



ПЕРЕХІДНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

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, ПВ4</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів /ECTS 180годин (лекцій-54, практичні заняття -8, лабораторних робіт-10, самостійна робота-108)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття-1.5 рази на тиждень, практичні заняття-1 раз на два тижні, лабораторні роботи-1раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Бардик Євген Іванович ,0501881731</i> Практичні: <i>Вожаків Роман Вікторович , vzhakovr@fea.kpi.ua</i> Лабораторні: <i>Вожаків Роман Вікторович, vzhakovr@fea.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів: «Електроенергетика та електромеханіка», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є підсилення та покращення у студентів наступних компетентностей:

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

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

ФК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК05. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем

ФК15. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних процесів в електроенергетичних та електромеханічних системах.

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.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

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

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки». Дисципліна «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» подає теорію електромеханічних перехідних процесів. При вивченні питань, пов'язаних з аналізом статичної, динамічної та результуючої стійкості ЕЕС потрібні також знання теорії електричних машин і апаратів, трансформаторів, основ теорії надійності, релейного захисту та автоматики енергосистем; значну увагу приділено питанням застосування комплексів програм розрахунку перехідних процесів в задачах формування керуючих впливів протиаварійної автоматики.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **7 розділів**, а саме:

- 1. Вступ до дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах». Загальні відомості про перехідні процеси. Основні поняття і визначення**, до якого ввійшли питання, пов'язані з класифікацією та характеристиками режимів роботи, видів перехідних процесів електричних систем, принципів формування заступних схем електричних систем, визначенням стійкості і методів її дослідження, якості перехідних електромеханічних процесів.
- 2. Кутові характеристики потужності найпростішої системи при незначних зміннях швидкості генератора відносно синхронної**, до якого ввійшли питання побудови векторних діаграм та визначення основних співвідношень у найпростіших системах з неявнополюсними та явно полюсними синхронними машинами, принципів побудови, математичного опису і алгоритмів функціонування сучасних систем збудження, якісного аналізу і кількісного визначення внутрішньої межі потужності найпростішої системи, визначення активної і реактивної потужностей у найпростішій системі.
- 3. Дійсна межа потужності системи. Статична стійкість системи з двома електричними станціями**, до якого ввійшли питання визначення активних і реактивних потужностей в складних системах з довільним числом елементів, визначення дійсної межі потужності двох

машинної системи, отримання математичного критерію статичної стійкості електричної системи з двома електростанціями .

4. *Стійкість електричної системи при великих збуреннях і малих змінах швидкості генераторів (динамічна стійкість), до якого ввійшли питання ,пов'язані з вибором системи відносних одиниць основних параметрів електромеханічних перехідних процесів ,застосування способу площин при аналізі динамічної стійкості, розрахунковим дослідженням динамічної стійкості електричної системи в аварійному, післяаварійному і в режимі після АПВ, формування диференціальних рівнянь руху ротора і методів їх розв'язання .*
5. *Асинхронні режими, ресинхронізація і результуюча стійкість в електричних системах, до якого ввійшли питання, пов'язані з причинами переходу та характеристиками асинхронних режимів роботи електричних систем, визначення параметрів системи в асинхронному режимі роботи, ресинхронізації і несинхронних включень в електричних системах.*
6. *Статична стійкість складних електричних систем. Процеси при невеликих збуреннях, до якого ввійшли питання аналізу статичної стійкості складних електричних систем методами теорії малих коливань Ляпунова, статичної стійкості найпростіших нерегульованих систем і систем облаштованих АРЗ, самозбудження в електричних системах, застосування різних критеріїв для аналізу стійкості електричних систем з постійними коефіцієнтами.*
7. *Заходи щодо покращення стійкості і якості перехідних процесів електричних систем, до якого увійшли питання ,пов'язані із структурою функціями протиаварійної автоматики , застосування найбільш ефективних керуючих впливів протиаварійної автоматики, заходами щодо підвищення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Тептя В.В. Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах : електронний конспект лекцій комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Тептя, В. В. Кулик. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 183 с
2. Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Є. І. Бардик, Р. В. Вожаков, М. П. Болотний. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 100 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57392>
3. СОУ-Н МЕН 40.1–00100227 -68:2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.:Міністерство палива та енергетики України, 2012.–29 с.
4. Експлуатація та режими роботи електростанцій: нормальні, допустимі і анормальні режими синхронних генераторів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є. І. Бардик. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,69 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 107 с. – Назва з екрана. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48390>

Додаткові:

5. Друга редакція додатку до кодексу системи передачі «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки» НЕК «Укренерго».
6. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І. Несен, за ред.Г.Г. Півняка ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.
7. Перехідні процеси в енергетиці : [Навчальний посібник] / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.

8. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
9. Єгоров О. Б. *Перехідні процеси в електроенергетичних установках з відновлюваними джерелами: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»* / О. Б. Єгоров, М. Л. Глєбова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 89 с.
10. Є. І. Бардик, О. Л. Бондаренко, «Оцінка режимної надійності електроенергетичної системи на основі визначення індексу ризику при відмовах вузлів навантаження з відповідальними споживачами», *Технічні науки та технології: науковий журнал*, вип. 2, с. 105-118, 2019. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2\(16\)-105-117](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2(16)-105-117).
11. Є. І. Бардик, М. П. Болотний, і О. Л. Бондаренко, «Визначення ризику порушення нормального режиму енергосистеми при плановому і аварійному виведенні з експлуатації електрообладнання», *Вісник ВПІ*, вип. 2, с. 54-62, Квіт 2021. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-155-2-54-62>.
12. Є. І. Бардик, О. Л. Бондаренко, І. В. Заклюка «Аналіз методів і алгоритмів дослідження режимної надійності енергосистем в умовах каскадного розвитку відмов», *Відновлювана енергетика*, вип. 3, 2023.12с. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.3\(74\).6-17](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.3(74).6-17)
13. Є. І. Бардик, Я. С. Коваль. *Моделі вузлового навантаження в задачах оцінки і прогнозування ризику виникнення аварійних ситуацій в електроенергетичних системах. Відновлювана енергетика*. 2022. №4. С.26—36. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.4\(71\).26-36](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.4(71).26-36).

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	Вступ до дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах». Режим роботи електричних систем. Види перехідних процесів Режим роботи електричних систем і їх класифікація. Нормальні та аварійні усталені і перехідні режимів електричних систем. Умови існування режиму. Вимоги, що пред'являються до режимів електричних систем і розрахунків перехідних електромеханічних процесів. Причини виникнення електромеханічних перехідних процесів. Призначення розрахунків перехідних електромеханічних процесів і вимоги, що пред'являються до них. Види перехідних процесів. Література: [1-3, 7,8]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 1
2	Формування розрахункової заступної схеми електричної системи для дослідження електромеханічних перехідних процесів. Основні положення, що приймаються при аналізі. Параметри елементів розрахункових схем, необхідні для розрахунку електромеханічних перехідних процесів. Заступні схеми основних силових елементів

	системи (ЛЕП, трансформатори, синхронні генератори, асинхронні двигуни). Статичні і динамічні характеристики силових елементів системи. Поняття про найпростішу, просту і складну системи. Характеристика потужності синхронних генераторів електростанцій. Література: [1-3, 7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 2
3	Стійкість електричних систем. Методи дослідження стійкості. Поняття стійкості електричної системи. Статична, динамічна і результуюча стійкість електричних систем. Методологія дослідження статичної стійкості електричних систем. Критерій статичної стійкості найпростішої системи. Розрахункова схема системи для дослідження стійкості. Фізична картина процесів в найпростішій системі при великих збуреннях. Література: [1-3, 5-9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 3
4	Векторна діаграма синхронних машин в режимі неробочого ходу за наявності навантаження. Визначення миттєвих значень струму, напруги електрорушійної сили в трифазній системі. Узагальнений вектор трифазної системи. Магнітні потоки в синхронній машині. Синхронна ЕРС. Синхронний індуктивний опір по повздовжній та поперечній осі. Перехідна ЕРС, перехідний і надперехідний опір по повздовжній і поперечній осі. Векторна діаграма СГ за наявності навантаження. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 4
5	Векторна діаграма і основні співвідношення між параметрами в найпростішій системі, що містить неявнополюсному СМ. Векторна діаграма системи з неявнополюсними генераторами і алгоритм її побудови. Основні залежності між параметрами СМ і системи. Визначення активної та реактивної потужності. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 5
6.	Векторна діаграма і основні співвідношення між параметрами в найпростішій системі, що містить явнополюсні синхронні машини. Векторна діаграма для найпростішої системи з явно полюсними генераторами. Алгоритм побудови векторної діаграми. Формули для визначення активної і реактивної потужності системи з явнополюсними синхронними генераторами. Основні залежності між параметрами СМ і системи. Кутіві характеристики потужності. Визначення розрахункових значень напруг ЕРС, струмів і кутів. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 6
7.	Внутрішня межа потужності найпростішої системи. Фізична картина впливу системи регулювання збудження і частоти обертання турбіни на пропускну здатність системи. Векторна діаграма системи при зміні навантаження і дії регулювання збудження СГ. Характеристики активної і реактивної потужності СМ при різних законах регулювання напруги. Розрахунок внутрішньої межі потужності. Література: [1,4,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 7
8.	Характеристики потужності системи з довільним числом елементів. Заступна схема

	складної системи. Метод накладання для визначення струмів у гілках системи. Власні і взаємні опори і провідності вузлів. Визначення власних і взаємних провідностей способом перетворення і одиничних струмів. Формули для визначення активних і реактивних потужностей окремих вузлів системи. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 8
9.	Дійсна межа потужності електричної системи. Вихідна і заступні схеми системи з генераторами співрозмірної потужності. Побудова дійсної характеристики потужності системи. Залежності напруги у вузлі навантаження від навантаження. Характеристики потужності при різному рівні зниження напруги. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 9
10.	Дійсна межа потужності двохмашинної електричної системи. Вихідна розрахункова схема двохмашинної системи. Визначення параметрів вихідного режиму і заступної T-подібної схеми системи. Визначення дійсної межі потужності і коефіцієнтів запасу за статичною стійкістю, за умови $Z_H = const$. Критерії статичної стійкості у випадку двох електростанцій. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 10
11.	Система відносних одиниць основних параметрів електромеханічних процесів. Система відносних одиниць. Вирази для часу, кута, швидкості, прискорення, потужності кінетичної енергії руху ротора в іменованих і відносних механічних і електричних величинах. Фізична суть деяких параметрів, що характеризують рух ротора. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 11
12.	Динамічна стійкість електричної системи в аварійному режимі. Заступна схема системи у вихідному і аварійному режимі. Визначення параметрів системи у вихідному режимі і аварійному режимі. Побудова характеристики потужності найпростішої системи в аварійному режимі. Коливання генераторів. Енергетичні співвідношення при коливаннях. Подання процесів на фазовій площині. Метод площин і спрощений критерій, що витікає з нього. Якість перехідного процесу в аварійному режимі. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 12
13	Динамічна стійкість електричної системи в післяаварійному режимі і в режимі після АПВ. Заступні схеми системи і визначення параметрів електричної системи в післяаварійному режимі і в режимі після АПВ. Побудова характеристик потужності генератора в післяаварійному режимі і в режимі після АПВ. Визначення граничного кута відключення та АПВ. Формування заключення щодо стійкості системи в післяаварійному режимі і режимі після АПВ. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 13
14	Диференціальні рівняння руху ротора, форми їх запису і методи розв'язання. Особливості диференціального рівняння руху ротора при великих збуреннях і малих зміненнях швидкості. Фізична суть механічної сталої інерції. Форми запису диференціального рівняння руху ротора. Метод послідовних інтервалів чисельного інтегрування рівняння

	руху ротора. Визначення граничного часу відключення і АПВ для різних видів коротких замикань. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 14
15	Асинхронна робота синхронних машин в системі. Причини виникнення асинхронного режиму (втрата збудження, порушення динамічної і статичної стійкості). Процес випадання з синхронізму і перехід в усталений асинхронний режим. Характеристики генератора в асинхронному режимі роботи. Змінення активної, реактивної і асинхронної потужностей генератора та напруги в асинхронному режимі. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 15
16	Визначення параметрів системи в асинхронному режимі, ресинхронізація і результуюча стійкість. Параметри і характеристики елементів електричних системи при асинхронних режимах. Визначення напруги у вузлах схеми. Електричний центр коливань. Умови ресинхронізації асинхронно працюючого генератора. Вплив змінення збудження синхронних генераторів на процес ресинхронізації. Результуюча стійкість і загальні підходи до її розрахунку. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 16
17	Несинхронні включення (НВ) в електричних системах. Основні причини несинхронних включень в енергосистемі. Вихідні припущення та умови допустимості несинхронних включень синхронних машин. Заступна схема системи, основні параметри елементів для аналізу процесів НВ. Моменти на валу генератора при несинхронному включенні збуджених синхронних генераторів. Критерії допустимості несинхронного включення для турбогенераторів і гідрогенераторів. Література: [1,4,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 17
18.	Статичні і динамічні характеристики основних елементів навантаження електричних систем. Загальна характеристика і склад споживачів вузлів навантаження електричних систем. Статичні характеристики окремих елементів навантаження. Синхронні компенсатори, конденсатори і комплексне навантаження. Характеристики двигунового навантаження. Формули для визначення активної і реактивної потужності асинхронних двигунів. Вплив змінення напруги і частоти мережі на стійкість роботи електродвигунів. Статичні характеристики синхронних компенсаторів і комплексного навантаження електричних систем. Динамічні характеристики двигунового навантаження. Література: [1,6,7,10,13]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 18
19.	Статична стійкість електричних систем і малі коливання відносно стану рівноваги . Основні задачі дослідження статичної стійкості. Фізичні закономірності перехідних процесів, що визначають статичну стійкість. Математичне формування задачі. Підходи щодо аналізу статичної стійкості систем за першим наближенням. Теорема Ляпунова щодо статичної стійкості систем за першим наближенням. Необхідні і достатні умови статичної стійкості. Алгебраїчний критерій Гурвіца. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 19

20.	Статична стійкість найпростішої нерегульованої системи . Рівняння невеликих коливань для найпростішої нерегульованої системи без урахування збудження. Характер коренів і виду перехідного процесу при незначному відхиленні кута δ. Характер процесів в найпростішій системі. Саморозгойдування. Умови виникнення і фізика саморозгойдування. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 20
21	Статична стійкість найпростішої системи з генераторами, облаштованими АРЗ. Рівняння невеликих коливань для найпростішої регульованої електричної системи. Характеристичне рівняння, що відповідає розглядаємому перехідному процесу. Методи визначення характеру коренів характеристичного рівняння. Вплив коефіцієнтів підсилення системи АРЗ генератора на область статичної стійкості. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 21
22.	Самозбудження в електричних системах . Причини і умови виникнення самозбудження. Параметри синхронного генератора і систем, що забезпечують можливість самозбудження. Граничні значення і зони змінення параметрів за яких самозбудження можливе. Синхронне і асинхронне самозбудження. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 22
23.	Структура і функції протиаварійної автоматики. Загальна характеристика структури протиаварійної автоматики. Автоматика запобігання порушення стійкості паралельної роботи, ліквідації асинхронного режиму, обмеження зниження напруги та розвантаження обладнання. Основні операції, що реалізують завдання протиаварійного регулювання. Функціональна і апаратна структура підсистеми автоматики попередження порушення стійкості. Література: [1,6,7,12,15-17]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 23
24.	Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Загальна характеристика керуючих впливів ПА. Види керуючих впливів для забезпечення статичної і динамічної стійкості. Відключення генераторів електростанцій. Забезпечення необхідного рівня дозування відключення генераторів. Наслідки відключення генераторів та засоби їх обмеження. Імпульсне розвантаження турбін (IPT). Спрощена модель турбіни для аналізу IPT. Залежність швидкості і глибини розвантаження турбіни від амплітуди і тривалості імпульсу. Форми імпульсу. Література: [1,6,7,14-16]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 24
25.	Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Тривале розвантаження турбін, відключення навантаження. Тривале розвантаження турбін. Засоби реалізації. Комбіноване управління потужністю турбіни при IPT. Відключення навантаження для забезпечення статичної стійкості після аварійних режимах. Література: [1,6,7,16-18]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 25

26.	Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Форсування збудження, зміна уставки за напругою, електричне гальмування генератора. Форсування збудження та зміна уставки АРЗ по напрузі генераторів. Електричне гальмування генераторів (ЕГ) для підвищення динамічної стійкості. Інтерпретація фізичної суті ЕГ на кутовій діаграмі і на фазовій площині. Література [1-4,6,7,14]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 26
27.	Основні заходи, для покращення стійкості. Заходи для покращення динамічної і статичної стійкості. Експлуатаційні і режимні заходи. Покращення характеристик основних елементів електричних систем: реактивний опір генераторів, гранична напруга збудника, механічна стала інерції, параметри демпферних обмоток, регулювання збудження, параметри синхронних компенсаторів і силових трансформаторів, швидкодія високовольтних вимикачів, напруга ЛЕП. Вплив активного опору, що заземлює нейтраль трансформатора на динамічну стійкість. Установки для електричного гальмування генераторів під час аварій. Література: [1-4,6,7,14-17]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 27

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1.	Розрахунок статичної стійкості найпростішої системи з нерегульованими синхронними генераторами. Література: [1,6,7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»
2.	Розрахунок статичної стійкості найпростішої системи з регульованими синхронними генераторами, об'єднаними АРЗ. Література: [1,6,7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»
3.	Розрахунок динамічної стійкості найпростішої електричної системи в аварійному, післяаварійному режимах і в режимі після автоматичного повторного включення (АПВ). Література: [1,6,7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»
4.	Розрахунок статичних і динамічних характеристик комплексного і двигунового навантаження. Література: [1,6,7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»

Лабораторні роботи

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи
1	Ознайомлення з устаткуванням і схемою електричних з'єднань електродинамічної моделі електроенергетичної системи. Моделювання перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичній системі на ЕДМ. Керування ЕДМ. Мета роботи – Ознайомлення з принципами фізичного моделювання електричних систем, складом і характеристиками устаткування ЕДМ, схемою електропостачання і головною схемою електричних з'єднань ЕДМ електростанції. Ознайомлення з роботою окремих елементів ЕДМ, режимами керування ЕДМ електростанції (подача напруги, включення, відключення, набирання навантаження, розвантаження силових агрегатів). Література: [2]

	дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лабораторна робота №1,2.
2	Експериментальне визначення параметрів елементів ЕДМ. Мета роботи – Ознайомлення з методами експериментального визначення параметрів електричних систем, необхідних для аналізу статичної і динамічної стійкості ЕДМ. Література: [2] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лабораторна робота №3.
3	Статична стійкість найпростішої нерегульованої системи. Мета роботи – Ознайомлення з методикою експериментального і аналітичного дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої системи. Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лабораторна робота №4.
4	Дослідження впливу на динамічну стійкість віддаленості від шин станції та різної тривалості короткого замикання. Мета роботи – аналітично дослідити вплив на динамічну стійкість найпростішої системи різної віддаленості і тривалості короткого замикання. Література: [2] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лабораторна робота №6,7.
5	Дослідження асинхронного режиму генератора. Мета роботи – дослідження роботи синхронних генераторів електростанцій в асинхронних режимах : аналіз змінення режимних параметрів ,визначення допустимості роботи генераторів та умов їх ресинхронізації. Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лабораторна робота №9.

