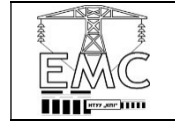




Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра електричних
мереж та систем

МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова, ПБ5</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>7 кредитів ЄКТС, 210 годин (лекції – 72, практики – 18, СРС – 120)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/МКР</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Баженов Володимир Андрійович, канд..техн.наук, доцент 044 -204-48-18, v_bazenov@ukr.net Практичні Паненко Олена Миколаївна, ас.</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjE5OTk00TAzODQ2?cjc=ry6e66v</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку електричних систем" складено відповідно до освітньо-наукової програм підготовки магістрів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" освітньої програми "Електроенергетика та електромеханіка".

Метою дисципліни "Моделі оптимального розвитку електричних систем" 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 електричних систем" зорієнтований на прищеплювання студентам 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 електричних систем" подаються через систему знань, умінь і певного досвіду наведених у розділі 1 даної навчальної програми.

Компетентності:

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. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних 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.

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

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

3. 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", прями 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 Ен. Урахування чинника часу за допомогою нормативного коефіцієнта приведення Енп. 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.

Тема 2.5. Використання градієнтних методів для оптимізації розвитку енергосистем.

Математична постановка задачі оптимізації режиму енергосистеми. Підхід до задачі оптимізації з позицій методів нелінійного програмування . Математичні методи рішення задачі оптимізації розвитку енергосистем. Градієнтні методи. Застосування градієнтних методів при оптимізації. Вибір вектора регульованих параметрів. Розрахунок чергового наближення вектора регульованих параметрів. Урахування режимних обмежень. Метод стримуючих обмежень. Комбінований метод зовнішніх і внутрішніх штрафних функцій. Розрахунок коефіцієнтів штрафу. Алгоритм рішення задачі оптимізації при урахуванні режимних обмежень.

Розділ 3. МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Тема 3.1. Постановка основні особливості задачі оптимізації розвитку електрических 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 хибі 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.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *Баженов В.А. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Навчальний посібник. Рекомендовано Методичною радою КПП імені Ігоря Сікорського (протокол №8 від 2.06.2023р.) для здобувачів ступеня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, Київ, 2023, 56 с.*

2. *Баженов В.А. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Курсова робота. Навчальний посібник. Рекомендовано Методичною радою КПП імені Ігоря Сікорського (протокол №9 від 22.07.2023р.) для здобувачів ступеня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, Київ, 2023, 53 с.*

3. *Баженов В.А. Паненко О.М., Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Навчальний посібник. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 78 с.*

4. *Баженов В.А. Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Оптимізація структури генерувальних потужностей. Навчальний посібник. Практикум: Навчальний посібник. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019.–22 с.*

Додаткові інформаційні ресурси:

5. *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.*

6. *Баженов В.А., Гижа 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.*

Додаткові:

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. -(фахове видання).*

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	Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування. Роль методів оптимального планування і проектування в задачах розвитку економіки країни. Електроенергетичні системи Література [1], с. 7 - 12, [2],с. 7-14, [7],с. 4-7.
2	Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування. Електроенергетика України. Структура енергосистем. Література [1], с. 7 - 12, [2],с. 7-14, [10],с. 87-106.
3	Тема 1.2. Системний підхід. Загальні поняття про системний підхід і великі системи. Загальний критерій оптимальності розвитку всього народного господарства Література [7], с. 5- 8.
4	Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем Критерій економічності. Постановка задачі порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень. Література [2], с. 62- 103, [3],с. 13- 15.
5	Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем Урахування багатокритеріальності розвитку системи. Література [2], с. 62- 103, [3],с. 13- 15.
6	Тема 1.4. Математичні моделі для оптимізації розвитку електроенергетичних систем. Математична модель системи. Оптимізаційні, оцінні й оптимізаційно-оцінні моделі Література [3], с. 16-18, [9],с. 229-241.
7	Тема 1.5. Моделі прогнозування навантажень і електроспоживання. Прогнозування вихідної інформації в задачах оптимального розвитку електроенергетичних систем. Література [2], с. 148-164.
8	Тема 1.5. Моделі прогнозування навантажень і електроспоживання. Прогнозування електричних навантажень, електроспоживання в енергосистемах. Прогнозування в системах з ієрархічною структурою. Визначення довірчих інтервалів прогнозних показників. Література [2], с. 148-164.
9	Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем. Характеристика задач оптимізації структури енергосистеми. Паливно-енергетичний баланс економічного району. Розміщення виробництва. Література [2], с. 118- 143.
10	Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем Задача оптимізації розміщення і вибору потужності електростанцій в енергосистемі. Її місце в проблемі оптимізації структури енергосистем Література [2], с. 118- 143
11	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис функцій дисконтованих витрат, формування цільової функції й обмежень лінійної моделі. Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Лінійні моделі оптимізації структури потужностей.

