



# 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 СТАНЦІЇ</i>
Статус дисципліни	<i>нормативна</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, практичні заняття -18, лабораторних робіт-18, самостійна робота-90)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття-1.5 рази на тиждень, практичні заняття-1 раз на тиждень, лабораторні роботи-1раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Бардик Євген Іванович ,0501881731</i> Практичні: <i>Вожаков Роман Вікторович , vzhakovr@fea.kpi.ua</i> Лабораторні: <i>Вожаков Роман Вікторович, vzhakovr@fea.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk">https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk</a>

### 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-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:  
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.

ФК19. Здатність розраховувати стійкість енергосистем для вибору та налаштуванню протиаварійної автоматики.

ФК20. Здатність виконувати моделювання, розрахунки та аналіз перехідних 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.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного 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)**

Дисципліна формує інженерно-технічну складову в програмі підготовки майбутнього фахівця. Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін, а саме: «Електричні машини», «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки». 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 **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 , 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. *Мельник В.П. Математичні моделі і методи аналізу режимів електроенергетичних систем. – К., 2005. – 608 с., іл.*
3. *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>*
4. *Перехідні процеси в енергетиці : [Навчальний посібник] / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.*
5. *Дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»*

##### 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. *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*

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</i>
1	<i>Вступ до дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах». Режими роботи електричних систем. Види перехідних процесів Режими 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]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 1</i>
2	<i>Формування розрахункової заступної схеми електричної системи для дослідження електромеханічних перехідних процесів. Основні положення, що приймаються при аналізі.. Параметри елементів розрахункових схем, необхідні для розрахунку</i>

	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 2</p>
3	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 3</p>
4	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 4</p>
5	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 5</p>
6.	<p>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. Куткові характеристики потужності. Визначення розрахункових значень напруг ЕРС, струмів і кутів. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 6</p>
7.	<p>Внутрішня межа потужності найпростішої системи. Фізична картина впливу системи регулювання збудження і частоти обертання турбіни на пропускну здатність системи. Векторна діаграма системи при змінній навантаженні і дії регулювання збудження СГ. Характеристики активної і реактивної потужності СМ при різних законах регулювання напруги. Розрахунок внутрішньої межі потужності.</p> <p>Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 7</p>
8.	<p>Характеристики потужності системи з довільним числом елементів. Заступна схема</p>

	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 8</p>
9.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 9</p>
10.	<p>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 <math>Z_H = const</math>. Критерії статичної стійкості у випадку двох електростанцій. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 10</p>
11.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 11</p>
12.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 12</p>
13	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 13</p>
14	<p>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</p>

	<p>замикань. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 14</p>
15	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 15</p>
16	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 16</p>
17	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 17</p>
18.	<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. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 18</p>
19.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 19</p>

20.	<p>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 <math>\delta</math>. Характер процесів в найпростішій системі. Саморозгойдування. Умови виникнення і фізика саморозгойдування. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 20</p>
21	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 21</p>
22.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 22</p>
23.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 23</p>
24.	<p>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 (ІРТ). Спрощена модель турбіни для аналізу ІРТ. Залежність швидкості і глибини розвантаження турбіни від амплітуди і тривалості імпульсу. Форми імпульсу. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 24</p>
25.	<p>Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Тривале розвантаження турбін, відключення навантаження. Тривале розвантаження турбін. Засоби реалізації. Комбіноване управління потужністю турбіни при ІРТ. Відключення навантаження для забезпечення статичної стійкості після аварійних режимах. Література: [1].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 25</p>
26.	<p>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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 26</p>

27.	<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, 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].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 27</p>
-----	--

*Практичні заняття*

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1.	<p>Визначення параметрів розрахункової заступної схеми енергосистеми для дослідження перехідних електромеханічних процесів (стійкості електричної системи). Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
2.	<p>Розрахунок вихідного режиму, побудова векторних діаграм та визначення активної і реактивної потужності синхронних генераторів найпростішої системи . Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
3.	<p>Розрахунок статичної стійкості найпростішої системи з нерегульованими синхронними генераторами. Література: [2].</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
4.	<p>Розрахунок статичної стійкості найпростішої системи з регульованими синхронними генераторами. Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
5.	<p>Визначення межі дійсної потужності двомашинної електричної системи. Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
6.	<p>Розрахунок динамічної стійкості найпростішої електричної системи в аварійному режимі. Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
7.	<p>Розрахунок динамічної стійкості найпростішої електричної системи в післяаварійному режимі і режимі після автоматичного повторного включення (АПВ). Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
8.	<p>Визначення параметрів асинхронного режиму і несинхронного АПВ електричної системи. Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>
9.	<p>Розрахунок статичних і динамічних характеристик комплексного і двигунового навантаження. Література: [2]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»</p>