6. Самостійна робота студента

№	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Опрацювання лекційного матеріалу	27
	Опрацювання матеріалу практичних занять	6
	Опрацювання лабораторних робіт	10
	Опрацювання літератури	30
	Підготовка до МКР	5
	Підготовка до екзамену	30
	Всього	108

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. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-

диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни **«Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»**, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за захист лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни **«Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»**;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, розв'язання задач на практичних заняттях, виконання та захист лабораторних робіт, модульна контрольна робота(МКР).

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: : зарахування всіх лабораторних робіт, позитивна оцінка за модульну контрольну роботу, а також стартовий семестровий рейтинг $r_c \geq 30$ балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

- відповіді під час експрес-опитування на лекціях;

- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи;

Експрес-опитування на лекціях	Розв'язання задач на практичн.занят.	Лаб. роботи	МКР	Rc	Рекз	R
12	12	20	16	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – балів $3 \times 4 = 12$ балів.

Критерії оцінювання:

- 1.Повна відповідь – 3
- 2, Не повна відповідь – 1...2
- 3.Незадовільна відповідь – 0

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

3 бали * 4 = 12 балів.

Критерії оцінювання

- 3 бали заслуговують студенти, які без похибок виконали завдання практичного заняття і дали пояснення;
- 2 бали заслуговують студенти, які з несуттєвими похибками виконали завдання на практичних заняттях;
- 0 балів заслуговують студенти, які не виконали завдання на практичних заняттях.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $5 \times 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання

- 4 бали заслуговують студенти, які без похибок виконали лабораторну роботу, відповіли на всі запитання і дали аналіз результатів;
- 3 бали заслуговують студенти, які з несуттєвими похибками виконали лабораторну роботу і відповіли на запитання
- 1 бал заслуговують студенти, які приймали участь у виконанні лабораторної роботи і відповіли на частину запитань;
- 0 балів неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу ;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з чотирьох частин: " Кутові характеристики потужності найпростішої системи ", " Дійсна межа потужності системи. Статична стійкість системи з двома електричними станціями ", "Стійкість електричної системи при великих збуреннях і малих змінах швидкості генераторів (динамічна стійкість) ", "Асинхронні режими, ресинхронізація і результуюча стійкість в електричних системах " відповідно. Завдання кожної контрольної роботи складається з двох теоретичних питань і задачі.

Ваговий бал МКР – 16 балів.

Максимальний бал за МКР – 16.

Критерії оцінювання

- 12-16 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали роботу, показали вміння використовувати математичні моделі ЕЕС при розрахунках перехідних процесів, дали пояснення при розрахунках та отриманих результатів;
- 7-11 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали завдання, дали пояснення отриманих результатів;
- 1-6 балів заслуговують студенти, які з несуттєвими похибками виконали завдання;
- 0 балів заслуговують студенти, які з принциповими похибками виконали завдання, або зовсім не виконали.

Розмір шкали рейтингу $R = 100$ балів

Розмір стартової шкали $R_C = 60$ балів

Розмір екзаменаційної шкали $R_E = 40$ балів

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 17 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш ніж 40 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).

Додаткові бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 5 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть отримані за виконання додаткових завдань та лекцій.

Додаткові завдання та лекції

Додаткові лекції – це теми на самостійне опрацювання, які забезпечать здобувачам посилення теоретичних знань з дисципліни. Ваговий бал – 0,5. Максимальна кількість балів за опрацювання додаткових лекцій – 0,5 балів * 10 лекцій = 5 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Умови допуску до екзамену : зарахування всіх лабораторних робіт, позитивна оцінка за модульну контрольну роботу, а також стартовий рейтинг $r_C \geq 30$ балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання :

- Бали 40-34 отримують студенти, якщо при відповіді з теоретичного матеріалу правильно сформулювали вихідні положення, мають чітке розуміння фізичної сутності процесу, дали повний доказ і аналіз результатів, без помилок і творчо вирішили практичну задачу.
- Бали 33-29 отримують студенти, які правильно сформулювали вихідні положення з теоретичного матеріалу, розуміють основну фізичну сутність процесу, привели доказ отриманих результатів, без помилок вирішили практичну задачу.
- Бали 28-21 отримують студенти, які правильно сформулювали вихідні положення з теоретичного матеріалу, розуміють основну фізичну сутність процесу, з непринциповими помилками вирішили практичну задачу.

- Бали 20-9 отримують студенти, які мають уявлення про фізичну сутність процесу, з непринциповими помилками вирішили практичну задачу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Бардиком Є.І.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.



ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів/ECTS 180 годин (лекцій – 54, лабораторних занять – 18, самостійна робота - 108)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1,5 рази на тиждень; практичні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, <i>nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i> Практичні: к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, <i>nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzkx?cjc=ajjkvaj</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Проектування електричних станцій» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів: «Електроенергетика та електромеханіка», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

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.

ФК02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК05. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

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 електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й 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.

ПРН17. Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН19. Виявити проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН24. Вміти вирішувати комплексні міждисциплінарні науково-практичні проблеми у сферах електроенергетичних та електромеханічних систем.

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

Дисципліна формує інженерно-технічну складову в програмі підготовки майбутнього фахівця. Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі дисциплін ОКР Бакалавр, а саме: Електричні машини, Електричні мережі та системи, Електрична частина станцій та підстанцій. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для проходження практики та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **5 розділів**, а саме:

1. **Вступ**, до якого ввійшли загальні відомості про характерні особливості проектування сучасних електричних станцій. Основні стадії проектування, основні визначення дисципліни.

2. **Споруди і інженерні комунікації. Компоновка електростанцій**, до якого ввійшли питання щодо споруд і інженерних комунікацій, вибір площадки будівництва, попередніх робіт по вибору площадки; загальних принципів компоновки електростанції, зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на компоновку, принципу складання варіантів компоновок, компоновання неблочної ТЕЦ, компоновання КЕС та АЕС, особливості компоновання ГЕС, підстанції з двома і трьома напругами.

3. **Проектування технологічної частини електростанції**, до якого ввійшли питання вибору структурної технологічної схеми і основного обладнання, допоміжного обладнання, автоматизації проектування електростанцій.

4. **Конструкції розподільчих пристроїв**, до якого ввійшли питання вибору типу конструкції РП, типа внутрішньої компоновки генераторних РП (6 – 10) кВ для ТЕЦ, проектування комплектних РП.

5. **Проектування систем управління**, до якого ввійшли питання організаційної структура оперативного управління ЕС, проектування постів управління, проектування вимірювальної підсистеми блочних і неблочних ЕС, вибір джерела постійного струму.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко – КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 4,62 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48629>
2. Бардик, Є.І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання/ Є.І. Бардик, М.П. Лукаш /К.: "Політехніка" НТУУ "КПІ" 2012. 250 с.
3. Костишин, В.С. Електрична частина станцій та підстанцій : навч. посіб. /В.С. Костишин, М.Й. Федорів, Я.В. Бацала. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. - 243 с.
4. Гаряжа В.М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) /В.М. Гаряжа, А.О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с
5. Козлов В.Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів: підручник /В.Д. Козлов, В.П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с
6. Дистанційний курс «Проектування електричних станцій»

Додаткові:

1. Електрична частина станцій та підстанцій: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /уклад.: Ю.П. Матеєнко, П.Л. Денисюк, Г.М. Гаєвська, Р.В. Вожаков – КПІ ім. Ігоря Сікорського; Електронні текстові дані (1 файл: 4,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 179 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48628>
2. MCDONALD, John D. Electric power substations engineering. CRC press, 2016.
3. NAG, P. K. Power plant engineering. Tata McGraw-Hill Education, 2002.
4. DRBAL, Larry; WESTRA, Kayla; BOSTON, Pat (ed.). Power plant engineering. Springer Science & Business Media, 2012.
5. Проект плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Енергетична безпека» Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf>

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	Вступ. Характерні особливості проектування сучасних ЕС. Основні стадії проектування.. літературні джерела: Л1, с. 5-14. ЛЗ, с. 13-16, с. 82-84. Дистанційний курс лекція 1 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=a1j1kva1 Завдання на СРС. Завдання на проектування. Основні данні для проектування. Розробка проектної кошторисної документації.

2	Споруди і інженерні комунікації. Вибір площадки будівництва. Попередні роботи по вибору площадки. літературні джерела: конспект лекцій (КЛ) , Л1, с. 5-14. Л3, с. 13-16, с. 82-84. Дистанційний курс лекція 2 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Державні будівельні норми України. Склад ТЕО інвестицій.
3	Загальні принципи компоновки електростанції. Зовнішні і внутрішні фактори, що впливають на компоновку. Принцип складання варіантів компоновок. Компонування неблочної ТЕЦ. літературні джерела: КЛ; Л1, с. 39-46; Л3, с. 33-41, 74-76. Дистанційний курс лекція 3 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Паливо забезпечення ТЕЦ. Технічне водо забезпечення ТЕЦ.
4	Компонування КЕС. Можливість варіантів компонування КЕС. літературні джерела: КЛ; Л1, с. 44-46; Л3, 74-76. Дистанційний курс лекція 4 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Паливо забезпечення ТЕС. Технічне водо забезпечення ТЕС.
5	Компонування АЕС. літературні джерела: КЛ; Л3, с. 16,17; с. 92-97. Дистанційний курс лекція 5 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Типи компоновки головного корпусу АЕС. Приклади компоновок головного корпусу закордонних електричних станцій.
6	Особливості компонування ГЕС. Руслові, приплотинні та дериваційні ГЕС. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 27-38; Л3, с. 53-59. Дистанційний курс лекція 6 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Типи компоновки корпусу ГАЕС та ГЕС. Приклади компоновок головного корпусу закордонних електричних станцій.
7	Компонування підстанції з двома і трьома напругами. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 348-361; Л3, с. 252-258, с. 275-286. Дистанційний курс лекція 7 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Вимоги до електричних споруд ТЕС та АЕС.
8	Задачі, що вирішуються при проектуванні технологічної частини ЕС. Структурні технологічні схеми ТЕС і АЕС. Вибір котлів, турбін та реакторів. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 60-62; Л3, с. 93-98, Л1, с. 65; Л3, с. 103-104 Дистанційний курс лекція 8 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Основні розрахунки елементів конструкцій при проектуванні паротурбінних установок. Питання проектування допоміжного обладнання.
9	Обладнання пароводяного циклу і обладнання паливного тракту і продуктів його згорання. Методика визначення потужності основних машин. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 75-92; Л3, с.132-135. Дистанційний курс лекція 9 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Технологічні вимоги до конструкції котлів. Монтажні вимоги до конструкції котлів. Ремонтопридатність при проектуванні котлів. Аналіз працездатності та надійності обладнання котлів.
10	Загальні положення при розробці РП. Вимоги до РП. Вибір типа конструкції РП. Характеристика різних типів конструкції РП. Області застосування різних типів конструкції РП. Література: КЛ, Л1, с. 92-98; Л3, с. 136-139. Дистанційний курс лекція 10 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Режимы генерації електричної енергії електричних станцій. Графіки генерації. Баланс енергії.

11	Загальні положення. Характеристики генераторних РП з одною і двома системами збірних шин. Крупноблочні генераторі РП (6 – 10) кВ РП ГЕС. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 121-134; Л2, с. 101-105 Дистанційний курс лекція 11 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Ліквідація аварійних ситуацій в генераторних РП з одною і двома системами збірних шин
12	Компонування обладнання в РП. Характеристика закритих РП (35 – 220) кВ. Ескізна розробка конструкції закритих РП. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 121-154; Л2, с. 101-111; Л3, с. 144-157. Дистанційний курс лекція 12 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Режим роботи нейтралі електричних мереж 35 – 750 кВ
13	Ескізна розробка конструкції закритих РП. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 151-154, Л2, с. 112-115, Л1, с. 182-193; Л3, с. 258-260, с. 269-275. Дистанційний курс лекція 13 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Особливості робочого проекту та робочої документації. Особливості проектування у західних країнах.
14	Загальні характеристики комплектних РП деяких серій. Проекти розробки при використанні комплектних РП. Приклад компоновки комплектного РП стосовно до однієї секції генераторного РП 10 кВ ТЕС. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 151-154, Л2, с. 112-115, Л1, с. 182-193; Л3, с. 258-260, с. 269-275. Дистанційний курс лекція 14 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Оперативні перемикання в схемах генераторного РП 10 кВ
15	Комплектні РП з елегазовою ізоляцією. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 193-202; Л3, с. 247-252. Дистанційний курс лекція 15 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Особливості обслуговування комплектних РП з елегазовою ізоляцією
16	Особливості інтегрування розподіленої генерації на основі ВДЕ на рівнях системотвірної і розподільної мереж. Проектування головної електричної схеми електростанцій. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 51-60; Л3, с. 93-98, Л1, с. 62-64; Л3, с. 100-103 Дистанційний курс лекція 16 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Аналіз стану генеруючих потужностей ОЕС України
17	Проектування структурної схеми електростанції. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 348-361; Л3, с. 252-258, с. 275-286. Дистанційний курс лекція 17 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Вибір доцільних способів обмеження струмів короткого замикання
18	Вибір схеми електричних з'єднань розподільчих пристроїв. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 380-388, 402-408; Л2, с. 52-60. Дистанційний курс лекція 18 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Побудова схем електричних з'єднань РП закордонних електростанцій
19	Система управління і її основні підсистеми. Форми організаційної структури оперативного управління: цехова, блочна, централізована, їх характеристика. Пости управління для різних форм організаційної структури. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 380-388, 402-408; Л2, с. 52-60. Дистанційний курс лекція 19 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj Завдання на СРС. Сучасні SCADA-системи, які використовуються на електричних станціях
20	Проектування блочних щитів управління (БЩУ). Особливостями розміщення БЩУ – в середині і зовні головного корпусу ЕС. План БЩУ для двох енергоблоків 300 МВт. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 413-417; Л3, с. 313-317.с. 408-413; Л3, с. 311-313. Дистанційний курс лекція 20 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5Nzcx?cjc=ajjkvaj

	Завдання на СРС. Особливості виконання обов'язків оперативного персоналу електричної станції. Оперативні перемикання в схемах електричних станцій
21	Проектування центральних постів управління: центральний щит управління КЕС, центральний пост управління ГЕС, головний щит управління неблочних ТЕЦ. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 417-420; Л3, с. 320-323, с. 420-426; Л3, с. 317-320. Дистанційний курс лекція 21 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Організаційні та технічні заходи щодо ліквідації аварій в електричній частині електростанцій.
22	Параметри, які вимірюються на ЕС. Вимірювальні прилади. Особливості електричних вимірювань. Класи точності приладів і вимірювальних трансформаторів. Схема блоку і комплекти вимірювальних приладів для контролю за параметрами обладнання. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 437-443; Л3, с. 331-337. Дистанційний курс лекція 22 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Особливості обслуговування вторинних кіл обліку електричної енергії, контролю параметрів обладнання
23	Фрагмент схеми неблочної ЕС і комплект вимірювальних приладів для контролю за параметрами обладнання. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 437-443; Л3, с. 331-337. Дистанційний курс лекція 23 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Ліквідація пошкоджень у вторинних колах контролю за параметрами обладнання
24	Загальні положення. Споживачі постійного оперативного струму. Вибір числа і місця установки акумуляторних батарей (АБ). літературні джерела: КЛ, Л1, с. 568-579; Л2, с. 186-203; Л3 с. 411-430. Дистанційний курс лекція 24 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Особливості обслуговування акумуляторних батарей
25	Порядок вибору АБ. Вибір підзарядних і зарядних агрегатів. літературні джерела: КЛ, Л1, с. 568-579; Л2, с. 186-203; Л3 с. 411-430. Дистанційний курс лекція 25 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Особливості експлуатації щитів постійного струму
26	Загальні положення і термінологія. Компоненти САПР. Складові математичні моделі - граф. Конструювання і алгоритми проектування. Зображення графа конструювання і коментарі до нього. Система обмежень. літературні джерела: КЛ, Л3, с. 442-450, с. 459-466, с. 472-476, с. 484-490. Дистанційний курс лекція 26 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Пакет прикладних програм для проектування основного обладнання. Пакет прикладних програм для проектування допоміжного обладнання. Пакет прикладних програм для проектування електричної частини електростанції.
27	Яруси і проектні операції. Фрагменти схеми, внутрішні і зовнішні параметри. літературні джерела: КЛ, Л3, с. 442-450, с. 459-466, с. 472-476, с. 484-490. Дистанційний курс лекція 27 «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=aikkvaji Завдання на СРС. Споруди паливного хазяйства. Споруди мазутного та масляного хазяйства. Схеми газопостачання та споруди газового хазяйства. Споруди електричної частини ТЕС. Споруди технічного водопостачання. Споруди підсобно - промислового призначення.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Розробка схем компонування електричних станцій дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
2	Вибір схем приєднання проектованої електричної станції до ЕЕС дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
3	Вибір структурних схем проектованих електричних станцій дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
4	Вибір електрообладнання та провідників електричної станції дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
5	Вибір електричних двигунів в системі власних потреб електричної станції дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
6	Вибір схем електричних з'єднань системи власних потреб дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
7	Підготовка вихідної інформації для розрахунку режимів роботи ЕС за допомогою програмного забезпечення дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
8	Розрахунки струмів короткого замикання в схемі електричних з'єднань електричної станції за допомогою програмного забезпечення дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj
9	Розрахунки режимів вибігу та самозапуску двигунів в системі власних потреб електричної станції за допомогою програмного забезпечення дистанційний курс «Проектування електричних станцій» https://classroom.google.com/c/NjA5MDc1NjA5NzIx?cjc=ajjkvaj

6. Самостійна робота студента

№з /п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять, опрацювання матеріалу	76
	Підготовка до МКР	2
2	Підготовка до екзамену	30
	Всього	108

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правилом відвідування занять не передбачено оцінка присутності або відсутності здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нарахування заохочувальних.
- студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації в

інтернеті та дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховуються за виконання додаткових завдань та самостійного вивчення додаткових розділів.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахована МКР, семестровий стартовий рейтинг (R_c) більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску: $R_c < 30$ балів	Не допущено

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- експрес-опитування, розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Розв'язання задач	МКР	R_c	Рекз	R
27	18	15	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

1 бал * 27 = 27 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;
Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

2 бал * 9 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття –2;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 1;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з теоретичного запитання. Максимальний бал за МКР – 15.

Критерії оцінювання

- повне виконання –15;
- недосконале виконання – 10;
- відсутність роботи – 0.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 17 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш ніж 40 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).

