



Математичні задачі енергетики. Частина 1

Силабус освітнього компоненту

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>УПРАВЛІННЯ, ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ</i>
Статус дисципліни	<i>Цикл професійної підготовки. Нормативні компоненти освітньої програми</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр (для очної форми навчання)</i>
Обсяг дисципліни	<i>165 годин / 5,5 кредити ECTS/ (36 годин лекцій, 36 годин практичних занять)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/ <i>1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень; 1 практичне заняття (2 години) 1 раз на тиждень.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. доц. Хоменко Олег Володимирович, 0504438044</i> Практичні заняття: асистент Гулий Володимир Сергійович, 0505872798
Розміщення курсу	<i>Google Classroom https://</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Математичні задачі енергетики. Частина 1» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма "Управління, захист та автоматизація енергосистем".

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей: (K01) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K02) здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (K06) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K11) здатність вирішувати практичні задачі із застосування систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (K12) здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки; (K23) здатність правильно формулювати та розв'язувати математичні задачі в галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем.

Предмет навчальної дисципліни - структура математичної моделі електроенергетичної системи (ЕЕС); схеми заміщення основних елементів ЕЕС і системи в цілому; способи обчислення параметрів схем заміщення елементів ЕЕС; рівняння усталеного режиму ЕЕС у формі балансу струмів, форми їх запису; рівняння усталеного режиму ЕЕС у формі балансу потужностей, форми їх запису; методи розв'язання лінійних рівнянь усталеного режиму; методи розв'язання нелінійних систем рівнянь усталеного режиму; способи обчислення

параметрів режиму - струмів, потоків потужностей, втрат потужностей тощо; способи аналізу параметрів режиму.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: (ПР19) застосовувати додатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні; (ПР27) Створювати математичні моделі електроенергетичного обладнання та визначати режимні параметри процесів, які мають місце в електричних мережах та електроенергетичних системах в перехідних та ustalених режимах.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки». Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для вивчення дисципліни «Математичні задачі енергетики. Частина 1» та подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

*Дисципліна структурно розподілена на **3 розділи**, а саме:*

1. Моделювання схем електричних мереж

Тема 1.1. Моделювання ЕЕС. Загальні положення;

Тема 1.2. Основні елементи електричних мереж та схеми їх заміщення;

Тема 1.3. Представлення вузлів генерації і навантаження, комутаційних апаратів в схемах заміщення;

Тема 1.4. Схема заміщення електричної мережі.

2. Формування математичної моделі режимів роботи електричної мережі

Тема 2.1. Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі

Тема 2.2. Рівняння ustalеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей

Тема 2.3. Матрична форма запису систем рівнянь ustalеного режиму

3. Математичні методи розв'язання систем рівнянь ustalеного режиму

Тема 3.1. Системи лінійних рівнянь ustalеного режиму

Тема 3.2. Розв'язання системи лінійних рівнянь ustalеного режиму

Тема 3.3. Обернення матриці коефіцієнтів системи рівнянь ustalеного режиму

Тема 3.4. Загальна характеристика ітераційних методів

Тема 3.5. Методи ітерації і Зейделя.

Тема 3.6. Методи Ньютона і Ньютона-Рафсона

Тема 3.7. Формування системи рівнянь ustalеного режиму для розв'язання її методом Ньютона-Рафсона

Тема 3.8. Застосування методу Ньютона – Рафсона для розв'язання системи рівнянь ustalеного режиму

Тема 3.9. Організація обчислення ustalеного режиму електричної мережі методом Ньютона-Рафсона

Тема 3.10. Заключні обчислення параметрів режиму електричної мережі

Тема 3.11. Моделювання і аналіз режимів роботи розімкнених електричних мереж.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. - Львів: Видавництво при Львівському університеті, 1982, - 380 с.
2. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2017.
3. Електричні мережі та системи: підручн. / В.М. Сулейманов, Т.Л. Кацадзе. – К: НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с.
4. Математичні задачі енергетики. Частина 1: Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; укладач: О.В. Хоменко. - Електронні текстові данні (1 файл: 4,473 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 108 с.

<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/49048>

5. Математичні задачі енергетики. Частина 1 [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання практичних занять / НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» ; уклад. О.В. Хоменко, В.С. Гулий. – Київ : НТУУ «КПІ», 2017. – 88 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19869>

Додаткові:

6. Математичні моделі електроенергетичних систем: Навчальний посібник. / В.П. Мельник. – К.: ІСДО, 1993,-336с.

