію Ляпунова для електроенергетичної системи, поданої моделлю «Синхронний генератор – шини нескінченної потужності»;
- застосовувати основні теореми теорії ймовірностей, формулу повної ймовірності, теорему Байєса для розв'язання задач електроенергетики;
- застосовувати теореми про повторення дослідів для розв'язання задач електроенергетики;
- обчислювати числові характеристики випадкових величин;
- застосовувати правило "трьох сигма" під час оцінювання результатів спостережень (вимірювань) випадкової величини, розподіленої за нормальним законом;
- визначати ймовірність попадання випадкової величини, що розподілена за нормальним законом, на задану ділянку;
- вирівнювати статистичний закон розподілу випадкової величини, будувати гістограму;
- визначати числові характеристики статистичного розподілу;
- оцінювати параметри закону розподілу випадкової величини в аспекті їх "доброякісності";
- визначати довірчий інтервал та довірчу ймовірність;
- використовувати критерії згоди (Пірсона та Колмогорова) для перевірки гіпотез щодо законів розподілу випадкових величин;
- визначати числові характеристики системи випадкових величин;
- визначати числові характеристики функцій випадкових величин;
- застосовувати нерівність та теореми Чебишева для розв'язання задач електроенергетики.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Матеріал кредитних модулів дисципліни «Математичні задачі енергетики» відповідно до структурно-логічної схеми ОКР «бакалавр» базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні таких дисциплін математичної, природничо-наукової, професійної та практичної підготовки, як «Вища математика», «Загальна фізика», «Обчислювальна техніка та програмування», «Теоретичні основи електротехніки» і тісно взаємопов'язаний також з іншими дисциплінами циклу професійної та загальної підготовки, до яких належать «Вступ до спеціальності», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Математичні моделі електричних систем», «Теорія автоматичного керування», «Електричні мережі та системи», «Електропривод», «Електричні машини», «Моделі оптимального розвитку електричних систем», «Регулювання режимів електричних систем», «Електрична частина станцій та підстанцій», «Методи оптимізації режимів енергосистем», «Релейний захист та автоматизація енергосистем», що вивчаються студентами одночасно з дисципліною «Математичні задачі енергетики» або після її вивчення.

Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитних модулів дисципліни «Математичні задачі енергетики», є необхідними для подальшого вивчення дисциплін, що спираються на неї, а також для якісного виконання досліджень студентами під час залучення їх до виконання наукових проєктів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 4 розділи.

Розділи (змістові модулі)

Розділ 1. Методи аналізу ustalених режимів електричних систем

Тема 1.1. Особливості прикладної математики та її використання для розв'язання задач електроенергетики.

Тема 1.2. Використання матриць під час формування моделей розрахунку режимів електричних систем.

Тема 1.3. Постановка та математична формалізація задачі розрахунку ustalеного режиму електричної мережі.

Тема 1.4. Методи розв'язання систем алгебричних рівнянь та їх використання для розрахунку режимів електричних мереж.

Розділ 2. Методи пошуку оптимальних розв'язків задач електроенергетики

Тема 2.1. Оптимізаційні задачі електроенергетики та їх особливості.

Тема 2.2. Лінійне програмування.

Тема 2.3. Нелінійне програмування.

Розділ 3. Методи аналізу перехідних процесів та стійкості електроенергетичних систем

Тема 3.1. Постановка, особливості та методи розв'язання задач моделювання перехідних процесів в електроенергетичних системах.

Тема 3.2. Стійкість руху. Прямий метод Ляпунова та особливості його використання для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем.

Розділ 4. Використання теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язання задач електроенергетики

Тема 4.1. Основні поняття та теореми теорії ймовірностей

Тема 4.2. Повторення дослідів

Тема 4.3. Випадкові величини та закони розподілу

Тема 4.4. Визначення законів розподілу випадкових величин на підставі дослідних даних

