



Електромагнітні перехідні процеси

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Інститут

ННІ енергетики,
електроніки та електромеханіки

Освітня програма

Електроенергетика

Кафедра

Передачі електричної енергії (131)

Рівень освіти

Бакалавр з електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки

Тип дисципліни

Вільного вибору профільної підготовки

Семестр

6-обсяг 240 кр; 4-обсяг 180 кр

Мова викладання

Українська, англійська

Викладач, розробник



Загайнова Олександра Анатоліївна

aleksandra.zagaynova@khpi.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент кафедри передачі електричної енергії
НТУ «ХПІ».

Досвід роботи понад 15 років. Автор понад 60 наукових та методичних
робіт. Провідний лектор з дисциплін «Електромагнітні перехідні
процеси», «Електромеханічні перехідні процеси».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Освітній компонент «Електромагнітні перехідні процеси» спрямовано на формування
знань в області теорії електромагнітних перехідних процесів в електроенергетичних
системах; застосовуванні сучасних методів аналізу і розрахунку струмів коротких
замикань різних класів номінальної напруги; обґрунтуванню вибору ефективних методів
інженерних розрахунків та проведенню досліджень і аналізу отриманих результатів.

Мета та цілі дисципліни

Оволодіння теоретичними основами, методами та алгоритмами розрахунку
електромагнітних перехідних процесів, які виникають при коротких замиканнях та при
інших порушеннях нормального режиму роботи електроенергетичної системи.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, лабораторні заняття, самостійна робота, консультації.
Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

Загальні компетентності:

- K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.
- K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.
- K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

Результати навчання

- ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
- ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.
- ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.
- ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 годин (5 кредитів ECTS): лекцій – 48 годин, практичні заняття – 12 годин, лабораторні роботи – 12 годин, розрахункова робота, самостійна робота – 78 годин.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Знання, навички та попередні дисципліни, необхідні для успішного проходження курсу: ЗП9. «Вища математика», ЗП10. «Фізика», СП 4. Теоретичні основи електротехніки ч.1; СП 5. Теоретичні основи електротехніки ч.2; СП9. «Електричні системи та мережі»; ВП2.2 «Математичні задачі енергетики».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Використовуються репродуктивні методи навчання з опорою на поетапне формування розумових дій з елементами активних методів навчання. В системі вивчення дисципліни з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів під час освєнні освітнього компоненту на лекційних і лабораторних заняттях та консультаціях використовується комплекс методів навчання: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, проблемного викладу, частково-пошуковий, дослідницький. Основна рекомендація зводиться до забезпечення рівномірної активної роботи студентів на протязі всього часу відведеного на освоєння освітнього компоненту.

Навчальні матеріали доступні студентам на платформі Office Microsoft 365.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Вступ.

Мета вивчення та завдання освоєння освітнього компоненту.

Тема 1. Загальні відомості про перехідні процеси в електричних системах, їх фізичну природу, методи та засоби дослідження.

Методи та засоби аналізу аварійних режимів. Основні види й особливості перехідних процесів, характеристика їхнього протікання, причини їх виникнення й наслідки, вплив на роботу електричної системи в цілому й окремих її елементів. Призначення розрахунків перехідних процесів. Основні припущення, прийняті при дослідженнях і в практичних розрахунках перехідних процесів.

Тема 2. Математичні моделі та параметри елементів електричних систем в перехідних режимах.

Системи одиниць, які застосовуються при розрахунках усталених і перехідних аварійних режимів електричних систем. Особливості складання і перетворення схем заміщення електричних систем для розрахунку перехідних процесів у них. Системи іменованих і відносних одиниць, які застосовуються при розрахунках усталених і перехідних аварійних режимів електричних систем. Електромагнітні перехідні процеси в мережі з джерелом безмежної потужності синусоїдальної напруги. Електромагнітні перехідні процеси під час трьохфазних коротких замикань в електричній мережі. Однофазний еквівалент трифазної мережі. Зміна в часі струму короткого замикання і його складових. Періодична, аперіодична складова струму, повний струм, ударне та діюче значення струму КЗ. Електромагнітні перехідні процеси в силових трансформаторах. Електромагнітні перехідні процеси в мережі з джерелом обмеженої потужності синусоїдальної напруги. Усталений режим, що передує КЗ. Фізична картина перехідного процесу при трьохфазном КЗ на шинах СГ без демпферних обмоток та без АРЗ. Перехідні ЕРС. Вплив демпферних обмоток. Надперехідні ЕРС та опір СГ. Усталений режим при КЗ на шинах СГ. Усталений режим при КЗ у зовнішній мережі. Вплив АРЗ. Вплив вузлів навантаження на параметри перехідних процесів при симетричних КЗ. Надперехідні, перехідні та усталені значення струмів при симетричних коротких замиканнях. Параметри та схеми заміщення основних елементів електричної системи. Синхронні генератори та синхронні компенсатори. Еквівалентні джерела обмеженої і безмежної потужності. Силові трансформатори і автотрансформатори. Повітряні та кабельні лінії. Реактори. Вузли навантаження.

