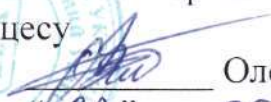


Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи та організації освітнього
процесу

 Олександр ПЕТРОВ

“ 22 ” 06 2023 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ


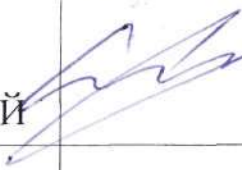


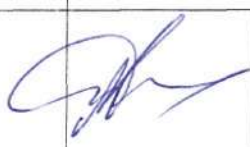

СТІЙКІСТЬ І РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
галузь знань	14 Електрична інженерія
спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня програма	Електричні станції

СУЯ ВНТУ-08-21-РП.016.01:23

2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни
 «Стійкість і режими роботи електричних станцій»
 рівень вищої освіти – другий (магістерський)
 галузь знань – 14 Електрична інженерія
 спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
 освітні програми – Електричні станції
 2023. — 21 с.

	Посада Протокол засідання	ПІБ	Підпис
Розроблено	Професор кафедри ЕСС	д.т.н., доцент Володимир КУЛИК	
	Доцент кафедри ЕСС	к.т.н., доцент Святослав ВИШНЕВСЬКИЙ	
Схвалено	Гарант освітньої програми Електричні станції	к.т.н., професор Олександр РУБАНЕНКО	
	Зав. кафедри ЕСС засідання кафедри ЕСС (протокол № 15 від 23.05.2023 р.)	д.т.н., професор Вячеслав КОМАР	
	Голова Методичної комісії ФЕЕЕМ Методична комісія ФЕЕЕМ (протокол № 10 від 12.06.2023 р.)	к.т.н., доцент Михайло РОЗВОДЮК	
Затверджено	Голова методичної ради Методична рада ВНТУ (протокол № 11 від 22.06.2023 р.)	к.т.н., доцент Олександр ПЕТРОВ	

© В. В. Кулик, 2023 рік

© С.Я. Вишневський, 2023 рік

© ВНТУ, 2023 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <u>14 – Електрична інженерія</u> (шифр і назва)	Нормативна частина	
Модулів – 2	Спеціальності <u>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u> Освітня програма <u>Електричні станції</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1	2
Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові, дипломні проекти (роботи) та ін. визначаються робочим навчальним планом чи рішенням кафедри)		Семестр	
Загальна кількість годин – 180		2-й	3-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 6,5	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	36 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		27 год.	5 год.
		Лабораторні	
		Курсовий проект	
		Самостійна робота	
		117 год.	165 год.
		Вид контролю: диф.залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

- для денної форми навчання – 35% / 65%,
- для заочної форми навчання – 8% / 92%.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Стійкість і режими роботи електричних станцій» базується на математичній і електротехнічній підготовці студентів в попередніх семестрах. Для успішного опанування дисципліни необхідно мати компетентності, які забезпечуються вивченням теоретичних основ електротехніки, теорії електричних машин, питань експлуатації електричних систем і мереж, математичного моделювання в електричних системах, основ релейного захисту та автоматизації електричних систем, теорії автоматичного керування, електромагнітних та електромеханічних перехідних процесів в електричних системах. Ця дисципліна безпосередньо пов'язана і доповнює такі обов'язкові дисципліни, як «Сучасні проблеми електроенергетики, електротехніки та електромеханіки», «Автоматизовані системи керування електричних станцій», «САПР електричних станцій».

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни "Стійкість і режими роботи електричних станцій" полягає у формуванні знань і отриманні навичок щодо режимів роботи електричних станцій у електроенергетичній системі, методів аналізу стійкості їх роботи та засобів покращання технологічного процесу виробництва та транспортування електричної енергії. Розвиток на основі отриманих знань творчого мислення, вміння аналізувати знання та успішно застосовувати вміння у керівній та інженерній діяльності дозволить сформувати професіонала, що успішно забезпечує процес експлуатації енергосистем.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей:

Інтегральної: Здатність розв'язувати складні проблеми і задачі під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальних:

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, а також володіння навичками критичного мислення.

ЗК06. Здатність приймати обґрунтовані рішення, застосовувати кращі практики у професійній діяльності.

ЗК010. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Спеціальних (фахових):

СК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики.

СК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

СК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних систем, електротехнічних та електромеханічних об'єктів.

СК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних систем.

