



МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ У ВІДНОВЛЮВАНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ. Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредитів ECTS /165 годин(лекцій – 36, практичних занять – 36; самостійна робота – 93)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>1 лекційне заняття 1 раз на тиждень, 1 практичне заняття 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.ф.-м.н, професор, Гаєвський Олександр Юлійович, +380 975704643, aj.gaevsky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NDU00TQ2NzAwNTc1?cjc=n5sgxko</i>

Програма навчальної дисципліни

- I. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**
- Програма навчальної дисципліни «Математичні задачі у відновлюваній енергетиці» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».
- Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:**

K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. K07. Здатність працювати в команді. K08. Здатність працювати автономно. K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

K13. 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. K25. Здатність застосовувати методи стандартизованих випробувань щодо визначення електротехнічних характеристик і конструктивних особливостей використовуваного електроенергетичного та електротехнічного обладнання і систем на його основі. K26. Здатність забезпечувати моделювання електротехнічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартизованих пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, 10 проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.

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. ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку 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. ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж. ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві,

транспортуванні, розподіленні та використанні. ПР22. Знати електрофізичні та теплотехнічні процеси і явища, що відбуваються в обладнанні та устаткуванні нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР25. Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, обладнання електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг. ПР26. Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики. ПР27. Знати методики експериментальних досліджень електрофізичних процесів та явищ, що відбуваються у системах та електричних станціях на основі відновлюваних джерел енергії

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін, а саме: вища математика, обчислювальна техніка та програмування, теоретичні основи електротехніки. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для вивчення дисциплін: біоенергетика, перетворення та акумулювання енергії відновлюваними джерелами, методи оптимізації та математична статистика, фотоенергетика, основи перетворювальної техніки, робота енергетичних установок з відновлюваними джерелами енергії в центральних мережах.

3. Зміст навчальної дисципліни

- 1 Загальні поняття про обчислювальні методи. Реалізація в системах MATLAB/Octave.
- 2 Лінійні та нелінійні рівняння та методи їх розв'язання.
- 3 Методи пошуку екстремумів та зв'язані з ними задачі.
- 4 Інтегральні перетворення. Спектральний аналіз.

Навчальні матеріали та ресурси

1. Кутнів М.В. Чисельні методи: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво “Растр-7”, 2010. – 288с..
2. Лазарєв Ю. Ф. Довідник з MATLAB / Електронний навчальний посібник з курсового і дипломного проектування. – К.: НТУУ “КПІ”, 2013. – 132 с
3. MATLAB. The Language of Technical Computing / The MathWorks, Inc. , 2005 .- 716 p.
Режим доступу:
<https://www.mn.uio.no/astro/english/services/it/help/mathematics/matlab/graphg.pdf>
4. Чисельні методи: Навчальний посібник. / Волонтир Л.О, Зелінська О.В., Потапова Н.А., Чіков І.А., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 322 с.

5. Задачин В.М. Чисельні методи: навчальний посібник / В.М. Задачин, І.Г. Конюшенко. – Х.: Вид. ХНЕУ ім. Кузнеця, 2014. – 180 с.
6. Методи обчислень: Частина 1. Чисельні методи алгебри . Навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика» / уклад.: В. В. Третиник, Н.Д.Любашенко /Київ :КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.—138 с.
7. Загорулько А.В. Чисельні методи у механіці: Навчальний посібник. - Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 186 с.
8. Методи обчислень: Частина 1. Чисельні методи алгебри [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика» / уклад.: В.В. Третиник, Н.Д. Любашенко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. –138 с.
9. Т.В. Авдєєва, О.Б. Качаєнко. Ряди Фур'є. Практикум. / К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 88 с.
10. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
11. Р. Попович, Є. Ваврук. Цифрове опрацювання сигналів та зображень: Алгоритми та реалізація. Навчальний посібник /Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2008, 147 с.
12. Гаєвський О.Ю. Фотоенергетика. Частина І. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі: підручник / О.Ю. Гаєвський. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського. Електронне видання, 2022. – 141 с.
13. «Фотоенергетика». Методичні вказівки до практичних занять [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; /уклад.: О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук – Електронні текстові дані (1 файл: 2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 30 с.

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	РОЗДІЛ 1. Загальні поняття про обчислювальні методи. Реалізація в системах MATLAB/Octave
1	Знайомство з системами програмування MATLAB/Octave. Робоча область командного вікна. Збереження та завантаження змінних. Режим прямих обчислень. Формування векторів і матриць. Операції з матрицями. Форматне виведення. Комплексні числа у MATLAB. Типи даних. Вирази, змінні, числа. Література: [1-3]