Тема 4.5. Система випадкових величин

Тема 4.6. Числові характеристики функцій випадкових величин

Тема. 4.7. Граничні теореми теорії ймовірностей

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. – Львів: Вища школа, 1989. 464 с.
2. Кириленко О.В., Сегеда М.С., Буткевич О.Ф., Мазур Т.А. Математичне моделювання в електроенергетиці. Навч. підручник. 2-е видання. – Львів: Львівська політехніка, 2013. 608 с.
3. Хоменко О.В. Математичні задачі енергетики. Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем. [Електронне видання]: навч. посіб. / О.В. Хоменко. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. 109 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15649/1/Matem_zadachi_energetuku.pdf
4. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навч. посібник. - Черкаси: Брама-Україна, 2005. - 608 с. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Zhaldak_Myroslov/Osnovy_teorii_i_metodiv_optymizatsii.pdf?PHPSESSID=jeonga2kv0htgr78i1aku674l2
5. Журахівський А. В., Яцейко А. Я. Оптимізація режимів електроенергетичних систем. Навч. посібник. Друге видання, виправлене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 140 с.
6. Чисельні методи оптимізації: навч. посіб. / О.М. Кісельова, А.Є.Шевельова. – Д.: Вид-во ДНУ, 2008. – 208 с.
7. Методи статичної оптимізації. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 138 с.
8. Теслюк В.М. Градієнтні методи розв'язання задач безумовної оптимізації. Конспект лекцій (Частина 3). Львів: НУ «ЛП». 2013. – 67 с. URL: https://www.researchgate.net/profile/Vasyl-Teslyuk/publication/328967632_GRADIENTNI_METODI_ROZV%27AZANNA_ZADAC_BEZUMOVNOI_OPTIMI_ZACII/links/5bedaf4592851c6b27c24419/GRADIENTNI-METODI-ROZVAZANNA-ZADAC-BEZUMOVNOI-OPTIMIZACII.pdf
9. Методичні вказівки «Математичні задачі енергетики» для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл.: І.О. Переверзев, В.В. Зінзура – Кропивницький: ЦНТУ, 2018 – 73 с.
10. Чисельні методи інтегрування (для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики, ОП «Інформатика»): Методичні розробки / Голубєва К.М., Денисов С.В., Кашпур О.Ф., Ключин Д.А., Риженко А.І. – Київ: «Видавництво Людмила», 2019. – 55 с. URL: http://csc.knu.ua/media/filer_public/02/0a/020a60bf-262d-4f01-aa44-b53b0d74e5be/integration_new_2.pdf
11. Єжов С.М. Теорія ймовірностей, математична статистика і випадкові процеси: Навчальний посібник. К.: ВПЦ "Київський університет", 2001. – 140 с.
12. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посібник / С.Г. Глеч, С.Ф. Ледяєв, І.В. Ольшанська. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 176 с.

13. Кармелюк Г.І. Теорія ймовірностей і математична статистика. Посібник з розв'язування задач: Навч. посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 576 с.
14. Жалдак М.І., Кузьміна Н.М., Михалін Г.О. Збірник задач і вправ з теорії ймовірностей і математичної статистики. Для студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів. - Полтава: «Довкілля-К», 2010. – 730 с.
15. Математичні методи оптимізації: Метод. вказівки до виконання практичних занять для магістрів спеціальності «Обладнання лісового комплексу» / Уклад.: Л. Р. Ладієва – К. : НТУУ «КПІ», 2016. – 62 с.
16. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О. І. Огірко, Н. В. Галайко. – Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292 с.
17. Гой Т.П., Копач М.І., Федак І.В. Наближені методи розв'язування диференціальних рівнянь. Навчальний посібник для студентів напряму підготовки “математика”. – Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ Центру інформаційних технологій Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2008. – 157 с. URL: <http://194.44.152.155/elib/local/167.pdf>

Допоміжні інформаційні ресурси:

18. Розділ 1. Предмет, особливості та сфери застосування математичного програмування в економіці. Класифікація задач. – Черкаський державний технологічний університет. URL: <https://studfile.net/preview/5470183/page:8/>
19. Математичні задачі енергетики: конспект лекцій з дисципліни (О.Ф.Буткевич). 2022 р. URL: <https://classroom.google.com/c/MzU0MDQ5Mjg1MDY1?hl=ru&cjc=nazbagn>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ лекції	Назва теми та перелік основних питань лекції (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Розділ 1. Методи аналізу усталених режимів електричних систем	
Тема 1.1. Особливості прикладної математики та її використання для розв'язання задач електроенергетики	
1	Мета і задачі курсу. Поняття моделювання, види моделювання. Моделювання електроенергетичних систем. Основні поняття електроенергетичної системи. Особливості математичних задач електроенергетичних систем. Поняття про формалізацію задач. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – Література: [1] С.1-9, [2] С.237-238.
Тема 1.3. Постановка та математична формалізація задачі розрахунку усталеного режиму електричної мережі	
2	Постановка задачі розрахунку усталеного режиму, припущення та моделі, поняття балансувального вузла. Поняття про прямі та ітераційні методи. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – Література: [2] С. 178-194, [3] С.7-17; [9] С.7-17.
Розділ 2. Методи пошуку оптимальних розв'язків задач електроенергетики	

