



Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Емблема  
кафедри(за  
наявності)

Назва кафедри, що  
забезпечує викладання

# "МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСИСТЕМ"

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізитивна навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Другий (магістерський) ОПП*

Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	«Управління, захист та автоматизація енергосистем»
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	6 кредитів ЄКТС, 180 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит/МКР/РГР
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Баженов Володимир Андрійович, канд. техн. наук, доцент 044 -204-48-18, <a href="mailto:v_bazenov@ukr.net">v_bazenov@ukr.net</a>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NjE5OTkwMzc3NDgy?cjc=ycdkoje">https://classroom.google.com/c/NjE5OTkwMzc3NDgy?cjc=ycdkoje</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" освітньої програми "Управління, захист та автоматизація енергосистем".

Метою дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" є придбання знань в області теорії великих систем, системного аналізу, економіко-математичних моделей і ознайомлення з основами застосування математичних методів для рішення задач оптимізації розвитку електроенергетичних систем. Основна увага присвячена питанням оптимізації структури генеруючих потужностей, оптимізації розвитку електростанцій і оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.

Предмет навчальної дисципліни ґрунтується на прищепленні знань у студентів з проектування технічних об'єктів, виконання техніко-економічних обґрунтувань інженерних рішень; застосуванні сучасних методів проектування електричних мереж різних класів номінальних напруг, що об'єднують такі об'єкти на паралельну роботу; проведенню досліджень і аналізу отриманих результатів; ефективному використуванню сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-

інтегровані технологій; виконанні проектно-конструкторської документації згідно з нормативними вимогами.

Аналіз ситуацій, які виникають при аналізі режимів роботи сучасних замкнених електричних мереж надвисоких напруг, завжди пов'язаний з рішенням систем алгебраїчних рівнянь високої розмірності, що характеризується значним ступенем нелінійності. Ці негативні фактори вимагають залучення суперсучасних математичних методів рішення нелінійних систем режимних рівнянь великої розмірності. Таким чином, вся сукупність реально діючих у енергетичних системах режимних факторів вимагають від бакалаврів глибоких знань математичного аналізу, теоретичної фізики електромагнітних процесів, уміння роботи на сучасних комп'ютерах та знання основ програмування рішень великого комплексу електротехнічних задач.

Для об'єктів діяльності, представлених електричними частинами станцій та підстанцій, розподільчими пристроями та електричними мережами різних рівнів ієрархії напруг, система компетенції студентів після вивчення дисципліни повинна спиратися на базові знання основ електротехніки у процесі виробництва, передачі, розподілу та споживанню електроенергії; здатність використання найбільш ефективних методів електротехніки для розрахунків режимів роботи технологічного обладнання електричних мереж, станцій та підстанцій; базові знання електричної частини електростанцій та підстанцій, знання конструкцій, основних характеристик, принципів дії та режимів роботи електроустаткування електростанцій та підстанцій, володіти базовими знаннями про елементи конструкцій електротехнічного обладнання, особливості режимів роботи електричних мереж та систем різних класів номінальних напруг, якість електроенергії та методах її забезпечення, технічні та електрофізичні основи техніки високих напруг, принципи оперативного управління режимами електроенергетичних систем; ефективну діяльність з метою підвищеного ефективного використання, технічного обслуговування та ремонту електроустаткування електричних станцій, підстанцій, мереж та систем.

Предмет навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" зорієнтований на закріплення у студентів уявлень про процеси в електричних мережах і системах та способи розрахунку і умови оптимального управління режимами електричних мереж і систем. Основні завдання навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" подаються через систему знань, умінь і певного досвіду наведених у розділі І даної навчальної програми.

#### **Компетенції:**

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК09. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електро-енергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК12. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електро-енергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів

#### Програмні результати навчання

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні

ПРН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних системах.

ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПРН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

ПРН26. Знати та розуміти підходи до розв'язання задач визначення напрямків оптимального розвитку електричних систем із застосуванням методів лінійного, нелінійного та дискретного програмування

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

Дисципліна відповідно до структурно-логічної схеми освітньо професійної програми підготовки магістра базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні освітніх компонентів «Електричні мережі і системи» та «Електричні мережі і системи. Курсовий проєкт».