Додаткові бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 5 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть отримати за виконання додаткових завдань та лекцій.

Додаткові завдання та лекції

Додаткові лекції – це теми на самостійне опрацювання, які забезпечать здобувачам посилення теоретичних знань з дисципліни. Ваговий бал – 0,5. Максимальна кількість балів за опрацювання додаткових лекцій – 0,5 балів * 10 лекцій = 5 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з теоретичного питання і практичної задачі.

Максимальний рейтинг екзамену дорівнює 40 балів. Теоретичне і практичне питання оцінюються у 20 балів.

Система оцінювання теоретичного питання:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 16-20 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 10-15 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 9-1 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 16-20 балів;

«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 10-15 балів;
«задовільно», завдання виконано з певними недоліками – 1-9 балів;
«незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Вплив режимів електростанцій при проектуванні розвитку ЕЕС.
2. Витратні (енергетичні) показники. Залежність витрати енергоресурсу від годинного навантаження електростанції (агрегату).
3. Регульовальний діапазон електростанції (мінімальна, максимальна потужності).
4. Графіки зміни енерговіддачі електростанції у річному розрізі. Графіки зміни середньомісячних і наявних потужностей електростанції в залежності від обмежень на енергоресурси.
5. Швидкість набору та зниження навантаження на електростанції в нормальних та аварійних режимах.
6. Розрахунок добових режимів електростанцій під час проектування.
7. Перевірка використання у балансі потужності ЕЕС електростанцій з обмеженими енергоресурсами (ГЕС, ГАЕС та ін.)
8. Аналіз режимів роботи ТЕС у добових графіках. Перевірка маневренних можливостей існуючого обладнання. Формування вимог до нового обладнання.
9. Визначення характерних режимів завантаження мережі ЕЕС.
10. Визначення завантаження електростанцій у характерних режимах для подальшого розрахунку режимів електричної мережі.
11. Вибір потужності і розміщення електростанцій.
12. Методика обґрунтування розвитку електростанцій в ЕЕС.
13. Порівняльна ефективність спорудження електростанцій різного типу.
14. Концентрація потужності електростанцій та їх обладнання.
15. Розробка генерального плану електростанції.
16. Використання електротехнічних САПР при конструюванні енергетичних та електротехнічних установок
17. Розрахунок та оцінка стійкості обладнання ВДЕ максимальному ударному струму несинхронного включення в разі виникнення аварійного режиму в ОЕС України
18. Розрахункова оцінка впливу ВДЕ на динамічну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів електростанцій, розташованих в енергорайоні приєднання
19. Оцінка необхідності коригування схем протиаварійної автоматики з метою забезпечення стійкої роботи ВЕС в енергосистемі при нормативних збуреннях.
20. Оцінка впливу ВЕС на динамічну стійкість паралельної роботи синхронних генераторів електростанцій, розташованих в енергорайоні приєднання ВЕС.
21. Особливості розрахунку струмів короткого замикання в системі власних потреб електричної станції
22. Термічна та електродинамічна дія СКЗ
23. Методи обмеження СКЗ
24. Електричні схеми станцій та підстанцій. Основні визначення
25. Структурні схеми видачі електроенергії
26. Елементи головних схем
27. Блочні схеми підключення генераторів
28. Електричні схеми розподільчих установок. Схеми РУ ГН (6-10кВ)
29. Схеми розподільчих установок на підвищеній напрузі.
30. Схеми з обхідною СШ
31. Кільцеві схеми. Схеми багатокутників
32. Схеми містків

33. Схема «3/2» (полупотрна) та «4/3»
34. Вибір трансформаторів в схемах електричних станцій
35. Головні схеми підстанцій
36. Власні потреби електростанцій
37. Джерела живлення ВП
38. Особливості організації системи власних потреб на ГЕС та АЕС
39. Самозапуск асинхронних двигунів
40. Установки постійного струму (УПТ)
41. Установки змінного та випрямленого струму
42. Режим роботи нейтралі в електроустановках
43. Дистанційне керування вимикачами
44. Дистанційне керування повітряними вимикачами
45. Система сигналізації на щиті керування (ЩК)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.викл. кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.



Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики

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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 години / 5 кредитів ECTS (лекцій – 72, практичних занять – 18, самостійна робота - 60)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 2 рази на тиждень; практичні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Матеєнко Юрій Петрович, myurix@ukr.net</i> Практичні: <i>к.т.н. Матеєнко Юрій Петрович, myurix@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjA0OTg2NzgyNjQz?cjc=zsh5s23</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістра «Електроенергетика та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є поглиблення у студентів наступних компетентностей:

ЗК01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК06. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК08. Здатність працювати автономно та в команді.

ФК01. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК08. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК09. Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

ФК17. Здатність до усвідомлення сучасного стану та розуміння перспектив розвитку електроенергетики та електромеханіки.

Програмні результати навчання:

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

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.

ПРН09. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

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

ПРН16. Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності.

ПРН18. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН19. Виявити проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН21. Аналізувати поточний стан електроенергетики та електромеханіки, розуміти та оцінювати напрямки та перспективи їх розвитку.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими опанування компонент практика та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **5 розділів**, а саме:

1. **Енергетична безпека держави**, до якого увійшли поняття про основні положення досліджень енергетичної безпеки держави, методичні положення досліджень енергетичної безпеки держави, сучасні енергетичні стратегії в світовій практиці.

2. **Енергетична безпека як складова національної безпеки України**, до якого ввійшли питання про основні пріоритети енергетичної безпеки України, прогнозування макроекономічних показників потреби України в паливно-енергетичних ресурсах.
3. **Основні напрями розвитку паливно-енергетичного комплексу України**, до якого ввійшли питання про стан об'єктів енергетичного комплексу, структуру паливно-енергетичного комплексу, стан і стратегія розвитку електроенергетичної галузі.
4. **Надійність об'єктів енергетики**, до якого ввійшли питання про надійність в енергетиці, вплив ринкових перетворень на надійність електроенергетичної галузі, тенденції у розвитку теорії надійності систем енергетики.
5. **Теоретичні задачі аналізу надійності об'єктів енергетики**, до якого ввійшли питання про показники надійності енергетичного обладнання енергоблоку, множина заданих функцій енергооб'єкта, обмеження в часі та вимогам функціонування, методи оцінки надійності об'єктів енергетики.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Визначення рівня енергетичної безпеки України: аналіт. доп. / [Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г., Рябцев Г. Л., Завгородня С. П.] ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2021. 71 с.
2. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж/ підручник/ А.В. Журахівський, С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, О.Р. Пастух. – Київ. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. Вид-во «Політехніка» 2017. – 456 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21488>
3. Основи теорії надійності в електроенергетиці . Практикум. Ю.П. Матеєнко, П.Л. Денисюк КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2019. – 28 с.
4. Є.П. Зайцев Теорія ймовірностей і математична статистика. Навч. посіб. – Київ. – Алерта. 2017. – 440 с.
5. Дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» <https://classroom.google.com/c/NjA0OTg2NzgyNjQz?cjc=zsh5s23>

Додаткові:

6. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання: аналіт. доп. / О. М. Суходоля. – Київ : НІСД, 2022. – 36 с.
7. Скловська Є.Г., Сердюк Б.М., Бахмачук С.В., Шевченко Т.Є. Економіка енергетики: Підручник. – К.: Каравела, 2020. – 492 с.
8. Огляд діяльності реформованих ринків електроенергії та тенденції ціноутворення на ринках електроенергії країн ОЕСР та Європейського Союзу./ НТЦЕ НЕК «Укренерго». 2015
9. Енергетична безпека України. Оцінка та напрями забезпечення. Під редак. Продан Ю.В., Стогній Б.С. НТУУ КПІ - К. 2008. - 400с.
10. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.

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	Енергетична безпека держави. Основні положення. Фактори енергетичної безпеки держави. Література: [1] с. 8-12 Завдання на СРС: Проаналізувати основні положення енергетичної безпеки держави.

	дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 1
2	Методологія досліджень енергетичної безпеки держави. Основні методичні положення досліджень енергетичної безпеки держави. Література: [1] с. 7-11 Завдання на СРС: Засвоєння основних методичних положень безпеки держави. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 2
3	Сучасні енергетичні стратегії в світовій практиці. Енергетичні стратегії провідних держав світу. Література: [1] с. 53-60. Завдання на СРС: Проаналізувати світові потреби в паливо-енергетичних ресурсах. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 3
4	Основні пріоритети енергетичної безпеки України. Завдання та напрями енергетичної безпеки України. Література: [1] с. 5-7 Завдання на СРС: Розгляд основних пріоритетів енергетичної безпеки. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 4
5	Прогнозування макроекономічних показників потреби України в паливно-енергетичних ресурсах. Література: [1] с. 11-20. Завдання на СРС: Проаналізувати потреби України в паливно-енергетичних ресурсах. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 5
6	Показники рівня енергетичної безпеки держави. Аналіз сучасного рівня енергетичної безпеки України. Література: [1] с. 25-31 Завдання на СРС: Проаналізувати сучасний рівень енергетичної безпеки України. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 6
7	Енергетичний потенціал України. Складові енергетичного потенціалу України. Література: [2] с. 52-82. Завдання на СРС: Розглянути складові енергетичного потенціалу України. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 7
8	Стан об'єктів енергетичного комплексу. Структура паливно-енергетичного комплексу. Література: [1] с. 21-40, Завдання на СРС: Стан об'єктів електроенергетичної галузі. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 8
9	Підвищення рівня енергетичної безпеки. Напрямок підвищення рівня енергетичної безпеки України. Література: [1] с. 252-270 Завдання на СРС: Проаналізувати шляхи підвищення рівня енергетичної безпеки України. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 9
10	Поняття надійності в енергетиці. Література: [2] с. 14-21 Завдання на СРС: Розглянути основні поняття надійності в енергетиці. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 10
11	Розвиток теорії надійності систем енергетики. Тенденції у розвитку теорії надійності систем енергетики. Література: [2] с. 21-32. Завдання на СРС: Проаналізувати сучасні тенденції у розвитку теорії надійності в енергетиці. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»

	лекція 11
12	Класифікація термінів, що характеризують комплексну властивість надійності об'єктів енергетики. Література: [2] с. 118-129. Завдання на СРС: Розглянути складові властивості надійності. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 12
13	Основні поняття про надійність енергоблока. Надійність як функціональна категорія якості. Література: [2] с. 10-19 Завдання на СРС: Проаналізувати складові надійності енергоблока. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 13
14	Показники надійності енергоблока. Одичні та комплексні показники надійності. Література: [2] с. 20-27 Завдання на СРС: Розглянути показники надійності. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 14
15	Відмови у роботі енергетичного обладнання. Причини відмов та їх класифікація. Література: [2] с. 50-58 Завдання на СРС: Проаналізувати причини відмов енергетичного обладнання. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 15
16	Аналітичний метод. Основні положення аналітичного метода. Література: [2] с. 60-78 Завдання на СРС: Практика застосування аналітичного метода. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 16
17	Основні положення таблично-логічного метода. Література: [2] с. 87-97. Завдання на СРС: Практика застосування таблично-логічного метода. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 17
18	Оцінка показників надійності за допомогою моделі дерева подій. Література: [2] с. 78-86 Завдання на СРС: Застосування моделі дерева подій при аналізі надійності. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 18
19	Застосування марковських випадкових процесів для при аналізі надійності енергооб'єктів. Література: [2] с. 123-131 Завдання на СРС: Практичне застосування марковських процесів в задачах аналізу надійності. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 19
20	Вибір резервів на електростанції. Види резервів та їх вибір на електростанції. Література: [2] с. 144-151 Завдання на СРС: Способи забезпечення резервування на електростанціях. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 20
21	Вибір резервів в енергосистемі. Види резервів та визначення величини резерва в енергосистемі. Література: [2] с. 151-159 Завдання на СРС: Забезпечення резервування в енергосистемі.

	дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 21
22	Режими роботи енергоблока. Література: [2] с. 218-224 Завдання на СРС: Розглянути режими роботи енергоблока. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 22
23	Стратегія забезпечення надійності енергетичного обладнання. Література: [2] с. 128-136 Завдання на СРС: Розглянути способи забезпечення надійності енергетичного обладнання. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 23
24	Статистична оцінка показників надійності. Методи обробки статистичної інформації. Література: [2] с. 37-46 Завдання на СРС: Розглянути методи обробки статистичної інформації. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 24
25	Аналіз надійності ТЕС і ГЕС. Література: [2] с. 6-12. Завдання на СРС: Практичне застосування показників надійності ТЕС і ГЕС. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 25
26	Аналіз надійності ТЕЦ. Література: [2] с. 13-15. Завдання на СРС: Практичне застосування показників надійності ТЕЦ. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 26
27	Аналіз надійності енергокомпаній. Література: [2] с. 16-18. Завдання на СРС: Практичне застосування показників надійності енергокомпаній. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 27
28	Вдосконалення структури енергетики. Світовий досвід організації структури енергетичної галузі. Основні положення енергетичної політики ЕС. Централізовані та децентралізовані об'єднання. Вертикально та горизонтально інтегровані компанії літературні джерела [12-13]; дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 28
29	Основне обладнання та енергетичні характеристики теплової електростанції. Чинники, що характеризують умови експлуатації енергетичного обладнання та впливають на його енергетичні характеристики. Технологічна і режимна економічність. літературні джерела [12-13]; дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 29
30	Організація енергетичного виробництва. Структури управління енергетичних компаній. Виробнича структура підприємства. літературні джерела [12-13], дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 30
31	Оперативне управління. Характеристики структур управління електромережних компаній. Форми організації обслуговування електроустановок електричних мереж. Системи постачання та розподілу електроенергії. літературні джерела [12-13], дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 31
32	Енергоринок України Моделі енергоринків – світовий досвід. Реформа ринку України. Реформування генерації. Передача електричної енергії та диспетчеризація.

	літературні джерела: [8-9] дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 32
33	Організацію купівлі-продажу електричної енергії на ринках двосторонніх договорів, на ринку РДН «на добу наперед», на ВДР(внутришньодобовий). Робота балансуючого ринку та ринку допоміжних послуг. літературні джерела: [12-13] дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 33
34	Показники ефективності роботи енергопідприємства. Шляхи їх підвищення. Нові рішення в обладнанні станцій . Енергетичні характеристики агрегатів та їх побудова. літературні джерела: [12-13] дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 34
35	Регулювання в енергетиці. Варіанти регулювання та світовий досвід. Нормативна основа регулювання . Третій енергетичний пакет ЄС та Закон «Про ринок електричної енергії». Створення нового ринку електроенергії літературні джерела: [12-13] дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 35
36	Основні енергетичні показники агрегатів електричної станції. Оперативне управління електростанцією. Виробнича структура електроцеху. літературні джерела [12-13] дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики» лекція 36

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Фактори енергетичної безпеки держави. Основні пріоритети енергетичної безпеки України. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
2	Показники рівня енергетичної безпеки держави. Шляхи підвищення рівня енергетичної безпеки. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
3	Основні поняття про надійність енергоблока. Показники надійності енергоблока. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
4	Застосування аналітичного методу. Застосування таблично-логічного методу. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
5	Оцінка показників надійності за допомогою моделі дерева подій. Практичне застосування марковських процесів при аналізі надійності енергооб'єкта. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
6	Вибір резервів на електростанції. Вибір резервів в енергосистемі. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
7	Режими роботи енергоблоку. Забезпечення надійності енергетичного обладнання. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
8	Статистична оцінка показників надійності. Показники надійності енергокомпаній. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»
9	Розрахунок показників надійності ТЕС і ГЕС. Розрахунок показників надійності ТЕЦ. дистанційний курс «Енергетична безпека та надійність об'єктів електроенергетики»

В кінці лекційного курсу, семінарських занять і самостійного опрацювання студентами запропонованих тем, програмою передбачено проведення модульної контрольної роботи, яка включає в себе питання за усіма темами курсу. Метою модульної контрольної роботи є визначення ступеню засвоєння студентами викладеного і самостійно опрацьованого матеріалу.

Індивідуальні завдання

Навчальним поаном не передбачено

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	43
2	Підготовка до практичних занять	11
3	Підготовка до МКР	2
4	Підготовка до заліку	4
	Всього	60

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 / семінарських заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент/аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на практичних / семінарських заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на Google-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика дедлайнів та перескладань: роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на 60% від можливої максимальної кількості балів за вид діяльності балів. Перескладання робіт відбувається за наявності поважних причин (наприклад, хвороба);
- 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;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соціальних мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР.

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

Семестровий контроль: МКР, залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий стартовий рейтинг (R_s) більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях.
- доповіді (виступи) на семінарських заняттях;

Експрес-опитування	Доповіді на семінарах	МКР	Rc	Rз	R
72	18	10	100	100	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 2 бали * 36 = 72 бали.

Критерії оцінювання

- вірна відповідь на поставлене питання викладачем – 2 бал;
- відповідь на поставлене питання викладачем в цілому правильна, але містить певні неточності – 1 бал;
- відповідь не правильна – 0 балів.

Відповіді під час проведення практичних занять

Ваговий бал: 2. Максимальна кількість балів за всі доповіді (виступи) на семінарських заняттях становить: 18 балів.

Критерії оцінювання:

- Повне розкриття теми доповіді (виступу). Розкрито не менше 90% потрібної інформації. Виступ у форматі усної доповіді без зачитування тексту «з листа». Таку доповідь характеризує творчий підхід до розкриття проблеми та глибоке розкриття теми: відображення власної позиції, використання електронної презентації для демонстрації об'єктів і подій, які не можуть бути безпосередньо представлені аудиторії, під час виступу доповідача. Тривалість виступу з доповіддю не менше 8 хвилин. Кількість балів, отриманих за таку доповідь складає: +2 бали;

- Достатньо повне розкриття теми доповіді (виступу). Тривалість виступу з доповіддю не менше 7 хвилин. Розкрито не менше 75% потрібної інформації або допущено незначні неточності. Кількість балів, отриманих за таку доповідь складає: +1 бал;

- Незадовільне розкриття теми доповіді (виступу). Тема доповіді (виступу) не розкрита. Розкрито менше 60% потрібної інформації або зроблено значні помилки. Така доповідь не може бути зарахована, кількість балів дорівнює нулю.

Примітки:

За одне семінарське заняття студент може зробити одну доповідь.

Модульна контрольна робота.

Ваговий бал: 1. Максимальна кількість балів за одну модульну контрольну роботу: 10 балів.

Критерії оцінювання:

- *Повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації): +9...+10 балів;*
- *Достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності): +8 балів.*
- *Неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки): +6...+7 балів.*
- *Незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації або значні помилки): 0 балів.*

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менш ніж 15 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 30 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менш ніж 30 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 60 балів).

Форма семестрового контролю – залік

У випадку неможливості отримання позитивної оцінки відповідно до семестрового рейтингу або непогодженням студента з нею, його рейтингова рейтинг анулюється і здається залікова робота, яка складається з двох теоретичних запитань.

