



# Математичні задачі енергетики. Частина 2

## 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>Заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 годин / 4,5 кредити ECTS (4 години лекцій, 4 години практичних занять)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. доцент ХОМЕНКО Олег Володимирович, 0506561364 Практичні заняття: к.т.н. доцент ХОМЕНКО Олег Володимирович, 0506561364</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom <a href="https://classroom.google.com/c/MTU4ODYyNzI0NTA5?cjc=est6d53">https://</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Програма навчальної дисципліни «Математичні задачі енергетики» 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 - задачі моделювання і оптимізації режимів роботи ЕЕС; математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС; обмеження при оптимізації ustalених режимів ЕЕС; методи оптимізації режимів роботи енергосистем; елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики; елементи математичної статистики в задачах електроенергетики.*

*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 усталених 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 2» та подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

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

### **1. Оптимізація режимів роботи ЕЕС**

*Тема 1.1. Задачі оптимізації режимів роботи ЕЕС;*

*Тема 1.2. Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС;*

*Тема 1.3. Основні визначення*

*Тема 1.4. Обмеження при оптимізації усталених режимів ЕЕС*

*Тема 1.5. Урахування обмежень у вигляді рівнянь*

*Тема 1.6. Урахування обмежень у вигляді нерівностей*

*Тема 1.7. Методи оптимізації режимів роботи енергосистем*

*Тема 1.8. Приклад розв'язання задачі оптимізації*

*Тема 1.9. Застосування градієнтних методів для оптимізації режимів енергосистем*

*Тема 1.10. Визначення складових вектора-градієнта*

*Тема 1.11. Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом.*

### **2. Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики**

*Тема 2.1. Основні визначення теорії ймовірностей*

*Тема 2.2. Незалежні і залежні випадкові події*

*Тема 2.3. Формула Бернуллі. Локальна теорема Лапласа.*

*Тема 2.4. Випадкові величини*

*Тема 2.5. Закони розподілення ймовірностей випадкових величин.*

### **3. Елементи математичної статистики в задачах електроенергетики**

*Тема 3.1. Визначення закону розподілення ймовірностей*

*Тема 3.2. Статистичні числові характеристики.*

#### 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. Журахівський, А. В. Оптимізація режимів електроенергетичних систем : навч. посібник для вузів / А. В. Журахівський, І. В. Жежеленко ; Держ. ун-т "Львівська політехніка"; ПДТУ. КАф. електропостачання пром. підприємств .. - Львів ; Маріуполь : [б. и.], 2000. - 109 с. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/15902>
5. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О. І. Огірко, Н. В.Галайко.–Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292 с.

##### Додаткові:

6. 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>
7. 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>
8. 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)
1.	<b>Розділ 1. Оптимізація режимів роботи ЕЕС</b> <i>Задачі оптимізації режимів роботи ЕЕС. Основні задачі оптимального управління електроенергетичним системами. Пошук екстремумів функцій. Основні визначення. Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС. Математичні моделі оптимізації режимів електроенергетичних систем. Загальні положення. Постановка задачі оптимізації режиму. Цільова функція. Залежні і незалежні параметри режиму. Управляючі параметри. Приклади. Обмеження при оптимізації усталених режимів ЕЕС. Обмеження при оптимізації усталеного режиму. Загальні положення. Обмеження у вигляді рівнянь і у вигляді нерівностей. Приклади. Урахування обмежень у вигляді рівнянь. Метод Лагранжа. Приклади. Урахування обмежень у вигляді нерівностей. Метод штрафних функцій. Штрафні функції. Приклади</i>

