



# МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Енергетичний менеджмент, електропостачання та інжиніринг електротехнічних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4,0 кредити ЄКТС (лекції – 36 год., практичні заняття – 18 год., СРС – 66 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / модульна контрольна робота (МКР)</i>
Розклад занять	<i><a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор, практичні заняття: д. т. н., професор Гребченко Микола Васильович, <a href="mailto:grebchenko.mykola@iit.kpi.ua">grebchenko.mykola@iit.kpi.ua</a>; +38(095)58-19-444 (Telegram) - у робочі години. Консультації: щовівторка, 16:00-17:00</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/NjIwNTA5NzE5MzM2?cjc=n5iy3o3">https://classroom.google.com/c/NjIwNTA5NzE5MzM2?cjc=n5iy3o3</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна є обов'язковою у професійній підготовці магістрів й спрямована на формування здатності аналізувати стан систем і процеси в електроенергетичних системах і мережах, оцінювати параметри електроенергетичного обладнання і умови регулювання параметрів систем і режимів з використанням методів оптимізації для забезпечення надійного електропостачання якісною електричною енергією, а також на опанування умінь вибору методів оптимізації схем та режимів електроенергетичних систем.

**Метою** опанування дисципліни є надання здобувачам, що проходять підготовку за другим магістерським рівнем вищої освіти, достатній обсяг теоретичних знань та практичних вмінь та навичок розуміння стратегії і методів оптимального керування системами забезпечення електричною енергією і процесами в них в усталених та динамічно змінюваних режимах, а також формування спроможності практичного розв'язання актуальних проблем електроенергетики.

**Предметом** навчальної дисципліни є закономірності і основи функціонування систем розподілу електричної енергії та принципи ефективного керування цими системами.

**Програмні результати навчання:**

**Загальні компетентності:** ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу  
ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел  
ЗК6. Здатність приймати обґрунтовані рішення  
ЗК8. Здатність виявляти та оцінювати ризики  
ЗК10. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням  
ФК1. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК4. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

**Програмні результати навчання:** ПРН1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем. ПРН6. Аналізувати процеси в існуючих електричних мережах, електротехнічних і електромеханічних комплексів та систем з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та оптимізації режимів роботи. ПРН7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах у сфері інтелектуальних мереж та систем. ПРН25. Оптимізувати існуючі гібридні системи енергозабезпечення з використанням нових систем силової електроніки та ІТ-інструментів, здійснювати діяльність, спрямовану на підвищення рівня енергоефективності та надійності функціонування електроенергетичних систем та електротехнологічних установок в умовах енергетичного переходу. ПРН26. Реконструювати існуючі електричні мережі, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з використанням технологій Smart та автоматичного керування різними об'єктами на основі теорії нечіткої логіки та з використанням теорії штучних нейронних мереж. ПРН28. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері розвитку інтелектуальних систем та мікромереж, віртуальних електричних станцій та активних споживачів.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною та практичною базою дисциплін з електротехніки, енергетики. Компетентності та програмні результати навчання, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для вивчення дисциплін циклу професійної підготовки та подальшого якісного виконання магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Математичні методи оптимізації в енергетиці**

#### **Розділ 1. Математичне моделювання режимів та лінійне програмування**

1. Розвиток електроенергетичних систем та їх оптимізація
2. Математичне моделювання режимів роботи електричних систем
3. Основи лінійного математичного програмування.
4. Лінійне програмування: метод штучного базису та двоїста задача лінійного програмування.
5. Транспортна задача.
6. Оптимізація конфігурації електричної мережі.
7. Цілочислове лінійне програмування

8. Метод швидкого спуску для системи лінійних рівнянь
9. Багатокритеріальна оптимізація. Метод неозначених множників Лагранжа

