



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах

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

7-обсяг 240 кр; 5-обсяг 180 кр

Мова викладання

Українська, англійська

Викладач, розробник

**Загайнова Олександра Анатоліївна**

aleksandra.zagaynova@kpi.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 «Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах» спрямовано на вивчення питань, пов'язаних з дослідженнями статичної, динамічної та результируючої стійкості електроенергетичних систем. На підставі розрахунків статичної та динамічної стійкості приймаються рішення, від яких залежить рівень надійності роботи електроенергетичної системи, найбільш повне використання пропускної здібності електричних мереж та економічність їх режимів роботи.

Мета та цілі дисципліни

Оволодіння комплексом знань та вмінь в галузі теорії перехідних процесів та стійкості режимів роботи електроенергетичних систем, отримання знань про електромеханічні перехідні процеси: причини виникнення, фізичну картину їх протікання, вплив на роботу системи, на показники її функціонування та на рішення, які приймаються як під час проектування, так і в процесі експлуатації електроенергетичних систем.

Формат занять

Лекції, практичні 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

- ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення 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 120 годин (4 кредита ECTS): лекцій – 32 години, практичні заняття – 16 годин, розрахункова робота, самостійна робота – 72 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»; ВВП24. «Електромагнітні перехідні».

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 освоєння 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.

Тема1. Загальні відомості про електромеханічні перехідні процеси.

Поняття про стійкість режимів роботи електричних систем при великих та малих збуреннях. Вимоги до стаціонарних режимів і якості перехідних процесів. Умовність поняття "стаціонарний режим" при наявності постійно діючих збурень.

Тема 2. Статична стійкість синхронних генераторів и вузлів навантаження з АД та СД.

Потужності синхронних генераторів та вузлів навантаження з СД та АД. Граничні режими.

Шляхи обважнення режимів. Метод малих коливань. Характеристичне рівняння і його корени. Необхідні і достатні умови стійкості. Прояви статичної нестійкості синхронних генераторів - сповзання, саморозкачування, самозбудження. Критерії статичної стійкості електропередачі. Практичні критерії статичної стійкості. Статична стійкість вузла навантаження. Характеристики і критерії статичної стійкості вузлів з СД і АД та комплексного навантаження. Аналіз статичної стійкості вузла навантаження. Лавина напруги. Електричний центр навантаження в енергосистемі. Запаси статичної стійкості та їх нормування.

Тема 3. Стійкість стаціонарних режимів складних електричних систем при малих збуреннях.

Спрощена математична модель електричної системи при малих збуреннях. Врахування впливу електричної мережі в спрощеній моделі. Власні і взаємні провідності і синхронізуючі потужності генераторів. Рівняння малих коливань генераторів в складній системі. Моделювання систем збудження. Уточнені математичні моделі для аналізу статичної стійкості електричних систем. Завдання аналізу статичної стійкості режимів складних електричних систем і методи його вирішення. Необхідні і достатні умови стійкості складної системи. Критерії аперіодичної статичної стійкості. Нормування запасів статичної стійкості складних енергосистем.

Тема 4. Динамічна стійкість синхронних генераторів.

Причини і характер великих збурень режиму електричної системи. Схеми заміщення і характеристики потужності генераторів в аварійних режимах при симетричних і несиметричних ушкодженнях. Спрощені рівняння для аналізу динамічної стійкості. Коливання роторів синхронних генераторів при різких змінах режиму. Методи чисельного інтегрування для аналізу динамічної стійкості електропередачі. Енергетичні співвідношення, що характеризують рухи ротора. Метод площ і витикаючи з нього критерії динамічної стійкості. Приклади застосування практичних критеріїв.

Тема 5. Динамічна стійкість вузлів навантаження з АД і СД.

Причини різких змін режимів роботи вузла навантаження і завдання розрахунку перехідних процесів в вузлах навантаження. Самозапуск асинхронних і синхронних двигунів. Динамічна стійкість вузлів комплексного навантаження.

Тема 6. Стійкість режимів складних електричних систем при великих збуреннях.

