



ПЕРЕХІДНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|--|
| Рівень вищої освіти | <i>Перший (бакалаврський)</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>IV курс, осінній семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>195 години / 6,5 кредитів ECTS (лекцій – 54, лабораторних занять – 18, практичних занять – 18, самостійна робота - 105)</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Екзамен/МКР/ЛР</i> |
| Розклад занять | <i>Лекційні заняття – 1,5 рази на тиждень; лабораторні та практичні заняття – 1 раз на два тижні</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: к.т.н. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@iill.kpi.ua Практичні: к.т.н. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@iill.kpi.ua Лабораторні: к.т.н. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@iill.kpi.ua</i> |
| Розміщення курсу | <i>https://classroom.google.com/c/MjYxNDY2ODQxNzkz?cjc=5ilus47</i> |

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» складена відповідно до освітньої програми підготовки бакалавра «Електричні станції» галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

K07. Здатність працювати в команді.

K08. Здатність працювати автономно.

K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

K21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

K25. Здатність здійснювати розрахунки перехідних процесів в електроенергетичних системах для вибору та перевірки комутаційних апаратів та струмоведач частин.

Програмні результати навчання:

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР20. Знати і розуміти особливості режимів роботи електрообладнання електричних станцій в нормальних та аварійних умовах.

ПР21. Знати і розуміти методи розрахунку електромагнітних перехідних процесів при коротких замиканнях в електричних мережах.

ПР23. Вміти застосовувати методи розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах.

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: Електричні машини. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для вивчення дисциплін: Переддипломна практика.

3. Зміст навчальної дисципліни

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

- 1. **Вступ**, до якого ввійшли поняття про електроенергетичну систему; загальні відомості про електромагнітні перехідні процеси.*
- 2. **Формування розрахункової схеми енергосистем**, до якого ввійшли питання про параметри елементів енергосистем; еквівалентні перетворення при розрахунках струмів КЗ.*
- 3. **Методи розрахунків струмів КЗ при симетричних КЗ**, до якого ввійшли питання про перехідні електромагнітні процеси в найпростіших трифазних колах; усталені режими КЗ; початковий момент КЗ; практичні методи розрахунку струмів КЗ.*
- 4. **Електромагнітні перехідні процеси при порушенні симетрії в системі**, до якого ввійшли питання про формування схем несиметричних систем; однократну поперечну несиметрію; однократну продольну несиметрію.*
- 5. **Теоретичні задачі аналізу електромагнітних перехідних процесів**, до якого ввійшли питання про математичні моделі машини змінного струму; перехідні процеси синхронної машини без демпферних обмоток при КЗ; перехідні процеси синхронної машини з демпферними обмотками при КЗ.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

- 1. Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах [Електронний ресурс]: навчальний посібник курсу лекцій для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний – Електронні текстові дані (1 файл: 0,75 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 95 с*
- 2. Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах: Курсова робота. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів всіх форм навчання спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 53 с.*
- 3. Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах: Лабораторний практикум. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів всіх форм навчання спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с.*

4. *Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах: практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний – Електронні текстові дані (1 файл: 1,28 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 53 с*
5. *Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний – Електронні текстові дані (1 файл: 1,28 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 53 с*
6. *Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. 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 системах електропостачання: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. – Харків: ТОВ «В справі», 2016. – 260 с. – Бібліогр.: с. 254.*
8. *Сивокобиленко В. Ф., Василець С. В. Математичне моделювання перехідних процесів в електротехнічних комплексах шахтних електричних мереж : монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2017. 272 с.*
9. *Дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» <https://classroom.google.com/c/MjYxNDY2ODQxNzkz?cjc=5ilus47>*

Додаткові:

10. *Dr. Juan A. Martinez-Velasco, “Transient Analysis of Power Systems: A Practical Approach”. - Wiley-IEEE Press; 1st edition, 2020. - 624 pages.*
11. *Suresh Penagaluru, Sudheer Kasa, C.H. Lenin Babu, "Transient Stability Analysis and Improvement using FACTS Controllers: Optimal Placement of FACTS devices for Transient Stability Improvement in Multi Machine Power System ",LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. - 84 pages.*
12. *Bairu Vijay Kumar, “Transient Stability Enhancement of Multi Machine Power System: using Unified Power Flow Controller”. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019 – 84 pages.*
13. *Dr. Juan A. Martinez-Velasco, “Transient Analysis of Power Systems: Solution Techniques, Tools and Applications”, Wiley-IEEE Press; 1st edition, 2015 - 648 pages.*
14. *Sarma (NDR) Nuthalapati, “Use of Voltage Stability Assessment and Transient Stability Assessment Tools in Grid Operations (Power Electronics and Power Systems)”, Springer; 1st ed. 2021 edition, 2021. - 422 pages.*
15. *Zhengming Zhao, Liqiang Yuan, Hua Bai, Ting Lu, “Electromagnetic Transients of Power Electronics Systems”, Springer; 1st ed. 2019 edition, 2019. - 483 pages.*
16. *Neville Watson, Jos Arrillaga, “Power Systems Electromagnetic Transients Simulation (Energy Engineering)”, The Institution of Engineering and Technology; 2nd edition, 2019. - 528 pages.*
17. *Akihiro Ametani, Naoto Nagaoka, Yoshihiro Baba, Teruo Ohno, Koichi Yamabuki, “Power System Transients: Theory and Applications”, CRC Press; 2nd edition, 2016. - 600 pages.*
18. *Fabian M. Uriarte, “Multicore Simulation of Power System Transients (Energy Engineering)”, The Institution of Engineering and Technology, 2013. - 312 pages.*
19. *Eiichi Haginomori, Tadashi Koshiduka, Junichi Arai, Hisatochi Ikeda, “Power System Transient Analysis: Theory and Practice using Simulation Programs (ATP-EMTP)”, Wiley; 1st edition, 2016. - 280 pages.*
20. *Venkata Dinavahi, Ning Lin, “Real-Time Electromagnetic Transient Simulation of AC-DC Networks “,Wiley-IEEE Press; 1st edition, 2021. - 608 pages.*
21. *СОУ-Н МЕНВ 40.1 – 00100227 -68: 2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2012. – 29 с.*

22. Вимоги до вітрових та сонячних фотоелектричних електростанцій потужністю більше 150кВт щодо приєднання для зовнішніх електричних мереж. Режим доступу: <http://ua.energy>.
23. 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.
24. 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 | Загальні відомості. Визначення електроенергетичної системи. Режими роботи енергосистеми. Класифікація електромагнітних перехідних процесів. Причини виникнення КЗ та їх наслідки. Завдання на СРС. Підготовка до лекції – Вимоги до розрахунків струмів короткого замикання. Література [1], с.4-16, [2], с.5-11. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 1 https://classroom.google.com/c/MjYxNDY2ODQxNzkz?cjc=5ilus47 |
| 2 | Параметри елементів енергосистеми. Схема заміщення електричної системи. Параметри генератора, трансформатора, ЛЕП, реактора, навантаження, Струмообмежувачі апарати. Література [1], с.48-54, [2], с.20-24, [3], с. 11-12. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 2 |
| 3 | Система одиниць. Система відносних одиниць. Приведення параметрів елементів системи до одного ступеня напруги. Література [1], с.48-54, [2], с.42-44, [3], с. 71-76. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 3 |
| 4 | Система одиниць. Приведення параметрів схеми до базисних умов. Точне приведення з урахуванням коефіцієнтів трансформації, приблизне по середнім напругам. Приведення при умові однакових напруг по кінцям лінії зв'язку. Література [1], с.56-64, [2], с.45-48, [3], с. 77-80. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 4 |
| 5 | Методи спрощення схем електричної системи. Перетворення схем з послідовними та паралельними гілками, трипроменевої зірки в еквівалентний трикутник, трикутника в зірку, багато променевої зірки в багатокутник з діагоналями. Завдання на СРС. Підготовка до лекції – Визначення вузлів рівного потенціалу. Література [1], с.46-49, [2], с.20-34. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 5 |
| 6 | Загальний метод еквівалентування пасивного кола. Визначення власних та взаємних провідностей вузлів електричної системи. Матричний метод еквівалентування пасивного кола. Струмозподіл в електричній мережі при КЗ. Література [5], с.58 – 65, [2]., с.49-53. Завдання на СРС : Метод накладання при розрахунках струму КЗ. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 6 |