2	<p>Основні компоненти програм в MATLAB Структури даних (багатовимірні масиви, текст, структури). Оператори розгалуження, m-файли. Програми сценарії. Програми функції. Елементарні функції. Глобальні змінні.</p> <p>Література: [2,3]</p>
3	<p>Інструменти графіки в MATLAB. Графічні вікна. Графічне оформлення результатів. Управління компонентами графіків. Двовимірні графіки. Трьохвимірні графіки. Просторові лінії. Графіки поверхонь. Побудова таблиць.</p> <p>Література: [2,3]</p>
4	<p>Етапи виконання завдання на ПК. Математичні моделі. Комп'ютерні моделі. Оптимізаційні моделі. Методи реалізації математичних моделей Чисельні методи. Представлення чисел у комп'ютері. Числа з плаваючою комою. Мантиса числа.</p> <p>Література: [1,4-6]</p>
5	<p>Елементи теорії похибок. Джерела похибок. Наближені числа і оцінка їх похибок. Похибки округлення при обчисленнях на ПК з плаваючою комою. Подвійна точність. Правила запису наближених чисел. Нормалізована форма числа.</p> <p>Література: [1,4-6]</p>
<p>РОЗДІЛ 2. Лінійні та нелінійні рівняння та методи їх розв'язання</p>	
6	<p>Системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Основні поняття і визначення. Методи рішення СЛАР. Точні методи. Обчислення визначника і оберненої матриці.. Метод зворотних матриць. Метод Гауса. Модифікований метод Гауса зі зворотним ходом. Метод Гауса без зворотного ходу Приклади.</p> <p>Література: [1,4-6]</p>
7	<p>Системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Ітераційні методи. Перетворення СЛАР для ітерацій. Приклади. Метод простої ітерації. Метод Зейделя. Приклади.</p> <p>Література: [1,4-7]</p>
8	<p>Чисельні методи рішення нелінійних рівнянь. Збіжність методу простої ітерації. Дихотомія. Методи простої ітерації Ньютона, січних, парабол.</p> <p>Література: [1,4,6]</p>
9	<p>Ітераційні методи рішення систем нелінійних рівнянь. Методи простих ітерацій, Зайделя, Ньютона. Рішення нелінійних рівнянь для вольт-амперних характеристик діодів, фотоелектричних модулів.</p> <p>Література: [1,4,12,13]</p>

10	Інструменти рішення нелінійних рівнянь в MATLAB. Функції <i>fzero</i> , <i>fsolve</i> . Правила виклику функцій, вхідні та вихідні аргументи. Приклади застосування. Література: [2.3]
11	Поліноміальна інтерполяція. Інтерполяційний многочлен Лагранжа. Інтерполяційна формула Ньютона. Слайн-інтерполяція. Приклади інтерполювання даних в області фотоенергетики та вітроенергетики. Література: [2-4]
РОЗДІЛ 3. Методи пошуку екстремумів та зв'язані з ними задачі	
12	Тема 3.1. Класифікація методів чисельного пошуку екстремумів. Зв'язок задач на екстремуми з задачами оптимізації. Цільова функція. Область допустимих значень. Умовні і безумовні задачі оптимізації. Прямі методи пошуку екстремумів. Метод дихотомії. Метод золотого перетину. Метод парабол. Приклади. Література: [1,4-7]
13	Тема 3.2. Мінімум функції багатьох змінних. Квадратична функція, її властивості. Рельєф поверхні рівня. Градієнтні методи. Найшвидший спуск. Література: [1,4-7]
14	Тема 3.4. Апроксимація. Метод найменших квадратів. Апроксимація в MATLAB експериментальних залежностей для характеристик ВДЕ-об'єктів. Література: [2-6]
РОЗДІЛ 4. Інтегральні перетворення. Спектральний аналіз.	
15	Тема 4.1. Чисельне інтегрування. Квадратурні формули Ньютона-Котесса. Формула трапецій і формула Сімпсона. Алгоритми сумування рядів. Література: [1,4-6]
16	Тема 4.2. Ряди Фур'є. Амплітуди ряду Фур'є. Ряди в комплексній формі. Дискретне перетворення Фур'є. Спектри періодичних сигналів. Швидке перетворення Фур'є (ШПФ). Література: [9-11]
17	Тема 4.3. Застосування перетворювання Фур'є в енергетиці. Спектральний аналіз сигналів. Спотворення вихідної напруги генераторів, силового перетворювального обладнання. Характеристики ступені спотворень, стандарти. Література: [9-11]
18	Тема 4.4. Аналіз фільтрів за допомогою дискретного перетворення Фур'є в комплексній формі. Зв'язок з перетворенням Лапласа.

	Література: [9-11]
--	---------------------

4. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Введення у системи MATLAB/Octave. Інтерфейс. Створення матриць
2	Основні операції з матрицями. Файли-сценарії
3	Рішення СЛАР методом Гауса. Прямий хід
4	Рішення СЛАР методом Гауса (продовження). Зворотний хід
5	Рішення СЛАР для електричних кіл методом контурних струмів
6	Розрахунок електричної схеми методом Гауса та матричним методом MATLAB
7	Рішення нелінійних рівнянь ітераційними методами
8	Рішення нелінійних рівнянь за допомогою функцій MATLAB
9	Рішення системи нелінійних рівнянь. Метод простих ітерацій
10	Рішення системи нелінійних рівнянь. Метод Зайделя
11	Визначення мінімуму функції. Методи дихотомії та золотого перетину
12	Визначення екстремуму функції. Метод парабол
13	Інтерполяція функцій і даних. Інтерполяційні поліноми
14	Інтерполяція засобами MATLAB
15	Апроксимація експериментальних даних. Лінійна апроксимація
16	Апроксимація експериментальних даних. Нелінійна апроксимація
17	Властивості дискретного перетворення Фур'є
18	Визначення гармонійних спотворень напруги інверторів, що застосовуються у ВЕ

5. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до МКР	2
2	Виконання практичних завдань	41
3	Виконання індивідуальних завдань РГР	20
4	Підготовка до екзамену	30

5	Всього	93
---	--------	----

6. Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

1. правила відвідування занять: відповідно до PCO даної дисципліни бали нараховують не за присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, а за відповідну навчальну активність на лекційних заняттях.
2. правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені PCO дисципліни. Має право використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті;
3. правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали PCO, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.
4. політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни “Математичні задачі у відновлюваній енергетиці”;
5. 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.

6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: робота на практичних заняттях, модульна контрольна робота, розрахункова графічна робота.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- результати виконання практичних робіт

- виконання індивідуального завдання розрахунково графічної роботи (РГР)
- , модульна контрольна робота (МКР).

Практичні заняття R_p	РГР R_p	МКР R_m	R_c	$R_{екз}$	R
40	15	5	60	40	100

Максимальний рейтинг за семестр, визначається з виразом:

$$R_S = R_p + R_p + R_m = 45 + 10 + 5 = 60 \text{ балів}$$

Робота в аудиторії

Дає можливість оцінити активність студентів та ступень їх розуміння матеріалу під час лекцій та практичних занять

Виконання індивідуальних практичних завдань

Ваговий бал – 5.

Передбачено самостійне виконання студентами 8 індивідуальних завдань для закріплення матеріалів

Максимальна кількість балів за всі $5 \times 8 = 40$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання роботи, точна обробка даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 5 балів;
- виконання з незначними помилками або неякісне оформлення – 3-4 ...бали;
- суттєві помилки при виконанні завдання – 1-2 бали;

Розрахунково- графічна робота

Ваговий бал – 15.

За період навчання запланована розрахунково графічна робота відповідно до розділів лекційного матеріалу, пов'язаних з методами рішення систем лінійних рівнянь, нелінійних рівнянь, розрахунків усталених режимів роботи електричної мережі. Виконується як індивідуальне завдання згідно варіанту.

Критерії оцінювання

- повне виконання роботи, точна обробка даних, якісне оформлення і повна відповідь при захисті роботи – 12-15 балів;
- виконання з незначними помилками або неякісне оформлення – 8-11 ...бали;
- виконання з незначними помилками та неповна відповідь при захисті роботи – 4-7 ...бали
- суттєві помилки при виконанні завдання або несамотійне виконання, неповна відповідь при захисті роботи – 1-4бали;

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 5. За період навчання запланована 1 модульна контрольна робота відповідно до розділів лекційного матеріалу, пов'язаних з методами рішення систем

лінійних рівнянь, нелінійних рівнянь, пошуку екстремумів, інтерполяції, спектрального аналізу. Виконується як індивідуальне завдання згідно варіанту. Кожне питання сформоване з використанням матеріалу лекційних занять. Студент повинен надати розгорнуті відповіді на теоретичні питання, сформулювати сутність явищ, надати математичний опис. Перескладання МКР не заплановані.

Критерії оцінювання

- повне виконання роботи – 5 балів;
- виконання з незначними помилками, одно з завдань виконано не повністю – 3-4 ...бали;
- суттєві помилки при виконанні завдань, або виконано лише одно з завдань – 1-2 бали;

Календарний контроль

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Додаткові бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 5 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть отримані за виконання додаткових завдань та лекцій.

Додаткові завдання та лекції

Додаткові лекції – це теми на самостійне опрацювання, які забезпечать здобувачам посилення теоретичних знань з дисципліни. Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів за опрацювання додаткових лекцій – 1 бал * 5 лекцій = 5 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх індивідуальних завдань і семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та двох практичних завдань по 10 балів за кожне

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 * R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) * R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають екзамен. Максимальний рейтинг заліку $R_z = 40$ балів.

Рейтинг **екзамену** $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг **екзамену** $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин, реалізацію математичних операцій в програмному середовищі.

Рейтинг **екзамену** $R_3 = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг **екзамену** $R_3 \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль:

1. Основні операції в системі MATLAB//Octave. Сценарії та функції
2. Створення графіків, діаграм, таблиць
3. Похибки та точність обчислень
4. Методи рішення основних задач лінійної алгебри. Приклади з ВЕ
5. Нелінійні рівняння в енергетичних задачах
6. Інтерполяція та апроксимація функцій. Приклади з ВЕ
7. Чисельне інтегрування
8. Фур'є аналіз електричних величин

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.ф.-м.н., Гаєвським О.Ю.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 22.06.2023 р.).