



"МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ"

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	«Електричні системи і мережі»
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	заочна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	6,5 кредитів ЄКТС, 195 годин (лекцій – 16 год., практичних – 8 год., СРС - 171 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР
Розклад занять	roz.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Баженов Володимир Андрійович, канд..техн.наук, доцент 044 -204-48-18, v_bazenov@ukr.net Практичні Паненко Олена Миколаївна, ас.
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NjE5OTk00TAzODQ2?cjc=ry6e66v

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку електричних систем" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" освітньо-професійної програми "Електричні системи і мережі". Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки.

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. Опанування дисципліни забезпечує формування у студентів наступних компетентностей та програмних результатів навчання:

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

ФК20. Здатність застосовувати сучасні підходи до оптимального вибору параметрів та функціональних характеристик перспективних схем електроенергетичних систем

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 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.

ПРН24. Виконувати техніко-економічні розрахунки та застосовувати системний підхід до розв'язання задачі розвитку електроенергетичних систем із застосуванням відповідних методів оптимізації

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

Теоретичною і методологічною основою дисципліни є дисципліни циклу професійної та практичної підготовки бакалаврів – математики, загальної фізики, інформатики і теоретичних основ електротехніки.

Технологічне спрямування даної дисципліни ґрунтується на реалізації вимог до підготовки магістрів за освітньо-професійною програмою «Електричні системи і мережі», 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.

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", 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 Ен. Урахування чинника часу за допомогою нормативного коефіцієнта приведення Енп. Економічний критерій на основі двохресурсної 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 економіетричні. 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 функцій 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 - виведення опорного й оптимального планів. Гідності і хибності 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 хибності 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 хибності 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. Постановката 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 різноманітності 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.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

- 1. Баженов В.А. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Навчальний посібник. Рекомендовано Методичною радою КПІ 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 КПІ 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: КПІ 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: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.–22 с.

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., Гижса 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 методів лінійного програмування для оптимізації розвитку сучасних енергосистем. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 2, с.93-97.

8. 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. Електроенергетичні системи України. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем. Роль методів оптимального планування і проектування в задачах розвитку економіки країни. Електроенергетичні системи. Критерій економічності. Постановка задачі порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень
2	Тема 2. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем. Характеристика задач оптимізації структури енергосистеми. Паливно-енергетичний баланс економічного району. Розміщення виробництва. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис функції дисконтованих витрат, формування цільової функції й обмежень лінійної моделі. Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Лінійні моделі оптимізації структури потужностей
3	Тема 3. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей Основні поняття і визначення лінійного програмування. Геометрична інтерпретація задачі лінійного програмування. Характеристика симплекс-методу рішення задачі лінійного програмування. Основні етапи рішення - вивидикування опорного й оптимального планів
4	Тема 4. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей. Застосування динамічного програмування для оптимізації структури потужностей. Поняття про метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана і рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис обмежень
5	Тема 5. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей. Оптимізація розміщення і вибору потужностей. Місце задачі оптимізації розміщення і

	<i>проблема розвитку паливно-енергетичного комплексу(ПЕК). Застосування динамічного програмування для оптимізації розміщення вибору генеруючих потужностей теплових і атомних електростанцій</i>
6	Тема 6. Постановка основні особливості задачі оптимізації розвитку електрических мереж. <i>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. Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі</i>
7	Тема 7. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем <i>Основи застосування динамічного програмування для оптимізації розвитку мереж енергосистем. Запис цільової функції. Рекуррентні співвідношення для пошуку оптимізаційного рішення. Блок-схема алгоритму методу. 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 [2], с. 148-164.</i>
8	<i>Модульна контрольна робота.</i>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,2	<i>Лінійна модель оптимізації структури генеруючих потужностей (4 години).</i>
3-4	<i>Симплекс-метод (4 години).</i>

1

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	8
2	<i>Підготовка до МКР</i>	4
3	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
4	<i>Опрацювання тем, на СРС</i>	133
	<i>Разом</i>	175

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.
Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 35 балів, успішне виконання та здача МКР.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота з теми 3. “Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей”, теми 4. “Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей” та теми 8. “Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем”. МКР має дві частини.

МКР – тривалістю 2 академічні години .

Максимальна кількість балів за МКР = 19 балів

Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 17 – 19 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) 16 – 10 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації 9 балів;
- відсутність під час проведення МКР 0 балів.

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал лекції – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 2 бала x 8 лекцій = 16 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на питання під час опитування – 2 бала.
- Студент, що з поважних причин пропустив лекцію, може бути додатково опитаний за темою пропущеної лекції і у разі правильної відповіді отримати 2 бала.

Робота на практичних заняттях

Ваговий бал заняття – 1.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 1 бали x 4 заняття + 1 бали за наявність матеріалів всіх практичних занять = 5 бали.

Критерії оцінювання

- активна участь та правильне самостійне розв'язання задачі – 1 бали;
- наявність конспекту всіх практичних занять із розв'язком задач, які розглядались на занятті – 1 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.

Форма семестрового контролю – екзамен

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).

Максимальна сума балів складає 40.

Складання екзамену є обов'язковим. 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
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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- 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.)