Критерії оцінювання

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 100$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 95 - 100$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 85 - 94$ бали – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть процесів в об'єктах енергетики, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 74 - 84$ бали – студент частково відповідає на поставлені питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів в об'єктах енергетики. Відповіді послідовні але нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z = 61 - 73$ бали – студент частково відповідає на поставлені питання, показує знання, але припускається суттєвих помилок.

Рейтинг заліку $R_z \leq 60$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння аналізу надійності об'єктів енергетики, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль в додатку 1

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Матеєнко Ю.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

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

1. Розгляд факторів енергетичної безпеки держави.
2. Засвоєння основних методичних положень досліджень енергетичної безпеки держави.
3. Сучасні енергетичні стратегії в світовій практиці.
4. Розгляд основних пріоритетів енергетичної безпеки України.
5. Прогнозування макроекономічних показників потреби України в паливно-енергетичних ресурсах.
6. Аналіз показників рівня енергетичної безпеки держави.
7. Енергетичний потенціал України.
8. Стан об'єктів енергетичного комплексу.
9. Шляхи підвищення рівня енергетичної безпеки.
10. Поняття надійності в енергетиці.
11. Розвиток теорії надійності систем енергетики.
12. Класифікація термінів надійності енергооб'єктів.
13. Аналіз надійності енергоблока.
14. Оцінка показників надійності енергоблока.
15. Характеристика відмов енергообладнання.
16. Застосування аналітичного методу.
17. Застосування таблично-логічного методу.
18. Оцінка показників надійності за допомогою моделі дерева подій.
19. Практичне застосування марковських випадкових процесів при аналізі надійності електроустановок.
20. Вибір резервів на електростанції.
21. Вибір резервів в енергосистемі.
22. Розгляд режимів роботи енергоблока.
23. Забезпечення надійності енергетичного обладнання.
24. Методи статистичної оцінки показників надійності.
25. Показники надійності ТЕС і ГЕС.
26. Показники надійності ТЕЦ.
27. Показники надійності енергокомпаній.



Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем

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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ECTS (лекцій – 54, практичних занять – 36, самостійна робота - 60)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; практичні заняття – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, <i>nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i> Практичні: к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, <i>nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MjYxMDA3NDY5OTM1?cjc=mzrotys</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» складена відповідно до освітньої-наукової програми підготовки магістра «Електроенергетика та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є посилення у студентів наступних компетентностей:
ЗК08. Здатність працювати автономно та в команді.

ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

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

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими опанування компонент практика та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 4 розділи, а саме:

- 1. Вступ. Вплив відхилень частоти на роботу енергосистем,** в якому здійснюється уточнення понять і постановка задач протиаварійного управління; загальна характеристика системи протиаварійного управління; статичні характеристики за частотою: навантаження; установки власних потреб електростанцій; турбоагрегатів; керованість агрегатів електростанцій при відхиленнях частоти; мобілізацію резервів потужності; статичні характеристики енергосистеми по частоті, динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і відсутності резерву, що обертається; динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і за наявності резерву, що обертається та дії АРЧО.
- 2. Режимні принципи протиаварійної автоматики, що запобігає порушенню стійкості,** до якого ввійшли питання про основні режимні вимоги до АЗПС; функції АЗПС; особливості аварійних режимів дальніх електропередач; типові (спрощені) структури енергооб'єднань; запобігання порушення статичної та динамічної стійкості при роботі надлишкової системи паралельно з системою значно більшої потужності; випадок різкого зниження частоти в приймальній енергосистемі; запобігання порушення статичної та динамічної стійкості при роботі дефіцитної системи паралельно з системою значно більшої потужності; запобігання порушення статичної та динамічної стійкості при паралельній роботі систем сумірних за потужністю; вплив змін частоти на перетік потужності по міжсистемному зв'язку; ефективність аварійного управління потужністю паралельно працюючих енергосистем; автоматика «балансуючої дії».
- 3. Асинхронні режими і їх ліквідація,** до якого ввійшли питання про основні поняття асинхронного режиму - ковзання, коливання частоти, потужності, струмів і напруг, електричний центр хитань; вплив асинхронних режимів і процесу ресинхронізації на елементи енергосистеми; умови ресинхронізації; параметри асинхронного режиму в найпростішій схемі; способи ліквідації асинхронних режимів; особливості ресинхронізації ТЕС і ГЕС; аварійне управління потужністю парових турбін; аварійна мобілізація резервів потужності; форсування збудження генераторів; спеціальна автоматика відключення навантаження;
- 4. Обмеження небезпечних підвищень та знижень напруги і частоти,** до якого ввійшли питання про автоматику обмеження небезпечних підвищень напруги; автоматика обмеження небезпечних підвищень частоти в мережі енергосистем; призначення системи АЧР; основні вимоги до АЧР; категорії системи АЧР; принципи дії основних категорій АЧР; обсяг розвантаження; частотне АПВ.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Мельник В.П. Математичні моделі і методи аналізу режимів електроенергетичних систем. – К., 2005. – 608 с., іл.

2. Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. П. Болотний, Р. В. Вожаков, О. Л. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 7.24 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 203 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57394>
3. Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. П. Болотний, Р. В. Вожаков, О. Л. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.01 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 33 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57390>
4. Керівництво користувача PowerFactory 14.1.
5. Дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» <https://classroom.google.com/c/NjA0OTg2NzgyNjQz?cjc=zsh5s23>

Додаткові:

6. СОУ-Н МЕН 40.1 – 00100227 -68: 2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2012. – 29 с.
7. Вимоги до вітрових та сонячних фотоелектричних електростанцій потужністю більше 150кВт щодо приєднання для зовнішніх електричних мереж. Режим доступу: <http://ua.energy>.
8. СОУ-Н ЕЕ 04.156:2009. Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. Настанова. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2009. – 50 с
9. СОУ НЕК 20.571:2018. Визначення необхідних умов і алгоритмів врахування ВЕС та СЕС при налаштуванні протиаварійних автоматичних пристроїв, призначених для запобігання порушенню стійкості (АЗПС) у перетинах ОЕС України, на режим роботи яких вони мають вплив. Методичні рекомендації. – К.: ДП «НЕК «Укренерго», 2018.–53с.
10. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання: аналіт. доп. / О. М. Суходоля. – Київ : НІСД, 2022. – 36 с.
11. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.

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	Вступ. Значення дисципліни у підготовці фахівців галузі електроенергетики. Уточнення понять і постановка задач протиаварійного управління; загальна характеристика системи протиаварійного управління. літературні джерела [1] с. 5-7; дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 1
2	Вплив відхилень частоти на роботу енергосистем. літературні джерела [1]с. 8-10; дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 2
3	Статичні характеристики за частотою для різних типів навантаження.

	Статичні характеристики за частотою уставок власних потреб електростанції. Література: [1] с. 53-60. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 3
4	Статичні характеристики за частотою турбоагрегатів. Література: [1] с. 15-17 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 4
5	Керованість агрегатів електростанцій при відхиленнях частоти. Література: [1] с. 11-20. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 5
6	Мобілізація резервів потужності. Література: [1] с. 25-31 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 6
7	Статичні характеристики енергосистеми за частотою, динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і відсутності резерву, що обертається. Література: [1] с. 32-42. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 7
8	Динамічні характеристики енергосистеми за частотою при виникненні небалансу активної потужності і за наявності резерву, що обертається та дії АРЧО літературні джерела [1], с. 43-45; МКР дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 8
9	Режимні принципи противарійної автоматики, що запобігає порушенню стійкості. Основні режимні вимоги до АЗПС. Функції АЗПС. Література: [1] с. 50-57 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 9
10	Типові (спрощена) структури енергооб'єднань. Література: [1] с. 58-60 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 10
11	Запобігання порушення статичної стійкості міжсистемних зв'язків в загальному випадку, при будь-якому співвідношенні потужностей з'єднуються частин енергосистеми. Література: [1] с. 61-72. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 11
12	Противарійне управління потужністю енергосистем. Література: [1] с. 74-77. дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 12
13	Асинхронні режими і їх ліквідація. Література: [1] с. 80-89 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 13
14	Основні поняття асинхронного режиму: ковзання , коливання частоти , потужності, струмів і напруг, електричний центр хитань. Література: [1] с. 90-97 дистанційний курс «Противарійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 14
15	Збурення, що призводять до асинхронного режиму, аналіз результатів розрахунку з

	метою визначення вихідних даних для вибору та налаштування параметрів пристроїв АЛАР. Характер зміни електричних величин за двочастотного асинхронного режиму. Електричний центр асинхронного режиму Література: [1] с. 90-97 дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 15
16	Вимоги до пристроїв АЛАР, залежно від тяжкості впливу на режим роботи елементів енергосистеми. Швидкодійні пристрої АЛАР, пристрої, що діють на першому циклі асинхронного режиму, пристрої АЛАР, що діють після кількох циклів асинхронного режиму Література: [1] с. 100-108 дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 16
17	Вплив асинхронних режимів і процесу ресинхронізації на елементи енергосистеми. Умови ресинхронізації. Параметри асинхронного режиму в найпростішій схемі. Способи ліквідації асинхронних режимів. Особливості ресинхронізації ТЕС і ГЕС. Література: [1] с. 100-108 дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 17
18	Обмеження небезпечних підвищень напруги і частоти. Автоматика обмеження небезпечних підвищень напруги. Автоматика обмеження небезпечних підвищень частоти в мережі енергосистем. Література: [1] с. 110-112 дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 18
19	Автоматики обмеження зміни основних режимних параметрів; обмеження зниження напруги (АОЗН), обмеження підвищення частоти (АОЗЧ), Література: [1] с. 74-77. дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 19
20	Обмеження підвищення напруги (АОПН), автоматичне розвантаження обладнання (АРО). Література: [1] с. 80-89 дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 20
21	Запобігання небезпечних знижень частоти. Призначення системи АЧР. Основні вимоги до АЧР. Категорії системи АЧР. Література: [1] с. 127-130. дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 21
22	Процеси зміни частоти при дефіциті активної потужності та вичерпанні резерву, що швидко реалізується. Автоматика обмеження зниження частоти (АОЗЧ). Основні впливи на комплексі АОЗЧ. АЧР, як найважливіша складова АОЗЧ. Моделювання та аналіз АЧР. Література: [1] с. 112-118 дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 22
23	Основні вимоги до АЧР. Призначення та вибір параметрів АЧР-I та АЧР-II. Поєднання черг АЧР-I та АЧР-II. Використання фактора швидкості зниження частоти. Література: [1] с. 130-137. дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 23
24	Принципи дії основних категорій АЧР. Обсяг розвантаження. Частотне АПВ. Література: [1] с. 140-146 дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем» лекція 24
25	Запобігання порушенню стійкості в енергосистемі з дефіцитом потужності. Література: [1] с. 61-72. дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 25
26	Частотна ділильна автоматика (ЧДА). Література: [1] с. 140-146 дистанційний курс «Протиаварійне керування режимами енергосистем» лекція 26

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (комп'ютерний практикум)
1	Формування цифрової моделі для розрахунку режимів ЕЕС дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
2	Дослідження статичної стійкості електростанції енергосистеми дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
3	Дослідження динамічної стійкості електростанції енергосистеми дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
4	Визначення запасу стійкості вузла навантаження по напрузі дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
5	Моделювання самозапуску двигунів власних потреб електростанції дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
6	Дослідження впливу системи автоматичного регулювання збудження на стійкість електростанції дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
7	Дослідження роботи системи автоматичного частотного розвантаження в енергосистемі дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
8	Моделювання пристроїв протиаварійної автоматики дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»
9	Дослідження впливу джерел розосередженої генерації стійкість ЕЕС дистанційний курс «Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем»

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	18
2	Виконання розрахунково-графічної роботи	10
3	Підготовка до МКР	2
4	Підготовка до заліку	30

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання практичних занять з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту практичних занять: допускається як індивідуальний захист, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому практичному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.

- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);
- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту практичних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, РГР, розв'язки задач

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, МКР, зарахування усіх практичних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист дев'яти комп'ютерних практикумів;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Практичні заняття	РГР	МКР	Rc	Rз	R
36	27	17	20	100	100	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

2 бала * 18 = 36 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 2;

Виконання та захист робіт на практичних заняттях

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів за всі роботи дорівнює $3 \times 9 = 27$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 3 бали;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2 бала;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу роботи – 1 бал;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 17.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 17 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7...16 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох теоретичних питань
Максимальний бал за МКР – 20.

Критерії оцінювання

- повне виконання – 20;
- недосконале виконання – 10;
- відсутність роботи – 0.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менш ніж 15 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 50 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менш ніж 30 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 50 балів).

У випадку неможливості отримання позитивної оцінки відповідно до семестрового рейтингу або непогодженням студента з нею, його рейтингова оцінка анулюється і здається залікова робота, яка складається з двох теоретичних запитань.

Форма семестрового контролю – залік

Критерії оцінювання

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 100$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 95 - 100$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 85 - 94$ бали – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть процесів в об'єктах енергетики, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 74 - 84$ бали – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть перехідних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z = 61 - 73$ бали – студент частково відповідає на поставлені питання, показує знання, але припускається суттєвих помилок.

Рейтинг заліку $R_z \leq 60$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті перехідних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль в додатку 1

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М. П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА(протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

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

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

Відключення генераторів як засіб збереження стійкості
Надійність та живучість ЕЕС
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні відключення генераторів
Електричне гальмування як засіб збереження стійкості
Автоматика ліквідації асинхронного режиму як засіб збереження стійкості
Перенапруги на роторі в асинхронному режимі
Автоматика обмеження зниження напруги як засіб збереження стійкості
Лавина частоти та її причини
Асинхронний режим в енергосистемах
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні відключення генераторів
Автоматика обмеження підвищення напруги як засіб збереження стійкості
Лавина напруги та її причини
Відключення навантаження як засіб збереження стійкості
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні відключення генераторів
Автоматика обмеження зниження частоти як засіб збереження стійкості
Вибір параметрів АЧР
Зміна електричних величин при асинхронному режимі
Статичні характеристики системи при зміні частоти в усталеному режимі
Автоматика обмеження підвищення частоти як засіб збереження стійкості
Призначення пристрою АЧР та вимоги, що висуваються до пристроїв АЧР
Самосинхронізація
Динамічні характеристики системи при зміні частоти
Причини, що визначають небезпеку асинхронного режиму для енергосистеми
Основні цілі протиаварійної автоматики
Автоматичне повторне включення із синхронізмом
Перехідні процеси в ЕЕС та їх групи
Автоматичне повторне включення без синхронізма
Ресинхронізація
Відключення ЛЕП без АПВ
Заходи режимного характеру для збереження стійкості
Автоматика попередження порушення стійкості як засіб збереження стійкості
Класифікація режимів роботи ЕЕС
Критерій ресинхронізації
Характеристика аварійного режиму ЕЕС
Автоматика обмеження пошкодження обладнання як засіб збереження стійкості
Стадії тривалого перехідного процесу
Принципи автоматичного регулювання та обмеження індивідуальних перетоків потужності
Призначення автоматичного регулювання збудження синхронних генераторів
Проста об'єднана система
Статична стійкість слабких зв'язків
Принципи, що викликають необхідність регулювання та обмеження індивідуальних перетоків потужності по окремим ЛЕП
Динамічна стійкість слабких зв'язків
Принципи економічного розподілу активного навантаження між електростанціями
Характеристика тривалих перехідних процесів в ЕЕС
Принципи вибору потужності генераторів, що відключається при використанні

відключення генераторів

Асинхронний режим при включенні АРВ

Перехідні процеси по частоті та потужності в нерегульованій системі

Ресинхронізація частини системи, об'єднаних слабким зв'язком

Автоматичний розподіл реактивного навантаження між паралельно працюючими генераторами

Характеристики режиму простої системи при несинхронній швидкості синхронної машини

Технічні засоби для встановлення коефіцієнта статизма

Протиаварійна автоматика та її функції

Особливості розподілу реактивної потужності між генераторами, включеними по блочній схемі, порівняно з безпосереднім паралельним з'єднанням генераторів

Ресинхронізація синхронних генераторів, працюючих в асинхронному режимі при швидкості більше синхронної

Характеристика процесу виникнення раптового небалансу потужності

Динаміка системи при раптовому небалансі потужності

Види протиаварійного регулювання та їх взаємодія

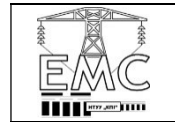
Імпульсне розвантаження турбін та тривале розвантаження турбін

Процеси в енергосистемі при виникненні дефіциту потужності в умовах вичерпання ресурсу діапазону регулювання потужності турбін

Принцип регулювання частоти та примусової дії на розподіл активної потужності між генераторами



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	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова, ПВ5
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	7 кредитів ЄКТС, 210 годин (лекції – 72, практики – 18, СРС – 120)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит/МКР
Розклад занять	https://schedule.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/NjE5OTk0OTAzODQ2?cjc=ry6e66v

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 використанню 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", 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 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 - вишукування 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 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 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 функції дисконтованих витрат, формування цільової функції й обмежень лінійної моделі. Особливості оптимізації виробітку 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 - вишукування 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 - вишукування 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 І) (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. 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. Література [1], с. 7 - 12, [2], с. 7-14, [10], с. 87-106.
26	Тема 3.1. Постановка та основні особливості задачі оптимізації розвитку електричних 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.

	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.
34	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.
35	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.
36	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.

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 PCO 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 PCO 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 (PCO)

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:

<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>

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.)



Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій

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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/ дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS /150 годин (лекцій – 36, лабораторних занять –10, практичних занять – 8, самостійна робота - 66)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР/РГР/тестування з л.р.</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; практичні та лабораторні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., доцент Остапчук Олександр Володимирович, O.Ostapchuk@kpi.ua</i> Практичні: <i>к.т.н., Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i> Лабораторні: <i>Вожаков Роман Вікторович, vzhakov-fea@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTU5NzU3NjkwNjg1?cjc=kpvfm75</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів «Електроенергетика та електромеханіка», спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є розширення та підсилення у студентів наступних компетентностей:

ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Програмні результати навчання:

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

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

ПРН23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін, а саме: «Теорія автоматичного керування». Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для проходження практики та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

*Дисципліну структурно розподілено на **2 розділи**, а саме:*

1. Основи побудови автоматизованих систем управління (АСУ), до якого увійшли визначення та загальна характеристика АСУ. Об'єкт управління (ОУ) та управляюча частина АСУ. Компоненти та класифікація АСУ: підприємствами (АСУ П) та АСУ технологічними процесами (АСУ ТП). Узагальнена функціональна схема АСУ ТП. Інформаційні функції: контроль, діагностика, прогнозування, регулювання та управління. Поняття про оптимальне управління, автоматичний та автоматизований контури управління. Структура комплексу технічних засобів АСУ ТП. Пристрої вводу-виводу інформації, виконавчі пристрої та локальні системи автоматичного регулювання. Сучасна структура управляючого обчислювального комплексу (УОК) АСУ ТП. Визначення та загальна характеристика інформаційного, математичного та програмного забезпечення АСУ ТП. Визначення та структура об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України. Загальна організаційна схема технологічного управління ОЕС. Схема та головні задачі оперативно-диспетчерського управління ОЕС. Задачі управління режимом електростанції.