Навчальний контент

5. 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. Моделювання схем електричних мереж	
1	Тема 1.1. Моделювання ЕЕС. Загальні положення. <u>Основні питання:</u> Поняття моделі. Види моделей. Об'єкт моделювання ЕЕС. Структура моделі ЕЕС. Етапи побудови моделей ЕЕС. <u>Літературні джерела:</u> [1, 3, 6]
2.	Тема 1.2. Основні елементи електричних мереж та схеми їх заміщення. <u>Основні питання:</u> Загальні визначення і припущення. Схеми заміщення ЛЕП і трансформаторів. Параметри режиму при моделюванні цих елементів електричної мережі. <u>Літературні джерела:</u> [1, 4, 5]
3.	Тема 1.3. Представлення вузлів генерації і навантаження, комутаційних апаратів в схемах заміщення. <u>Основні питання:</u> Параметри режиму при моделюванні цих елементів. <u>Літературні джерела:</u> [1, 2]

4.	<p>Тема 1.4. Схема заміщення електричної мережі.</p> <p><u>Основні питання:</u> Обчислення параметрів елементів схем заміщення. Розрахункова схема електричної мережі.</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
	<p>Розділ 2. Формування математичної моделі режимів роботи електричної мережі</p>
5.	<p>Тема 2.1. Комп'ютерне моделювання режимів електричної мережі.</p> <p><u>Основні питання:</u> Основні задачі моделювання. Вихідні дані та результати обчислень. Аналіз вхідної та вихідної інформації.</p> <p>Літературні джерела: [1, 3]</p>
6.	<p>Тема 2.2. Рівняння усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей.</p> <p><u>Основні питання:</u> Вихідні положення. Виведення рівнянь усталеного режиму. Варіанти запису рівнянь усталеного режиму. Рівняння усталеного режиму у формі з розділенням комплексів в полярній системі координат. Рівняння усталеного режиму у прямокутній системі координат. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p>
7.	<p>Тема 2.3. Матрична форма запису систем рівнянь усталеного режиму.</p> <p><u>Основні питання:</u> Варіанти запису. Матриця провідностей і її властивості. Перетворення системи рівнянь. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 2]</p>
	<p>Розділ 3. Математичні методи розв'язання систем рівнянь усталеного режиму</p>
8.	<p>Тема 3.1. Системи лінійних рівнянь усталеного режиму.</p> <p><u>Основні питання:</u> Розв'язання СЛР методами упорядкованого виключення невідомих (метод Гауса). Приклади розв'язання систем рівнянь</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p>
9.	<p>Тема 3.2. Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму.</p> <p><u>Основні питання:</u> методи факторизації (подвійна факторизація). Приклади розв'язання систем рівнянь.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p>
10.	<p>Тема 3.3. Обернення матриці коефіцієнтів системи рівнянь усталеного режиму</p> <p><u>Основні питання:</u> методи на основі упорядкованого виключення невідомих. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p>
11.	<p>Тема 3.4. Загальна характеристика ітераційних методів.</p> <p><u>Основні питання:</u> Збіжність методів. Перетворення вихідної системи рівнянь. Узагальнений алгоритм ітераційних методів.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p>
12.	<p>Тема 3.5. Методи ітерації і Зейделя.</p> <p><u>Основні питання:</u> Розв'язання систем нелінійних рівнянь усталеного режиму ітераційним методом Зейделя. Суть методу Зейделя. Алгоритм. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4]</p>
13.	<p>Тема 3.6. Методи Ньютона і Ньютона-Рафсона.</p> <p><u>Основні питання:</u> Постановка задачі. Суть методів. Виведення основних співвідношень. Загальні алгоритми методів. Приклади.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4, 5]</p>
14.	<p>Тема 3.7. Формування системи рівнянь усталеного режиму для розв'язання її методом Ньютона-Рафсона.</p> <p><u>Основні питання:</u> Рівняння усталеного режиму у формі нев'язок. Структура лінеаризованої систем рівнянь. Матриця Якобі і формули для обчислення її елементів.</p> <p>Літературні джерела: [1, 4]</p>