СК18. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з диспетчеризацією та оптимальним керуванням системами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

Програмні результати вивчення дисципліни

РН1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

РН2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.

РН4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

РН5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

РН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

РН7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

РН17. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

РН27. Виявити основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

Контрольні заходи

Поточний та підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів під час лекційного заняття, контрольних робіт, колоквиумів, тестування, захисту курсового проекту, іспиту.

На позааудиторну/самостійну роботу виносяться вивчення окремих проблем курсу, підготовка до лекційних та практичних занять, колоквиумів, тестування, іспиту, виконання індивідуальних науково-дослідних завдань (підготовка доповідей на щорічну науково-теоретичну конференцію підрозділів ВНТУ).

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Режими роботи електричних станцій в електроенергетичній системі.

Методи дослідження стійкості електричних станцій

Тема 1. Вступ. Список рекомендованої літератури для вивчення ОК. Мета та задачі дисципліни. Методи навчання та організація поточного й підсумкового контролю знань. Режими роботи електричних станцій (ЕС) у системі та електромеханічні перехідні процеси. Класифікація та основне обладнання електричних станцій та його вплив на електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах (ЕЕС). Види збурень і види стійкості. Умови існування усталеного режиму.

Тема 2. Режими роботи електричних станцій у системі. Режимні параметри електричних станцій (ЕС), технічно допустимі та економічно доцільні значення. Принципи автоматичного керування збудженням (АРЗ) синхронних машин. Вплив АРЗ на стійкість ЕС.

Тема 3. Математичні моделі для дослідження стійкості електричних станцій. Схеми заміщення основних елементів ЕС. Структурні схеми та математичні моделі ЕС для аналізу стійкості.

Тема 4. Основні характеристики режиму електроенергетичної системи з регульованими електричними станціями. Статичні і динамічні характеристики. Куткові характеристики потужності та векторні діаграми ЕЕС з генераторами різних типів.

Тема 5. Статична стійкість роботи електричних станцій у системі. Методи дослідження стійкості. Поняття про статичну стійкість. Задачі і методи аналізу статичної стійкості. Практичні та алгебраїчні критерії статичної стійкості. Рівняння малих коливань, види коренів і характер перехідного процесу.

Тема 6. Статична стійкість енергосистеми з нерегульованими ЕС, зокрема, відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ). Особливості функціонування енергосистеми з ВДЕ. Проблема регулювання частоти й потужності в ЕЕС з ВДЕ. Дослідження статичної стійкості. Накопичувачі енергії для забезпеченні стійкості ЕЕС.

Тема 7. Статична стійкість енергосистеми з регульованими електричними станціями. Дослідження статичної стійкості регульованої системи. Дослідження стійкості ЕС з врахуванням електромагнітних перехідних процесів в колах збудження. Порушення статичної стійкості: саморозхитування і самозбудження.

Тема 8. Динамічна стійкість роботи електричних станцій у системі. Методи дослідження стійкості. Синхронна і результуюча динамічна стійкість. Задачі і методи аналізу динамічної стійкості. Коливання ротора під час зміни режиму. Застосування методу площ для дослідження динамічної стійкості.

Тема 9. Вплив засобів автоматизації ЕС на динамічну стійкість енергосистем. Аналіз дії АРЗ та системи форсування (розфорсування) збудження. Аналіз впливу демпфування та регуляторів швидкості турбіни на протікання асинхронних режимів. Методи аналізу успішності синхронізації ЕС.

Змістовий модуль 2. Заходи забезпечення стійкості електричних станцій в електроенергетичних системах. Протиаварійна режимна автоматика.

Тема 10. Методи розв'язання диференційних рівнянь відносного руху ротора еквівалентованого генератора. Метод послідовних інтервалів для розв'язання диференційного рівняння відносного руху ротора. Врахування впливу АРЗ. Застосування ЕОМ до аналізу динамічної стійкості.

Тема 11. Вплив параметрів та характеристик навантаження на стійкість роботи електричних станцій. Статичні і динамічні характеристики. Перехідні процеси у вузлах навантаження за умови малих змін режиму. Лавина напруги та частоти.

Тема 12. Стійкість системи власних потреб електричних станцій. Дослідження статичної стійкості двигунів власних потреб. Аналіз впливу АРЗ генераторів на стійкість власних потреб. Застосування практичних критеріїв для аналізу статичної стійкості власних потреб.

