

до наказу від _____ 2023 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ ЕАіЕ

Каллун В. В.

“ ” _____ 2023р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання

ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

Гай О.В.

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП доктор технічних наук, професор,

професор кафедри електропостачання

ім. проф. В.М. Синькова

Гарант ОП

Кривоносов В.Є.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

за спеціальністю №141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
галузі знань №14 «Електрична інженерія»

Кваліфікація: магістр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

(назва ННІ)

Розробник:

к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович

Київ – 2023 р.

до наказу від _____ 2023 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ ЕАіЕ

Каплун В. В.

“ ____ ” _____ 2023р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання

ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

Гай О.В.

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП доктор технічних наук, професор,

професор кафедри електропостачання

ім. проф. В.М. Синькова

Гарант ОП

Кривоносов В.Є.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

за спеціальністю №141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
галузі знань №14 «Електрична інженерія»

Кваліфікація: магістр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження _____

(назва ННІ)

Розробник: к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович _____ .

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

“СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ” для студентів (назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<i>Магістр</i>	
Напрямок підготовки	<i>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>	
Спеціальність	<i>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>	
<u>Кваліфікація</u>	<i>магістр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	_____ <u>120</u> _____	
Кількість кредитів ECTS	_____ <u>2</u> _____	
Кількість змістових модулів	_____ <u>2</u> _____	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)		
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	_____ <u>2023-2024</u> _____	_____
Семестр	_____ <u>4</u> _____	_____
Лекційні заняття	_____ <u>20</u> _____ год.	_____ год.
Практичні, семінарські заняття	_____ <u>0</u> _____ год.	_____ год.
Лабораторні заняття	_____ <u>20</u> _____ год.	_____ год.
Самостійна робота	_____ <u>80</u> _____ год.	_____ год.
Індивідуальні завдання	_____ год.	_____ год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	_____ <u>4</u> _____ год.	
самостійної роботи студента –	_____ <u>8</u> _____ год.	

2. Мета, завдання та компетенції навчальної дисципліни

2.1. Місце і роль дисципліни в системі підготовки магістр за напрямом підготовки - електротехнічні системи електроспоживання.

Дисципліна “СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ” є важливою профільною дисципліною в розрізі циклу професійної підготовки студента.

Метою дисципліни є:

- * формування спеціаліста в галузі забезпечення нормальної стійкої роботи системи електропостачання при будь-яких порушеннях її режимів;
- * засвоєння процесів, що відбуваються в синхронних генераторах станцій і в мережах електричних систем;
- * вивчення електромеханічних перехідних процесів в електричних системах, як при великих, так і при малих збуреннях.

2.2. Задачі вивчення дисципліни.

Вивчаючи “ СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ” студент повинен знати:

- характеристики режимів простих систем і характеристики навантажень;
- межі порушення нормальної роботи електроустановок струмами короткого замикання;
- систему відносних одиниць, складання і перетворення схем заміщення з е.р.с. в гілках;
- причини і наслідки перехідних процесів в системах електропостачання;
- забезпечення статичної стійкості електричної системи;
- забезпечення динамічної стійкості електричної системи;
- стійкість вузлів навантаження як при малих, так і при великих збуреннях;
- асинхронні режими в електричних системах;
- заходи щодо покращення стійкості і якості перехідних процесів;

2.3. Вимоги до знань та вмінь, набутих в процесі вивчення дисципліни.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

- * розраховувати струми короткого замикання в системі електропостачання;
- * правильно вибирати і перевіряти на стійкість електричну апаратуру і струмоведучі частини, а також роботу релейного захисту;
- * розраховувати перехідні процеси в електричних системах;
- * визначати стійкість систем електропостачання.

2.4. Перелік дисциплін, що повинні передувати вивченню даної дисципліни та перелік дисциплін, вивченню яких передуює дана дисципліна.

Для успішного освоєння студентами програми дисципліни необхідно глибоко і логічно розкрити зв'язок програмних розділів даної дисципліни з матеріалом дисциплін “Теоретичні основи електротехніки”, “Математичні задачі енергетики”, “Електричні системи та мережі”.

Електромагнітні перехідні процеси в електричних системах базуються на “перехідних процесах” дисципліни “Теоретичні основи електротехніки” і теорії синхронних генераторів дисципліни “Електричні машини”.