Тема 2.1, 2.2, 2.3. Оптимізаційні задачі електроенергетики та їхні особливості	
3	<p>Поняття оптимізаційної задачі. Постановка оптимізаційної задачі. Класифікація задач та методів оптимізації. Задачі лінійного програмування. Задачі нелінійного програмування.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [4] С. 9-80; [7] С. 5-8; [1] С.401-415; [15] С. 22-38, [18] С. 16-59.</p>
Розділ 3. Методи аналізу перехідних процесів та стійкості електроенергетичних систем	
Тема 3.1. Постановка, особливості та методи розв'язання задач моделювання перехідних процесів в електроенергетичних системах	
4	<p>Виникнення перехідних процесів в електроенергетичних системах та їх класифікація. Поняття статичної та динамічної стійкості електроенергетичних систем. Про основні підходи, які використовують для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем. Задачі аналізу перехідних процесів в електроенергетичних системах.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.242-249, С.260-266, [2] С.311-313, С. 480-482, С.486-488.</p>
Розділ 4. Використання теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язання задач електроенергетики	
Тема 4.1. Основні поняття та теореми теорії ймовірностей	
5	<p>Основні поняття теорії ймовірностей, приклади випадкових подій та випадкових величин в електроенергетиці. Основні теореми теорії ймовірностей.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.334, С.349, [12] С.7-34, [13] С.64-134, [16] С.23-33.</p>

Практичні заняття

№ заняття	<i>Назви тем практичних занять та перелік основних питань</i>
1	<p>Тема 1.2. Використання матриць під час формування моделей розрахунку режимів електричних систем.</p> <p>Базисна система контурів. Узагальнене рівняння стану. Матриця коефіцієнтів розподілу по дереву.</p>
2	<p>Тема 1.4. Методи розв'язання систем алгебричних рівнянь та їх використання для розрахунку режимів електричних мереж.</p> <p>Метод простої ітерації. Метод Зейделя. Використання методу Ньютона для розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної системи.</p>
3	<p>Тема 2.2, 2.3. Лінійне програмування та нелінійне програмування</p> <p>Перевірка існування розв'язку задачі лінійного програмування. Симплекс-метод та особливості його використання. Способи вибору оптимального кроку під час використання методів оптимізації.</p>
4	<p>Тема 3.1. Постановка, особливості та методи розв'язання задач моделювання перехідних процесів в електроенергетичних системах.</p> <p>Використання: середнеінтервального методу, методу Рунге-Кутта та методів, що «самі не починаються», для розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.</p>

6. Самостійна робота студентів (здобувачів)

№ з/п	<i>Назва тем та перелік основних питань для самостійного опрацювання (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</i>
Розділ 1. Методи аналізу усталених режимів електричних систем	
Тема 1.1. Особливості прикладної математики та її використання для розв'язання задач електроенергетики	
1	<p>Мета і задачі курсу. Поняття моделювання, види моделювання. Моделювання електроенергетичних систем. Основні поняття електроенергетичної системи. Особливості математичних задач електроенергетичних систем. Поняття про формалізацію задач.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.1-9, [2] С.237-238.</p>
Тема 1.2. Використання матриць під час формування моделей для розрахунку режимів електричних систем	
2	<p>Поняття розрахункової схеми. Матриці інциденцій. Базисна система контурів.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С. 27-31; [7] С. 6-21.</p>
3	<p>Узагальнене рівняння стану. Матриця коефіцієнтів розподілу по дереву.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С. 33; [9] С. 21-24.</p>
Тема 1.3. Постановка та математична формалізація задачі розрахунку усталеного режиму електричної мережі	
4	<p>Контурна модель. Вузлова модель. Матриця вузлових провідностей.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С. 43-106; [7] С. 29-35.</p>
5	<p>Постановка задачі розрахунку усталеного режиму, припущення і моделі, поняття балансувального вузла. Поняття про декомпозицію схем. Поняття про прямі та ітераційні методи.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С. 178-194, [3] С.7-17; [9] С.7-17.</p>
Тема 1.4. Методи розв'язання систем алгебричних рівнянь та їх використання для розрахунку режимів електричних мереж	
6	<p>Способи організації обчислень для розв'язання нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної мережі. Метод простої ітерації. Метод Зейделя.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С.335-339, С.363-369, С.411-416, [3] С.64-74. [9] С.42-44.</p>
7	<p>Використання методу Ньютона для розв'язання нелінійних алгебричних рівнянь. Ілюстративний приклад застосування методу Ньютона для розв'язання одного нелінійного рівняння.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С.174-177, [3] С.18-38.</p>
8	<p>Використання методу Ньютона для розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної системи. Умови диференціювання функції комплексних змінних.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С.230-236, [3] С.75-98.</p>