Тема 13. Асинхронні режими. Результуюча стійкість. Виникнення асинхронних режимів. Зміна параметрів ЕС за умови асинхронної швидкості. Процес ресинхронізації. Результуюча стійкість. Порядок розрахунку.

Тема 14. Синхронізація та ресинхронізація генераторів ЕС. Процеси під час самосинхронізації синхронних генераторів. Перехідні процеси під час автоматичного повторного включення з самосинхронізацією та без контролю синхронізму. Вхідження генераторів в синхронізм.

Тема 15. Особливості дослідження стійкості складних систем. Рівняння перехідного процесу та їх розв'язання. Особливості розрахунку перехідних процесів складної системи. Врахування регуляторів швидкості та збудження.

Тема 16. Аналіз статичної стійкості складних систем. Розрахунок статичної стійкості складних автоматично регульованих систем. Застосування вірогіднісних методів до розв'язання рівнянь відносного руху ротора генератора.

Тема 17. Регулювання частоти та потужності в електроенергетичних системах. Причини зміни частоти. Дія регуляторів швидкості та частоти електричних станцій. Статичні і динамічні характеристики потужності. Нестійкість (лавина) частоти. Автоматичне розвантаження за частотою. Використання накопичувачів енергії для запобігання лавини частоти й напруги.