Тема 3. Спрощені методи розрахунку струмів трифазних симетричних коротких замикань.

Спрощені методи розрахунку струмів трифазних симетричних коротких замикань. Розрахункові умови – розрахункова схема, режими, що передують КЗ, місто, вид, та моменти часу от начала перехідного процесу, для яких визначаються струми КЗ. Схеми заміщення електричної мережі в режимі трифазного КЗ на різних етапах перехідного процесу. Метод еквівалентних перетворень, метод накладення, метод розрахункових кривих. Вплив АРЗ, вузлів навантаження, системи на струми КЗ та їх врахування. Застосування фізичних та аналогових моделей для розрахунку трифазних коротких замикань.

Тема 4. Уточнені методи розрахунку симетричних коротких замикань за допомогою сучасної обчислювальної техніки.

Вузлові рівняння електричної мережі в формі балансу струмів з приведенням і без приведення до одного ступеня напруги. Математичні моделі елементів системи в аварійних режимах. Формування вузлових рівнянь для спрощених та уточнених розрахунків струмів КЗ. Методи формування та рішення вузлових рівнянь. Еквівалентні перетворення схем складних електричних мереж за допомогою сучасної обчислювальної

техніки.. Розрахунки струмів КЗ в складних електричних мережах за допомогою сучасної обчислювальної техніки. Склад вихідних даних. Загальний алгоритм розрахунку. Характеристика програмного забезпечення сучасних ЕОМ, призначеного для розрахунків та аналізу аварійних режимів при симетричних ушкодженнях в електричних мережах.

Тема 5. Аварійні перехідні та усталені режими під час несиметричних ушкоджень та методи їх аналізу.

Загальна характеристика несиметричних аварійних режимів та методів їх розрахунку. Методи фазних координат та симетричних складових. Основні положення методу симетричних складових.

Тема 6. Параметри та схеми заміщення основних елементів електричної мережі в фазних координатах та в симетричних складових.

Параметри елементів електричної мережі в фазних координатах та в симетричних складових. Схеми заміщення електричної мережі в симетричних складових. Пряма, обернена та нульова послідовності.

Тема 7. Фізичне та математичне моделювання в задачах аналізу електромагнітних перехідних процесів при несиметричних ушкодженнях в мережах із заземленою та ізольованою нейтраллю.

Аналіз несиметричних аварійних режимів методом симетричних складових. Однофазне, двофазне, та двофазне на землю короткі замикання в трифазній електричній мережі. Комплексні схеми заміщення. Правило М.М. Щедрина. Розподіл та трансформація симетричних складових в електричній мережі. Порівняння різних видів коротких замикань. Загальний алгоритм розрахунку аварійних режимів під час несиметричних коротких замикань методом симетричних складових в мережах с заземленою та ізольованою нейтраллю. Вплив режиму нейтралі на параметри аварійних режимів мережі. Особливості перехідних процесів під час замикань на землю в розподільчих мережах і методів їх розрахунку. Обмеження методу симетричних складових. Застосування методу фазних координат для аналізу складних несиметричних режимів. Сучасні програмні засоби аналізу несиметричних режимів, які застосовуються в практиці проектування та експлуатації електричних систем.

Тема 8. Методи та засоби обмеження несприятливих технологічних та екологічних наслідків аварійних режимів електричних систем.

Методи та засоби обмеження рівня струмів коротких замикань в електричних мережах. Рівні струмів коротких замикань в електричних мережах різного призначення та вимоги до електроустаткування. Нормовані значення струмів коротких замикань.

Теми практичних занять

Тема 1. Визначення параметрів елементів і складання схем заміщення електричної мережі в іменованих та відносних одиницях.

Тема 2. Розрахунок електромагнітних перехідних процесів при коротких замиканнях СГ за допомогою сучасної обчислювальної техніки..

Тема 3. Розрахунки струмів трифазних симетричних коротких замикань. Метод еквівалентних перетворень, метод накладення.