| | |
|----|--|
| 7 | <p>Трифазне КЗ в нерозгалуженому колі. Основні відомості. Формування рівнянь стану кола при КЗ. Визначення формули струму КЗ. Векторна діаграма. Характеристики струму КЗ. Осцилограма струму КЗ. Ударний струм КЗ.</p> <p>Завдання на СРС : Діюче значення струму КЗ. Література [1], с.284-288, [2], с.47-50. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 7</p> |
| 8 | <p>Метод визначення усталеного режиму КЗ . Загальні зауваження. Основні характеристики генератора, який працює в режимі КЗ. Режими роботи генератора з АРЗ. Метод розрахунку усталеного струму КЗ у складній електричній системі.</p> <p>Завдання на СРС: Метод розрахунку струму КЗ в радіальній схемі системи. Література : [1]., с. 102-104. [2], с. 335-347, с. 83-88. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 8</p> |
| 9 | <p>Перехідні ЕРС і реактивності генератора без демпферних обмоток. Загальні зауваження. Баланс магнітних потоків в обмотках генератора. Визначення перехідних ЕРС та реактивностей генератора. Схема заміщення генератора без демпферних обмоток. Література [1], с. 335-347, с. 83-88. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 9</p> |
| 10 | <p>Надперехідні ЕРС і реактивності генератора з демпферними обмотками. Загальні зауваження. Потокозчеплення обмоток генератора. Визначення надперехідних ЕРС і реактивностей генератора з демпферними обмотками. Векторна діаграма генератора.</p> <p>Література [1]., с. 121-129. [2], с. 350-357. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 10</p> |
| 11 | <p>Врахування навантаження при розрахунках струму КЗ. Порівняння реактивностей синхронних генераторів. Врахування навантаження в усталеному режимі КЗ. Вплив та врахування навантаження в початковий момент КЗ.</p> <p>Література[2] с.1-88, [11] с.1-52, [4] с.1-59, [7] с.59-67 Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 11</p> |
| 12 | <p>Практичні методи розрахунку струму КЗ. Метод розрахункових кривих. Обґрунтування методу розрахункових кривих. Метод індивідуальної зміни. Алгоритм розрахунку струму КЗ за методом індивідуальної зміни.</p> <p>Література: [2] с. 11-88 дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 12</p> |
| 13 | <p>Спрошені методи врахування зовнішніх систем при розрахунках струму КЗ.</p> <p>Література [3] с.76-88, [4] с.42-52 Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 13</p> |
| 14 | <p>Модульна контрольна робота</p> |
| 15 | <p>Метод симетричних складових при аналізі несиметричних режимів. Основні положення методу симетричних складових. Розподіл несиметричного режиму на три симетричних. Схема заміщення прямої послідовності. Параметри елементів системи для зворотної послідовності. Література [1].,с. 275-279.</p> <p>Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 15</p> |
| 16 | <p>Формування схеми заміщення системи нульової послідовності. Загальні зауваження. Параметри елементів системи для формування схеми нульової послідовності: генератор, ЛЕП, реактор, трансформатор, кабель. Правила побудови схеми заміщення нульової послідовності.</p> |