Тема 18. Заходи щодо підвищення стійкості роботи електричних станцій в умовах активних військових дій. Превентивне керування збудженням генераторів ЕС і потужністю їх первинних двигунів. Перехідні процеси в енергосистемах під дією протиаварійної автоматики (ПРА) розвантаження за частотою. Протиаварійне керування електричним гальмуванням та реакторами на електростанціях.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Модуль 1													
<i>Змістовий модуль 1. Режими роботи електричних станцій в електроенергетичній системі. Методи дослідження стійкості електричних станцій.</i>													
Тема 1. Вступ. Список рекомендованої літератури для вивчення ОК. Мета та задачі дисципліни. Методи навчання та організація поточного й підсумкового контролю знань. Основні поняття та визначення. Класифікація та основне обладнання електричних станцій та його вплив на електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах (ЕЕС). Види збурень і види стійкості. Основні положення та припущення, що приймаються під час аналізу електромеханічних перехідних процесів. Вимоги, що висуваються до усталених режимів. Умови існування усталеного режиму.	10	2	1	-	-	7	10	1	-	-	-	9	
Тема 2. Режими роботи електричних станцій у системі. Режимні параметри електричних станцій (ЕС), технічно допустимі та економічно доцільні значення параметрів. Принципи керування збудженням синхронних машин на електричних станціях. Характеристики ЕС з неявнополюсними і явнополюсними генераторами без АРЗ і з АРЗ пропорційного типу та “сильної” дії. Вплив АРЗ на характеристики та межу потужності, що передається.	10	2	1	-	-	7	10	-	1	-	-	9	
Тема 3. Математичні моделі для дослідження стійкості електричних станцій. Схеми заміщення основних силових елементів електричних станцій та ЕЕС. Структурні схеми та математичні моделі нерегульованої ЕС. Структурні схеми та математичні моделі	10	2	1	-	-	7	10	1	-	-	-	9	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
регульованої ЕС з АРЗ пропорційного типу та “сильної” дії генераторів. Інформаційне забезпечення задачі аналізу стійкості ЕЕС.												
Тема 4. Основні характеристики режиму регульованих електричних станцій. Статичні і динамічні характеристики. Кутові характеристики потужності та векторні діаграми генераторів різних типів. Кутові характеристики потужності найпростішої системи з нерегульованою електричною станцією. Кутові характеристики потужності регульованих систем. Векторна діаграма та характеристики потужності систем з неявнополюсним і явнополюсним генератором без АРЗ і з АРЗ пропорційного типу та “сильної” дії.	10	2	1	-	-	7	10	-	1	-	-	9
Тема 5. Статична стійкість роботи електричних станцій у системі. Методи дослідження стійкості. Поняття про статичну стійкість. Задачі і методи аналізу статичної стійкості. Практичні критерії статичної стійкості. Первинний і вторинний критерії стійкості. Застосування практичних критеріїв стійкості багатомашинної системи. Математичні критерії стійкості. Застосування математичних критеріїв стійкості. Метод малих коливань (відхилень). Рівняння малих коливань. Рівняння малих електромагнітних перехідних процесів в обмотці збудження. Розв’язання рівняння малих коливань. Види коренів і характер перехідного процесу.	10	2	2	-	-	6	10,5	1	-	-	-	9
Тема 6. Статична стійкість енергосистеми з нерегульованими електричними станціями, зокрема, відновлюваними джерелами енергії. Дослідження статичної стійкості нерегульованої системи. Особливості функціонування енергосистеми	10	2	2	-	-	6	10	-	1	-	-	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
з нерегульованими джерелами енергії та джерелами з стохастичним генеруванням. Видача енергії джерелами без регулювання напруги та реактивної потужності. Вплив параметрів інверторного обладнання джерел енергії на стійкість процесу видачі енергії. Відновлювані джерела та проблема регулювання частоти й потужності в енергосистемі. Роль накопичувачів енергії в забезпеченні стійкого функціонування енергосистем зі значною частою відновлюваних джерел.												
Тема 7. Статична стійкість енергосистеми з регульованими електричними станціями. Дослідження статичної стійкості регульованої системи. Види автоматичних регуляторів збудження (АРЗ). Вплив компаундування збудження синхронного генератора. Вплив зони нечутливості та коефіцієнтів підсилення АРЗ. Дослідження методом малих коливань стійкості ЕС з врахуванням електромагнітних перехідних процесів в колах збудження. Вплив АРЗ пропорційного типу та сильної дії. Порушення статичної стійкості: саморозхитування і самозбудження. Часові залежності струму статора та кута вибігу ротора генератора.	10	2	2	-	-	6	11	1	-	-	-	9
Тема 8. Динамічна стійкість роботи електричних станцій у системі. Методи дослідження стійкості. Великі збурення та динамічна стійкість ЕС. Синхронна і результуюча динамічна стійкість. Припущення, що приймаються під час аналізу динамічної стійкості. Задачі і методи аналізу динамічної стійкості. Метод площ. Коливання ротора під час різкої зміни режиму. Застосування методу площ і дослідження динамічної стійкості.	10	2	2	-	-	6	10	1	-	-	-	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 9. Вплив засобів автоматизації ЕС на динамічну стійкість енергосистем. Аналіз дії автоматичного регулювання збудження та системи форсування (розфорсування) збудження. Електричне гальмування синхронних генераторів. Демпферні обмотки явнополюсних генераторів. Аналіз впливу регуляторів швидкості турбін та систем їх форсування. Аналіз впливу демпфування і дії регуляторів швидкості турбіни на протікання асинхронних режимів. Дослідження стійкості сумісної роботи групи різнотипних електростанцій. Методи синхронізації генераторів ЕС та аналіз успішності синхронізації.	10	2	2	-	-	6	10	-	-	-	-	10
<i>Усього годин за I модуль</i>	90	18	14	-	-	58	90	5	3	-	-	82
Модуль 2												
<i>Змістовий модуль 2. Заходи забезпечення стійкості електричних станцій в електроенергетичних системах. Протиаварійна режимна автоматика</i>												
Тема 10. Методи розв'язання диференційних рівнянь відносного руху ротора еквівалентованого генератора. Метод послідовних інтервалів при розв'язанні диференційного рівняння відносного руху ротора еквівалентованого генератора. Обґрунтування методу. Алгоритм розрахунку. Врахування впливу дії автоматичного регулювання збудження. Аналіз методом послідовних інтервалів дії автоматичного повторного включення. Застосування ЕОМ до аналізу динамічної стійкості методом послідовних інтервалів.	10	2	1	-	-	7	10	-	-	-	-	10
Тема 11. Вплив параметрів та характеристик навантаження на стійкість роботи електричних станцій. Характеристики навантажень. Статичні і динамічні характеристики активної та реактивної потужності асинхронних двигунів при	10	2	1	-	-	7	10	-	1	-	-	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
зміні ковзання, напруги і частоти. Критичне ковзання. Характеристики перетворювального та комплексного навантажень. Перехідні процеси у вузлах навантаження за умови малих змін режиму в системах великої потужності та в системах співрозмірної потужності. Лавина напруги та частоти.												
Тема 12. Стійкість системи власних потреб електричних станцій. Дослідження статичної стійкості двигунів, що живляться від системи співрозмірної потужності. Аналіз впливу АРЗ генераторів на стійкість власних потреб. Застосування практичних критеріїв для аналізу статичної стійкості власних потреб ЕС з урахуванням впливу АРЗ генераторів, компенсуючих пристроїв у системі власних потреб та повільного зниження напруги.	10	2	1	-	-	7	10	1	-	-	-	9
Тема 13. Асинхронні режими. Результируюча стійкість. Асинхронні режими електричних станцій. Виникнення асинхронних режимів. Характеристики режиму найпростішої системи за умови несинхронної швидкості синхронних машин. Зміна параметрів елементів і параметрів режиму за умови асинхронної швидкості. Процес випадання асинхронних машин із синхронізму. Результируюча стійкість. Особливості, задачі та методи дослідження результируючої стійкості. Порядок розрахунку результируючої стійкості.	10	2	1	-	-	7	10	-	1	-	-	9
Тема 14. Синхронізація та ресинхронізація генераторів ЕС. Синхронізація синхронних генераторів. Процеси під час самосинхронізації та електромеханічному пуску синхронних генераторів. Перехідні процеси під час автоматичного повторного включення синхронних генераторів із	10	2	1	-	-	7	10	1	-	-	-	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
самосинхронізацією та без контролю синхронізму. Ресинхронізація генераторів. Вхідження генераторів в синхронізм. Процес ресинхронізації генераторів, що працюють зі швидкістю, більшою за синхронну.												
Тема 15. Особливості дослідження стійкості складних систем. Рівняння перехідного процесу та їх розв'язання. Особливості розрахунку перехідних процесів складної системи, що містить станції співрозмірної потужності. Врахування регуляторів швидкості та збудження.	10	2	2	-	-	6	10	1	-	-	-	9
Тема 16. Аналіз статичної стійкості складних систем. Розрахунок статичної стійкості складних позиційних, дисстатичних, автоматично регульованих систем (за умови врахування навантажень статичними характеристиками та постійними повними опорами). Застосування вірогіднісних методів до розв'язання рівнянь відносного руху ротора генератора та оцінка стійкості складних систем.	10	2	2	-	-	6	10	1	-	-	-	9
Тема 17. Регулювання частоти та потужності в електроенергетичних системах. Швидкі та повільні зміни частоти. Дія регуляторів швидкості та частоти електричних станцій. Статичні і динамічні характеристики потужності системи під час зміни частоти. Нестійкість (лавина) частоти. Автоматичне розвантаження за частотою. Використання накопичувачів енергії для запобігання розвитку лавини частоти й напруги.	10	2	2	-	-	6	10	1	-	-	-	9
Тема 18. Заходи щодо підвищення стійкості роботи електричних станцій в умовах активних військових дій. Завдання підвищення стійкості роботи електричних станцій. Основні заходи, пов'язані з покращанням	10	2	2	-	-	6	10	-	-	-	-	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
характеристики основних елементів електричних систем. Превентивне керування збудженням генераторів ЕС і потужністю їх первинних двигунів. Протиаварійне керування електричним гальмуванням та реакторами на електростанціях. Характер електромеханічного перехідного процесу під дією протиаварійної автоматики, що впливає на відключення агрегатів електростанцій під час аварій в системі. Протиаварійна автоматика для забезпечення динамічної стійкості електричних станцій.												
<i>Усього годин за II модуль</i>	90	18	13	-	-	59	90	5	2	-	-	83
<i>Усього годин</i>	180	36	27	-	-	117	180	10	5	-	-	165