Тема 4. Розрахунок аварійних режимів електричної мережі при симетричних режимах по вузловим рівнянням за допомогою сучасної обчислювальної техніки..

Тема 5. Порівняння різних видів коротких замикань.

Тема 6. Складання та еквівалентні перетворення схем електричної мережі для розрахунку несиметричних коротких замикань методом симетричних складових.

Тема 7. Розрахунок аварійних режимів електричної мережі при несиметричних коротких замиканнях за допомогою сучасної обчислювальної техніки.

Тема 8. Розподіл та трансформація симетричних складових струмів та напруги при несиметричних пошкодженнях в електричній мережі.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Розрахунок режимів, що передують КЗ методом Ньютона за допомогою сучасної обчислювальної техніки..

Тема 2. Розрахунок аварійних електричної мережі при симетричних режимах по вузловим рівнянням за допомогою сучасної обчислювальної техніки..

Тема 3. Розрахунок несиметричних коротких замикань в трифазній електричній мережі методом симетричних складових за допомогою сучасної обчислювальної техніки.

Тема 4. Дослідження несиметричних коротких замикань в електричній мережі за допомогою сучасної обчислювальної техніки.

Індивідуальні завдання (ІЗ)

Освітній компонент «Електромагнітні перехідні процеси» передбачає виконання розрахункового завдання (Р). Результати розрахунків оформлюються у письмовий звіт, який підлягає захисту.

Тема «Електромагнітні перехідні процеси в електричних системах».

Розрахункове завдання містить наступні розділи:

1. Визначення параметрів елементів і складання схем заміщення електричної мережі в іменованих та відносних одиницях.
2. Розрахунки струмів трифазних симетричних коротких замикань.
3. Складання та еквівалентні перетворення схем електричної мережі для розрахунку несиметричних коротких замикань методом симетричних складових.
4. Розподіл та трансформація симетричних складових струмів та напруги при несиметричних пошкодженнях в електричній мережі.

Самостійна робота

Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичних занять, виконання завдань. Виконання розрахункової роботи. Студентам рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення та аналізу.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. 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.
2. Черемісін М.М. Перехідні процеси в системах електропостачання. - Харків: Факт, 2005. - 176 с.
3. Г. Г. Півняк, В. М. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен. Перехідні процеси в системах електропостачання. Національна гірничча академія України, 2003. - 597 с.
4. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. / Г.Г. Пивняк, В.Н. Винославский, А.Я. Рыбалко, Л.И. Несен / За ред. академіка НАН України Г.Г. Пивняка. – Дніпропетровськ: Вид-во НГА України, 2000. – 597 с.
5. Rudyk A., Semenov A., Kryvinska N., Semenova O. Study of phase and amplitude phase methods for measuring a reactive element quality factor. Measurement, Vol. 187, 2022, 110271, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110271>.
6. Semenov, A.; Drevetskyi, V.; Rudyk, A.; Semenova, O.; Komada, P. Developing and Investigating the Analyzers of Kinematic Viscosity and Density of Petroleum Products on Throttle Bridge Transducers. Inventions 2022, 7, 6, ISSN 2411-5134. <https://doi.org/10.3390/inventions7010006>.
7. Теоретичні основи електротехніки. Перехідні процеси в лінійних колах. Синтез лінійних кіл. Електричні та магнітні нелінійні кола : підручник / *Карпов Ю. О., Ведміцький Ю. Г.,

Кухарчук В. В. та ін.+ за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 530 с. Режим доступу: http://publish.vntu.edu.ua/txt/Karpov_ ТОРРР-

?ProtsVLinKolSynLinKilElektTaMagnNelinKola_446-8.pdf.

8. Розрахунок перехідних процесів у лінійних електричних колах : навч. посіб. / І.А. Курило, В.П. Грудська, Л.Ю. Спінул, М.А. Щерба. - К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 289 с. Режим доступу: http://toe.fea.kpi.ua/te_sait/posibniki/per_proc.pdf.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100 балів підсумкової оцінки складають результати оцінювання:

Екзамен: письмове завдання (2 запитання з теорії і розв'язання задачі) та усна доповідь – 40 балів.

Поточне оцінювання - 60 балів, з яких:

- практичні заняття – 10 балів;
- лабораторні роботи – 14 балів;
- контрольні роботи (2 онлайн тести) – 16
- розрахункове завдання – 20 бали;

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ЕС TS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено
31 серпня 2023 р

ПІДПИС

Завідувач кафедри
Сергій ШЕВЧЕНКО

ПІДПИС

Гарант ОП
Галина Омеляненко