Розділ 2. Методи пошуку оптимальних розв'язків задач електроенергетики	
Тема 2.1. Оптимізаційні задачі електроенергетики та їхні особливості	
9	<p>Поняття оптимізаційної задачі. Постановка оптимізаційної задачі. Класифікація задач та методів оптимізації.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [4] С. 9-80; [7] С. 5-8.</p>
Тема 2.2. Лінійне програмування	
10	<p>Постановка задачі лінійного програмування. Симплекс-метод. Приклад розв'язання задачі.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.401-415; [15] С. 22-38, [18] С. 16-59.</p>
Тема 2.3. Нелінійне програмування	
11	<p>Постановка задачі нелінійного програмування. Метод невизначених множників Лагранжа. Використання методу невизначених множників Лагранжа на прикладі задачі оптимального завантаження теплових електростанцій електроенергетичної системи.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 392-400; [5] С. 19-23; С. 36-46; [6] С. 28-33; [7] С. 27-39; [18] С. 145-152.</p>
12	<p>Градiєнтні методи оптимізації. Метод спуску за антиградієнтом. Питання вибору оптимального кроку в методі спуску за антиградієнтом. Особливості використання градiєнтних методів для розв'язання задач оптимізації режимів енергосистем.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.428-446, [2] С.214-220, [5] С. 113-118, [7] С. 56-58, [8] С.6-41.</p>
13	<p>Метод зведеного градiєнту. Використання методу зведеного градiєнту з оптимізацією кроку для розв'язання задачі оптимального завантаження теплових електростанцій електроенергетичної системи.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С. 214-220, [8] С.27-41.</p>
14	<p>Методи штрафних функцій.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [4] С.471-503, [6] С. 174-180, [15] С. 48-50.</p>
Розділ 3. Методи аналізу перехідних процесів та стійкості електроенергетичних систем	
Тема 3.1. Постановка, особливості та методи розв'язання задач моделювання перехідних процесів в електроенергетичних системах	
15	<p>Виникнення перехідних процесів в електроенергетичних системах та їх класифікація. Поняття стійкості електроенергетичних систем. Задачі аналізу перехідних процесів в електроенергетичних системах та про основні підходи, які використовують для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.242-249, С.260-266, [2] С. 480-482, С.486-488.</p>
16	<p>Класифікація числових методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. Система звичайних диференціальних рівнянь у формі Коші.</p> <p>Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.242-249, [2] С.311-313.</p>
17	<p>Метод Ейлера. Локальна похибка інтегрування. Поняття чисельно стійких методів. Методи прогнозу та коригування. Середнеінтервальний метод.</p>

	Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.249-250, [2] С.313-330.
18	Методи групи Рунге-Кутта та їхні особливості. Метод Рунге-Кутта четвертого порядку. Модифікований метод Ейлера-Коші. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.251-255, [2] С.330-347.
19	Екстраполяційний метод Адамса. Метод Мілна. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [17] С. 48-50, С. 54-60.
Тема 3.2. Стійкість руху. Прямий метод Ляпунова та особливості його використання для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем.	
20	<i>Поняття стійкості руху та фазового простору.</i> Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 331, [2] С. 483-486.
21	<i>Прямий метод Ляпунова. Теореми Ляпунова про стійкість та нестійкість руху. Особливості використання прямого методу Ляпунова для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичної системи.</i> Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [2] С. 488-494, [12] С.29-76.
Розділ 4. Використання теорії ймовірностей та математичної статистики для розв'язання задач електроенергетики	
Тема 4.1. Основні поняття та теореми теорії ймовірностей	
22	Основні поняття теорії ймовірностей. Основні теореми теорії ймовірностей. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> , [1] С.334, С.349, [12] С.7-34, [13] С.64-134, [16] С.23-33.
23	Формула повної ймовірності. Теорема гіпотез (формула Байеса). Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.347, [11] С.3-13, [12] С.35-38, [13] С.134-135, [14] С. 226-227.
Тема 4.2. Повторення дослідів	
24	Часткова теорема про повторення дослідів (формула Бернуллі). Загальна теорема про повторення дослідів. Локальна теорема Лапласа. Інтегральна теорема Лапласа. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.348, С.358-359, [11] С.26-27, С.29-31, [12] С.43-44, С.46-48, [13] С.193-210, С.225-246, [16] С.39-46.
Тема 4.3. Випадкові величини. Закони розподілу.	
25	Поняття про закон розподілу дискретної і неперервної випадкових величин. Функція розподілу. Щільність розподілу. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [11] С.32-37, [12] С.49-50, С.55-64, [14] С.163-178.
26	Числові характеристики випадкових величин. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.349-352, [11] С.46-48, [12] С.65-83. [13] С. 255-338, [16] С.78-85.
27	Закон рівномірної щільності (рівномірного розподілу). СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [12] С.83-84, [13] С.355-362.
28	Нормальний закон розподілу. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу –

	<i>Література:</i> [11] С.46, [12] С.65-83, С.87-91, [13] С.370-378.
29	Ймовірність попадання випадкової величини, розподіленої за нормальним законом, на задану ділянку. Правило «трьох сигма». Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [12] С.87-94.
Тема 4.4. Визначення законів розподілу випадкових величин на підставі дослідних даних	
30	Статистичний закон розподілу випадкової величини. Поняття простої статистичної сукупності. Гістограма та її побудова. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С.359-362, [12] С.113-119. [16] С.132-136.
31	Числові характеристики статистичного розподілу. Поняття "доброякісних" оцінок параметрів закону розподілу випадкової величини. Довірчий інтервал та довірна ймовірність. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 363-364, С. 367-371, [12] С. 119-122, [16] С. 163-175.
32	Вирівнювання статистичного закону розподілу. Критерії згоди. Критерій Колмогорова. Критерій Пірсона. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 366-367, [12] С. 130-137, [13] С. 553-564, [16] С. 176-180.
Тема 4.5. Система випадкових величин	
33	Поняття системи випадкових величин. Функція та щільність розподілу системи двох випадкових величин. Числові характеристики системи випадкових величин. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 352-356, [12] С. 98-112, [13] С. 440-448, [16] С. 93-96.
Тема 4.6. Числові характеристики функцій випадкових величин	
34	Математичне сподівання та дисперсія функції випадкових аргументів. Теореми про числові характеристики. Математичне сподівання та дисперсія суми випадкових величин. Математичне сподівання та дисперсія лінійної функції випадкових аргументів. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [5] С. 210-219, С. 225-227, [6] С. 128-154.
35	Математичне сподівання та дисперсія добутку незалежних випадкових величин. Лінеаризація функцій випадкових аргументів. Числові характеристики функції одного випадкового аргументу та їх визначення. Числові характеристики функції випадкових аргументів. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 356-358.
Тема 4.7. Граничні теореми теорії ймовірностей	
36	Поняття закону великих чисел та граничної центральної теореми. Нерівність Чебишева. Теорема Чебишева. Узагальнена теорема Чебишева. Завдання для СРС: Опрацювання матеріалу за темою, використовуючи літературу – <i>Література:</i> [1] С. 356-358, [11] С.59-63, [12] С.94-98, [14] С.128-134, [16] С.102-107.

Передбачено виконання однієї розрахунково-графічної роботи (РГР) за темами 1.1, 1.2, 1.3 та однієї модульної контрольної роботи (МКР) – за темами 2.2, 2.3, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3. Здобувачі виконують індивідуальні РГР та МКР у визначені терміни.

У третьому семестрі також передбачено виконання здобувачами курсової роботи (КР) у вигляді окремого кредитного модуля за темами 1.1, 1.2, 1.3, 1.4.