	<i>Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</i>
12	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Лінійні моделі оптимізації структури потужностей.</i> <i>Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</i>
13	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Основні поняття і визначення лінійного програмування. Геометрична інтерпретація задачі лінійного програмування.</i> <i>Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</i>
14	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Характеристика симплекс-методу рішення задачі лінійного програмування. Основні етапи рішення - вишування опорного й оптимального планів</i> <i>Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</i>
15- 16	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Основні етапи рішення - вишування опорного й оптимального планів</i> <i>Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</i>
17	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Гідності і хиби лінійної моделі оптимізації структури потужностей. Особливості упорядкування лінійної моделі оптимізації структури потужностей при динамічній постановці задачі.</i> <i>Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</i>
18	Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей. <i>Застосування динамічного програмування для оптимізації структури потужностей. Поняття про метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана і рекуррентні формули.</i> <i>Література [2], с.136 -143, [3],с. 40-45.</i>
19	Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей. <i>Формування моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис обмежень.</i> <i>Література [2], с.136 -143, [3],с. 40-45.</i>
20	Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей. <i>Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури потужностей.</i> <i>Модульна контрольна робота (частина 1) (1 година)</i> <i>Література [2], с.136 -143, [3],с. 40-45.</i>
21	Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей <i>Оптимізація розміщення і вибору потужностей. Місце задачі оптимізації розміщення і проблема розвитку паливно-енергетичного комплексу(ПЕК).</i> <i>Література [2], с. 136-143.</i>
22	Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей <i>Застосування динамічного програмування для оптимізації розміщення вибору генеруючих потужностей теплових і атомних електростанцій.</i> <i>Література [2], с. 136-143.</i>

23-24	Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей Блок-схема рішення задачі. Гідності і хвиби методу динамічного програмування для оптимізації розміщення і вибору потужностей станцій системи. Література [2], с. 136-143.
25	Тема 3.1. Постановката основні особливості задачі оптимізації розвитку електрических мереж. Місце задачі планування оптимального розвитку електричних мереж в загальної задачі оптимізації ЕЕС. Щаблі напруги і параметри ліній. Метод підоптимізації і поетапний метод. Загальна характеристика методів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Література [1], с. 7 - 12, [2], с. 7-14, [10],с. 87-106.
26	Тема 3.1. Постановката основні особливості задачі оптимізації розвитку електрических мереж. 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.
27	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 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.
28	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Метод упорядкованого винятку гілок. Алгоритм методу. Основні модифікації методу упорядкованого винятку гілок.Основні гідності і хвиби різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі. Література [2], с. 62- 103, [3],с. 13- 15.
29	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Математичний метод покоординатної оптимізації. Його модифікації, особливості. Метод поконтурної оптимізації. Упорядкування моделі електричної мережі. Алгоритм методу. Критерій закінчення процесу оптимізації. Література [3], с. 16-18, [9],с. 229-241.
30	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Поконтурна оптимізація динамічного графа. Література [2], с. 148-164.
31	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Основи застосування динамічного програмування для оптимізації розвитку мереж енергосистем. Запис цільової функції. Рекуррентні співвідношення для пошуку оптимізаційного рішення. Блок-схема алгоритму методу. Література [2], с. 148-164.
32	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Комбінаторний метод гілок і меж. Внутрішні і зовнішні оцінки. Застосування методу для рішення задачі оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Алгоритм методу. Основні гідності і хвиби різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі Література [2], с. 118- 143.
33	Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.