2. Забезпечення процесу керування показників енергоблоків електростанцій та основи теорії оптимізації в умовах електричних станцій до якого увійшли інформаційні функції та функції управління АСУ ТП по енергоблоку. Інформаційні функції та функції управління АСУ ТП по ТЕС. Концепція побудови АСУ ТП енергоблоків. Управління в режимі радника оператора. Супервізійне управління. Централізоване цифрове управління на основі програмно технологічного комплексу. Інформаційні функції, що виконує АСУ ТП оперативно та неоперативно. Керуючі функції, що виконує АСУ ТП автоматично та дистанційно на блочному та станційному рівні. Способи реалізації інформаційних функцій АСУ ТП. Оптимізація процесу управління електростанціями. Електростанція як об'єкт управління в об'єднаній ЕЕС. Підсистеми об'єкта управління у вигляді інтегрованої АСУ ТП (на прикладі АСУ ТП ТЕС). Можливі варіанти побудови структур АСУ. Інформаційно-алгоритмічна структура системи АСУ (Приклади реалізації систем).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах. О.С. Яндульський, А.О. Стелюк, М.П. Лукаш; під загальною редакцією О.С. Яндульського, К.НТУУ «КПІ», 2010.-88с.

2. Дуель М. А. Автоматизоване управління об'єктами та технологічними процесами теплових та атомних електростанцій / М. А. Дуель. – Харків, ПП «КіК», 2010. – 448 с.

3. Артюх С.Ф., Дуель М.А., Шелепов І.Г. Автоматизовані системи керування технологічними процесами в енергетиці. Харків 2001 р. 392 с.

4. Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов І.Г. Автоматизовані системи керування енергогенеруючими установками електростанцій. Харків 2000 р. 448 с.

5. Мельник В.П. Математичні моделі і методи аналізу режимів електроенергетичних систем. – К., 2005. – 608 с., іл.

6. *Методи оптимізації та дослідження операцій [Текст] : навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с.*

7. *Панченко С.В., Медиченко М.П., Лисечко В.П. Методи оптимізації та моделювання: навч. посібник – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Ч.1. – 128 с.*

8. *Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електричні станції» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Остапчук, Р. В. Вожаков, М. П. Болотний. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,07 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 61 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57384>*

9. *Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Остапчук, Р. В. Вожаков, М. П. Болотний. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.01 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 32 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57391>*

10. *Дистанційний курс «АСУ та ОРЕС» <https://classroom.google.com/c/MTU5NzU3NjkwNjQ1?cjc=kpvfm75>*

Додаткові:

1. *Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов І. Г. Основи автоматизованих систем керування енергогенеруючими установками електростанцій. Харків, 1998 р. 322 с.*

2. *«Концепція побудови і реконструкції АСУ енергопостачальних компаній (ГАЭК) в умовах переходу енергетики України до ринкових відносин». Київ, Міністерство енергетики й електрифікації України, 29.08.1996р.*

3. *А.О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с.*

4. *Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: навчальний посібник. - Черкаси: Брама-Україна, 2005. - 608 с.*

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	Вступ. Мета і задачі кредитного модуля «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» і його місце серед дисциплін спеціальності. Принципи побудови систем АСУ, основні поняття та визначення. літературні джерела: Л1, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 1 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjQ1/t/all
2	Класифікація та складові частини АСУ. Функціональна частина АСУ ТП літературні джерела: Л2, Л3, Л5, Л6. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 2 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjQ1/t/all
3	Технічна частина АСУ ТП (комплекс технічних заходів)

	літературні джерела: Л3, Л4, Л6 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 3 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
4	Інформаційна та математична частина АСУ ТП. Загальна структура управління електроенергетикою літературні джерела: Л1-Л4, Л5. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 4 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
5	Електростанція, як об'єкт управління в об'єднаній енергосистемі літературні джерела: Л1, Л2, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 5 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
6	Рівні управління і підсистеми контурів оперативно-диспетчерського та виробничо-господарського управління для АСУ ТЕС. літературні джерела: Л1, Л2. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 6 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
7	Загальностанційні завдання АСУ електростанцією. літературні джерела: Л2, Л3, Л6. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 7 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
8	Автоматизовані системи управління енергоблоків. МКР-1. Література: Л2, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 8 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
9	Принципи автоматизованого управління технологічними об'єктами. літературні джерела: Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 9 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
10	Критерії оптимальності управління енергоблоками. літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 10 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
11	Особливості управління енергоблоками, завдання та функції АСУ для різних режимів роботи літературні джерела: Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 11 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
12	Функції АСУ енергоблоком ТЕС і АЕС літературні джерела: Л1, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 12 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all

13	Технічні засоби контролю та управління енергоблоками Ч.1 літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 13 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
14	Технічні засоби контролю та управління енергоблоками Ч.2 літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 14 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
15	Структура АСУ енергоблоку (можливі варіанти) літературні джерела: Л2, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 15 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
16	Інформаційно-алгоритмічна структура АСУ енергоблоку літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 16 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
17	Реалізація технічної структури АСУ енергоблоком. Ч1. літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 17 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all
18	Реалізація технічної структури АСУ енергоблоком. Ч2. літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 18 https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all

Лабораторні заняття

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи	Кількість годин
1	Лабораторна робота №1 Пошук мінімуму функції однієї змінної методом Ньютона Мета роботи — ознайомитися з основними положеннями методу Ньютона для розв'язання задачі оптимізації з цільовою функцією однієї змінної та з програмною реалізацією цього методу; з допомогою комп'ютерної програми знайти мінімум (максимум) заданої цільової функції та дослідити збіжність методу. Література: Л1, Л9 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all	2
2	Лабораторна робота №2 Пошук мінімуму функції багатьох змінних методом Ньютона Мета роботи – ознайомитися з основними положеннями методу Ньютона для розв'язання задачі оптимізації з цільовою функцією багатьох змінних та з програмною реалізацією цього методу; з допомогою комп'ютерної програми знайти мінімум (максимум) заданої цільової функції та дослідити збіжність методу.	2

	Література: Л1, Л9 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all	
3	Лабораторна робота №3 Пошук мінімуму функції найпростішим градієнтним методом Мета роботи – ознайомитися з алгоритмічною та програмною реалізацією найпростішого градієнтного методу (з постійним кроком) для розв'язання задачі безумовної оптимізації з цільовою функцією багатьох змінних величин; з допомогою комп'ютерної програми знайти мінімум (максимум) заданої цільової функції для заданих вхідних даних та дослідити збіжність методу. Література: Л1, Л9 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all	2
4	Лабораторна робота №4 Пошук мінімуму функції градієнтним методом найшвидшого спуску Мета роботи – Ознайомитися з алгоритмічною та програмною реалізацією градієнтного методу найшвидшого спуску для розв'язання задачі безумовної оптимізації з цільовою функцією багатьох змінних величин; з допомогою комп'ютерної програми знайти мінімум (максимум) заданої цільової функції для заданих вхідних даних та дослідити збіжність методу. Література: Л1, Л9 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all	2
5	Лабораторна робота №5 Пошук мінімуму функції методом покоординатного спуску Мета роботи – Ознайомитися з алгоритмічною та програмною реалізацією методу покоординатного спуску для розв'язання задачі безумовної оптимізації з цільовою функцією багатьох змінних величин; з допомогою комп'ютерної програми знайти мінімум (максимум) заданої цільової функції для заданих вхідних даних та дослідити збіжність методу. Література: Л1, Л9 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all	2

Практичні заняття

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин
1	Аналіз функціонування систем управління генерацією в електроенергетичних системах та розрахунок потужностей енергоблоків електростанцій та частоти при первинному регулюванні.	2
2	Розрахунок режимів працюючих енергоблоків електростанцій при зміні уставок МЗЧО турбіни по статичним характеристикам енергоблоків, розрахунок режимів паралельно працюючих енергоблоків електростанцій при зміні заданої потужності АРП.	2
3	Розрахунок режимів паралельно працюючих енергоблоків частоторегуючої електростанції методом ведучого генератора, дольового статизму та інтегрального відхилення частоти	2

4	<i>Розрахунок режимів регулювання частоти та обмінної потужності в об'єднаній енергосистемі методом внутрішнього статизму. Аналіз графіку процесу вторинного регулювання у часі. Розрахунок потужності вторинного резерву на електростанціях.</i>	2
---	---	---

6. Самостійна робота студента

№з /п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	9
2	Підготовка до лабораторних занять	5
3	Підготовка до практичних занять	4
4	Підготовка до МКР	2
5	Виконання РГР	16
6	Підготовка до екзамену	30
	Всього	66

Модульна контрольна робота

Згідно РСО за період навчання запланована 1 модульна контрольна робота відповідно до розділу: Основи побудови автоматизованих систем управління. Модульна контрольна робота містить 1 теоретичне питання, яке оцінюється у 10 балів. Ваговий бал МКР – 10 балів.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правилом відвідування занять не передбачено оцінка присутності або відсутності здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нарахування заохочувальних або штрафних балів. Відпрацювання та захист лабораторних робіт і РГР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації в інтернеті та дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента. В умовах дистанційного навчання захист лабораторних робіт здійснюється складанням тесту за змістом ЛР;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист індивідуальної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами її перевірки (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);
- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховуються за виконання додаткових завдань та самостійного вивчення додаткових розділів.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: виконання МКР, виконання та захист лабораторних робіт і РГР.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за РГР, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий стартовий рейтинг (R_S) більше 25 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску: не отримано R_L і R_R $R_S = R_L + R_P + R_M + R_R < 25$ балів	Не допущено

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

- виконання та захист лабораторних робіт (R_L);
- активність на практичних заняттях (R_P);
- виконання індивідуальної роботи (РГР) (R_R);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР) (R_M);
- відповідей на екзамені (R_E).

Лабораторні роботи (R_L)	Практичні заняття (R_P)	МКР (R_M)	РГР (R_R)	Екзамен (R_E)
15	10	10	15	50

Лабораторні роботи

Ваговий бал. Максимальна кількість балів за лабораторні роботи складає $5 \cdot 3 = 15$ балів.

На лабораторних роботах студенти досліджують методи оптимізації у розрахунках параметрів систем управління електричних станцій за заздалегідь визначеним графіком. Для допуску до поточної лабораторної роботи студент повинен мати протокол, який оформлений відповідно до вказівок лабораторного практикуму. Рівень засвоєння лабораторних робіт оцінюється за допомогою захисту лабораторної роботи.

УВАГА! Захист усіх лабораторних робіт є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили лабораторні роботи, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

Практичні роботи

Ваговий бал. Максимальна кількість балів за активність на практичних заняттях (розв'язування задач), складає $4 \cdot 2,5 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь – 2,5;
- неповна відповідь, є незначні помилки – 2;
- неповна відповідь, є суттєві помилки – 1;
- незадовільна відповідь – 0.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР складає 10 балів.

Критерії оцінювання.

- бездоганна робота та містить несуттєві помилки – 8...10 балів;
- є певні недоліки при викладенні основного матеріалу – 6...7 балів;
- є грубі помилки при викладенні основного матеріалу – 3...5 балів;
- робота не виконана зовсім або виконана частково – 0...2 бали.

Перескладання МКР не заплановане.

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Ваговий бал МКР складає 15 балів.

Відповідно до навчального плану, кожен студент виконує РГР «Розподіл навантаження між регулюючими агрегатами електростанцій при вторинному регулюванні» за отриманим варіантом.

Критерії оцінювання.

- бездоганна робота – 14...15 балів;
- є певні недоліки при розрахунках та викладенні графічного матеріалу – 11...13 балів;
- є грубі помилки при виборі обладнання та викладенні графічного матеріалу – 8...10 балів;
- не виконана робота – 0 балів.

Календарний контроль

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 15 балів та виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації). Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 15 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) за умови зарахування РГР.

Максимальний рейтинг за семестр, визначається з виразом:

$$R_S = R_L + R_P + R_M + R_R = 15 + 10 + 10 + 15 = 50 \text{ балів}$$

Додаткові бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 5 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть отримані за виконання додаткових завдань на лекціях.

Додаткові завдання та лекції

Додаткові лекції – це теми на самостійне опрацювання, які забезпечать здобувачам посилення теоретичних знань з дисципліни. Ваговий бал – 0,5. Максимальна кількість балів за опрацювання додаткових лекцій – $0,5 \text{ балів} \cdot 10 \text{ лекцій} = 5 \text{ балів}$. Бали здобувачі отримують за завантаження на платформу курсу конспекту опрацьованої лекції.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та задачі

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену $R_E = 50$ балів.

Рейтинг екзамену $R_E = 46 - 50$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_E = 36 - 45$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_E = 25 - 35$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_E \leq 25$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів, які вивчав, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до загальної оцінки згідно з таблицею:

$$R = R_S + R_E = 50 + 50 = 100 \text{ балів}$$

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або РГР	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.т.н. Остапчуком О.В.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.



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



Кафедра відновлюваних
джерел енергії ФЕА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова, ПВ4
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити/ECTS 120 годин (лекцій-36, практичних занять-18, самостійна робота-66)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	Лекційні заняття-1 раз на тиждень, практичні заняття-1 раз на два тижні.
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Бардик Євген Іванович, 0501881731 Практичні: асистент Бондаренко Олександр Леонідович, 0973211804
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Інтелектуальні системи діагностики та прийняття рішень» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів: «Електроенергетика та електромеханіка», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

K01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

K12. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K13. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K22. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K23. Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K24. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

K26. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

K28. Здатність до створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

ПР01. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПР05. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПР07. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР14. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПР19. Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. При вивченні питань присвячених створенню моделей ідентифікації і прогнозування технічного стану, аналізу ризику експлуатації електрообладнання для експертних систем підтримки прийняття рішень потрібні також знання з теорії електричних машин, трансформаторів, експлуатації і режимів роботи електрообладнання ЕЕС, теорії нечітких множин, нейронних мереж та теорії надійності в електроенергетиці. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електростанцій та «Сучасні методи і моделі аналізу режимної надійності електроенергетичних систем», а також для якісного виконання наукових досліджень за темою магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **7 розділів**, а саме:

- 1. Вступ.** *Загальні відомості про експертні системи, основи теорії експертних систем, розробка експертних систем, до якого увійшли питання щодо призначення, місця і структури експертних систем, взаємозв'язку експертних систем та штучного інтелекту, подання знань та когнітивного моделювання, класифікації експертних систем, рівнів, стадій та засобів розробки експертних систем.*
- 2. Моделі подання знань, бази знань та нечітке логічне виведення,** *до якого увійшли питання присвячених мовам та моделям подання знань, використанню теорії графів, фреймів; логічної побудови та логічних моделей; нечітким знанням і їх формальному зображенню, основним принципам нечіткого моделювання, побудови матриці знань, основам нечіткої логіки, логічним операціям з нечіткими висловлюваннями.*
- 3. Сучасні концепції інформаційних систем технічної діагностики,** *до якого увійшли питання щодо напрямків розвитку систем технічної діагностики електрообладнання енергосистем, завдань технічної діагностики в електроенергетиці, особливостей оцінки технічного стану електрообладнання, сучасних методів і систем оцінки технічного стану електрообладнання; діагностування в життєвому циклі елементів електроустаткування, систем робочого і тестового діагностування, використання теорії розпізнавання образів та прийняття рішень для класифікації технічних станів електрообладнання.*
- 4. Контроль працездатності, методи і алгоритми пошуку дефектів та діагностування технічного стану електрообладнання,** *до якого увійшли питання, пов'язані з визначенням області працездатності об'єкта, методам контролю працездатності за сукупністю контрольованих параметрів, методам побудови алгоритмів пошуку дефектів, заснованих на показниках надійності, таблиць станів та розпізнаванні образів, застосуванні методу Байєса для діагностування технічного стану електрообладнання.*
- 5. Моделі прогнозування технічного стану і ресурсу працездатності електрообладнання для експертних систем підтримки прийняття рішень,** *до якого увійшли питання щодо проблем безперервного моніторингу електрообладнання і задач прогнозування змінення технічного стану і надійності електрообладнання, механізмів і математичних моделей розвитку дефектів, розробки структурних схем та узагальненої моделі оцінки стану обладнання з урахуванням розвитку дефекту; вибору і використання методів аналітичного, імовірнісного прогнозування ресурсу та статистичної класифікації.*
- 6. Математичні методи і моделі аналізу ризику експлуатації електрообладнання електростанцій,** *до якого увійшли питання, пов'язані з обґрунтуванням і вибором методів оцінки ризику експлуатації електрообладнання, визначенням факторів ризику та критеріїв вибору оптимальних рішень в умовах ризику, побудовою ієрархічних схем факторів ризику пошкодження об'єкта, розробкою нечітких моделей і алгоритмів оцінки ризику експлуатації електрообладнання енергосистем.*
- 7. Сучасні системи автоматизованого контролю та експертні системи діагностування технічного стану силового електрообладнання електростанцій,** *до якого увійшли питання, пов'язані з визначенням вимог до систем автоматизованого контролю силового електрообладнання електростанцій та підстанцій, характеристиками сучасних комплексних автоматизованих систем TPAS(США), Siemens(ФРН), ABB Secheron(Швеція), застосуванням експертних системи діагностування технічного стану силового електрообладнання енергосистем.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Згуровський М.З., Зайченко Ю.П. *Моделі і методи прийняття рішень в нечітких умовах*. -Київ .: “ Наукова думка “, -2011 . -280 с.
2. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. *Експертні технології прийняття рішень : монографія*. Харків : Щедра садиба плюс, 2017. 296 с.
3. *Математичне моделювання в електроенергетиці: підручник для ВНЗ/О.В. Кириленко, Н.С. Сегеда, О.Ф. Буткевич, Т.А. Мазур, за ред. О.В. Кириленка; Львів. Видавництво Нац. Університету «Львівська політехніка», 2012.- 357с.*
4. *Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм : монографія / В. П. Лисенко та ін. Київ : НУБіП України, 2014. 332 с.*
5. Зайченко Ю.П. *Основи проектування інтелектуальних систем*. Київ : Видавничий дім «Слово», 2004. 353 с.
6. Литвин В. В. *Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень : монографія*. Львів : Вид-во Львів політехніки, 2011. 240 с. .
7. Костерев М.В., Бардик Є.І. *Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем // К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 131 с.*
8. Кутін В.М. *Діагностика електрообладнання:навчальний посібник/В.М. Кутін,М.О. Ілюхін, М.В. Кутіна.- Вінниця: ВНТУ, 2012.-215С.*
- 9.Бардик Є. І., Бондаренко О. Л. *Нечітке моделювання комутаційного обладнання для задач оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій в енергосистемі при відмовах електрообладнання. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. № 4. С. 75–86. URL: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2022.273409>.*
10. Костерев М. В., Бардик Є. І., Литвинов В. В. *Оцінка імовірності відмови електрообладнання при керуванні режимами електричної системи. Наукові праці ДНТУ. «Електротехніка і енергетика». 2011. №1 (186). С. 199–204.*
11. Ge H. *Maintenance Optimization for Substations with Aging Equipment: A dissertation for the degree of Phd. Lincoln, Nebraska. 2010. 212 p.*
12. Бардик Є.І., Костерев М.В., Литвинов В.В. *Нечітке моделювання технічного стану високовольтних вимикачів. НТУУ "КПІ", "Наукові вісти", №1, 2011.- С.12-18.*
13. Klemptner G. *Handbook of Large Turbo-Generator Operation and Maintenance, Third Edition / G. Klemptner, I. Kerszenbaum. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2018. – 1032 p.*
14. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. New York: Springer, 2009. 745 p.*

15. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб./ О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабальук. – К: НТУУ «КПІ», 2014. – 212 с. – Бібліогр.: с.205. – 300пр.