6. Теми семінарських занять – не передбачені

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)	Кількість годин (заочна форма)
1	Формування заступних схем для дослідження стійкості електричних станцій.	1	-
2	Перехідний процес в синхронній машині. Запас стійкості найпростішої системи за потужністю та напругою.	1	-
3	Аналіз перехідного процесу для зв'язку генератор-система.	1	1
4	Застосування практичних критеріїв стійкості.	1	-
5	Визначення граничного часу відключення короткого замикання на зв'язку генератор-система.	1	1
6	Автоматичне повторне вмикання зв'язку станція-система.	1	-
7	Гранична потужність зв'язку станція-система.	1	-
8	Запас стійкості електричної станції за потужністю.	1	1
9	Запас стійкості електричної станції за напругою.	1	-
10	Первинне та вторинне регулювання частоти.	1	-
11	Визначення уставок АЧР за частотою та часом.	1	-
12	Формування характеристичного рівняння для дослідження стійкості енергосистеми з n генераторами.	1	-
13	Використання теорем Ляпунова.	1	-
14	Використання критерію Гурвица.	1	-
15	Використання критерію Рауса.	1	-
16	Використання критерію Михайлова.	1	-
17	Область стійкості та метод D -розбиття.	1	-
18	Налаштування АРЗ за методом D -розбиття.	1	-
19	Дослідження стійкості генераторів ЕС. Перехідні процеси в синхронній машині за малих збурень	1	-
20	Формування розрахункової моделі енергосистеми для дослідження стійкості	1	-