Знання, отримані під час вивчення дисципліни, будуть корисними під час написання магістерської атестаційної роботи.

Технологічне спрямування даної дисципліни ґрунтується на реалізації вимог до підготовки кадрів, націлених на рішення основних передпроектних, економічних, технологічних, експлуатаційних і конструкторських задач, що виникають при проектуванні і експлуатації електричних мереж і систем різноманітних класів номінальної напруги.

### **2. Зміст навчальної дисципліни**

*Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСИСТЕМ.*

*Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування.*

*Роль методів оптимального планування і проектування в задачах розвитку економіки країни. Електроенергетичні системи (ЕЕС). Особливості енергосистем. Розвиток енергетики країн колишнього СРСР. Електроенергетика України. Структура енергосистем. Основні відомості про виробництво, розподіл і споживання електроенергії в енергосистемах України.*

*Характеристика паливно-енергетичного комплексу країни. Принципи формування єдиної енергетичної системи України. Ієрархічна структура електроенергетики країни. Характеристика задач оптимізації розвитку ЕЕС.*

*Тенденції розвитку енергетики. Організація керування розвитком електроенергетичних систем України. Особливості розвитку енергосистем: прогнозування навантажень і електроспоживання ЕЕС і енерговузлів, оптимізації розміщення і вибору потужностей електростанцій і оптимізації схем розвитку електричних мереж.*

*Тема 1.2. Системний підхід.*

*Загальні поняття про системний підхід і великі системи. Загальний критерій оптимальності розвитку економіки держави. Основні принципи системного підходу. Велика система і її найбільш істотні сторони і властивості.*

*Ієрархія і відносна відособленість систем. Передумови використання ієрархічної побудови систем. Великі розміри системи, Різномасштабність параметрів і похибок інформації. Принцип рівноточності. Територіальна і функціональна ієрархія систем. "Горизонтальні" і "вертикальні", прямі і зворотні зв'язки. Формальні умови допустимості відособленої оптимізації системи.*

*Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем.*

*Критерій економічності. Постановка задачі порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень. Урахування обмеженості капіталовкладень. Прогнози умов тотожності ефекту і вибір розрахункових термінів. Узгодженість умов функцій локальної системи й економіки країни. Урахування чинника часу. Економічний критерій статичної системи. Об'єктивно обумовлені оцінки. Економічний критерій для динамічної системи на основі нормативних коефіцієнтів. Урахування чинника часу за допомогою нормативу  $E_n$ . Урахування чинника часу за допомогою нормативного коефіцієнта приведення  $E_{np}$ . Економічний критерій на основі двухресурсної функції національного доходу. Формули приведених витрат для статичної і динамічної системи.*

*Урахування багатокритеріальності розвитку системи. Приватні критерії як виразники окремих властивостей загального критерію оптимальності. Оптимальні плани для сукупності приватних критеріїв. Засоби рішення задачі оптимізації при наявності множини суперечливих приватних критеріїв.*

*Критерій надійності. Особлива роль критеріїв усталеності, режимної керованості і живучості при проектуванні складних енергосистем. Якісні і кількісні характеристики критеріїв надійності. Нормування надійності. Критерії якості електроенергії й охоронинавколишнього середовища. Урахування критерію якості електроенергії при проектуванні енергосистем.*

*Тема 1.4. Математичні моделі для оптимізації розвитку електроенергетичних систем.*

*Математична модель системи. Оптимізаційні, оцінні й оптимізаційно-оцінні моделі. Властивості моделей різноманітних типів. Припустимі й оптимальні плани*

*Тема 1.5. Моделі прогнозування навантажень і електроспоживання.*

*Прогнозування вихідної інформації в задачах оптимального розвитку електроенергетичних систем. Методи прогнозування: екстраполяційні, експертні і*

економетричні. Їхня характеристика, застосовуваний математичний апарат. Прогнозування електричних навантажень, електроспоживання в енергосистемах. Прогнозування в системах з ієрархічною структурою. Визначення довірчих інтервалів прогнозних показників. Розрахункові терміни оптимізації. Моделі довгострокового, середньострокового і короткострокового планування (прогнозування). Адаптивний підхід.