## **Розділ 2. Нелінійне та динамічне програмування**

10. Нелінійне програмування. Опукле програмування. Лінеаризація опуклого програмування
11. Чисельні методи розв'язування задач нелінійного програмування
12. Оптимальний розподіл реактивної потужності в радіальній мережі.
13. Квадратичне програмування. Задачі нелінійного програмування електроенергетичних систем. Метод послідовної лінійної апроксимації
14. Градієнтні методи. Метод послідовної лінійної апроксимації. Метод Ньютона.
15. Метод якнайшвидшого спуску
16. Методи штрафних функцій.
17. Методи прямого розв'язування нелінійних задач.
18. Метод динамічного програмування.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Гребченко М.В. Системи електропостачання з локальними джерелами енергії та керування ними. Навчальний посібник/ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 98 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63396>
2. Терешкевич, Л. Б. Оптимізація режимів електроспоживання : навчальний посібник / Л. Б. Терешкевич. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 112 с.
3. Яровий А. А., Ваховська Л. М., Крилик Л. В. Математичні методи дослідження операцій. Лінійне програмування. Частина 1 : навчальний посібник /– Вінниця : ВНТУ, 2020. – 86 с.
4. Сегеда М.С., Олійник М.Й., ЛисякВ.Г. Режими систем пересилання та споживання електричної енергії. - Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 304 с.
5. Баженов В. А. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Навчальний посібник./ КПІ ім. Ігоря Сікорського ; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 38 с.

### **Додаткова література**

(факультативно / ознайомлення)

6. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. Підручник. Львів. Вища школа.1989.-455 с.
7. Бурбело М.Й. Математичні задачі електроенергетики. Математичне моделювання електропостачальних систем: навчальний посібник. Вінниця. ВНТУ, 2016.- 185 с.
8. Іноземцев Г.Б., Козирський В.В. Оптимізаційні задачі в енергетиці сільського господарства: Навч. посібник / К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. – 172 с.
9. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи. Підручник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2015. – 540 с.
10. Омельчук А.О. Зниження технологічних витрат електроенергії в трансформаторних підстанціях. Навч. посібник. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2015. – 173 с.
11. С.Є. Саух, А.В. Борисенко Математичне моделювання електроенергетичних систем в ринкових умовах / Київ, 2020 К.: «Три К», 2020. — 340 с.
12. Милосердов В.О., Терешкевич Л.Б. Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики. Вінниця, ВНТУ. – 2004. – 122с.
13. Терешкевич Л.Б. Оптимізація режимів електроспоживання. Навч. посібн. Вінниця, ВНТУ. – 2020. – 112 с.
14. 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>
15. Бінкевич Т.В. Підвищення пропускної здатності повітряних ліній електропересилання та застосування проводів нових марок. 2012. Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua>
16. Бартіш М. Я., Дудзяний І. М. Дослідження операцій. Частина 1. Лінійні моделі: Підручник. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. - 168 с.
17. Білогурова Г.В., Самойленко М.і. Конспект лекцій. Математичне програмування. Харків. ХНАМГ. 2009.- 72 с.

## Інформаційні ресурси

НЕК Укренерго <https://ua.energy/>  
Certified Energy Manager [Electron. resource] / USA. – Access link:  
<https://www.aeecenter.org/certifications/certifications/certified-energy-manager>  
EMAS and EnErgy Management - European Commission [Electron. resource] / EC. – Access link: <https://ec.europa.eu>  
Енергетичний аудит та менеджмент [Електрон. ресурс] / Держенергоефективності України. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/business/energetichny-audit-ta-manadzment>  
Публікації ПРООН в Україні [Електрон. ресурс] / ПРООН в Україні. – Режим доступу:  
<https://issuu.com/undprukraine>  
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukriee.org.ua/>

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 36 годин лекцій та 18 годин практичних занять, а також виконання модульної контрольної роботи (МКР), яка складається з двох частин (за темами) тривалістю 1 акад. год. кожна.

Практичні заняття з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь і досвіду оперувати сучасними поняттями в галузі математичного програмування в енергетиці, застосування методів оптимізації на прикладах. Виходячи з розподілу часу на вивчення дисципліни, рекомендується дев'ять практичних занять (з врахуванням часу на МКР).

### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
<b>Розділ 1. Математичне моделювання режимів та лінійне програмування</b>	
1	<b>Тема 1. Розвиток електроенергетичних систем та їх оптимізація.</b> Вступ. Структура курсу. Основні поняття та визначення. Завдання та цілі курсу. Взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Електроенергетичні системи. Призначення, класифікація, режими роботи. Централізовані і розосереджені системи. Літературні джерела: [1-5]
2	<b>Тема 2. Математичне моделювання режимів роботи електричних систем.</b> Мета та цілі моделювання. Припущення при моделюванні. Завдання навантажень. Приклад формування матриць зв'язків. Створення рівняння стану електричної системи. Приклад визначення параметрів режиму Літературні джерела: [1,5]
3	<b>Тема 3. Основи лінійного математичного програмування.</b> Визначення лінійного програмування. Графічна інтерпретація задачі лінійного

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	програмування. Симплексний метод Літературні джерела: [1-5]
4	<b>Тема 4. Лінійне програмування.</b> Алгоритм симплекс методу. Метод штучного базису. Двоїста задача лінійного програмування. Літературні джерела: [1-5]
5	<b>Тема 5. Транспортна задача. Оптимізація конфігурації електричної мережі</b> Формулювання транспортної задачі. Транспортна задача у системі електропостачання. Початковий базис за алгоритмом мінімальної питомої вартості. Оптимальний розв'язок за методом потенціалів. Приклад розв'язку транспортної задачі Літературні джерела: [2,4,5]
6	<b>Тема 6. Оптимізація конфігурації електричної мережі.</b> Моделі оптимізації структури мережі електропостачання. Визначення дисконтованих витрат для електричної мережі. Оптимізація електричної мережі 110 кВ Літературні джерела: [2,5]
7	<b>Тема 7. Цілочислове лінійне програмування.</b> Постановка задачі цілочислового програмування. Графічна інтерпретація задачі цілочислового програмування. Задачі цілочислового програмування. Алгоритм реалізації метода Гоморі Літературні джерела: [2,4,5]
8	<b>Тема 8. Метод швидкого спуску для системи лінійних рівнянь. Багатокритеріальні задачі лінійного програмування.</b> Метод швидкого спуску для системи лінійних рівнянь. Розрахунки оптимальних режимів електричних мереж. Найвигідніший розподіл навантажень в енергосистемі. Ієрархічні принципи побудови та управління енергетикою. Багатокритеріальні задачі лінійного програмування Літературні джерела: [2,4,5]
9	<b>Тема 9. Багатокритеріальна оптимізація. Метод неозначених множників Лагранжа.</b> Багатокритеріальна оптимізація. Оптимальність за Парето. Множина Парето для двох функцій. Метод Лагранжа Літературні джерела: [2-5]
<b>Розділ2. Нелінійне та динамічне програмування</b>	
10	<b>Тема 10. Нелінійне програмування.</b> Постановка задачі нелінійного програмування. Види цільової функції. Вгнута та опукла функції. Градієнт функції, антиградієнт і Гессіан. Лінеаризація опуклого програмування Літературні джерела: [2,4,5]
11	<b>Тема 11. Чисельні методи розв'язування задач нелінійного програмування</b> Методи перебору. Метод загального перебору. Метод спрямованого перебору. Методи покоординатної оптимізації. Методи випадкового пошуку Літературні джерела: [2,5]
12	<b>Тема 12. Оптимальний розподіл реактивної потужності в радіальній</b>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<b>мережі.</b> Розподіл реактивних навантажень в електричних мережах. Регулювання напруги та реактивної потужності. Критерії регулювання реактивної потужності. Оптимальний розподіл реактивних навантажень в електричних мережах. Літературні джерела: [1-5]
13	<b>Тема 13. Квадратичне програмування.</b> Квадратичне програмування Задачі нелінійного програмування електроенергетичних систем. Метод послідовної лінійної апроксимації Літературні джерела: [2,5]
14	<b>Тема 14. Градієнтні методи.</b> Загальна оцінка градієнтних методів. Траєкторія руху у разі пошуку мінімуму функції. Метод Ньютона. Літературні джерела: [2, 4, 5]
15	<b>Тема 15. Метод якнайшвидшого спуску.</b> Основні співвідношення методу якнайшвидшого спуску. Метод якнайшвидшого (покоординатного) спуску. Алгоритм реалізації методу якнайшвидшого спуску Літературні джерела: [2,4,5]
16	<b>Тема 16. Методи штрафних функцій.</b> Ідея методу штрафних функцій. Методи штрафних функцій. Метод зовнішніх штрафів. Метод внутрішніх штрафів. Приклад розв'язання задачі квадратичного програмування методом штрафних функцій. Літературні джерела: [2,5]
17	<b>Тема 17. Методи прямого розв'язування нелінійних задач.</b> Методи прямого розв'язування нелінійних задач. Симплексний метод Нелдера-Міда. Метод обертових координатних осей (метод Розенброка). Метод паралельних дотичних Пауелла. Літературні джерела: [2,5]
18	<b>Тема 18. Метод динамічного програмування.</b> Метод динамічного програмування . Приклад. Визначення градієнтним методом оптимального значення реактивної потужності Літературні джерела: [2,5]

### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<b>Тема 1. Оцінка залежності параметрів елементів електричної мережі від технічних характеристик для оптимізації режиму мережі</b> Літературні джерела: [1,2,5]
2	<b>Тема 2. Дослідження алгоритму визначення мінімуму втрат електроенергії на математичній моделі електричної мережі</b> Літературні джерела: [1,2,5]

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
3	<b>Тема 3. Симплекс-метод</b> Літературні джерела: [2,5]
4	<b>Тема 4. Розв'язання транспортної задачі</b> <b>Модульна контрольна робота</b> Літературні джерела: [2,5]
5	<b>Тема 5. Оптимізація конфігурації електричної мережі</b> Літературні джерела: [2,5]
6	<b>Тема 6. Оптимальний розподіл реактивної потужності в радіальній мережі</b> Літературні джерела: [2,3,5]
7	<b>Тема 7. Метод послідовної лінійної апроксимації</b> Літературні джерела: [2,5]
8	<b>Тема 8. Градієнтні методи.</b> Літературні джерела: [2,4,5]
9	<b>Тема 9. Метод динамічного програмування.</b> <b>Модульна контрольна робота</b> Літературні джерела: [2,5]

## 6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	32
2	Підготовка до МКР	4
3	Підготовка до екзамену	30

## 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.

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom, Google Classroom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Математичні методи оптимізації в енергетиці» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; практикум; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; перелік питань до екзаменаційної контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. 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 призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% від максимальної кількості балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів. Заохочувальні бали нараховують за участь у наукових конференціях, студентських конкурсах та олімпіадах, за написання статті та її публікацію. За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 8 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 5 балів. Штрафні бали не нараховуються.*
- *політика дедлайнів та перескладань: кожен студент зобов'язаний дотримуватися термінів виконання завдань у межах розкладу проведення аудиторних занять з дисципліни. Обов'язковим контрольним заходом оцінювання для допуску до екзамену є написання МКР. Студент, що з поважної причини (лікарняний, академічна мобільність тощо) не написав МКР, має право зробити це під час регулярних консультацій викладача згідно розкладу. Порядок перескладання семестрового контролю визначається загальними правилами університету<sup>1</sup>.*
- *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, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Математичні методи оптимізації в енергетиці». Викладачі та студенти, що вивчають дану дисципліну, зобов'язані дотримуватися положень прийнятого в університеті Кодексу честі<sup>2</sup>;*
- *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.*

**Інклюзивне навчання.** Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

**Навчання іноземною мовою.** У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англomовних джерел.

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

**Поточний контроль:** МКР, виконання завдань до практичних занять.

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

1. Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

<sup>1</sup> Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (Додаток 1 до наказу № 7-137 від 0.08.2020 р.). URL: [https://kpi.ua/document\\_control](https://kpi.ua/document_control)

<sup>2</sup> Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». URL: <https://kpi.ua/code>



- виконання завдань до практичних занять (5х9=45 балів);
- написання МКР (15 балів).
- екзамен (40 балів)

## 2. Критерії нарахування балів:

2.1 Виконання завдань до практичних занять: ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів за виконання завдань до практичних занять – 5 бали \* 9 завдань = 45 балів.

На практичних заняттях студенти разом із викладачем розв'язують завдання за тематикою практичного заняття. Після практичного заняття студенти отримують практичне завдання, яке необхідно вирішити та надати на перевірку викладачу до початку наступного заняття (зазвичай це 2 тижні, однак іноді цей час може бути змінений викладачем у деяких конкретних випадках).

Критерії оцінювання:

- практичне завдання вирішено вірно – 4,5 - 5 балів;
- практичне завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 3-4 бали;
- практичне завдання вирішено із значними помилками – повертається на доопрацювання.