21	Аналіз статичної стійкості електричних станцій у електроенергетичній системі	1	1
22	Дослідження впливу параметрів блоків генератора-трансформатор та регулювання збудження синхронних генераторів на запас статичної стійкості	1	-
23	Аналіз динамічної стійкості електричних станцій в електроенергетичній системі	1	1
24	Дослідження впливу налагоджувальних параметрів релейного захисту та системної автоматики на граничну потужність ЕС	1	-
25	Аналіз результуючої стійкості електричних станцій у електроенергетичній системі. Дослідження впливу параметрів регулювання швидкості турбін та пристроїв форсування збудження	1	-
26	Дослідження процесу точної синхронізації синхронного генератора в електроенергетичній системі	1	-
27	Дослідження процесів самосинхронізації та автоматичного повторного вмикання з самосинхронізацією в електроенергетичній системі	1	-
Усього годин		27	5

8. Теми лабораторних занять - не передбачені

9. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)	Кількість годин (заочна форма)
1	Види та основні параметри АРЗ. Вплив АРЗ на стійкість роботи електростанцій та характеристики режиму енергосистеми.	13	18
2	Стійкість власних потреб електричних станцій під час значних збурень, асинхронних режимів та ресинхронізації генераторів.	13	18
3	Дослідження стійкості об'єднаних енергосистем з різнотипними джерелами енергії. Забезпечення стійкості енергосистем в умовах регулювання частоти та обмінних потужностей.	13	18
4	Дослідження стійкості складних систем. Системи диференціальних рівнянь. Характеристичні рівняння. Алгебраїчні критерії стійкості та їх застосування у практичних задачах.	13	18
5	Заходи з підвищення стійкості електростанцій у енергосистемі. Ресинхронізація генераторів електростанцій.	13	18
6	Регулювання частоти в електроенергетичній системі. Первинне, вторинне та третинне регулювання. Модернізація блоків станцій для регулювання частоти.	13	19
7	Регулювання міжсистемних перетікань в електроенергетичній системі. Роль електростанцій у регулюванні. Методи регулювання обмінних потужностей.	13	18
8	Структура системи захисту та автоматики енергосистеми. Протиаварійна режимна автоматика.	13	18
9	Застосування протиаварійної режимної автоматики для керування перехідними процесами в енергосистемах.	13	20
Усього годин		117	165

10. Індивідуальні завдання

Робочим навчальним планом виконання індивідуальних завдань не передбачено. Однак за рішенням кафедри студенти готують реферати з окремих тем дисципліни та доповіді на щорічну науково-теоретичну підрозділів ВНТУ.

11. Методи навчання

Основними методами навчання є: лекція-візуалізація; розповідь-пояснення; інструктаж; ілюстрування; демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання; усне опитування; тестування; навчальна дискусія; бесіда-діалог; виконання лабораторних робіт; групова робота; доповідь за темами, які відведені на самостійне вивчення; рішення практичних завдань; консультації; самостійна робота вдома; підготовка доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію підрозділів ВНТУ.

12. Форми та методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Поточний контроль може проводитись як за допомогою електронних тестів (JetIQ), так і за допомогою проведення усного або письмового опитування.

Підсумковий контроль проводиться з метою оцінювання результатів навчання на певному освітньо-кваліфікаційному рівні або на окремих його етапах. Підсумковий контроль включає семестровий контроль. Під час семестрового контролю враховуються результати усіх видів навчальної роботи згідно зі структурою залікових кредитів.

Рівень виконання індивідуальної роботи оцінюється шляхом перевірки змісту роботи та її захисту у формі доповіді.

Семестровий контроль знань здійснюється в кінці семестру шляхом підрахування загальної кількості балів, отриманих під час навчання і складання диференційованого заліку.

13. Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 1 – Розподіл балів по змістових модулях

Поточне тестування та самостійна робота																	Сума	
Змістовий модуль 1									Змістовий модуль 2									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	100
4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	
50									50									

T1, T2 ... T18 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання в балах та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82-89	B
75-81	C
64-74	D
60-63	E
35-59	FX незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Таблиця 2 – Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Лаб. роботи. (год)	Практичні заняття (теми/години)	Конт-рольна робота	Колоквіуми
I	3	18	-	14/14	-	1
II	3	18	-	13/13	-	1

Таблиця 3 – Оцінювання знань, умінь та навичок студентів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модуль		Разом
	1	2	
1. Практичні заняття (1 ПЗ – 1 бал)	14	13	27
2. Колоквіум	20	20	40
3. Вирішення тестових завдань	16	17	33
Всього	50	50	100

14. Методичне забезпечення

Навчально-методичний комплекс дисципліни, до складу якого входять:

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Стійкість і режими роботи електричних станцій».
2. Конспект лекцій.
3. Методичні вказівки до практичних занять.
4. Питання на колоквіуми.
5. Тести поточного контролю знань.
6. Комплект білетів для проведення диф. заліку.

15. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентності	За бальною шкалою	За шкалою ЕКТС	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий)	90-100	A	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; виявлено глибокі знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, сформовано необхідні практичні навички вирішувати завдання з організації професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, і розв'язувати проблеми у кризових ситуаціях з урахуванням зовнішніх та внутрішніх впливів; усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального.
III Достатній (конструктивний)	82-89	B	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; сформовано уміння викладати основні ідеї щодо організації професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального.
	75-81	C	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин. Уміння викладати базові ідеї щодо організації професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо; усі передбачені програмою навчання завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками.
II Середній (репродуктивний)	64-74	D	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, виявлено знання та розуміння основних положень реструктуризації та санації; необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки.
	60-63	E	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання завдань не виконано або якість виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального.
I Низький	35-59 незадовільно з можливістю повторного складання	FX	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
	0-34 незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якогось значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

16. Рекомендована література

1. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-68:2012. Київ.: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – 2012. – 29 с.
2. Букович Н.В. Протиаварійна режимна автоматика електроенергетичних систем / Н.В. Букович.: Навч. посібник. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 224 с.
3. Перехідні процеси в системах електропостачання : підручник для ВНЗ / Г. Г. Півняк, І. В. Жежеленко, Ю. А. Папаїка, Л. І. Несен ; ДВНЗ "Нац. гірн. ун-т". – 5-те вид., доопрац. та допов. - електрон. текст. дан. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.
4. Кириленко О. В. Математичне моделювання в електроенергетиці : підручник / О. В. Кириленко, М. С. Сегеда, О. Ф. Буткевич, Т. А. Мазур. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2010. – 608 с.
5. Правила застосування системної протиаварійної автоматики запобігання та ліквідації небезпечного зниження або підвищення частоти в енергосистемах, затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 31.07.2012 № 553, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 18 грудня 2003 р. за № 1177/8498 (із змінами).
6. Вишневецький С.Я., Кулик В.В. Стійкість і режими роботи електричних станцій. Лабораторний практикум \\ Електронний варіант (JetIQ).
7. A. A. Fouad, Paul M. Anderson (2012). “Power System Control and Stability,” 2nd edn. Wiley & Sons, Incorporated, John, pp. 672. https://www.carleton.ca/doe/wp-content/uploads/ELEC4602_Fall-2022.pdf
8. Гололта А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах. – Київ: Вища школа, 2006. – 367 с.
9. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
10. Task Force, “Ukrainian energy sector e valuation and damage assessment – I (as of August 24, 2022)”, 2022, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/20220829_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_final.pdf
11. Task Force, “Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – II (as of September 24, 2022)”, 2022, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2022_09_30_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_II.pdf
12. Task Force, “Ukrainian energy sector e valuation and damage assessment – III (as of October 24, 2022)”, 2022, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2022_10_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_III.pdf
13. Task Force, “Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – IV (as of November 24, 2022)”, 2022, https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2022_11_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_IV.pdf
14. Task Force, “Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – V (as of December 20, 2022)”, 2022,

https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2022_12_20_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_V.pdf

15. “The total amount of damage caused to Ukraine’s infrastructure is more than \$136 billion“ — Kyiv school of economics, 2022,

<https://kse.ua/about-the-school/news/as-of-november-2022-the-total-amount-of-losses-caused-to-the-infrastructure-of-ukraine-increased-to-almost-136-billion/>