## **Розділ 2. МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ І ВИБОРУ ГЕНЕРУЮЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕНЕРГОСИСТЕМ.**

### **Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем.**

Характеристика задач оптимізації структури енергосистеми. Паливно-енергетичний баланс економічного району. Розміщення виробництва. Принципи формування єдиної електроенергетичної системи країни. Оптимізація структури енергосистем. Співвідношення між потужностями КЕС, ГЕС, ТЕЦ і АЕС в енергосистемах. Доцільні встановлені потужності електростанцій і одиничні потужності блоків. Задача оптимізації розміщення і вибору потужності електростанцій в енергосистемі. Її місце в проблемі оптимізації структури енергосистем. Ієрархія задач визначення структури. Вимоги до моделей оптимізації потужностей, що генерують. Стисла характеристика існуючих моделей і методів.

### **Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей**

Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис функції приведених витрат, формування цільової функції й обмежень лінійної моделі. Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Основні поняття і визначення лінійного програмування. Геометрична інтерпретація задачі лінійного програмування. Характеристика симплекс-методу рішення задачі лінійного програмування. Основні етапи рішення - вивідшування опорного й оптимального планів. Гідності і хиби лінійної моделі оптимізації структури потужностей, що генерують. Особливості упорядкування лінійної моделі оптимізації структури потужностей, що генерують, при динамічній постановці задачі.

### **Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей.**

Застосування динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей. Поняття про метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана і рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис обмежень. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей.

### **Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей.**

Оптимізація розміщення і вибору генеруючих потужностей. Місце задачі оптимізації розміщення і проблема розвитку паливно-енергетичного комплексу (ПЕК). Вимоги до моделей оптимізації генеруючих потужностей.

Застосування динамічного програмування для оптимізації розміщення вибору генеруючих потужностей теплових і атомних електростанцій. Рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації генеруючих потужностей. Запис обмежень. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби методу динамічного програмування для оптимізації розміщення і вибору потужностей станцій системи.

## **Розділ 3. МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕНЕРГОСИСТЕМ**

*Тема 3.1. Постановка та основні особливості задачі оптимізації розвитку електричних мереж.*

*Місце задачі планування оптимального розвитку електричних мереж в загальній задачі оптимізації ЕЕС. Щаблі напруги і параметри ліній. Метод підоптимізації і поетапний метод. Загальна характеристика методів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Урахування динаміки розвитку електричних мереж при оптимізації. Основні етапи проектування електричних мереж. Урахування надійності мережі при економічній оптимізації.*

*Тема 3.2. Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі.*

*Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі. Скорочення розмірності задачі і зменшення різномірності перемінних. Економічні інтервали потужності й оптимальні приведені витрати ліній електропередачі і трансформаторів. Побудова функцій оптимальних витрат для трьохобмоткових трансформаторів і автотрансформаторів. Засоби апроксимації функції приведених витрат. Упорядкування перехідної розрахункової схеми електричної мережі.*

*Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.*

*Метод упорядкованого винятку гілок. Алгоритм методу. Основні модифікації методу упорядкованого винятку гілок.*

*Математичний метод покоординатної оптимізації. Його модифікації, особливості. Метод поконтурної оптимізації. Упорядкування моделі електричної мережі. Алгоритм методу. Критерій закінчення процесу оптимізації. Поконтурна оптимізація динамічного графа.*

*Основи застосування динамічного програмування для оптимізації розвитку мереж енергосистем. Запис цільової функції. Рекуррентні співвідношення для пошуку оптимізаційного рішення. Блок-схема алгоритму методу.*

*Комбінаторний метод гілок і меж. Внутрішні і зовнішні оцінки. Застосування методу для рішення задачі оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Алгоритм методу.*

*Основні гідності і хиби різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі.*

*Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.*

*Загальна характеристика застосовуваних методів лінійного програмування. Приведення задачі оптимізації розвитку електричних мереж до задачі лінійного програмування. Метод найменших квадратів. Область застосування аналізованої групи методів.*