*Лабораторні роботи*

<i>№ з/п</i>	<i>Короткий зміст лабораторної роботи</i>
1	<i>Ознайомлення з устаткуванням і схемою електричних з'єднань електродинамічної моделі електроенергетичної системи Мета роботи – Ознайомлення з принципами фізичного моделювання електричних систем ,складом і характеристиками устаткування ЕДМ ,схемою електропостачання і головною схемою електричних з'єднань ЕДМ електростанції . Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №1 .</i>
2	<i>Моделювання перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичній системі на ЕДМ. Керування ЕДМ. Мета роботи – Ознайомлення з роботою окремих елементів ЕДМ ,режимами керування ЕДМ електростанції (подача напруги,включення ,відключення ,набирання навантаження,розвантаження силових агрегатів). Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», лабораторна робота №2.</i>
3	<i>Експериментальне визначення параметрів елементів ЕДМ. Мета роботи – Ознайомлення з методами експериментального визначення параметрів електричних систем ,необхідних для аналізу статичної і динамічної стійкості ЕДМ . Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №3.</i>
4	<i>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.</i>
5	<i>Статична стійкість найпростішої регульованої системи. Статична стійкість найпростішої регульованої системи. Мета роботи – Ознайомлення з методикою експериментального і аналітичного дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої системи . Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №5.</i>
6	<i>Дослідження стійкості системи за різної тривалості трифазного короткого замикання. Мета роботи – визначити стійкість системи при симетричному короткому замиканні. Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №6.</i>
7	<i>Дослідження впливу на динамічну стійкість віддаленості короткого замикання від шин станції. Мета роботи – аналітично дослідити вплив на динамічну стійкість найпростішої системи різної віддаленості несиметричному КЗ . Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №7.</i>
8	<i>Дослідження несинхронного включення та несинхронного АПВ. Мета роботи – дослідити процеси і перевірити можливість і допустимість несинхронного включення та несинхронного АПВ в різних режимах роботи електричної системи . Література: [3] дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №8 .</i>
9	<i>Дослідження асинхронного режиму генератора. Мета роботи – дослідження роботи синхронних генераторів електростанцій в асинхронних режимах : аналіз зміння</i>

<p>режимних параметрів ,визначення допустимості роботи генераторів та умов їх ресинхронізації .Література: [3]</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , лабораторна робота №9 .</p>
---

## 6. Самостійна робота студента

№	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Розділ 1. Тема . Якість перехідного електромеханічного процесу. Література: [4]	3
2	Розділ 1. Тема . Схеми і опори які заміщують синхронну машину при синхронній роботі та за наявності ковзання. Література: [4]	3
3	Розділ 2. Тема . Індуктивні опори синхронних машин. Література: [4]	4
4	Розділ 2. Тема . Врахування активного опору силових елементів найпростішої системи з неявнополюсними генераторами при визначенні внутрішньої активної і реактивної потужностей. Література: [4]	2
5	Розділ 2. Тема . Врахування активного опору силових елементів найпростішої системи з явнополюсними генераторами при визначенні внутрішньої активної і реактивної потужностей. Література: [4]	2
6	Розділ 2. Тема . Сучасні системи збудження синхронних компенсаторів і синхронних двигунів і автоматичного регулювання збудження. Література: [4]	6
7	Розділ 3. Тема . Методи визначення струмів, активних і реактивних потужностей елементів складних електричних систем. Література: [4]	2
8	Розділ 3. Тема . Математичний критерій статичної стійкості системи з двома електростанціями. Література: [4]	1
9	Розділ 4. Тема . Спосіб площин при дослідженні стійкості двох електростанцій. Література: [4]	3
10	Розділ 4. Тема . Коливання ротора синхронної машини, що виникають під дією гармонічної сили. Великі вимушені коливання. Література: [4]	3
11	Розділ 4. Тема . Чисельне розв'язання рівняння відносного руху ротора при врахуванні електромагнітних перехідних процесів. Література: [4]	4
12	Розділ 4. Тема . Методи чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху ротора синхронних машин при великих збуреннях. Література: [4]	3
13	Розділ 5. Тема . Формули для визначення асинхронного моменту активної і реактивної потужності синхронної машини при втраті збудження. Література [4]	4
14	Розділ 5. Тема . Визначення втрат в роторних контурах при асинхронному режимі роботи синхронного генератора. Література: [4]	2
15	Розділ 5. Тема . Електромеханічні перехідні процеси при самосинхронізації синхронних генераторів. Література: [4]	2
16	Розділ 6. Тема . Перехідні процеси пуску асинхронних двигунів співрозмірної потужності з потужністю джерела. Література: [4]	2
17	Розділ 7. Тема . Критерії стійкості лінійної системи з постійними коефіцієнтами Література: [4]	2
18	Розділ 7. Тема . Рівняння малих коливань складної системи з генераторами облаштованими АРЗ. Література: [4]	3
19	Розділ 7. Тема . Математичні моделі синхронних машин для аналізу синхронного і асинхронного самозбудження. Література: [4]	1
20	Розділ 8. Тема . Апаратна структура підсистеми автоматики	1

	<i>попередження порушення стійкості. Література: [4]</i>	
21	<i>Розділ 8. Тема . Математичні моделі турбін і сучасних систем збудження синхронних генераторів. Література: [4]</i>	1
22	<i>Розділ 9. Тема . Заходи режимного характеру для покращення стійкості електричних систем. Література: [4]</i>	1
	<i>Підготовка до МКР</i>	5
	<i>Підготовка до екзамену</i>	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 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:** 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
6	18	27	9	60	40	100

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

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – балів = 6 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 – 2.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

2 бали \* 9 = 18 балів.

Критерії оцінювання

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

#### **Виконання та захист лабораторних робіт**

Ваговий бал – 3.

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

Критерії оцінювання

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

- 2 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 результируюча стійкість в електричних системах " відповідно. Завдання кожної контрольної роботи складається з двох теоретичних питань і задачі.

Ваговий бал МКР – 9 балів.

Максимальний бал за МКР – 9.

### **Критерії оцінювання**

- 7-9 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;

- 4-6 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали завдання, дали пояснення отриманих результатів;

- 1-3 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 № 14 від 24.05.2024 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 10 від 20.06.2024 р.)

---

<sup>1</sup>Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.