Рекомендовано такі орієнтовні норми часу для СРС:

- опрацювання матеріалу за темами – 8,5 годин на одну тему (середнє значення);
- підготовка до виконання МКР – 3 години;
- виконання РГР – 14 годин;
- підготовка до іспиту – 24 години.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед здобувачем:

• **правила відвідування занять:** відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

• **правила поведінки на заняттях (під час настановної фази сесії):** здобувач має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни, виявляючи свої знання та вміння, набуті під час СРС. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-дискі викладача, в Інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

• **правила захисту індивідуальних завдань:** захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли здобувач не погоджується з нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);

• **політика дедлайнів та перескладань:** якщо здобувач не виконав або не виконував (без поважних причин) МКР, то відповідні бали йому не нараховують (результат оцінюється у 0 балів). Перескладання результатів МКР не передбачено;

• **політика щодо академічної доброчесності:** Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Математичні задачі енергетики»;

• **при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.**

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: виконання РГР, виконання МКР.

Календарний контроль: проводиться як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит.

Максимальна сума балів внаслідок експрес-опитування на заняттях (лекційних та практичних) не може перевищувати **4** (за правильні відповіді на одному занятті нараховується **1** бал).

Критерії оцінювання МКР:

- «відмінно» – повністю і безпомилково виконано МКР – нараховується **30** балів;
- «дуже добре» – є окремі недоліки у виконанні МКР, пов'язані з недостатніми поясненнями чи обґрунтуваннями виконуваних дій (але наведено не менше 90% потрібної інформації) та/чи з незначними помилками, що не призвели до викривлення результатів – нараховується **29-28** балів;
- «добре» – є окремі недоліки у виконанні МКР, пов'язані з недостатніми поясненнями чи обґрунтуваннями виконуваних дій (але наведено не менше 80% потрібної інформації) та/чи з помилками, що призвели до викривлення частини (до 20%) передбачуваних результатів – нараховується **27-25** балів;
- «задовільно» – є недоліки у виконанні МКР, пов'язані з недостатніми поясненнями чи обґрунтуваннями виконуваних дій (але наведено не менше 70% потрібної інформації) та/чи з помилками, що призвели до викривлення частини (до 30%) передбачуваних результатів – нараховується **24-22** балів;
- «достатньо» – є недоліки у виконанні МКР, пов'язані з недостатніми поясненнями чи обґрунтуваннями виконуваних дій (але наведено не менше 60% потрібної інформації) та/чи з помилками, що призвели до викривлення частини (до 40%) передбачуваних результатів – нараховується **21-19** балів;
- «незадовільно» – є суттєві недоліки у виконанні МКР, пов'язані з недостатніми поясненнями чи обґрунтуваннями виконуваних дій та з помилками, що призвели до викривлення більше 40% передбачуваних результатів – **0** балів, виконання МКР не зараховується.

Критерії оцінювання РГР:

- «відмінно» – бездоганно виконано РГР – **25** балів;
- «дуже добре» – є незначні недоліки у виконанні РР, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 90% потрібної інформації) – **24** бали;
- «добре» – є недоліки у виконанні РГР, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 80% потрібної інформації) та/чи з незначними помилками, що не мали суттєвого впливу на правильність одержаних результатів – **23-22** бали;
- «задовільно» – є недоліки у виконанні РГР, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 60% потрібної інформації) та/чи з помилками у обчисленнях, що призвели лише до часткового викривлення одержаних результатів, не вплинувши на правильність зроблених висновків – **21-19** балів;
- «достатньо» – є недоліки у виконанні РГР, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 50% потрібної інформації) та/чи з помилками, що не мали принципового характеру (не свідчили про відсутність у виконавця РР відповідних базових знань) і призвели до викривлення лише частини одержаних результатів, не вплинувши на правильність зроблених висновків – **18-17** балів;
- «незадовільно» – є недоліки у виконанні РГР, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (наведено менше 50% потрібної інформації) та/чи з грубими помилками, зокрема і принципового характеру – **0** балів (роботу не зараховано).

Нарахування штрафних балів

За перший тиждень затримки надання результатів виконання РГР нараховується один штрафний (-1) бал, за другий тиждень сума штрафних балів зростає до (-3), за третій тиждень – до (-7). У разі затримки виконання роботи більше, ніж на три тижні, сума штрафних балів зростає до (-11), а сума нарахованих балів навіть за бездоганне виконання РГР не може перевищувати 17.

Календарний контроль

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивних результатів календарного контролю є отримання не менше 19 балів за виконання МКР та не менше 17 балів за виконання РГР.

