



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>ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ І СИСТЕМИ; УПРАВЛІННЯ, ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів /ECTS 180годин (лекцій-10, лабораторних робіт-6, самостійна робота-164)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу для магістрів заочної форми навчання</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. Бардик Євген Іванович ,0501881731 Лабораторні: Вожаков Роман Вікторович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk</i>

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-професійних програм підготовки магістрів: «Електричні мережі і системи» та «Управління, захист та автоматизації енергосистем», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

***Метою навчальної дисципліни** є закріплення у студентів наступних компетентностей:
ФК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці
ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем
ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичних системах*

***Програмні результати навчання:**
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.

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 «Технічна 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.

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

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. **Куткові характеристики потужності найпростішої системи при незначних зміненнях 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 , після аварійному 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 , застосуванням найбільш ефективних керуючих впливів протиаварійної автоматики ,заходами щодо підвищення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *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.*
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. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57392>*
3. *Мельник В.П. Математичні моделі і методи аналізу режимів електроенергетичних систем. – К., 2005. – 608 с., іл.*
4. *Перехідні процеси в енергетиці : [Навчальний посібник] / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.*
5. *Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах. Розрахунково-графічна робота [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: 1.54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 60 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57396>*

Додаткові:

6. *СОУ-Н МЕВ 40.1–00100227 -68:2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанови. – К.:Міністерство палива та енергетики України, 2012.–29 с.*
7. *Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “ Перехідні електромеханічні процеси в електричних системах” / Є.І. Бардик , В.П. Яновський, Бондаренко В.І. – К.:НТУУ КПІ, 2003. – 41с.*
8. *Черемісін М.М. Перехідні процеси в системах електропостачання: Навч. Посібник. – Х.: Факт, 2005. – 176с.*

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». Режими роботи електричних систем. Основні характеристики перехідних процесів. Режими роботи електричних систем і їх класифікація. Нормальні та аварійні усталені і перехідні режими електричних систем. Умови існування режиму.

	<p><i>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. Формування розрахункової заступної схеми електричної системи для дослідження електромеханічних перехідних процесів. Параметри елементів розрахункових схем, необхідні для розрахунку електромеханічних перехідних процесів. Заступні схеми основних силових елементів системи (ЛЕП, трансформатори, синхронні генератори, асинхронні двигуни). Поняття про найпростішу, просту і складну системи. Характеристика потужності синхронних генераторів електростанцій.</i></p> <p>Література: [1]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лекція 1 ,</p>
2	<p>Стійкість електричних систем. Методи дослідження стійкості . Поняття про найпростішу, просту і складну системи. Характеристика потужності синхронних генераторів електростанцій. 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.</p> <p>Література: [1]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 2 ,</p>
3	<p>Векторна діаграма і основні співвідношення між параметрами в найпростішій системі, що містить неявнополюсну і явнополюсну СМ. Векторна діаграма системи з неявнополюсними генераторами і алгоритм її побудови. Основні залежності між параметрами СМ і системи. Визначення активної та реактивної потужності. Векторна діаграма для найпростішої системи з явнополюсними 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. .</p> <p>Література: [1]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 3 ,</p>
4	<p>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.</p> <p>Література: [1]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 4 ,</p>

5	<p>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, поточна 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.</p> <p>Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 5 ,</p>
---	---

Практичні заняття-не передбачено
Лабораторні роботи

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи
1	<p>Ознайомлення з устаткуванням і схемою електричних з'єднань електродинамічної моделі (ЕДМ) кафедри електричних станцій . Проведення оперативних перемикань .</p> <p>Мета роботи – Ознайомлення з принципами фізичного моделювання електричних систем ,складом і характеристиками устаткування ЕДМ ,схемою електропостачання і головною схемою електричних з'єднань ЕДМ електростанції .</p> <p>Література: [2],</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk , лабораторна робота №1 .</p>
2	<p>Моделювання перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичній системі на ЕДМ. Керування ЕДМ .</p> <p>Мета роботи – Ознайомлення з роботою окремих елементів ЕДМ ,режимами керування ЕДМ електростанції (подача напруги,включення ,відключення ,набирання навантаження,розвантаження силових агрегатів) /</p> <p>Література: [2],</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk , лабораторна робота №2.</p>
3	<p>Експериментальне визначення параметрів елементів ЕДМ .</p> <p>Мета роботи – Ознайомлення з методами експериментального визначення параметрів електричних систем ,необхідних для аналізу статичної і динамічної стійкості ЕДМ .</p> <p>Література: [2],</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk , лабораторна робота №3.</p>