*Застосування методу для визначення оптимальної конфігурації електричних мереж. Транспортна задача. Упорядкування транспортної матриці. Алгоритм рішення транспортної задачі. Транспортна задача з проміжними перевезеннями. Метод економічних потенціалів. Алгоритм методу.*

### **3. Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси:

- 1. Баженов В.А. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Метод. вказівки до вивчення дисципліни для студентів спец. 7.090602 «Електричні системи та мережі», 7.090615 «Системи управління виробництвом та розподілом електроенергії» усіх форм навчання К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 40 с.*
- 2. Баженов В.А. Паненко О.М., Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку*

енергосистем : Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 78 с.  
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53664/1/MORE.pdf>

3. Баженов В.А. Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем Оптимізація структури генерувальних потужностей. Навчальний посібник. Практикум: Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 22 с. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53666/1/MORE\\_OS.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53666/1/MORE_OS.pdf)

4. Баженов В.А. Паненко О.М., Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни “Моделі оптимального розвитку енергосистем” для студентів всіх форм навчання та студентів іноземців спеціальності “Електричні системи та мережі”. К.: НТУУ “КПІ” (електронне видання), 2012. – 77 с.

5. Баженов В.А., Гижя В.А. Янковська О.М. Методи оптимізації режимів енергосистем: Метод. вказівки до викон. курсової роботи для студентів усіх форм навчання та студ.-іноземців спец. «Електричні системи і мережі». К.: НТУУ “КПІ” (електронне видання), 2013. – 28 с.

6. Баженов В.А. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних сучасних енергосистем. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 2, с.93-97.

7. Баженов В.А. Використання методу гілок і границь для оптимізації розвитку електричних мереж сучасних енергосистем. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 6 (158), с.71-78.

#### Додаткові:

8. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-кваліфікаційна характеристика. Бакалавр. Галузь знань 0507 «Електротехніка та електромеханіка». Напрям підготовки 6.050701 Електротехніка та електротехнології / Баженов В.А., Бардик Є. І., Безбереж'єв Ю.В. та інші Затверджений наказом Міністерства освіти та науки України № 1308 від 12 листопада 2014.-47с.

9. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Оптимізація структури генеруючих потужностей електроенергетичних систем. [Електронний ресурс] для студ. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. А. Баженов. – Електронні текстові дані (1 файл: 384 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 26 с.

<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48207/1/Modeli.pdf>

10. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Навчальний посібник. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної та освітньо-наукової програм магістерської, освітньо-наукової програми бакалаврської підготовки «Електричні системи та мережі» / В. А. Баженов; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: 993 кбайт).– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48161/1/Modeli\\_optymalnoho\\_rozvytku\\_enerhosyste\\_m.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48161/1/Modeli_optymalnoho_rozvytku_enerhosyste_m.pdf)

11. Автоматизовані системи керування та оптимізація режимів енергосистем [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів усіх форм навчання та студентів-іноземців спеціальності «Електричні системи і мережі» / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. А. Баженов, В. О. Гижя, О. М. Янковська. - Електронні текстові дані (1 файл: 1,1 Мбайт). - Київ : НТУУ «КПІ», 2009. - Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/159>

12. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Навчальний посібник. [Електронний ресурс] для студ. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. А. Баженов. – Електронні текстові дані (1 файл: 462 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 38 с. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48160/1/Modeli\\_optimalnoho\\_rozvytku\\_enerhosystem.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48160/1/Modeli_optimalnoho_rozvytku_enerhosystem.pdf)