Семестровий контроль

Сума балів стартового рейтингу з дисципліни (R_c) після завершення семестру складається із балів, отриманих за відповіді під час проведення експрес-опитувань на заняттях, виконання МКР та виконання РГР і не може перевищувати 59.

Необхідною умовою допуску до семестрового контролю є виконання МКР та РГР із загальною сумою не менше 36 балів.

Максимальна сума балів з дисципліни (R) складається із балів стартового рейтингу (R_c) та балів, одержаних під час іспиту (R_e), і не може перевищувати 100.

Під час іспиту студент виконує письмову контрольну роботу, якою передбачено виконання трьох теоретичних завдань і одного практичного або ж чотирьох практичних (у разі дистанційного складання іспиту усі завдання практичні). Результат виконання кожного завдання оцінюється максимум у 10 балів за такими критеріями:

- завдання виконано правильно і акуратно оформлено, надано повну відповідь – **10** балів;
- завдання виконано правильно і акуратно оформлено, але пояснення та/чи обґрунтування виконуваних дій є недостатньо повними (але наведено не менше 90% потрібної інформації), мають місце окремі незначні неточності, що не вплинули на правильність усіх результатів виконання завдання – **9** балів;
- завдання виконано і акуратно оформлено, але є недоліки, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 80% потрібної інформації) та/чи з незначними помилками обчислень, що не були принциповими і призвели до викривлення не більше 20% передбачуваних результатів (але не менше 80% одержаних результатів є правильними) – **8** балів;
- завдання виконано з недоліками, пов'язаними з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 70% потрібної інформації) та/чи з помилками обчислень, що не були принциповими і призвели до викривлення не більше 30% передбачуваних результатів (але не менше 70% одержаних результатів є правильними) – **7** балів;
- завдання виконано з недоліками, пов'язаними з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (але наведено не менше 60% потрібної інформації) та/чи з помилками, що призвели до викривлення не більше 40% передбачуваних результатів (але не менше 60% одержаних результатів є правильними) – **6** балів;
- результати виконання завдання мають значні недоліки, пов'язані з недостатнім поясненням чи обґрунтуванням виконуваних дій (наведено менше 50% потрібної інформації) та/чи з грубими помилками, що призвели до викривлення більше 40% передбачуваних результатів виконання завдання – **бали не нараховуються**.

У разі бездоганного виконання під час іспиту усіх чотирьох завдань сума набраних балів R_e збільшується на 1.

Рейтингову шкалу оцінювання з дисципліни наведено в наступній таблиці

Сума балів з дисципліни ($R = R_c + R_e$)	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
$95 \leq R \leq 100$	A – відмінно	Відмінно
$85 \leq R \leq 94$	B – дуже добре	Добре
$75 \leq R \leq 84$	C – добре	
$65 \leq R \leq 74$	D – задовільно	Задовільно
$60 \leq R \leq 64$	E – достатньо	
$R < 60$	Fx – незадовільно	Незадовільно
$R < 36$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Завдання на РГР: дані для виконання РГР визначаються викладачем для кожного студента індивідуально.

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

Тема 1.2. Використання матриць під час формування моделей розрахунку режимів електричних систем

Тема 1.3. Постановка та математична формалізація задачі розрахунку усталеного режиму електричної мережі

Тема 1.4. Методи розв'язання систем алгебричних рівнянь та їх використання для розрахунку режимів електричних мереж

Тема 2.1. Оптимізаційні задачі електроенергетики та їхні особливості

Тема 2.2. Лінійне програмування

Тема 2.3. Нелінійне програмування

Тема 3.1. Постановка, особливості та методи розв'язання задач моделювання перехідних процесів в електроенергетичних системах

Тема 3.2. Стійкість руху. Прямий метод Ляпунова та особливості його використання для оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем

Тема 4.1. Основні поняття та теореми теорії ймовірностей

Тема 4.2. Повторення дослідів

Тема 4.3. Випадкові величини та закони розподілу

Тема 4.4. Визначення законів розподілу випадкових величин на підставі дослідних даних

Тема 4.5. Системи випадкових величин

Тема. 4.6. Числові характеристики функцій випадкових величин

Тема. 4.7. Граничні теореми теорії ймовірностей

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ / ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. кафедри електричних мереж та систем ФЕА, д.т.н. Буткевичем О.Ф.

Ухвалено кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 20.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2023 р.)