Програмний матеріал даної дисципліни знаходить своє логічне продовження та більш глибокий розвиток при подальшому вивченні дисциплін “Електрична частина станцій та підстанцій”, “Електричні системи та мережі”, “Надійність та проектування електричних систем”.

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК):

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК3. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій. ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК5. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності. ЗК6. Здатність приймати обґрунтовані рішення. ЗК7. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

СК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. СК7. Здатність демонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності та контрактів в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. СК8. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. СК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. СК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. СК15. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

програмні результати навчання (ПРН):

ПРН2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні. ПРН3. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах. ПРН4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем. ПРН5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах. ПРН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу. ПРН7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль1 Статична стійкість

Лекція №1 Основні поняття і визначення стійкості. Допущення, що приймаються при аналізі стійкості. Задачі розрахунку стійкості електричних систем

Лекція№2 Статична стійкість простої системи. Рівняння руху ротора генератора.

Лекція№3 Характеристика потужності явнополюсного генератора. Характеристика потужності генератора з АРВ

Лекція№4 Характеристика потужності при складному зв'язку генератора з системою. Розрахунок власних і взаємних провідностей.

Лекція№5 Статична стійкість складних систем. Метод малих коливань. Статична стійкість навантаження.

Лекція№6 Дійсна межа потужності. Статична стійкість двигунів навантаження. Вторинні критерії стійкості навантаження.

Лекція№7 Нормативні і методичні вказівки по аналізу статичної стійкості. Обважнює початкового режиму енергосистеми.

Змістовий модуль2 Динамічна стійкість

Лекція№8 Аналіз динамічної стійкості простої системи графічним методом.
Лекція№9 Динамічна стійкість при КЗ на лінії. Граничний кут відключення

КЗ.

Лекція№10 Аналіз трифазного КЗ графічним методом.

Лекція№11 Рішення рівняння руху ротора генератора. Метод послідовних інтервалів. Динамічна стійкість складних систем. Динамічна стійкість двигунів навантаження (асинхронних і синхронних).

Лекція№12 Пуск двигунів. Самозапуск двигунів. Автоматичне повторне включення і автоматичне включення резервного живлення.

Лекція№13 Методичні і нормативні вказівки до розрахунку динамічної стійкості.

Лекція№14 Виникнення асинхронного режиму. Сталий асинхронний режим.

Лекція №15 Ресинхронізація синхронних генераторів і двигунів.

Лекція№16 Заходи, засновані на поліпшенні параметрів елементів електричної системи.

Лекція№17 Додаткові пристрої для підвищення рівня стійкості. Режимні заходи щодо підвищення стійкості.

Лекція№18 Заключна. Сучасні розробки та дослідження у сфері перехідних процесів в електромережах

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
Змістовий модуль 1. Статична стійкість												
Тема 1. Основні поняття і визначення стійкості. Допущення, що приймаються при аналізі стійкості. Задачі розрахунку стійкості електричних систем	20	2	2	2			16					
Тема 2. Характеристика потужності при складному зв'язку генератора з системою. Розрахунок власних і взаємних провідностей	24	4	2	4			16					

Тема 3. Нормативні і методичні вказівки по аналізу статичної стійкості. Обважнює початкового режиму енергосистеми.	24	4	2	4	16							
Змістовий модуль2. Динамічна стійкість												
Тема 1. Аналіз динамічної стійкості простої системи графічним методом	26	5	2	5	16							
Тема 2. Заходи, засновані на поліпшенні параметрів елементів електричної системи	26	5	2	5	16							
Усього годин	120	20		20	80							

4. Теми семінарських занять

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття	2
2	Розрахунок статичної стійкості простої системи	1
3	Розрахунок власних і взаємних провідностей.	1
4	Розрахунок статичної стійкості складної системи	2
5	Розрахунок статичної стійкості навантаження	1
6	Розрахунок динамічна стійкість при КЗ на лінії та граничного кута відключення КЗ	1
7	Розрахунок динамічної стійкості складної системи	2