6. Самостійна робота студента

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
2	Розділ 1. Тема . Схеми і опори які заміщують синхронну машину при синхронній роботі та за наявності ковзання. Література: [1] .	3
4	Розділ 2. Тема . Врахування активного опору силових елементів найпростішої системи з неявнополюсними генераторами при визначенні внутрішньої активної і реактивної потужностей. Література: [1] .	3
5	Розділ 2. Тема . Врахування активного опору силових елементів найпростішої системи з явнополюсними генераторами при визначенні внутрішньої активної і реактивної потужностей. Література: [1] .	3
6	Розділ 2. Тема . Сучасні системи збудження синхронних компенсаторів і синхронних двигунів і автоматичного регулювання збудження Література: [1] .	6
7	Розділ 2. Векторна діаграма синхронних машин в режимі неробочого ходу за наявності навантаження . Література: [1] .	6
8	Розділ 3. Тема . Методи визначення струмів активних і реактивних потужностей елементів складних електричних систем Література: [1] .	4
9	Розділ 3. Тема . Математичний критерій статичної стійкості системи з двома електростанціями. Література: [1] .	6
10	Розділ 4. Тема . Спосіб площин при дослідженні стійкості двох електростанцій. Література: [1] .	4
11	Розділ 4. Тема . Коливання ротора синхронної машини, що виникають під дією гармонічної сили. Великі вимушені коливання Література: [1] .	4
12	Розділ 4. Тема . Чисельне розв'язання рівняння відносного руху ротора при врахуванні електромагнітних перехідних процесів Література: [1] .	4
13	Розділ 4. Тема . Методи чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху ротора синхронних машин при великих збуреннях Література: [1] .	4
14	Розділ 5. Тема . Формули для визначення асинхронного моменту активної і реактивної потужності синхронної машини при втраті збудження. Література: [1] .	6
15	Розділ 5. Тема. Визначення втрат в роторних контурах при асинхронному режимі роботи синхронного генератора. Література: [1] .	6
16	Розділ 5. Тема . Електромеханічні перехідні процеси при самосинхронізації синхронних генераторів. Література: [1] .	4
17	Розділ 5. Несинхронні включення в електричних системах Література: [1] .	6
	Розділ 6. Умови і процеси пуску асинхронних і синхронних двигунів. Література: [1] .	6
18	Розділ 6. Тема . Перехідні процеси пуску асинхронних двигунів співрозмірної потужності з потужністю джерела. Література: [1] .	4
19	Розділ 6. Самозапуск електродвигунів. Розрахунок самозапуску асинхронних і синхронних двигунів. Література: [1] .	5
20	Розділ 7. Тема . Критерії стійкості лінійної системи з постійними коефіцієнтами Література: [1] .	6

21	Розділ 7. Тема . Рівняння малих коливань складної системи з генераторами облаштованими АРЗ Література: [1].	4
22	Розділ 7. Тема . Математичні моделі синхронних машин для аналізу синхронного і асинхронного самозбудження. Література: [1].	4
23	Розділ 8. Статичні характеристики енергосистеми(повільне змінення частоти в усталеному режимі).Література: [1].	4
24	Розділ 8. Динамічні характеристики енергосистеми при змінній частоті.Література: [1].	2
25	Розділ 8. Тема . Апаратна структура підсистеми автоматики попередження порушення стійкості Література: [1].	4
26	Розділ 8. Тема . Математичні моделі турбін і сучасних систем збудження синхронних генераторів Література: [1].	6
27	Розділ 9. Тема . Заходи режимного характеру для покращення стійкості електричних систем Література: [1].	6
28	Підготовка до МКР	8
29	Підготовка до екзамену	32

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 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 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;
- 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 та захист лабораторних робіт, МКР

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: : зарахування всіх лабораторних робіт, позитивна оцінка за модульну контрольну роботу та РГР , 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:

- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання та захист дев'яти лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи;

Лаб. роботи	РГР	МКР	Rc	Рекз	R
36	12	12	60	40	100

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 12.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $3 \times 12 = 36$ балів.

Критерії оцінювання

11- 12 бали заслуговують студенти, які без помилок виконали лабораторну роботу, відповіли на всі запитання і дали аналіз результатів;

7- 10 бали заслуговують студенти, які з несуттєвими помилками виконали лабораторну роботу і відповіли на запитання

1-6 бал заслуговують студенти, які приймали участь у виконанні лабораторної роботи і відповіли на частину запитань;

- 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 – 12.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання –10- 12 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 6 -9 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;

- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

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 – 12 балів.

Максимальний бал за МКР – 12.

Критерії оцінювання

- 10-12 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;
- 7-9 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали завдання, дали пояснення отриманих результатів;
- 4-6 балів заслуговують студенти, які з несуттєвими похибками виконали завдання;
- 0 - 3 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

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. Бардином Є.І.

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

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