16. Бардик Є. І. Прогнозування змінення ресурсних параметрів високовольтних вимикачів на основі теорії нечітких часових рядів. Гідроенергетика. 2011. № 3. С. 63–68.

17. Risk-Based Dynamic Security Assessment for Power System Operation and Operational Planning / E. Ciapessoni et al. *Energies*. 2017. Vol. 10, no. 4. P. 475. URL: <https://doi.org/10.3390/en10040475>.

18. Бардик Є. І., Бондаренко О. Л. Оцінка режимної надійності електроенергетичної системи на основі визначення індексу ризику при відмовах вузлів навантаження з відповідальними споживачами. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2019. № 2(16). С. 105–117. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2\(16\)-105-117](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2(16)-105-117).

19. Бардик Є. І., Болотний М. П., і Бондаренко О. Л. Визначення ризику порушення нормального режиму енергосистеми при плановому і аварійному виведенні з експлуатації електрообладнання. *Вісник ВПІ*. 2021. № 2. С. 54–62. URL: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-155-2-54-62>.

Додаткові:

20. Бардик Є. І. Моделі оцінки надійності схем електропостачання власних потреб АЕС від незалежних джерел при нечітко заданих параметрах відмов електрообладнання. *Праці ІЕД НАНУ*. 2014. № 37. С. 34–38.

21. Бардик Є. І. Моделювання і оцінка ризику відмови системи електропостачання власних потреб АЕС від зовнішніх незалежних джерел живлення. Наукові вісті НТУУ «КПІ». 2015. № 2. С. 7–18.

22. Kosterev, M.V., Bardyk, E.I., Litvinov, V.V. Risk estimation of induction motor fault in power system *WSEAS TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS*. -- 2013, October, Vol. 18.,p. 217-226.

23. Razi-Kazemi A. A. Circuit breaker condition assessment through a fuzzy-probabilistic analysis of actuating coil's current. *IET Generation, Transmission & Distribution*. 2016. Vol. 10, no. 1. P. 48–56. URL: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2014.1236>.

24. A Probabilistic Risk Assessment and Control methodology for HVAC electrical grids connected to multiterminal HVDC networks / E. Ciapessoni et al. *IFAC Proceedings Volumes*. 2011. Vol. 44, no. 1. P. 1727–1732. URL: <https://doi.org/10.3182/20110828-6-it-1002.02739>.

25. Hu R. Cascading Failure Risk Assessment Considering Protection System Hidden Failures. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications*. 2016. Vol. 4, no. 2. P. 50. URL: <https://doi.org/10.11648/j.ijmea.20160402.13>.

26. Бардик Є. І., Костерев М. В., Болотний М. П. Імовірнісно-статистичне моделювання ЕЕС для оцінки ризику відмови силового трансформатора при короткому замиканні в електричній мережі.

27. Бардик Є. І., Болотний М. П. Моделювання і оцінка ризику відмови силового трансформатора при збуреннях в зовнішній електричній мережі. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2015. № 5 (94). С. 56–64.

28. Бардик Є. І., Болотний М. П., Коваль Я. С. *Визначення слабких за надійністю силових трансформаторів енергосистем за результатами оцінки ризику відмови через збурення в зовнішній електричній мережі. Наукові вісті КПП : міжнародний науково-технічний журнал*. 2021. № 2 (116). С. 28–37. <https://doi.org/10.1109/pmaps.2010.5528993>.

29. Костерев М. В., Бардик Є. І., Возжаків Р. В. *Нечітке моделювання ЛЕП для оцінки ризику зниження надійності електропостачання. Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2011. № 6. С. 159–163.

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	Загальні відомості про експертні системи. Призначення й місце експертних систем. Переваги штучної і природньої компетентності. Структура експертних систем. Класифікація експертних систем. Література: [1-8]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень» , лекція 1
2	Основи теорії експертних систем. Взаємозв'язок експертних систем та систем штучного інтелекту. Проблематика штучного інтелекту. Напрямки розвитку систем штучного інтелекту. Подання знань та вирішення задач. Системи самонавчання. Когнітивне моделювання. Вплив штучного інтелекту на ідеологію програмування. Експертні системи як різновид штучного інтелекту. Література: [1,3,5,8] . дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень» , лекція 2
3	Розробка експертних систем. Умови доцільності розробки експертних систем. Рівні розробки експертних систем: демонстраційний, дослідницький, експлуатаційний, промисловий, комерційний прототипи експертних систем. Стадії розробки експертних систем. Засоби розробки експертних систем. Література: [1,3,8,9]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень» , лекція 3
4	Знання та моделі їх подання. Знання як інформаційна основа інтелектуальних систем. Мови подання знань. Продукційна модель. Семантичні мережі. Елементи теорії графів. Фрейми. Структури фреймів. Логічні побудови та логічні моделі. Література: [1,2,7,9,10] . дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень» , лекція 4

5	Нечіткі знання, їх формальне зображення та база. Поняття нечіткої множини та лінгвістичної змінної. Операції над нечіткими множинами. Головні принципи нечіткого моделювання. Фазифікація змінних величин. Алгоритм побудови матриці знань. Література: [1,4,5,7,9,10]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 5
6	Нечітке логічне виведення. Машина виведення і її функції. Правило <i>modus ponens</i>. Цикл роботи інтерпретатора продукцій. Стратегії керування виведенням. Пряме і обернене виведення. Методи пошуку в глибину і ширину. Нечітке логічне виведення для об'єктів з дискретним виходом. Нечіткі логічні рівняння. Об'єкти з неперервним виходом. Операція дефазифікації. Застосування композиційного правила виведення. Література: [1,4,5,7,9,10]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 6
7	Розпізнавання образів. Основні положення теорії розпізнавання образів. Головні постановки задач розпізнавання образів. Класи і їх властивості. Модельні описи класів. Розпізнавання як зіставлення. Постановка задачі і основні режими розпізнавання. Типові структурні схеми розпізнавання. Розпізнавання як прийняття рішень. Класифікація основних методів розпізнавання. Література: [1,3,7]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 7
8	Загальні положення технічної діагностики. Основні поняття і визначення технічної діагностики. Стани об'єкта. Діагностичні ознаки. Завдання при діагностуванні. Вихідні положення методології технічної діагностики. Діагностування в життєвому циклі елементів електроустаткування. Особливості діагностування елементів електроустаткування. Характеристика методів діагностування елементів електроустаткування. Література: [10-13,16]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 8
9	Сучасні концепції інформаційних систем технічної діагностики. Основні типи й напрямки розвитку систем технічної діагностики електрообладнання енергосистем. Завдання технічної діагностики в електроенергетиці. Особливості оцінки технічного стану електрообладнання. Сучасні методи і системи оцінки технічного стану електрообладнання. Література: [10,13-17]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 9
10	Контроль працездатності електрообладнання. Область працездатності об'єкта. Умови працездатності за параметрами і характеристиками. Запас і ступінь працездатності. Методи контролю працездатності за сукупністю контрольованих параметрів, узагальненим діагностичним параметром та на оцінюванні частотних характеристик. Метод порівняння реакції електрообладнання й еквівалентної моделі. Література: [13-18]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 10
11	Методи і алгоритми пошуку дефектів. Ознаки і алгоритми пошуку дефектів. Послідовні, паралельні та комбіновані алгоритми пошуку дефектів. Методи побудови алгоритмів пошуку дефектів, засновані на показниках надійності, таблиць станів, чутливості функцій передачі та розпізнаванні образів. Література: [3,10-18,20].

	дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 11
12	Метод Байєса для діагностування технічного стану електрообладнання. Формула повної імовірності. Теорема гіпотез(формула Байєса). Застосування методу Байєса для діагностування технічного стану електрообладнання. Байєсові мережі. Формування діагностичної матриці Байєса. Вирішальне правило для ухвалення рішення про діагноз. Література: [19,21,22]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 12
13	Моделі прогнозування технічного стану і ресурсу електрообладнання експертних систем. Основні задачі прогнозування змінення технічного стану і надійності електрообладнання. Використання методів екстраполяції і класифікації. Види прогнозування: аналітичне, імовірнісне, статистична класифікація. Пряме і зворотнє аналітичне прогнозування ресурсу електрообладнання. Моделі екстраполяційного методу прогнозування. Алгоритм вибору апроксимуючих функцій. Моделі прямого і зворотнього імовірнісного прогнозування залишкового ресурсу. Література: [3,23-25]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 13
14	Задачі виявлення, оцінки і управління ризиком експлуатації електрообладнання. Загальна характеристика проблеми аналізу і мінімізації експлуатаційного ризику об'єктів енергетики. Функціональна модель безпеки об'єктів енергетики за наявності технологічних порушень. Визначення, етапи оцінки та управління ризиком експлуатації електрообладнання. Література: [10,27,28,33-36]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 14
15	Методи оцінки ризику експлуатації електрообладнання енергосистем. Зв'язок задачі прийняття рішень з факторами ризику. Основні методи оцінки ризику: статистичний, теоретичний, експертний підходи. Основні фактори ризику при експлуатації обладнання. Критерії вибору оптимальних рішень в умовах ризику. Оціночні функції для визначення збитків. Процедури вибору варіантів рішень, що мають мінімальний ризик. Література: [26-35]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 15
16	Нечіткі моделі і алгоритми оцінки ризику експлуатації електрообладнання енергосистем. Підходи щодо оцінки і прогнозування ризику пошкодження обладнання. Ієрархічна система факторів ризику пошкодження. Модель оцінки ризику електрообладнання на основі агрегування якісних даних з рівнів ієрархії факторів. Визначення ваг факторів за схемою Фішберна. Визначення інтегрального показника ризику функціонування об'єкта. Література: [26-31]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 16
17	Сучасні системи автоматизованого контролю силового електрообладнання енергосистем. Вимоги і можливості систем автоматизованого контролю силового електрообладнання. Системи контролю з частковим охопленням параметрів. Системи контролю стану електрообладнання підстанцій. Контроль стану обладнання з експертними системами. Комплексні сучасні автоматизовані системи TPAS(США), Siemens(ФРН), ABB Secheron(Швеція). Література: [10,11,13,16,18,21]. дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень», лекція 17

18	Сучасні експертні системи діагностування технічного стану силового електрообладнання енергосистем. Необхідність автоматизації процесу прийняття рішень щодо постановки діагнозу. Алгоритмічний підхід щодо процедури прийняття рішень. Інтерактивна інтерпретація даних. Сутність експертних систем діагностування технічного стану електрообладнання. Приклади сучасних експертних систем комплексного діагностування електрообладнання. Література: [10,11,13,16,18,21] . дистанційний курс «Інтелектуальні системи діагностики електрообладнання та прийняття рішень» , лекція 18
----	--

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,	Детерміновані моделі визначення спрацьованого ресурсу обладнання . Визначення ресурсу працездатності обладнання з урахуванням експлуатаційних факторів: силові трансформатори . Мета. Формування навичок та умінь оцінки ресурсу працездатності силових масляних трансформаторів за сукупністю контрольованих параметрів. Література: [10,11,13,17] .
2	Побудова нечітких баз знань діагностування технічного стану силового трансформатора за результатами моніторингу(формування функцій належності лінгвістичних змінних) . Мета. Формування навичок та умінь формування функцій належності лінгвістичних змінних нечітких моделей діагностування технічного стану силових трансформаторів. Література: [9,10,14-16,36-38] .
3	Побудова нечітких баз знань діагностування технічного стану силового трансформатора за результатами моніторингу(формування правил нечіткого логічного висновку). Мета. Формування навичок та умінь побудови нечітких баз знань інтелектуальних систем діагностування технічного стану силових трансформаторів. Література: [9,10,14-16,36-38] .
4	Нечітке моделювання ТС обмоток СТ. База знань і алгоритм визначення ризику відмови СТ при КЗ в електричній мережі . Мета. Формування навичок та умінь оцінки ТС обмоток СТ за результатами моніторингу визначальних параметрів, дослідження впливу режиму КЗ в електричній мережі на ризик відмови СТ. Література: [36-38] .
5	Використання формули Байєса для діагностування технічного стану асинхронного двигуна. Мета. Формування навичок та умінь застосування методу Байєса для діагностування технічного стану електрообладнання та прийняття рішення щодо діагнозу. Література: [1] .
6	Побудова нечіткої математичної моделі визначення ресурсу працездатності асинхронних двигунів (АД) власних потреб електростанції . Мета. Формування навичок та умінь нечіткого моделювання технічного стану і визначення спрацьованого ресурсу працездатності асинхронних двигунів ВП. Література: [10,31] .

7	Побудова нечіткої математичної моделі визначення ресурсу працездатності повітряних ліній. Мета. Формування навичок та умінь нечіткого моделювання технічного стану і визначення спрацьованого ресурсу працездатності високовольтних повітряних ліній. Література: [39] .
8	Розрахункове тестування нечітких моделей визначенням спрацьованого ресурсу ПЛ та асинхронних двигунів власних потреб . Мета. Формування навичок та умінь оцінки ТС, визначення ресурсу працездатності нечітким моделюванням та прийняття рішень щодо стратегії експлуатації ПЛ та асинхронних двигунів власних потреб станції Література: [10,31] .
9	Прогнозування ресурсних і режимних параметрів окремих елементів вузлів навантаження енергосистем. Мета. Формування навичок та умінь визначення прогнозних значень визначальних ресурсних параметрів електрообладнання, нейромережевого прогнозування вузлового навантаження енергосистем. Література: [21-25] .

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	27
2	Підготовка до практичних занять	14
3	Підготовка до модульної контрольної роботи	5
4	Опрацювання літератури	14
5	Підготовка до заліку	6
	Всього	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних 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 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 «Інтелектуальні системи діагностики та прийняття рішень»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, робота на практичних заняттях .

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

Семестровий контроль: залік

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

Рейтинг студентів з дисципліни складається з балів за виконання таких робіт:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Робота на практичних заняттях		РГР	МКР	Rc	Рекз	R
15	45			40	60		100

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

1. Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

5 бал * 3 = 15 балів.

Критерії оцінювання:

1.Повна відповідь – 5

2, Не повна відповідь – 2...4

3.Незадовільна від

2. Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал -5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 5 балів * 9 = 45 балів.

Критерії оцінювання

1.Повна відповідь – 5

2, Не повна відповідь – 2...4

3.Незадовільна відповідь – 0

3. Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР –40.

Максимальний бал за МКР –40.

Критерії оцінювання:

- Правильне і повне виконання 40
- Правильне, але неповне виконання (неповні відповіді або незначні помилки в розрахунках) 25 ...39
- Неповне або неправильне виконання (відсутні завдання, неправильні відповіді на теоретичні запитання, або суттєві помилки в розрахунках) 0...24

4. Залік (в залежності від рівня підготовки)

до 60

5. Додаткові завдання (заохочувальні бали)

Для покращення рейтингу студент за бажанням студента і згодою викладача може отримати додаткові бали, підготувавши стислий реферат або презентацію на задану викладачем тему або письмову відповідь на дане викладачем запитання (не більше 1 додаткового завдання на 1 студента протягом семестра)

Ваговий бал – 5

Оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від якості підготовленого матеріалу.

Розмір шкали рейтингу R=100 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з **першої проміжної атестації** (8 тижднів) студент матиме не менш ніж **17 балів** (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).

Для отримання «зараховано» з **другої проміжної атестації** (14 тижднів) студент матиме не менш ніж **40 балів** (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до заліку: написання модульної контрольної роботи. Студенти, які протягом семестру не набрали 60 балів або бажають підвищити свою оцінку виконують залікову контрольну роботу, при цьому бали, набрані в семестрі, анулюються.

Ваговий бал залікової контрольної роботи – 100

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи:

- вичерпні відповіді на всі основні, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять; величин – **95..100 балів**;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності – **85...94 бали**;
- допускаються окремі помилки, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в електротехнічних матеріалах і принципів їх використання – **75...84 бали**;
- припускаються суттєві помилки, неповне розуміння основних понять і суті процесів в електротехнічних матеріалах і принципів їх використання – **60...74 бали**.
- Незнання матеріалу, нерозуміння основних понять і процесів в електротехнічних матеріалах – **менше 60 балів**

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Бардиком Є.І.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 10 від 17.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 16.06.2023)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.



МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій(освітньо-науковий)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Вибіркова .
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити/ECTS120годин(лекцій-18, практичних занять-18, самостійна робота-84)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	Лекційні заняття-1 раз на два тижні, практичні заняття-1 раз на два тижні.
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Бардик Євген Іванович ,0501881731 Практичні: асистент , Бондаренко Олександр Леонідович ,0973211804
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів: «Електричні станції», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

K01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

K12. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K13. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K22. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K23. Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

K24. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

K26. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

K28. Здатність до створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

ПР01. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПР05. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПР07. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР14. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПР19. Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПР22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. При вивченні питань присвячених створенню моделей технічного стану і режимів силового і комутаційного обладнання електростанцій потрібні також знання з теорії електричних машин, трансформаторів, експлуатації і режимів роботи електрообладнання ЕЕС, теорії нечітких множин, нейронних мереж та теорії надійності в електроенергетиці. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін «Інтелектуальні методи оцінки технічного стану і ресурсу працездатності електрообладнання» та «Сучасні методи і моделі аналізу режимної надійності електроенергетичних систем», а також для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 4 розділи, а саме:

1. Вступ . Особливості експлуатації сучасних електростанцій і електроенергетичних систем
до якого ввійшли питання аналізу умов функціонування сучасних енергосистем з електростанціями різних типів, впливу зношеності електрообладнання та метеоумов на надійність електропостачання споживачів, висвітлено основні властивості електричної

станції як складної динамічної системи. Особливості функціонування і експлуатації сучасних електроенергетичних систем з АЕС.

2. Моделі динамічних елементів електростанції для оцінки режимів роботи енергосистеми, до якого увійшли питання , пов'язані з моделюванням електричних машин змінного струму в системі координат, що обертаються з довільною швидкістю, синхронних машин у формі ЕРС; моделюванням електромагнітних перехідних процесів в електричних системах; моделюванням динамічних процесів в системі власних потреб електростанцій.