	Разом	10
--	-------	----

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Складання схеми заміщення розрахункової схеми системи електропостачання та визначення показників її елементів	2
2	Вивчення схем заміщення машин змінного струму	2
3	Моделювання короткого замикання в мережі с джерелом нескінченної потужності. З метою визначення початкового значення періодичної складової, ударного струму, струму кз в усталеному аварійному режимі, а також струму через деякий час після початку кз.	4
4	Моделювання короткого замикання в мережі с джерелом обмеженої потужності. З метою визначення початкового значення періодичної складової, ударного струму, струму кз в усталеному аварійному режимі, а також струму через деякий час після початку кз.	4
5	Аналіз перехідних процесів при порушенні симетрії у трифазній мережі.	2
6	Моделювання роботи та оцінка засобів обмеження рівнів струмів кз.	2
	Разом	20

Самостійна робота

Завдання 1. Аналіз математичних моделей машин змінного

Загальні відомості.

Перехідні ерс та індуктивні опори.

Надперехідні ерс та індуктивні опори.

Електрорушійна сила та індуктивні опори електродвигунів.

Завдання 2. Ознайомлення з перехідними процесами при трифазних коротких замиканнях

Коротке замикання у віддалених точках системи електропостачання.
Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання
Періодична складова струму короткого замикання у довільний момент часу перехідного процесу.
Струм короткого замикання в усталеному аварійному режимі.

Завдання 3. Проведення розрахунків перехідних процесів при трифазних коротких замиканнях

Розрахунок періодичної складової струму для довільного моменту часу з використанням методу спрямлених характеристик.

Розрахунок струму короткого замикання за принципом накладання.

Особливості підживлення місця короткого замикання від електродвигунів теплових електростанцій.

Урахування комплексного навантаження у підживленні місця короткого замикання.

2 семестр МОДУЛЬ II

Завдання 1. Розрахунок струмів короткого замикання в електроустановках напругою до 1кВ

Розрахунок аперіодичної складової струму кз.

Розрахунок ударного струму короткого замикання.

Завдання 2. Вивчення поперечної несиметрії

Урахування перехідного опору в місці короткого замикання.

Порівняння струмів при різних видах кз.

Методи розрахунку несиметричних коротких замикань.

Завдання 3. Вивчення повздовжньої несиметрії

Замикання у фази неоднакових опорів.

Подвійне замикання на землю).

2 семестр МОДУЛЬ III

Завдання 1. Ознайомлення з перехідними процесами в особливих умовах

Короткі замикання в мережах зовнішнього електропостачання.

Замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю.

Перехідні процеси, обумовлені особливостями технології виробництва.

Процеси при комутаціях конденсаторних батарей.

Короткі замикання в мережах постійного струму.

Завдання 2. Вплив рівнів струмів та потужності КЗ на параметри режимів

Якість електромагнітних перехідних процесів.
Способи обмеження струмів короткого замикання.

3 семестр МОДУЛЬ I

Завдання 1. Вивчення додаткових питань, щодо статичної стійкості.

Характеристика потужності явнополюсного генератора та генератора з АРВ.
Характеристика потужності при складному зв'язку генератора з системою.
Розрахунок власних і взаємних провідностей.
Нормативні і методичні вказівки по аналізу статичної стійкості.
Утяжеління початкового режиму.

Завдання 2. Додаткові питання щодо динамічної стійкості.

Аналіз трифазного КЗ графічним методом.
Рішення рівняння руху ротора генератора.
Метод послідовних інтервалів.
Динамічна стійкість складних систем.
Динамічна стійкість двигунів навантаження (асинхронних і синхронних).
Пуск двигунів.
Самозапуск двигунів.
Автоматичне повторне включення і автоматичне включення резервного живлення.
Методичні і нормативні вказівки до розрахунку динамічної стійкості.

3 семестр МОДУЛЬ II

Завдання 1. Асинхронні режими в електричних мережах.

Основні поняття.
Виникнення асинхронного режиму.
Сталий асинхронний режим.
Ресинхронізація синхронних генераторів і двигунів.

Завдання 2. Дії по покращенню стійкості електричних мереж

Допущення.
Заходи, засновані на поліпшенні параметрів елементів електричної системи.
Додаткові пристрої для підвищення рівня стійкості.
Режимні заходи щодо підвищення стійкості.

Заклучна.