Системні аварії, їх причини і наслідки. Загальна характеристика методів і засобів аналізу динамічної стійкості енергосистем. Моделі, які використовують перетворення електричної мережі до власних і взаємних провідностей. Моделі, які враховують електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси в системах збудження і вузлах навантаження з двигунами.

Тема 7. Чисельний аналіз динамічної стійкості.

Дослідження стійкості енергосистем методами чисельного інтегрування. Нормування запасів динамічної стійкості. Керівні вказівки і рекомендації по виконанню розрахунків електромеханічних перехідних процесів та динамічної стійкості.

Тема 8. Заходи по підвищенню стійкості і надійності режимів роботи електричних систем.

Покращення параметрів і характеристик основних елементів системи - генераторів, турбін, ліній електропередачі, трансформаторів. Покращення характеристик комутаційних апаратів та підвищення швидкодії релейного захисту, застосування АПВ ліній та електроприймачів. Управління збудженням синхронних генераторів. Вплив АРЗ на статичну та динамічну стійкість. Системна автоматика. Регулювання частоти і потужності. Вплив АРЧП на динамічну стійкість. Управління потужністю турбін. Принципи дозування управляючих впливів. Автоматичне розвантаження за частотою. Управління енергосистемою в асинхронних режимах. Автоматика для припинення асинхронного режиму. Застосування АСТГ. Розподіл енергосистеми після виникнення асинхронного режиму. Вибір місць поділу. Резерв потужності в енергосистемі і його використання. Пристрої АВР.

Теми практичних занять

Тема 1. Складання схеми заміщення і розрахунок вихідного нормального режиму. Розрахунок і побудова векторних діаграм простої електричної мережі з ТГ і ГГ.

Тема 2. Розрахунки активної потужності простої електричної мережі з ТГ і ГГ та активної потужності у випадку складного зв'язку віддаленої станції з шинами приймальної системи. Розрахунок режиму простої електричної мережі з побудовою векторної діаграми.

Тема 3. Розрахунки коефіцієнтів запасу статичної стійкості ГГ з різними системами АРЗ та коефіцієнта запасу статичної стійкості у випадку складного зв'язку віддаленої станції з шинами приймальної системи.

Тема 4. Практичні критерії статичної стійкості електричних систем та їх застосування.

Тема 5. Схеми заміщення і характеристики потужності при короткому замиканні. Аналіз динамічної стійкості простої електричної мережі способом площини. Застосування правила площини для визначення граничного кута відключення короткого замикання. Застосування правила площини для визначення ефективності автоматичного повторного включення (АПВ) ліній електропередачі.

Тема 6. Метод послідовних інтервалів в розрахунках динамічної стійкості електричних систем.

Тема 7. Розрахунок перехідного процесу, викликаного відключенням лінії електропередачі та розрахунок граничного кута і граничного часу відключення трифазного і несиметричного короткого замикання.

Тема 8. Розрахунок перехідних процесів при самозапуску вузла навантаження з АД і СД

Індивідуальні завдання (ІЗ)

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

Тема «Електромеханічні перехідні процеси в електричних системах».

Розрахункове завдання містить наступні розділи:

1. Завдання (вихідні дані)
2. Розрахунок вихідного нормального режиму
3. Аналіз стичної стійкості. Визначення межі потужності, що передається.
4. Аналіз динамічної стійкості. Побудова кутових характеристик в аварійному та після аварійному режимі.
5. Розрахунок електромеханічного перехідного процесу при несиметричному короткому замиканні.
6. Висновок та пояснення отриманих залежностей та розрахунків.

Самостійна робота

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

Література та навчальні матеріали

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 гірнича академія України, 2003. - 597 с.
4. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. / Г.Г. Пивнєк, В.Н. Винославский, А.Я. Рыбалко, Л.И. Несен / За ред. академіка НАН України

Г.Г. Пивняк. – 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_TOEPe-?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 – 14 балів;
- контрольні роботи (2 онлайн тести) – 16
- розрахункове завдання – 30 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