| | |
|----|--|
| | <i>Література [1], с. 279-285, [5]. с.42-52. Завдання на СРС : Параметри нульової послідовності автотрансформатора. Література [1], с.305-309. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 16</i> |
| 17 | Аналіз несиметричних струмів КЗ. Загальні положення. Трифазне КЗ. Двофазне КЗ. Однофазне КЗ. Векторні діаграми. Комплексні схеми заміщення. <i>Література [1], с.315-320, 339-346. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літера-турою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 17</i> |
| 18 | Аналіз несиметричних струмів КЗ. Двофазне КЗ на землю. Векторні діаграми. Комплексні схеми заміщення. Правило еквівалентування прямої послідовності. Алгоритм розрахунку струму несиметричного КЗ методом розрахункових кривих. <i>Література [1], с.321-333, 339-346. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літера-турою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 18</i> |
| 19 | Окремі питання методу симетричних складових при визначенні струму КЗ. <i>Порівняння видів короткого замикання. Розподіл та трансформація струмів і напруг при переході через трансформатор. Література [1]. с.325-329, 435-441. 5. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 19</i> |
| 20 | Окремі питання методу симетричних складових при визначенні струму КЗ. <i>Розподіл та трансформація струмів і напруг при переході через автотрансформатор. Просте замикання на землю. Література [1] с.325-329, 435-441. Завдання на СРС - Комплексні схеми заміщення при однократній поперечній несиметрії. Література [5] с. 311-315 дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 20</i> |
| 21 | <i>Модульна контрольна робота</i> |
| 22 | Математичні моделі синхронної машини. Загальні зауваження та допущення. Математична модель синхронної машини в фазних координатах. Індуктивності синхронної машини. Узагальнений вектор трифазної системи. <i>Література [4], с.9-24. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 22</i> |
| 23 | Узагальнена модель машини змінного струму. Перетворення координат. Математична модель машини змінного струму в узагальнених векторах. Математична модель генератора без демпферних обмоток в осях ротора. Література: [1], с.150-156. <i>Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 23</i> |
| 24 | Математична модель генератора з демпферними обмотками. Математична модель генератора у відносних одиницях. Математична модель генератора у формі ЕРС. Операторні реактивності синхронної машини. Література [1], с.156-164. <i>Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 24</i> |
| 25 | Вплив АРЗ на струм КЗ. Принципи роботи релейної форсування. Перехідні процеси в колі збудження. Визначення струму КЗ з урахуванням АРЗ. Графічна інтерпретація процесу КЗ при наявності АРЗ. Література [1], с.168-177, 215-222. <i>Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 25</i> |
| 26 | Періодичний струм КЗ. Складові струму КЗ. |

| | |
|----|---|
| | <i>Література [1], с.205-215. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 26</i> |
| 27 | <i>Періодична складова струму КЗ. Графічна інтерпретація процесу КЗ синхронної машини з демпферними обмотками. Література [1], с.205-215. Завдання на СРС: Відпрацювати перелічені питання за вказаною літературою. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лекція 27</i> |

Практичні заняття

| <i>№ з/п</i> | <i>Назва теми заняття та перелік основних питань</i> |
|--------------|--|
| 1 | <i>Параметри елементів електричної системи. Побудова схеми заміщення електричної системи Розв'язання задач. літературні джерела [2], с. 244-253; [6], с.5-11; [10], с.8-10; дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 2 | <i>Розрахунок параметрів електричної системи у різній системі одиниць Розв'язання задач. літературні джерела [6], с.11-22; [10], с.11-15. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 3 | <i>Еквівалентні перетворення схеми заміщення електричної системи Розв'язання задач. Модульна контрольна робота (частина 1). літературні джерела [6], с. 22-28; [10], с.20-21; дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 4 | <i>Аналіз трифазного КЗ у нерозгалуженому колі літературні джерела [6], с. 42-45; дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 5 | <i>Усталені режими КЗ літературні джерела [6], с.46-49; с.71-77. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 6 | <i>Використання практичних методів розрахунку струмів КЗ Розв'язання задач. літературні джерела [6], с.82-88; [10], с.74-78.; дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 7 | <i>Розрахунок струмів при несиметричних КЗ літературні джерела [6], с.91-99; [10], с.78-82. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 8 | <i>Розрахунок струмів при несиметричних КЗ з використанням метода розрахункових кривих Розв'язання задач. Модульна контрольна робота (частина 2). літературні джерела: [6], с.91-99; [10], с.78-82. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |
| 9 | <i>Розрахунок граничної потужності найпростішої системи з неявнополюсними генераторами Розв'язання задач. літературні джерела: [8], с.4-25. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах»</i> |

Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум)

| <i>№ з/п</i> | <i>Короткий зміст лабораторної роботи</i> |
|--------------|--|
| 1 | <p style="text-align: center;"><i>Дослідження залежності струму трифазного короткого замикання від часу (Лабораторна робота №1)</i></p> <p>Мета роботи – одержати залежність величини струму трифазного короткого замикання від часу при різній відстані до місця ушкодження. Література: [1], с.9-16 дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |

| | |
|---|--|
| 2 | <p>Дослідження залежності величини струму короткого замикання від відстані місця пошкодження для різних моментів часу (Лабораторна робота №2)</p> <p>Мета роботи – одержати залежність $I_{кз} = f(X\Sigma)$ для різних моментів часу дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 3 | <p>Визначення реактивних опорів однофазних і трифазних двохобмоткових трансформаторів (Лабораторна робота №3)</p> <p>Мета роботи – отримати навички експериментального визначення опорів прямої, зворотної і нульової послідовностей для двохобмоточних силових трансформаторів.</p> <p>Література: [1], с.29-40</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 4 | <p>Дослідження трифазного короткого замикання в нерозгалуженому колі (Лабораторна робота №4)</p> <p>Мета роботи – дослідити перехідний процес у радіальному колі</p> <p>Література: [1], с.41-47</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 5 | <p>Ознайомлення з устаткуванням і схемою електричних з'єднань електродинамічної моделі (ЕДМ) кафедри (Лабораторна робота №5)</p> <p>Мета роботи – ознайомитися з принципами фізичного моделювання електричних систем, самостійно підібрати устаткування для постановки експерименту на ЕДМ по перехідним процесам.</p> <p>Література: [1], с.51-57</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 6 | <p>Моделювання перехідних процесів в електричній системі на ЕДМ. Керування ЕДМ (Лабораторна робота №6)</p> <p>Мета роботи – ознайомитися з роботою елементів ЕДМ при дослідженні перехідних процесів і інших режимів системи.</p> <p>Література: [1], с.61-67</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 7 | <p>Експериментальне визначення параметрів елементів ЕДМ (Лабораторна робота №7)</p> <p>Мета роботи – набути навички по експериментальному визначенню параметрів елементів електричних систем, необхідних для аналізу статичної і динамічної стійкості ЕДМ у наступних лабораторних роботах.</p> <p>Література: [1], с.71-77</p> <p>дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 8 | <p>Стійкість найпростішої нерегульованої системи (Лабораторна робота №8)</p> <p>Мета роботи – навчити студентів методиці експериментального й аналітичного дослідження стійкості найпростішої нерегульованої системи.</p> <p>Література: [1], с.81-87. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
| 9 | <p>Стійкість найпростішої регульованої системи (Лабораторна робота №9)</p> <p>Мета роботи – навчити студентів методиці експериментального й аналітичного дослідження стійкості найпростішої регульованої системи; здобути навички вибору</p> |

| |
|---|
| <p>розрахункових параметрів елементів системи для розрахунку регульованої електричної системи; усвідомити переваги регульованих електричних систем; усвідомити сутність перехідних процесів при аперіодичній і періодичній нестійкості систем.</p> <p>Література: [1], с.91-97. дистанційний курс «Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах» лабораторні роботи</p> |
|---|

6. Самостійна робота студента

| №з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|--------|--|---------------------|
| 1 | Підготовка до аудиторних занять | 25 |
| 2 | Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях | 17 |
| 3 | Розв'язок задач | 15 |
| 4 | Виконання розрахунково-графічної роботи | 14 |
| 5 | Підготовка до МКР | 4 |
| 6 | Підготовка до екзамену | 30 |
| Всього | | 105 |

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 електромагнітні процеси в електроенергетичних системах», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт.
- 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;

- 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, розв'язання задач

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за модульну контрольну роботу, зарахування усіх лабораторних 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 лабораторних робіт;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

| Експрес-опитування | Розв'язання задач | Лаб. роботи | МКР | Rc | Рекз | R |
|--------------------|-------------------|-------------|-----|----|------|-----|
| 4 | 9 | 27 | 20 | 60 | 40 | 100 |

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,15.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0,15 бали * 27 = 4 бали.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 0,15;

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 1 бал * 9 = 9 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задач, вільне володіння темою заняття – 1;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0,5;

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні 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 лабораторної роботи – 1 бал;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин: 20 теоретичних питань і задача відповідно. Ваговий бал кожної частини МКР – 10.