#### Навчальний контент

#### 4. 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	<p><b>Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування.</b> Роль методів оптимального планування і проектування в задачах розвитку економіки країни. Електроенергетичні системи Електроенергетика України. Структура енергосистем. Література [1], с. 7 - 12, [2], с. 7-14, [7], с. 4-7.</p> <p><b>Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем</b> Критерій економічності. Постановка задачі порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень. Література [2], с. 62- 103, [3], с. 13- 15.</p>
2	<p><b>Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем.</b> Характеристика задач оптимізації структури енергосистеми. Паливно-енергетичний баланс економічного району. Розміщення виробництва. Задача оптимізації розміщення і вибору потужності електростанцій в енергосистемі. Її місце в проблемі оптимізації структури енергосистем Література [2], с. 118- 143.</p> <p><b>Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей</b> Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Лінійні моделі оптимізації структури потужностей. Література [3], с. 18- 40, [2], с. 126- 136.</p>
3	<p><b>Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей</b> Характеристика симплекс-методу рішення задачі лінійного програмування. Основні етапи рішення - вишукування опорного й оптимального планів Література [3], с. 18- 40, [2], с. 126- 136.</p>
4	<p><b>Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації розвитку генеруючих потужностей.</b> Застосування динамічного програмування для оптимізації структури потужностей. Поняття про метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана і рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації генеруючих потужностей. Запис обмежень. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури потужностей. Література [2], с.136 -143, [3], с. 40-45.</p>



5	<p><b>Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей</b>  Оптимізація розміщення і вибору потужностей. Місце задачі оптимізації розміщення і проблема розвитку паливно-енергетичного комплексу(ПЕК). Застосування динамічного програмування для оптимізації розміщення вибору генеруючих потужностей теплових і атомних електростанцій. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хибі методу динамічного програмування для оптимізації розміщення і вибору потужностей станцій системи.  Література [2], с. 136-143.</p>
6	<p><b>Тема 3.1. Постановка основні особливості задачі оптимізації розвитку електрических мереж.</b>  Місце задачі планування оптимального розвитку електричних мереж в загальній задачі оптимізації ЕЕС. Щаблі напруги і параметри ліній. Метод підоптимізації і поетапний метод. Загальна характеристика методів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Урахування динаміки розвитку електричних мереж при оптимізації. Основні етапи проектування електричних мереж. Урахування надійності мережі при економічній оптимізації  Література [1], с. 7 - 12, [2], с. 7-14, [10],с. 87-106.</p>
7	<p><b>Тема 3.2. Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі.</b>  Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі. Скорочення розмірності задачі і зменшення різноманітності перемінних. Економічні інтервали потужності й оптимальні дисконтовані витрати ліній електропередачі і трансформаторів. Засоби апроксимації функції дисконтованих витрат. Упорядкування перехідної розрахункової схеми електричної мережі.  Література [2], с. 20- 23. с. 62- 103, [3],с. 13- 15.</p> <p><b>Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.</b>  Метод упорядкованого винятку гілок. Алгоритм методу. Основні модифікації методу упорядкованого винятку гілок.Основні гідності і хибі різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі. Математичний метод покоординатної оптимізації. Його модифікації, особливості. Метод поконтурної оптимізації. Упорядкування моделі електричної мережі. Алгоритм методу. Критерій закінчення процесу оптимізації.  Література [2], с. 62- 103, [3],с. 13- 15.</p>

## 5. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	105
4	Виконання розрахунково-графічної роботи	15
5	Підготовка до МКР	16
6	Підготовка до екзамену	30
	Разом	166

Зазначаються види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних

заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо) та терміни часу, які на це відводяться.

## Політика та контроль

### 6. 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 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;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів;

- 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 та складанні контрольних заходів з дисципліни «Автоматизований електропривод»;

- 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.

### 7. Розрахунково-графічна робота (РГР)

Учбовий план другого семестру спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньої програми “Управління, захист та автоматизація енергосистем” передбачає виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

У розрахунково-графічній роботі вирішуються задачі визначення оптимальної структури генеруючих потужностей. При рішенні знаходять найбільше вигідні пропорції розвитку групи електростанцій різноманітного типу, що відрізняються видом використовуваного енергоресурсу, розходженням у засобах виробництва електроенергії і типом основного устаткування.

## 9. Контрольні роботи

В семестрі виконується модульн контрольна робота.

Модульна контрольна робота з тем 2.2. “Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей ” та 2.3. “Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей”.

МКР –тривалістю 2 академічні години .

Ваговий бал МКР – 10.