	<p>Загальна характеристика застосовуваних методів лінійного програмування. Приведення задачі оптимізації розвитку електричних мереж до задачі лінійного програмування. Метод найменших квадратів. Область застосування аналізованої групи методів. Транспортна задача з проміжними перевезеннями. Метод економічних потенціалів. Алгоритм методу. Модульна контрольна робота (частина 2) (1 година) Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</p>
34	<p>Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Метод найменших квадратів. Область застосування аналізованої групи методів.. Застосування методу для визначення оптимальної конфігурації електричних мереж. Приклад застосування методу Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</p>
35	<p>Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Застосування методу для визначення оптимальної конфігурації електричних мереж. Транспортна задача. Упорядкування транспортної матриці. Алгоритм рішення транспортної задачі Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</p>
36	<p>Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Транспортна задача з проміжними перевезеннями.Застосування методу для визначення оптимальної конфігурації електричних мереж. Приклад застосування методу. Метод економічних потенціалів. Алгоритм методу.Приклад застосування методу. Література [3], с. 18- 40, [2],с. 126- 136.</p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,2	Лінійна модель оптимізації структури генеруючих потужностей (4 години).
3-4	Симплекс-метод (4 години).
5-6	Приклад оптимізації структури генеруючих потужностей за допомогою симплекса-методу (4 години).
7-8	Приклад оптимізації генеруючих потужностей за допомогою динамічного програмування (4 годин).
9	Застосування градієнтних методів оптимізації розвитку генеруючих потужностей(2 години).

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	36
4	Підготовка до практичних занять	9
5	Підготовка до МКР	4
6	Підготовка до екзамену	30

7	Самостійне опрацювання матеріалу	41
	Разом	120

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

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 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;
- 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.

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

Поточний контроль: експрес-опитування на лекціях, відповіді на практичних заняттях, 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 25 балів, виконана модульної контрольної роботи.

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях, роботу на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал лекції – 0.5.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0.5 бала x 36 лекцій = 18 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.

Робота на практичних заняттях

Ваговий бал заняття – 1.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 1 бал x 9 занять + 1 бал за наявність матеріалів всіх практичних занять = 10 бали.

Критерії оцінювання

- активна участь та правильне самостійне розв'язання задачі – 0,5 бали;
- наявність конспекту всіх практичних занять із розв'язком задач, які розглядались на занятті – 0,5 бали за весь конспект
- За активну роботу на практичних та лекційних заняттях протягом семестру, наявність повного та змістовного конспекту лекцій викладач має право поставити студенту до 10 заохочувальних 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.

В семестрі виконуються дві модульні контрольні роботи.

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”.

Друга модульна контрольна робота з теми 3.4. “Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем”. Розглядається застосування транспортної задачі та методу економічних потенціалів для визначення оптимальної конфігурації електричних мереж.

Кожна МКР – тривалістю 1 академічну годину .

Максимальна кількість балів за МКР = 32 балів

Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 30 – 32 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) 21 – 29 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації 20 бали;
- відсутність під час проведення МКР 0 балів.

– Форма семестрового контролю – екзамен

- Максимальна сума балів складає 40.
- Складання екзамену є обов'язковим, навіть якщо студент набрав на протязі семестру 60 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:

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

9. Додаткова інформація з дисципліни

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті, здійснюється згідно «Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті» (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

На час дії правового режиму воєнного стану діють особливості визнання результатів навчання (https://document.kpi.ua/2022_НОН-164).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електричних мереж та систем ФЕА Володимиром Баженовим.

Ухвалено кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 20.06.2023 р.)

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