2.2 Написання модульної контрольної роботи (або дві частини однієї роботи): ваговий бал за одну частину МКР – 7 та за другу частину МКР – 8. Максимальний бал за дві МКР складає 15 балів.

Протягом семестру проводиться одна модульна контрольна робота, яка поділяється на дві одноденні контрольні роботи, для кожної з яких встановлюються такі критерії оцінювання:

- повна відповідь на теоретичні питання, задачі вирішені правильно – 7-8 балів;
- відповідь на теоретичні питання з незначними недоліками, незначні помилки у вирішенні задач – 5,5-6 балів;
- відповідь на теоретичні питання з суттєвими недоліками, значні помилки у вирішенні задач – 4,5-5 балів;
- незадовільна відповідь на теоретичні питання, невірне вирішення задач – 0 балів.

З метою надання студентам можливості виправити отримані за модульну контрольну роботу бали (за власним бажанням студента), наприкінці семеструзначається один день, у який проводиться перездача робіт.

3. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

4. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані 9 практичних завдань та МКР.

Екзаменаційна контрольна робота оцінюється у 40 балів. Кожне завдання містить два теоретичних запитання й одне практичне завдання.

Перелік запитань, що наданий у додатку до силабусу, надається викладачем і викладено на інформаційних ресурсах (Кампус, Google Classroom). Кожне теоретичне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів, а практичне – у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90 % потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – відповідно 9–10 балів за теоретичне запитання та 18–20 балів за практичне завдання;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75 % потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – відповідно 7–8 балів за теоретичне запитання та 16–17 балів за практичне завдання;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60 % потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – відповідно 5-6 балів за теоретичне запитання та 14–15 балів за практичне завдання;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Сума стартових балів та балів за екзамен переводиться до кінцевої оцінки згідно з таблицею:

Метод оцінювання	Кількість	Мінімальна оцінка в балах	Максимальна оцінка в балах
Виконання завдань до практичних занять	5	27	45
МКР	2	9	15
Стартовий рейтинг		36	60
Екзамен	1	24	40
Підсумковий рейтинг		60	100

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

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль:

Тема 1. Розвиток електроенергетичних систем та їх оптимізація

Тема 2. Математичне моделювання режимів роботи електричних систем

Тема 3. Основи лінійного математичного програмування.

Тема 4. Лінійне програмування: метод штучного базису та двоїста задача лінійного програмування.

Тема 5. Транспортна задача.

Тема 6. Оптимізація конфігурації електричної мережі.

Тема 7. Цілочислове лінійне програмування

Тема 8. Метод швидкого спуску для системи лінійних рівнянь

Тема 9. Метод неозначених множників Лагранжа

Тема 10. Нелінійне програмування. Опукле програмування. Лінеаризація опуклого програмування

Тема 11. Чисельні методи розв'язування задач нелінійного програмування

Тема 12. Оптимальний розподіл реактивної потужності в радіальній мережі.

Тема 13. Квадратичне програмування. Задачі нелінійного програмування електроенергетичних систем. Метод послідовної лінійної апроксимації

Тема 14. Градієнтні методи. Метод послідовної лінійної апроксимації. Метод Ньютона.

Тема 15. Метод якнайшвидшого спуску

Тема 16. Методи штрафних функцій.

Тема 17. Методи прямого розв'язування нелінійних задач.

Тема 18. Метод динамічного програмування.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Для самостійного вивчення пропонуються відносно прості запитання, які носять у більшості випадків описовий характер, призначені для розширення кругозору студентів та повторення матеріалів, які вивчались у інших дисциплінах, та мають безпосереднє відношення до дисципліни.

Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та практичні заняття, а також елементи роботи в командах та групових дискусій. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як кейс-технологія і проектна технологія; візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Комунікація з викладачем будується за допомогою використання інформаційної системи «Електронний кампус», платформи дистанційного навчання «Сікорський» на базі G Suite for Education, а також такими інструментами комунікації, як електронна пошта і Telegram. Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань.

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

##### **Складено:**

Професор кафедри електропостачання, докт. техн. наук, професор,  
Гребченко Микола Васильович

Ухвалено кафедрою електропостачання (протокол № 21 від 7 червня 2023 р.).

Погоджено Методичною радою інституту (протокол № 9 від 22 червня 2023 р.)