Максимальна кількість балів за МКР = 10 балів

Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 25 – 30 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) 12 – 24 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації 6-11 бали;
- відсутність під час проведення МКР 0 балів.
- 

## 10. Методичні рекомендації

Програма кредитних модулів складається з лекційної частини та самостійної роботи студентів. Важливою складовою частиною процесу вивчення матеріалу кредитного модуля є контрольована самостійна робота студентів у вигляді системи переліку спеціальних питань, однієї модульної контрольної роботи МКР. Всі завдання цієї МКР орієнтовані на використання обчислювальної техніки.

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

**Поточний контроль:** експрес-опитування на лекціях, відповіді на практичних заняттях, виконання та захист лабораторних робіт, МКР.

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 60 балів.

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).
- Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

**Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях**

Ваговий бал лекції – 0.5.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0.5 бала x 7 лекцій = 3,5 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на питання під час опитування – 0.5 бала.
- Студент, що з поважних причин пропустив лекцію, може бути додатково опитаний за темою пропущеної лекції і у разі правильної відповіді отримати 0.5 бала.

– **Розрахунково-графічна робота**

– **Ваговий бал** – 30.

- До захисту на максимальний бал допускаються студенти, які у визначений викладачем термін виконали РГР та оформили її у відповідності до

встановлених вимог. При здачі РГР на перевірку після встановленого терміну максимальний бал за захист РГР зменшується вдвоє. Захист РГР складається з двох етапів: усний та письмовий. Під час усного захисту викладач задає питання по змістовній частині РГР для визначення у студента рівня знань теоретичної частини та його розуміння методів вирішення завдань. Після успішного усного захисту студент отримує письмове завдання, яке він повинен вирішити за визначений час. Варіант письмового завдання студент отримує у середовищі Moodle. Час, необхідний для його вирішення, зазвичай складає 30 хвилин, але може бути змінений викладачам, що приймає РГР. Кожному студенту надається одна спроба для вирішення задачі.

– **Критерії оцінювання усного етапу РГР:**

- - своєчасна задача роботи, розуміння представленого матеріалу, повні відповіді на запитання до захисту – 14-15 балів;
- - своєчасна задача роботи, розуміння представленого матеріалу, відповіді на запитання до захисту з деякими помилками – 10-13 балів;
- - - своєчасна задача роботи, не повне розуміння представленого матеріалу, відповіді на запитання до захисту з значними помилками – 1-9 балів.
- - робота виконана, але студент взагалі не орієнтується у матеріалі/робота виконана із значними помилками – на доопрацювання.

– **Критерії оцінювання письмового етапу РГР:**

- - задача вирішена вірно з несуттєвими помилками – 9-15 балів;
- - задача вирішена частково та (або) із деякими помилками – 4-8 балів;
- - задача майже не вирішена, або вирішена із суттєвими помилками – 1-3 балів.
- - задача взагалі не вирішена – 0 балів\*
- \* У випадку отримання 0 балів за письмовий етап РГР студент має право попросити у викладача, що приймає РГР додаткову спробу, проте при цьому максимальний бал за письмовий етап зменшується вдвоє.

– **Модульна контрольна робота**

- Ваговий бал за одну МКР – 30

– **Критерії оцінювання**

- На модульній контрольній роботі студент має виконати 4 завдання. Завдання оцінюються від 0 до 10 балів в залежності від правильності вирішення; завдання 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**

- Максимальна сума балів складає 40.
- Складання екзамену є обов'язковим, навіть якщо студент набрав на протязі семестру 60 балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є виконані і захищені лабораторні роботи та стартовий рейтинг не менше 36 балів.
- Екзаменаційна робота складається з відповіді на три теоретичні запитання та одне практичне завдання.

– **Критерії оцінювання екзамену**

- Кожне запитання та практичне завдання оцінюються у 10 балів.
- Система оцінювання теоретичних питань:
  - «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
  - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;
  - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6-7 балів;
  - «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 6 балів) – 0 балів.
- Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:
- Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>95-100</i>	<i>Відмінно</i>
<i>85-94</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>75-84</i>	<i>Добре</i>
<i>65-74</i>	<i>Задовільно</i>
<i>60-64</i>	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>
<i>Менше 36</i>	<i>Не допущено</i>

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

**Складено** доцентом кафедри електричних мереж та систем ФЕА Володимиром Баженовим.

**Ухвалено** кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 22 від .06.2023 р.)

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