	<p><i>Літературні джерела: [1, 5]</i></p> <p><i>Методи оптимізації режимів роботи енергосистем. Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа. Постановка задачі. Основні співвідношення. Алгоритм.</i></p> <p><i>Приклад розв'язання задачі оптимізації розподілу активних потужностей методом Лагранжа. Методи визначення відносних приростів втрат потужностей.</i></p> <p><i>Застосування градієнтних методів для оптимізації режимів енергосистем. Основні визначення градієнтних методів. Загальні положення. Градієнтний метод оптимізації режимів. Загальний алгоритм метода. Графічна інтерпретація.</i></p> <p><i>Визначення складових вектора-градієнта.</i></p> <p><i>Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [5]</i></p>
2.	<p><b>Розділ 2. Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики</b></p> <p><i>Основні визначення теорії ймовірностей. Властивості статистичної ймовірності. Незалежні і залежні випадкові події. Закони обчислення ймовірностей складних випадкових подій.</i></p> <p><i>Формула Бернуллі. Локальна теорема Лапласа.</i></p> <p><i>Випадкові величини. Числові характеристики випадкових величин: математичне очікування, дисперсія, середньоквадратичне відхилення. Момент випадкової величини.</i></p> <p><i>Закони розподілення ймовірностей випадкових величин: рівномірне розподілення, нормальне розподілення, експоненціальне розподілення.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [6]</i></p>
	<p><b>Розділ 3. Елементи математичної статистики в задачах електроенергетики</b></p> <p><i>Визначення закону розподілення ймовірностей випадкової величини на основі статистичної інформації.</i></p> <p><i>Обчислення статистичних числових характеристик випадкової величини</i></p>

**Лабораторні заняття (не передбачені)**

**Практичні заняття**

№ з/п	Тема практичного заняття	Кількість ауд. годин
1.	<p><i>Формування схеми заміщення і розрахункової схеми електричної мережі. Обчислення параметрів елементів схеми заміщення.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [5]</i></p>	1
	<p><i>Обчислення власних і взаємних провідностей вузлів електричної мережі. Складання рівнянь усталеного режиму у формі балансу струмів і балансу потужностей.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [5]</i></p>	
	<p><i>Матриця провідностей. Формування системи рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [5]</i></p>	1
2.	<p><i>Розв'язання системи лінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Гауса.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [5]</i></p>	1
	<p><i>Розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму роботи електричної мережі. Метод Зейделя.</i></p>	1

	<i>Літературні джерела: [5]</i>	
	<i>Обчислення параметрів режиму роботи електричної мережі.</i>	
	<i>Літературні джерела: [5]</i>	
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>4</b>

## 6. Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Методи оптимізації режимів роботи енергосистем. Основні питання: Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа. Постановка задачі. Основні співвідношення. Алгоритм. Літературні джерела: [5]</i>	6
2	<i>Приклад розв'язання задачі оптимізації. Основні питання: Приклад розв'язання задачі оптимізації розподілу активних потужностей методом Лагранжа. Методи визначення відносних приростів втрат потужностей. Літературні джерела: [5]</i>	6
3	<i>Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом. Основні питання: Постановка задачі, загальний алгоритм, приклади. Літературні джерела: [5]</i>	6
4	<i>Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1, 3, 4, 6]</i>	20
5	<i>Підготовка до практичних занять Літературні джерела: [5]</i>	40
6	<i>Підготовка до МКР Літературні джерела: [4, 5]</i>	13
7	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
	<b>Загалом</b>	<b>127</b>

## 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 2»
- 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 задач.

**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, виконані та захищені всі лабораторні роботи, 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 та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Виконання та захист практичних завдань	МКР	Rc	Рекз	R
48	12	60	40	100

### Виконання та захист практичних завдань

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів за всі практичні завдання – 8 балів \* 6 = 48 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне правильне виконання обчислень, оформлення результатів – 4;
- повні і правильні відповіді на запитання за темою практичного завдання – 4.

### Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з практичних задач.

*Ваговий бал задачі № 1 – 3 бали;*

*Ваговий бал задачі № 2 – 3 бали;*

*Ваговий бал задачі № 3 – 3 бали;*

*Ваговий бал задачі № 4 – 3 бали;*

*Максимальний бал за МКР – 12 балів.*

#### *Критерії оцінювання*

- правильне розв'язання завдань – 100% від кількості балів за завдання;*
- 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 питань і однієї задачі.*

#### *Критерії оцінювання екзамену*

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

*Рейтинг  $R_c$  в межах  $(0,3 - 0,59) \cdot R$ , 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 16.06.2022 р.)*