3. Моделювання елементів електростанції для визначення технічного стану, до якого увійшли питання , пов'язані з проблемами і задачами оцінки ТС сучасного електрообладнання , існуючими стратегіями ТО і ремонту електрообладнання, моделювання витрат ресурсу з урахуванням експлуатаційних факторів, сучасними концепціями інформаційних систем, методами і засобами діагностування ТС електрообладнання .

4. Інтелектуальні технології в задачах оцінки ТС електрообладнання , до якого увійшли питання про застосування теорії нечітких множин , нечіткої логіки , нечітких баз знань для оцінки ТС , налаштування нечітких баз знань для задач класифікації станів, формування індивідуальних функцій розподілу імовірності відмови електрообладнання з урахуванням його характеристик, оцінки імовірності відмови об'єкта на інтервалі часу спостереження.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Бардик Є.І. Електрична частина електричних станцій та підстанцій .Основне електрообладнання [Текст] :навч. Посібн. / Є.І. Бардик , М.П. Лукаш .-К.: НТУУ КПІ ,2011 .-220 с.
2. Бардик Є. І. Моделі оцінки надійності схем електропостачання власних потреб АЕС від незалежних джерел при нечітко заданих параметрах відмов електрообладнання. *Праці ІЕД НАНУ*. 2014. № 37. С. 34–38.
3. Бардик Є. І. Моделювання і оцінка ризику відмови системи електропостачання власних потреб АЕС від зовнішніх незалежних джерел живлення. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2015. № 2. С. 7–18.
4. Костерев М.В., Бардик Є.І. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем // К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 131 с. 8. СОУ-Н МЕН 40.1–00100227 - 68:2012.Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2012–29с.
5. Математичне моделювання в електроенергетиці: підручник для ВНЗ/О.В. Кириленко, Н.С. Сегеда, О.Ф. Буткевич, Т.А. Мазур, за ред. О.В. Кириленка; Львів. Видавництво Нац. Університету «Львівська політехніка», 2012.- 357с.
6. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папайка, Л.І. Несен, за ред.Г.Г. Півняка ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.
7. Перехідні процеси в енергетиці : [Навчальний посібник] / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.
8. Бардик Є. І., Бондаренко О. Л. Нечітке моделювання комутаційного обладнання для задач оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій в енергосистемі при відмовах електрообладнання.

Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. № 4. С. 75–86.

URL: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2022.273409>.

9. Бардик Є. І. Прогнозування змінення ресурсних параметрів високовольтних вимикачів на основі теорії нечітких часових рядів. *Гідроенергетика*. 2011. № 3. С. 63–68. 11. Костерев М. В., Бардик Є. І., Литвинов В. В. Оцінка імовірності відмови електрообладнання при керуванні режимами електричної системи. *Наукові праці ДНТУ. «Електротехніка і енергетика»*. 2011. №1 (186). С. 199–204.

10. Костерев М. В., Литвинов В. В., Кільова К. А. Оцінка впливу зміни технічного стану обладнання електроенергетичної системи на імовірність його відмови на інтервалі часу. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2017. № 33 (1255). С. 85–96.

11. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм : монографія / В. П. Лисенко та ін. Київ : НУБіП України, 2014. 332 с.

12. Литвин В. В. Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень : монографія. Львів : Вид-во Львів політехніки, 2011. 240 с.

13. Mottershead G. *Handbook of Large Hydro Generators: Operation and Maintenance, First Edition* / G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2021. – 672 p.

14. Klempner G. *Handbook of Large Turbo-Generator Operation and Maintenance, Third Edition* / G. Klempner, I. Kerszenbaum. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2018. – 1032 p.

15. Бардик Є.І., Костерев М.В., Литвинов В.В. Нечітке моделювання технічного стану високовольтних вимикачів. *НТУУ "КПІ", "Наукові вісті"*, №1, 2011.- С.12-18.

16. Бардик Є. І., Бондаренко О. Л. Нечітке моделювання комутаційного обладнання для задач оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій в енергосистемі при відмовах електрообладнання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2023. № 4. С. 75–86. URL: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2022.273409>

17. A general model, estimation, and procedure for modeling recurrent failure process of high-voltage circuit breakers considering multivariate impacts / W. Hu et al. *Reliability Engineering & System Safety*. 2022. Vol. 220. P. 108276. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108276>.

18 Бардик Є. І., Бондаренко О. Л. Оцінка режимної надійності електроенергетичної системи на основі визначення індексу ризику при відмовах вузлів навантаження з відповідальними споживачами. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2019. № 2(16). С. 105–117. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2\(16\)-105-117](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2(16)-105-117).

19. Бардик Є. І., Болотний М. П., і Бондаренко О. Л. Визначення ризику порушення нормального режиму енергосистеми при плановому і аварійному виведенні з експлуатації електрообладнання. *Вісник ВПІ*. 2021. № 2. С. 54–62. URL: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-155-2-54-62>.

Додаткові:

20. *Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с., рис. 3, табл. 5.*

21. *Експлуатація та режими роботи електростанцій: нормальні, допустимі і анормальні режими синхронних генераторів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є. І. Бардик. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,69 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 107 с. – Назва з екрана. Режим доступу:*

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48390>

22. *Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень : монографія. Харків : Щедра садиба плюс, 2017. 296 с.*

Додаткова:

23. *A Probabilistic Risk Assessment and Control methodology for HVAC electrical grids connected to multiterminal HVDC networks / E. Ciapessoni et al. IFAC Proceedings Volumes. 2011. Vol. 44, no. 1. P. 1727–1732. URL: <https://doi.org/10.3182/20110828-6-it-1002.02739>.*

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	Особливості експлуатації і моделювання сучасних електростанцій. Умови функціонування сучасних енергосистем. Вплив зношеності електрообладнання та метеоумов на надійність електропостачання споживачів. Основні властивості електричної станції як складної динамічної системи. Література: [1-5] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 1 ,
2	Математичні моделі електричних машин. Модель машини змінного струму в системі координат, що обертаються з довільною швидкістю. Модель синхронної машини у формі ЕРС. Спрощені моделі синхронних машин. Література: [6-9] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 2 ,
3	Моделювання електромагнітних перехідних процесів. Загальна характеристика задачі. . Моделі синхронних і асинхронних машин у формі ЕРС. Математична модель електричної системи для розрахунку електромагнітних перехідних процесів. Література: [6-9] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних

	<i>станцій» , лекція 3 ,</i>
4	Основні задачі і положення оцінки технічного стану електрообладнання. Терміни і визначення . Моніторинг і контроль обладнання . Стратегії технічного обслуговування(ТО) і ремонту електрообладнання . Література: [5,10-13] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 4 ,
5	Оцінка технічного стану електрообладнання за сукупністю контрольованих параметрів. Узагальнена модель витрат ресурсу обладнання з урахуванням експлуатаційних факторів . Детерміновані моделі визначення спрацьованого ресурсу силового і комутаційного обладнання енергосистем . Література: [5,10-13] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 6
6	Основні положення теорії нечітких множин. Визначення нечіткої множини. Типи функцій належності. Побудова функцій приналежності. Операції з нечіткими множинами (перетин, об'єднання, різниця). Нечіткі лінгвістичні змінні. Література: [14-16] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 6,
7	Основи нечіткої логіки. Поняття нечіткого висловлювання. Основні логічні операції з нечіткими висловлюваннями. Загальні етапи нечітких висновків. Спрощений алгоритм нечіткого висновку. Література: [14-16] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 7 ,
8	Методологія формування індивідуальних функцій розподілу імовірності відмови електрообладнання. Загальна характеристика проблеми побудови моделей відмов електрообладнання. Врахування його характеристик, працездатного, технічного стану та метеоумов в момент спостереження. Оцінка імовірності відмови об'єкта на інтервалі часу спостереження. Література: [19-21] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 8 ,
9.	Ієрархічні структури нечіткого логічного висновку про технічний стан електрообладнання . Принципи побудови структурних схем ієрархічної агрегованої оцінки стану об'єкта. Алгоритм та ієрархія логічного висновку щодо технічного стану силового трансформатора. Література: [14-16] . дистанційний курс «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій» , лекція 9 ,

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,	Детерміновані моделі визначення спрацьованого ресурсу обладнання . Визначення ресурсу працездатності обладнання з урахуванням експлуатаційних факторів: високовольтні вимикачі та асинхронні двигуни. Мета. Формування навичок та умінь оцінки ресурсу працездатності високовольтних вимикачів та асинхронних двигунів власних потреб за сукупністю контрольованих параметрів. Література: [5,10,13] .
2	Формування та ідентифікація параметрів функцій належності вхідних лінгвістичних змінних нечіткої моделі визначення ресурсу високовольтних вимикачів. Мета. Формування навичок та умінь визначення терм-множин і їх параметрів вхідних лінгвістичних змінних нечітких моделей оцінки спрацьованого ресурсу вимикачів. Література: [19-21] .
3	Побудова нечітких баз знань для визначення спрацьованого ресурсу працездатності комутаційного обладнання . Мета. Формування навичок та умінь побудови правил нечіткого логічного висновку для визначення спрацьованого ресурсу працездатності комутаційного обладнання . Література: [5,10-13] .
4	Формування функцій розподілу імовірності відмов високовольтних вимикачів з урахуванням індивідуальних характеристик. Мета. Формування навичок та умінь побудови функцій розподілу імовірності відмов високовольтних вимикачів на основі генеральної сукупності подій, адаптації до реальних умов експлуатації урахуванням індивідуальних характеристик. Література: [5,10-13,19-21] .
5	Формування функцій розподілу імовірності відмов повітряних ліній з урахуванням індивідуальних характеристик. Мета. Формування навичок та умінь побудови функцій розподілу імовірності відмов повітряних ліній на основі генеральної сукупності подій, адаптації до реальних умов експлуатації урахуванням індивідуальних характеристик. Література: [5,10-13] .
6	Формування функцій розподілу імовірності відмов силових трансформаторів з урахуванням індивідуальних характеристик. Мета. Формування навичок, умінь і набуття досвіду формування функцій розподілу імовірності відмов мережесих та блокових силових трансформаторів на основі статистичних даних по відмовам, ідентифікація параметрів та адаптація моделей відмов з урахуванням індивідуальних характеристик об’єкта .Література: [5,10-13] .
7	Оцінка статичної стійкості еквівалентного генератора електростанції нечітким моделюванням. Мета. Формування навичок та умінь визначення форм і параметрів функцій належності лінгвістичних змінних визначальних параметрів , побудови системи правил нечіткого логічного висновку нечіткої моделі оцінки статичної стійкості еквівалентного генератора електростанції. Література: [25,17-18] .
8	Визначення імовірності відмови системи подачі живлення на шини АЕС від удалених незалежних джерел живлення. Формування навичок та умінь побудови розрахункових схем підсистем з АЕС , визначення нечітких імовірностей відмови електрообладнання, розрахунку інтегрального ризику відмови системи подачі живлення на шини АЕС від удалених незалежних джерел

	живлення. Література: [2-5] .
9	Оцінка індексу ризику енергосистеми при відмовах вузлів навантаження з відповідальними споживачами. Формування навичок та умінь побудови функцій належності вхідних лінгвістичних змінних з використанням експертних оцінок, побудови системи правил нечіткого логічного висновку та визначення ризику порушення електропостачання відповідальних споживачів при відмовах електрообладнання. Література: [22,23] .

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	14
2	Проведення практичних занять	18
3	Підготовка до модульної контрольної роботи	5
4	Опрацювання літератури	41
5	Підготовка до заліку	6
	Всього	84

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних 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 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 «Моделі технічного стану і режимів електрообладнання електричних станцій»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, робота на практичних заняттях .

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

Семестровий контроль: залік

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

Рейтинг студентів з дисципліни складається з балів за виконання таких робіт:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Робота на практичних заняттях		РГР	МКР	Rc	Рекз	R
15	45			40	100		100

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

1. Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

5 бал * 3 = 15 балів.

Критерії оцінювання:

- 1.Повна відповідь – 5
- 2, Не повна відповідь – 2...4
- 3.Незадовільна від

2. Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал -5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 5 балів * 9 = 45 балів.

Критерії оцінювання

- 1.Повна відповідь – 5
- 2, Не повна відповідь – 2...4
- 3.Незадовільна відповідь – 0

3. Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР –40.

Максимальний бал за МКР –40.

Критерії оцінювання:

- Правильне і повне виконання **40**
- Правильне, але неповне виконання (неповні відповіді або незначні помилки в розрахунках) **25 ...39**
- Неповне або неправильне виконання (відсутні завдання, неправильні відповіді на теоретичні запитання, або суттєві помилки в розрахунках) **0...24**

4. Залік (в залежності від рівня підготовки)

до 100

5. Додаткові завдання (заохочувальні бали)

Для покращення рейтингу студент за бажанням студента і згодою викладача може отримати додаткові бали, підготувавши стислий реферат або презентацію на задану викладачем тему або письмову відповідь на дане викладачем запитання (не більше 1 додаткового завдання на 1 студента протягом семестра)

Ваговий бал – **5**

Оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від якості підготовленого матеріалу.

Розмір шкали рейтингу $R=100$ балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з **першої проміжної атестації** (8 тижднів) студент матиме не менш ніж **17 балів** (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).

Для отримання «зараховано» з **другої проміжної атестації** (14 тижднів) студент матиме не менш ніж **40 балів** (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до заліку:, написання модульної контрольної роботи. Студенти, які протягом семестру не набрали 60 балів або бажають підвищити свою оцінку виконують залікову контрольну роботу, при цьому бали, набрані в семестрі, анулюються.

Ваговий бал залікової контрольної роботи – **100**

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи:

- вичерпні відповіді на всі основні, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять; величин – **95...100 балів**;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності – **85...94 бали**;
- допускаються окремі помилки, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів в електротехнічних матеріалах і принципів їх використання – **75...84 бали**;
- припускаються суттєві помилки, неповне розуміння основних понять і суті процесів в електротехнічних матеріалах і принципів їх використання – **60...74 бали**.
- Незнання матеріалу, нерозуміння основних понять і процесів в електротехнічних матеріалах – **менше 60 балів**

–

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Бардиком Є.І.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 10 від 17.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2023р)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.



ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАДАЧ

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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/ дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредитів ECTS (практичні – 54, самостійна робота - 66)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i>практичні заняття – 1,5 рази на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Практичні (комп'ютерний практикум) <i>к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTUyNzAwNTEzMTIx?cjc=vk5eezp

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістра «Електроенергетика та електромеханіка» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є поглиблення у студентів наступних компетентностей:

ЗК08. Здатність працювати автономно та в команді.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК18. Здатність до створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

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.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими опанування компонент практика та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **2 розділи**, а саме:

1. **Комп'ютерне моделювання трансформаторів, асинхронних машин**, в якому здійснюється моделювання однофазного трансформатора; моделювання трифазного трансформатора; моделювання трифазної асинхронної машини з короткозамкненим ротором; моделювання трифазної асинхронної машини з фазним ротором.
2. **Комп'ютерне моделювання синхронних машин**, в якому здійснюється моделювання режимів роботи синхронного генератора; моделювання системи збудження синхронної машини; моделювання режимів роботи гідрогенератора з системою регулювання; моделювання режимів роботи турбогенератора з системою регулювання; моделювання регулювання частоти та потужності в об'єднаній енергосистемі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. П. Болотний, Р. В. Вожаков, О. Л. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 992.76 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 25 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57400>
2. Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. П. Болотний, Р. В. Вожаков, О. Л. Бондаренко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 80 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57389>
3. Дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач» <https://classroom.google.com/c/MTUyNzAwNTEzMTIx?cjc=vk5eezp>

Додаткові:

4. MATLAB в інженерних розрахунках. Комп'ютерний практикум [Текст] : навч. посіб. / Н. М. Гоблик, В. В. Гоблик ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - 3-тє вид., допов. - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2020. - 191 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми заняття та перелік основних питань (комп'ютерний практикум)</i>
1-3	<i>Дослідження однофазного трансформатора дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
4-6	<i>Дослідження трифазного трансформатора дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
7-9	<i>Дослідження трифазної асинхронної машини з короткозамкненим ротором дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
10-12	<i>Дослідження трифазної асинхронної машини з фазним ротором. МКР дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
13-15	<i>Дослідження режимів роботи синхронного генератора дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
16-18	<i>Дослідження системи збудження синхронної машини дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
19-21	<i>Дослідження режимів роботи гідрогенератора з системою регулювання дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
22-24	<i>Дослідження режимів роботи турбогенератора з системою регулювання дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>
25-27	<i>Дослідження регулювання частоти та потужності в об'єднаній енергосистемі дистанційний курс «Програмні засоби для вирішення електроенергетичних задач»</i>

6. Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на практичних заняттях</i>	40
2	<i>Підготовка до МКР</i>	5
3	<i>Виконання розрахунково-графічної роботи</i>	15
3	<i>Підготовка до заліку</i>	6
	<i>Всього</i>	66

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 бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на практичних заняттях. Відпрацювання практичних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР;*

- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях.
- політика дедлайнів та перескладань: Перескладання захисту практичних робіт та результатів РГР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: МКР, РГР, розв'язання задач комп'ютерного практикуму

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

Семестровий контроль: залік, РГР, МКР

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за МКР та РГР, зарахування усіх практичних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Додаткові завдання (заохочувальні бали)

Для покращення рейтингу студент за бажанням студента і згодою викладача може отримати додаткові бали, підготувавши стислий реферат або презентацію на задану викладачем тему або письмову відповідь на дане викладачем запитання (не більше 1 додаткового завдання на 1 студента протягом семестра)

Ваговий бал – 5

Оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від якості підготовленого матеріалу.

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

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

- виконання та захист дев'яти практичних занять;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);

<i>Розв'язання практичних задач</i>	<i>РГР</i>	<i>МКР</i>	<i>Rc</i>	<i>Rз</i>	<i>R</i>
45	35	20	100	100	100

Виконання та захист практичних робіт

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює $5 \times 9 = 45$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 5 бали;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 3..4 бала;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу роботи – 1..2 бала;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 35.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 35 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 16...34 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...15 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з теоретичного запитання. Максимальний бал за МКР – 20.

Критерії оцінювання

- повне виконання – 20;
- недосконале виконання – 10;
- відсутність роботи – 0.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 15 балів (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 50 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш ніж 30 балів (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 50 балів).

У випадку неможливості отримання позитивної оцінки відповідно до семестрового рейтингу або непогодженням студента з нею, його рейтингова рейтинг анулюється і здається залікова робота, яка складається з двох теоретичних запитань.

Форма семестрового контролю – залік

Критерії оцінювання

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 100$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 95 - 100$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 85 - 94$ бали – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть процесів в об'єктах енергетики, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 74 - 84$ бали – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть перехідних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z = 61 - 73$ бали – студент частково відповідає на поставлені питання, показує знання, але припускається суттєвих помилок.

