



# 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>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 годин / 4,5 кредити ECTS/(36 годин лекцій, 36 годин лабораторних занять)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a> 1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень; 1 лабораторне заняття (2 години) 1 раз на тиждень.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. доц. Хоменко Олег Володимирович, 0504438044 Лабораторні заняття: к.т.н. доц. Хоменко Олег Володимирович, 0504438044</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom <a href="https://classroom.google.com/c/MTQ1OTMyNjg3Mjk0?cjc=5geofr3">https://</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Програма навчальної дисципліни «Математичні задачі енергетики. Частина 2» 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 придатні 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. 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. І. 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. 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>

##### Додаткові:

6. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О. І. Огірко, Н. В.Галайко.–Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292 с.  
<http://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/629/1/теорія%20ймовірностей%20підручник.pdf>

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)
<b>Розділ 1. Оптимізація режимів роботи ЕЕС</b>	
1	<b>Тема 1.1.</b> Задачі оптимізації режимів роботи ЕЕС. <u>Основні питання:</u> Основні задачі оптимального управління електроенергетичним системами. Пошук екстремумів функцій. Основні визначення. Літературні джерела: [1, 5]
2.	<b>Тема 1.2.</b> Математичні моделі оптимізації режимів ЕЕС. <u>Основні питання:</u> Математичні моделі оптимізації режимів електроенергетичних систем. Загальні положення. Постановка задачі оптимізації режиму. Літературні джерела: [5]
3.	<b>Тема 1.3.</b> Основні визначення. <u>Основні питання:</u> Цільова функція. Залежні і незалежні параметри режиму. Управляючі параметри. Приклади. Літературні джерела: [ 5]
4.	<b>Тема 1.4.</b> Обмеження при оптимізації усталених режимів ЕЕС. <u>Основні питання:</u> Обмеження при оптимізації усталеного режиму. Загальні положення. Обмеження у вигляді рівнянь і у вигляді нерівностей. Приклади. Літературні джерела: [5]
5.	<b>Тема 1.5.</b> Урахування обмежень у вигляді рівнянь. <u>Основні питання:</u> Метод Лагранжа. Приклади. Літературні джерела: [5]
6.	<b>Тема 1.6.</b> Урахування обмежень у вигляді нерівностей. <u>Основні питання:</u> Метод штрафних функцій. Штрафні функції. Приклади. Літературні джерела: [5]
7.	<b>Тема 1.7.</b> Методи оптимізації режимів роботи енергосистем. <u>Основні питання:</u> Оптимальний розподіл активних потужностей електростанцій методом Лагранжа. Постановка задачі. Основні співвідношення. Алгоритм. Літературні джерела: [5]
8.	<b>Тема 1.8.</b> Приклад розв'язання задачі оптимізації. <u>Основні питання:</u> Приклад розв'язання задачі оптимізації розподілу активних потужностей методом Лагранжа. Методи визначення відносних приростів втрат потужностей. Літературні джерела: [5]
9.	<b>Тема 1.9.</b> Застосування градієнтних методів для оптимізації режимів енергосистем. <u>Основні питання:</u> Основні визначення градієнтних методів. Загальні положення. Градієнтний метод оптимізації режимів. Загальний алгоритм метода. Графічна інтерпретація. Літературні джерела: [5]
10.	<b>Тема 1.10.</b> Визначення складових вектора-градієнта. <u>Основні питання:</u> Метод чисельного диференціювання, аналітичний метод. Літературні джерела: [5]
11.	<b>Тема 1.11.</b> Оптимізація розподілу реактивних потужностей градієнтним методом. <u>Основні питання:</u> Постановка задачі, загальний алгоритм, приклади. Літературні джерела: [5]

<b>Розділ 2. Елементи теорії ймовірностей в задачах електроенергетики</b>	
12.	<b>Тема 2.1.</b> Основні визначення теорії ймовірностей. <u>Основні питання:</u> Визначення, властивості статистичної ймовірності. <u>Літературні джерела:</u> [6]
13.	<b>Тема 2.2.</b> Незалежні і залежні випадкові події. <u>Основні питання:</u> Визначення, закони обчислення ймовірностей складних випадкових подій. <u>Літературні джерела:</u> [6]
14.	<b>Тема 2.3.</b> Формула Бернуллі. Локальна теорема Лапласа. <u>Основні питання:</u> Постановка задачі, Формула Бернуллі. Локальна теорема Лапласа <u>Літературні джерела:</u> [6]
15.	<b>Тема 2.4.</b> Випадкові величини. <u>Основні питання:</u> Числові характеристики випадкових величин: математичне

	очікування, дисперсія, середньоквадратичне відхилення. Момент випадкової величини. <u>Літературні джерела:</u> [6]
16.	<b>Тема 2.5.</b> Закони розподілення ймовірностей випадкових величин. <u>Основні питання:</u> рівномірне розподілення, нормальне розподілення, експоненціальне розподілення. <u>Літературні джерела:</u> [6]
<b>Розділ 3. Елементи математичної статистики в задачах електроенергетики</b>	
17.	<b>Тема 3.1.</b> Визначення закону розподілення ймовірностей. <u>Основні питання:</u> Визначення закону розподілення ймовірностей випадкових величин на основі статистичних даних. Формування статистичного ряду. <u>Літературні джерела:</u> [6]
18.	<b>Тема 3.2.</b> Статистичні числові характеристики. <u>Основні питання:</u> Обчислення статистичних числових характеристик. Вирівнювання статистичних рядів. <u>Літературні джерела:</u> [6]

#### *Лабораторні роботи*

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кількість ауд. годин
1	Формування математичної моделі електричної мережі <u>Літературні джерела:</u> [2, 4]	8
2	Аналіз прямих методів моделювання усталених режимів роботи електричних мереж <u>Літературні джерела:</u> [4]	6
3	Аналіз ітераційних методів моделювання усталених режимів роботи електричних мереж <u>Літературні джерела:</u> [4]	8
4	Оптимізація усталених режимів роботи електричної мережі <u>Літературні джерела:</u> [5]	8
5	Аналіз статистичної інформації про режими роботи ЕЕС <u>Літературні джерела:</u> [6]	6
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>36</b>

*Практичні заняття (відсутні)*

## 6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1, 3, 4, 5, 6]	19
2	Підготовка до лабораторних робіт Літературні джерела: [2, 4, 5, 6]	10
3	Підготовка до МКР Літературні джерела: [4, 5, 6]	4
4	Підготовка до екзамену	30
	Загалом	63

### Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок оптимізації режимів роботи електричних мереж ЕЕС.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується в два етапи після вивчення Розділу 1 і Розділів 2- 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. 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, виконання і захист лабораторних робіт.

**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 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 лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР)

Виконання та захист лабораторних робіт	МКР	Rc	Рекз	R
40	20	60	40	100

### **Виконання та захист лабораторних робіт**

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи– 8 балів \* 5 = 40 балів.

Критерії оцінювання

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

### **Модульна контрольна робота**

Модульна контрольна робота складається з чотирьох практичних задач. Виконується в два етапи календарного контролю.

Ваговий бал задачі № 1 – 5 балів;

Ваговий бал задачі № 2 – 5 балів;

Ваговий бал задачі № 3 – 5 балів;

Ваговий бал задачі № 4 – 5 балів;

Максимальний бал за МКР – 20 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  $R_c \geq 0,6 \cdot R$ , 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 електричних 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 електричних 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 (протокол №10 від 16.06.2022р.)