Максимальний бал за МКР – $2 * 10 = 20$.

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.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та задачі

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,6) * R$, тобто 40 – 60 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ балів.

Рейтинг екзамену $R_z = 33 - 40$ 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 $R_z = 25 - 32$ 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 електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних 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 старшим 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)

1. Аварійні режими в ЕЕС, їх наслідки та шляхи запобігання
2. Рівняння явнополюсної та неявнополюсної синхронної машини
3. Види перехідних процесів у ЕЕС, характерні ознаки можливих режимів
4. Визначення параметрів синхронних машин у початковий момент часу перехідного процесу
5. Види, причини, наслідки електромагнітних перехідних процесів у ЕЕС
6. Рівні припущень, що допускаються при математичному моделюванні синхронних машин
7. Похибки в розрахунках струму КЗ за точним та наближеним зведеннями показників елементів схеми заміщення короткозамкненого кола
8. Вплив двигунів та узагальненого навантаження на перехідний процес при КЗ у початковий момент часу
9. Основні причини пошкодження електротехнічного обладнання
10. Перехідні процеси в системі електропостачання при замиканні на затискачах синхронної машини з демпферними обмотками та без них
11. Призначення розрахунків струмів КЗ на різних ступенях розподілу електроенергії
12. Аналіз векторних діаграм асинхронних і синхронних машин в усталеному та надперехідному режимах
13. Вплив демпферних обмоток синхронних машин на перебіг перехідного процесу
14. Вплив АРЗ на характер перехідного процесу перебігу струму КЗ
15. Визначення струмів перехідного процесу в обмотках статора синхронної машини за допомогою рівнянь Парка-Горєва в операторній формі
16. Вплив електричної віддаленості точки КЗ на джерела живлення
17. Лінійне перетворення диференціальних рівнянь синхронних машин з трифазними обмотками та симетричним ротором
18. Визначення зміни повного струму та його складових при КЗ у різних точках ЕЕС
19. Усталені аварійні режими синхронних машин
20. Принципи складання схем заміщення електричних мереж для аналізу перехідних процесів
21. Джерела живлення місця КЗ та визначення створюваних ними струмів КЗ
22. Порівняння результатів розрахунку струму КЗ за його загальною та індивідуальною змінами для конкретної схеми ЕЕС
23. Особливості розрахунку струму КЗ для системи електропостачання підприємства
24. Розробка алгоритму та програми розрахунку струму КЗ у мережі напругою до 1 кВ для типової схеми електропостачання
25. Математичний апарат для розрахунку струмів КЗ у складних замкнених схемах з кількома джерелами
26. Особливості розрахунку струмів КЗ у складно замкнених схемах
27. Вплив електричної віддаленості точки КЗ на значення складових струму КЗ
28. Застосування методу симетричних складових при аналізі та розрахунку несиметричних КЗ
29. Опір прямої, зворотної та нульової послідовностей різних елементів
30. Складання схем заміщення для нульової послідовності та їх особливості
31. Види перехідних процесів у ЕЕС, характерні ознаки можливих режимів
32. Аналіз причин і наслідків виникнення несиметричних замикань в електричних мережах
33. Види, причини, наслідки електромагнітних перехідних процесів у ЕЕС
34. Побудова векторних діаграм при несиметричних замиканнях в електричних мережах
35. Похибки в розрахунках струму КЗ за точним та наближеним зведеннями показників елементів схеми заміщення короткозамкненого кола
36. Основні розрахункові співвідношення при несиметричних КЗ в одній точці та їх векторні діаграми струмів і напруг
37. Основні причини пошкодження електротехнічного обладнання
38. Особливості аналізу перехідних процесів при замиканнях в електричних мережах постійного струму
39. Призначення розрахунків струмів КЗ на різних ступенях розподілу електроенергії