15.	Тема 3.8. Застосування методу Ньютона – Рафсона для розв'язання системи рівнянь усталеного режиму. <u>Основні питання:</u> Загальний алгоритм обчислень. Вхідні і вихідні дані. Приклади. <u>Літературні джерела:</u> [1, 5]
16.	Тема 3.9. Організація обчислення усталеного режиму електричної мережі методом Ньютона-Рафсона. <u>Основні питання:</u> Структура матриці Якобі, вектора поправок до невідомих, вектора нев'язок. <u>Літературні джерела:</u> [4,5]
17.	Тема 3.10. Заключні обчислення параметрів режиму електричної мережі. <u>Основні питання:</u> Обчислення струмів і потоків потужностей у ділянках електричної мережі, ін'єкцій струмів і потужностей у вузлах електричної мережі. Обчислення втрат потужності в елементах електричної мережі. Сумарні втрати потужності. Баланс потужностей. <u>Літературні джерела:</u> [2, 3]
18.	Тема 3.11. Моделювання і аналіз режимів роботи розімкнених електричних мереж. <u>Основні питання:</u> Визначення струморозподілу, потякорозподілу, вузлових напруг. <u>Приклади.</u> <u>Літературні джерела:</u> [1, 5]

Лабораторні заняття (відсутні)

Практичні заняття

№ з/п	Тема практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Формування схеми заміщення і розрахункової схеми електричної мережі. Обчислення параметрів елементів схеми заміщення. <u>Літературні джерела:</u> [5]	2
2	Обчислення власних і взаємних провідностей вузлів електричної мережі. Складання рівнянь усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей <u>Літературні джерела:</u> [5]	4
3	Матриця провідностей. Формування системи рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. <u>Літературні джерела:</u> [5]	4
4	Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Гауса. <u>Літературні джерела:</u> [5]	4
5	Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод подвійної факторизації. <u>Літературні джерела:</u> [5]	4
6	Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Зейделя. <u>Літературні джерела:</u> [5]	4
7	Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Ньютона-Рафсона. Етап 1: Підготовчі перетворення системи рівнянь. <u>Літературні джерела:</u> [5]	4
8	Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Ньютона-Рафсона. Етап 2: Реалізація	6

	<i>алгоритму метода. Літературні джерела: [5]</i>	
9	<i>Обчислення параметрів режиму роботи електричної мережі. Літературні джерела: [5]</i>	4
	ЗАГАЛОМ	36

УВАГА! Виконання і захист всіх практичних завдань є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили практичні завдання, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

УВАГА! Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по практичним завданням.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	<i>Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1, 3, 4, 6]</i>	32
2	<i>Підготовка до практичних занять Літературні джерела: [5]</i>	27
3	<i>Підготовка до МКР Літературні джерела: [4, 5]</i>	4
4	<i>Підготовка до екзамену</i>	30

Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок моделювання схем і режимів роботи електричних мереж ЕЕС.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується в два етапи після вивчення Розділів 1-2 і Розділу 3. Кожний студент отримує індивідуальні завдання, відповідно до яких необхідно розв'язати 4 задачі.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- 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: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях.

- політика дедлайнів та перескладань. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його 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 матеріалів та складанні контрольних заходів з дисципліни «Математичні задачі енергетики. Частина 1»
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: МКР, розв'язання практичних завдань.

Календарний контроль: провадиться два рази в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені всі практичні завдання, семестровий рейтинг більше 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

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

- виконання та захист практичних завдань;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Виконання та захист практичних завдань	МКР	Rc	Рекз	R
45	15	60	40	100

Виконання та захист практичних завдань

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі практичні завдання– 5 балів * 9 = 45 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне правильне виконання обчислень, оформлення результатів – 3;
- повні і правильні відповіді на запитання за темою практичного завдання – 2;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з чотирьох практичних задач.

Виконується в два етапи календарного контролю.

Ваговий бал задачі № 1 – 4 бали;

Ваговий бал задачі № 2 – 3 бали;

Ваговий бал задачі № 3 – 4 бали;
Ваговий бал задачі № 4 – 4 бали;
Максимальний бал за МКР – 15 балів.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- відсутність відповіді – 0 балів.

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

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань і однієї задачі.

Критерії оцінювання екзамену

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

Рейтинг R_c в межах $(0,3 - 0,59) * R$, тобто 30 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ 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 дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів моделювання складних динамічних систем. Відповіді непослідовні і нечіткі.

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем,
к.т.н. Хоменко О.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 26.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету I (протокол №10 від 16.06.2022р.)