Рейтинг заліку $R_z \leq 60$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті перехідних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

Основні характеристики трансформатора

Структура втрат у трансформаторі та їх джерела

Параметри схеми заміщення трансформатора, що визначаються з досвіду неробочого ходу

Параметри схеми заміщення трансформатора, що визначаються з досвіду короткого замикання

Втрати в трансформаторі, від чого вони залежать

Заходи боротьби з вихровими струмами в трансформаторі

Особливості конструкції трифазного трансформатора

Схема та групи з'єднання обмоток трансформатора

Основні параметри трифазного трансформатора

Будова, принцип дії та область застосування трансформаторів

Особливості конструкції асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором

Основні характеристики асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором

Механічна характеристика синхронної машини в режимі двигуна

Робочі характеристики синхронної машини в режимі двигуна

Векторні діаграми синхронного генератора

Аварійні режими роботи синхронного генератора

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М. П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА(протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

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



ПЕРЕХІДНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ. КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

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</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>45 годин /1,5 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Захист КП</i>
Розклад занять	<i>Консультація – 1 раз на 2 тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>ас. Вожаков Роман Вікторович, vozhakov-fea@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NTU5MjM0NTI2NzAz?cjc=kd7boju</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма освітнього компонента «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах. Курсовий проєкт» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів: «Електроенергетика та електромеханіка», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Метою виконання курсового проєкту є закріплення теоретичних знань, отриманих при вивченні дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», і здобуття вмінь та навичок формувати заступні схеми силових елементів і енергосистеми в цілому для дослідження перехідних електромеханічних процесів; вибирати моделі синхронних генераторів та навантажень в залежності від виду і умов перехідного електромеханічного процесу; проводити аналіз статичної і динамічної стійкості паралельної роботи синхронного генератора з енергосистемою, визначати та оцінювати показники режимної надійності тощо.

*Дисципліна підсилює наступні **компетентності** освітньої програми:*

ЗК01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК08. Здатність працювати автономно та в команді.

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

ФК01. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК05. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК09. Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

ФК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних процесів в електроенергетичних та електромеханічних системах.

ФК18. Здатність до створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних 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 електромеханічних системах.

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

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

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

ПРН09. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

ПРН16. Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності.

ПРН17. Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН18. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН19. Виявити проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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

Виконання курсової роботи базується на знаннях, отриманих студентами під час вивчення дисциплін "Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах".

3. Зміст навчальної дисципліни

У курсовому проєкті вирішуються такі основні задачі: для заданої системи визначити межу граничної потужності і побудувати векторну діаграму без і при врахуванні явнopolюсності генератора; визначити внутрішню межу потужності віддаленої системи при підтримці напруги на виводах генератора на незмінному рівні; визначити дійсну межу потужності двохмашинної системи і побудувати характеристики потужностей; дослідити динамічну стійкість системи в ідеалізованих умовах при виникненні заданого виду КЗ, визначити пріоритет виведення з експлуатації обладнання на основі розрахунків імовірнісно-статистичним моделюванням аварійних режимів ЕЕС з порушенням динамічної стійкості і неприпустимим зниженням напруги у вузлах навантаження, які забезпечують мінімальний експлуатаційний ризик енергосистеми

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах. Курсовий проєкт [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», за освітньою програмою «Електричні станції» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Є. І. Бардик, Р. В. Вожаков, О.Л.Бондаренко – Електронні текстові дані (1 файл: 1093 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 125 с.

2. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папайка, Л.І. Несен, за ред.Г.Г. Півняка ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.

3. Перехідні процеси в енергетиці : [Навчальний посібник] / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.

Додаткові:

1. СОУ-Н МЕН 40.1–00100227 -68:2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.:Міністерство палива та енергетики України, 2012.–29 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальні заняття по дисципліні проводяться у вигляді консультацій, на яких, в тому числі, проводиться контроль виконання студентами календарного плану.

Консультація 1. Видача завдань, узгодження календарного плану роботи. Висвітлення особливостей самостійної роботи з літературними джерелами.

Консультація 2. Відповіді на питання, які виникли при ознайомленні з джерелами літератури. Формування розрахункової і заступної схеми досліджуваної системи.

Консультація 3. Відповіді на питання, які виникли при формуванні розрахункової і заступної схеми досліджуваної системи. Характеристики потужності систем з неявнополюсним і явнополюсним генераторами.

Консультація 4. Відповіді на питання, які виникли при побудові характеристик потужності систем з неявнополюсним і явнополюсним генераторами. Побудова векторних діаграм для систем з неявнополюсним і явнополюсним генераторами.

Консультація 5. Відповіді на питання, які виникли при побудові векторних діаграм для систем з неявнополюсним і явнополюсним генераторами. Висвітлення особливостей визначення внутрішньої межі потужності віддаленої регульованої системи.

Консультація 6. Відповіді на питання, які виникли при визначенні внутрішньої межі потужності віддаленої регульованої системи. Висвітлення особливостей визначення дійсної межі потужності двохмашинної системи.

Консультація 7. Відповіді на питання, які виникли при визначенні дійсної межі потужності двохмашинної системи. Висвітлення особливостей складання заступних схем для різних аварійних режимів.

Консультація 8. Відповіді на питання, які виникли в процесі складання заступних схем для аварійних режимів. Висвітлення особливостей аналізу динамічної стійкості по правилу площин з використанням методу послідовних інтервалів.

Консультація 9. Відповіді на питання, які виникли при в процесі аналізу динамічної стійкості по правилу площин з використанням методу послідовних інтервалів. Висвітлення особливостей нанесення штриховки на характеристики потужності. Узгодження графічної частини роботи та процедури проведення захисту.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Орієнтовна кількість годин СРС
1	Отримання теми та завдання	2
2	Підбор та вивчення літератури	2
3	Формування розрахункової і заступної схеми досліджуваної системи	2
4	Визначення ідеальної межі потужності, коефіцієнта запасу по статичній стійкості і характеристики потужності систем з неявнополюсним і явнополюсним генераторами.	4
5	Побудова векторних діаграм для систем з неявнополюсним і явнополюсним генераторами.	2
6	Визначення внутрішньої межі потужності віддаленої регульованої системи.	2
7	Визначення дійсної межі потужності і зони стійкої роботи двохмашинної системи	2

8	Складання заступної схеми для аварійного режиму	2
9	Аналіз динамічної стійкості системи в ідеалізованих умовах при виникненні і ліквідації аварійних режимів.	4
10	Побудова рівних площадок розгону і гальмування на характеристиках потужності що спостерігаються при виникненні і ліквідації аварійних режимів.	2
11	Імовірно-статистичне моделювання для визначення показників режимної надійності ЕЕС	4
12	Оцінка режимної надійності ЕЕС з використанням показників ризику	4
13	Визначення послідовності виведення з експлуатації електрообладнання з урахуванням ризику	3
14	Підготовка пояснювальної записки та графічної частини курсової роботи	8
15	Подання КП на перевірку і його захист	2
	Всього	45

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- відвідування консультацій не є обов'язковим, але студент зобов'язаний впродовж семестру надавати викладачу результати своєї роботи для підтвердження виконання ним календарного плану роботи над завданням, що є підставою для результатів календарного контролю;
- під час консультацій дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;
- заохочувальні та штрафні бали не застосовуються;
- політика дедлайнів та перескладань: для отримання допуску до захисту курсової роботи студент має представити оформлену належним чином пояснювальну записку та графічну частину не пізніше, ніж за тиждень до дати проведення захисту. При отриманні на захисті негативної оцінки перескладання неможливе, – в такому разі студенту видають нове завдання і приймають виконану роботу не раніше ніж через 12 тижнів після отримання нового завдання.
- політика щодо академічної доброчесності базується на Кодексі 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;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль проводиться як моніторинг поточного стану виконання календарного плану роботи.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання календарного плану роботи.

Семестровий контроль: захист курсового проєкту

Умови допуску до семестрового контролю: своєчасне надання оформленої пояснювальної записки та графічної частини; виконання всіх розділів курсового проєкту; стартовий рейтинг не менше 24 балів.

Рейтингова оцінка з курсового проєкту має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента з виконання курсового проєкту та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу в ній. Друга складова характеризує якість захисту студентом курсового проєкту.

Розмір шкали стартової складової дорівнює 40 балів, а складової захисту – 60 балів.

1. Стартова складова:

- своєчасність виконання графіка роботи з курсового проєктування – 5-3 бали;
- сучасність та обґрунтування прийнятих рішень – 12-7 балів;
- правильність застосування методів аналізу і розрахунку – 10-6 балів;
- якість оформлення, виконання вимог нормативних документів – 6-4 бали;
- якість графічного матеріалу і дотримання вимог стандартів – 7-4 бали.

2. Складова захисту курсового проєкту:

- якість доповіді – 10-5 балів;
- ступінь володіння матеріалом – 25-15 балів;
- ступінь обґрунтування прийнятих рішень – 25-15 балів;

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

На захисті курсового проєкту ступінь володіння матеріалом оцінюється за такими вимогами: Змогти внятно пояснити порядок виконання КП, які розрахунки були виконано в тому чи іншому розділі, які особливості перевірки ЕЕС за критеріями статичної та динамічної стійкості. Розбиратись в методах і критеріях оцінки режимної надійності. Змогти показати де яке обладнання. Знати етапи аналізу ризику в ЕЕС.

На захисті курсового проєкту ступінь обґрунтування прийнятих рішень оцінюється за такими вимогами: пояснити сутність критеріїв статичної та динамічної стійкості. Вміти обґрунтувати пріоритети виведення з експлуатації електрообладнання з урахуванням ризику.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КП ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ;

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено асистентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, Вожаковим Р.В.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

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



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



Кафедра відновлюваних
джерел енергії ФЕА

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ. КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>45 годин / 1,5 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/Захист курсового проєкту</i>
Розклад занять	<i>Консультація – 1 раз на 2 тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н., ст.викл. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MjYxMDUyMDY4NTA1?cjc=myjj6o5</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Метою виконання курсового проєкту є закріплення теоретичних знань, отриманих при вивченні дисципліни «Проекткування електричних станцій», і здобуття вмінь та навичок вибору головної схеми станції на підставі технічно-економічного порівняння варіантів схем, вибору основного електротехнічного обладнання станції, розрахунку струмів короткого замикання (КЗ), вибору комутаційного обладнання, вимірювальних трансформаторів, вибору вторинних пристроїв тощо.

Дисципліна поглиблює наступні програмні компетентності освітньої програми:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

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

ФК02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК05. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

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 електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

ФК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й 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.

ПРН17. Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН24. Вміти вирішувати комплексні міждисциплінарні науково-практичні проблеми у сферах електроенергетичних та електромеханічних систем.

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

Виконання курсового проекту базується на знаннях, отриманих студентами під час вивчення дисципліни "Проектування електричних станцій".

3. Зміст навчальної дисципліни

Курсовий проект складається з розрахункової та графічної частин.

При виконанні проекту вирішуються такі основні задачі розрахункової частини, з якої складається пояснювальна записка проекту:

- вибір основного електрообладнання (генераторів, трансформаторів (блочних, зв'язку та власних потреб);
- вибір головної схеми електростанції на підставі техніко-економічного порівняння варіантів;
- розрахунок струмів к.з в заданій точці;
- вибір струмообмежувального реактора, який живить розрахункове приєднання;
- вибір комутаційного обладнання (вимикача, роз'єднувача) на розрахунковому та на генераторному приєднаннях;
- вибір вимірювальних трансформаторів (трансформатора напруги на секції, до якої приєднано розрахункове приєднання, і трансформатор струму, який встановлюється на розрахунковому приєднанні);
- вибір кабеля для розрахункового приєднання;
- вибір схеми відкритої розподільчої пристрою (ВРП) електричної станції;

Графічна частина складається з двох креслярських листів формату А1:

- 1) однолінійна головна схема електричних з'єднань станції;
- 2) план одного з ВРП станції з розрізом по вимикачу (лінії, блока, шиноз'єднувальному, обхідному).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. *Проектування електричних станцій. Вимоги до курсового проекту [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», за освітньою програмою «Електричні станції» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Остапчук, О. Л. Бондаренко, М. П. Болотний. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.98 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 153 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57395>*

2. *Електрична частина станцій та підстанцій: виконання та оформлення курсового проекту [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів всіх форм навчання спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Електричні станції», П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко, Р.В. Вожаков, Є.І. Бардик. Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021 р., 70 с.*

3. *Електрична частина станцій та підстанцій: виконання курсового проекту: навч. пос. [Електронний ресурс]. П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв, Ю.П. Матеєнко, Є.І.Бардик, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019 р. -72 с.*

4. *СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 «Норми технологічного проектування електроенергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище» .*

5. *Правила улаштування електроустановок. - Міненерговугілля України. - 2017. - 617 с.*

6. *Дистанційний курс “Проектування електричних станцій. Курсовий проект” <https://classroom.google.com/c/MjYxMDUyMDY4NTA1?cjc=myjj6o5>*

Додаткова література:

1. *Каталоги електротехнічного обладнання*

● Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальні заняття по дисципліні проводяться у вигляді консультацій, на яких, в тому числі, проводиться контроль виконання студентами календарного плану роботи над проектом.

Консультація 1. Видача завдань, узгодження календарного плану роботи над проектом. Висвітлення особливостей вибору основного електрообладнання.

Консультація 2. Відповіді на питання, які виникли при виборі основного електрообладнання. Висвітлення особливостей вибору головної схеми електричної станції.

Консультація 3. Відповіді на питання, які виникли при виборі головної схеми електричної станції. Висвітлення особливостей розрахунку струмів к.з.

Консультація 4. Відповіді на питання, які виникли при розрахунку струмів к.з. Висвітлення особливостей вибору струмообмежувального реактора.

Консультація 5. Відповіді на питання, які виникли при виборі струмообмежувального реактора. Висвітлення особливостей вибору комутаційного обладнання.

Консультація 6. Відповіді на питання, які виникли при виборі комутаційного обладнання. Висвітлення особливостей вибору вимірювальних трансформаторів.

Консультація 7. Відповіді на питання, які виникли при виборі вимірювальних трансформаторів. Висвітлення особливостей вибору кабеля.

Консультація 8. Відповіді на питання, які виникли при виборі кабеля. Висвітлення особливостей вибору схем відкритих розподільчих установок.

Консультація 9. Відповіді на питання, які виникли при виборі схем відкритих розподільчих установок. Висвітлення особливостей графічної частини курсового проєкту. Узгодження процедури проведення захисту.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Орієнтовна кількість годин СРС
1	Підбір та вивчення літератури	4
2	Вибір основного електрообладнання	2
3	Вибір головної схеми електричної станції	4
4	Розрахунок струмів КЗ	4
5	Вибір струмообмежувального реактора	2
6	Вибір комутаційного обладнання	3
7	Вибір вимірювальних трансформаторів	2
8	Вибір кабельних ліній для розрахункового приєднання	2
9	Вибір схеми ВРП електричної станції	2
10	Оформлення пояснювальної записки	8
11	Підготовка графічної частини курсового проєкту	8
12	Підготовка до захисту	4
	Всього	45

● Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- відвідування консультацій не є обов'язковим, але студент зобов'язаний впродовж семестру надавати викладачу результати своєї роботи для підтвердження виконання ним календарного плану роботи над проєктом, що є підставою для результатів календарного контролю;
- під час консультацій дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;
- заохочувальні та штрафні бали не застосовуються;
- політика дедлайнів та перескладань: для отримання допуску до захисту курсового проєкту студент має представити оформлену належним чином пояснювальну записку та графічну частину курсового проєкту не пізніше, ніж за тиждень до дати проведення захисту. При отриманні на захисті негативної оцінки перескладання неможливе, – в такому разі студенту видають нове завдання і приймають готовий проєкт не раніше ніж через 10 тижнів після отримання нового завдання.
- Пропущені контрольні заходи оцінювання. Контрольні заходи оцінювання, виконання яких передбачено на занятті, проводяться у завчасно визначений день, який озвучується студентам на першому тижні освітнього процесу. Виконання таких контрольних заходів оцінювання в інший день дозволяється за вагомих та/або форс-мажорних обставин.

- Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання . Після отримання коментарів від викладача з аргументацією щодо оцінки, студент(-ка) має право в індивідуальному порядку задати всі питання, які його/її цікавлять стосовно результатів контрольних заходів оцінювання. Якщо студент(-ка) категорично не погоджується з оцінкою, він/вона мають також навести аргументи щодо своєї позиції та звернутися до завідувача кафедри для подальшого вирішення питання.
- Академічна доброчесність. У разі використання контенту, захищеного авторським правом, результатів аналітичних досліджень та/або іншої інформації, студенти мають обов'язково вказувати джерело.
- політика щодо академічної доброчесності базується на Кодексі 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;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:
Поточний контроль не проводиться.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання календарного плану роботи над проєктом.

Семестровий контроль: залік/захист курсового проєкту

Умови допуску до семестрового контролю: своєчасне надання оформленої пояснювальної записки та графічної частини; виконання всіх розділів курсового проєкту; стартовий рейтинг не менше 24 балів.

Рейтингова оцінка з курсового проєкту має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента з виконання курсового проєкту та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу в ній. Друга складова характеризує якість захисту студентом курсового проєкту.

Розмір шкали стартової складової дорівнює 40 балів (пояснювальна записка+графічний матеріал), а складової захисту –60 балів.

1. Стартова складова:

- своєчасність виконання графіка роботи з курсового проектування – 5-3 бали;
- сучасність та обґрунтування прийнятих рішень – 12-7 балів;
- правильність застосування методів аналізу і розрахунку – 10-6 балів;
- якість оформлення, виконання вимог нормативних документів – 6-4 бали;
- якість графічного матеріалу і дотримання вимог стандартів (у відповідності до національного стандарту України ДСТУ 3008:2015) – 7-4 бали.

2. Складова захисту курсового проєкту:

- якість доповіді – 10-6 балів;
- ступінь володіння матеріалом – 25-15 балів;
- ступінь обґрунтування прийнятих рішень – 25-15 балів;

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- На захисті курсового проєкту ступінь володіння матеріалом оцінюється за такими вимогами: Змогти внятно пояснити порядок виконання КП, які розрахунки були виконано в тому чи іншому розділі, які умови вибору того чи іншого електрообладнання. Розбиратись в схемі (розрізі) ВРУ та головній схемі електричних з'єднань спроектованої електричної станції. Змогти показати де яке обладнання. Знати що означають букви і цифри в «маркуванні» типу електрообладнання. Вміти пояснити призначення електрообладнання та елементів схеми, які використовуються на електростанціях.
- На захисті курсового проєкту ступінь обґрунтування прийнятих рішень оцінюється за такими вимогами: Обґрунтовано пояснити зміст тієї чи іншої перевірки електрообладнання та вимоги, що висуваються при його виборі (в тому числі при виборі схем РУ та ВП). Знати особливості роботи, переваги та недоліки схемних рішень, вибраних в курсовому проєкті (видача потужності на місцеве навантаження, ВП і в енергосистему)
- інша інформація для студентів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 9 від 18.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.