Сучасні розробки та досліди у сфері перехідних процесів в електромережах

Індивідуальні завдання

1. Поняття про перехідні процеси стосовно до найпростіших ланцюгів. Коефіцієнти розподілу. Застосування принципу накладення. Потужність КЗ.
2. Практичні методи розрахунків перехідного процесу короткого замикання. Наближений облік системи.
3. Основні положення в дослідженні несиметричних перехідних процесів. Утворення вищих гармонік. Застосовування методу симетричних складових до дослідження перехідних процесів.
4. Однократна поперечна несиметрія. Комплексні схеми заміщення. Порівняння видів КЗ
5. Статична стійкість. Характеристики потужності електропередачі. Дійсна характеристика потужності. Практичні критерії статичної стійкості. Непрямі вторинні критерії статичної стійкості.
6. Чисельні методи розв'язку нелінійних диференціальних рівнянь руху роторів генераторів системи: метод послідовних інтервалів – модифікація методу Ейлера, методи Рунге-Кутта, методи « прогнозу-корекції».

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Представлення синхронних машин в схемах заміщення при розрахунках перехідних процесів в електричних системах.
2. Динамічна стійкість електричних систем. Визначення і допущення приймаються при аналізі.
3. Задача.

Для електропередачі, схема якої показана на рисунку 1, визначити ерс холостого ходу генератора E_d . Розрахунок провести в іменованих та відносних одиницях. (1, 12).

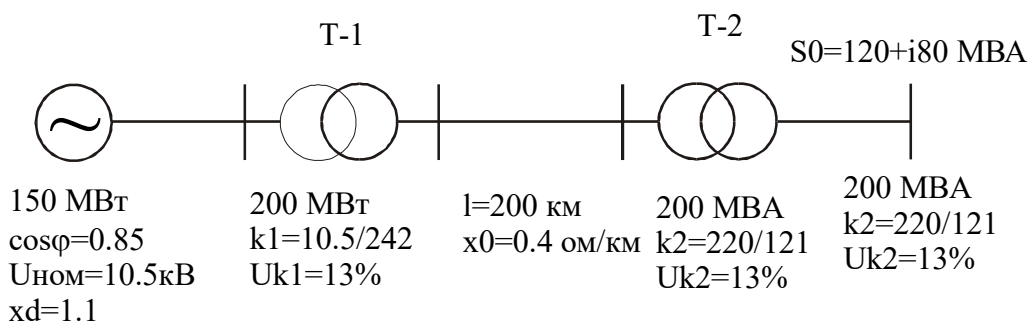


Рисунок 1

1. Частина енергетичної системи, в якій теплота та різні види енергії перетворюються в електричну енергію, що передається на відстань, розподіляється до споживачів, де знову перетворюється – це:

- 1) Електростанція
- 2) Електроенергетична система
- 3) Обленерго
- 4) РЕМ

2. Назвати групи елементів електричної системи

1) Силкові елементи, що утворюють (наприклад, генератори з їх первинними двигунами), перетворюють (трансформатори, випрямлячі, інвертори), передають і розподіляють (лінії передач, мережі) і споживають (навантаження) електричну енергію

2) Параметри системи

3) Елементи управління, що регулюють і змінюють стан системи (регулятори збуджень синхронних машин, регулятори частоти, реле, вимикачі і т.п.).

3. Показники P_c , що кількісно визначають фізичні властивості системи як певного матеріального спорудження, що залежить від схеми з'єднання її елементів та прийнятих допущень – це:

- 1) параметри системи
- 2) коефіцієнт трансформації
- 3) перехідні процеси

4. Режими електричної системи поділяються на:

- 1) нормальні, тривалі
- 2) аварійні, післяаварійні
- 3) усталені, перехідні
- 4) тривалі, нетривалі

5. Класифікація перехідних режимів

- 1) за умовами протікання, за причинами виникнення
- 2) за швидкістю, за структурою
- 3) за умовами протікання, за причинами виникнення, за припущеннями, за швидкістю, за структурою

6. Комплексна величина, що визначає модуль і фазу струму в будь-якій вітці схеми від дії ерс, прикладеної до цієї вітки при відсутності ерс - це

- 1) взаємна провідність
- 2) власна провідність
- 3) власний опір
- 4) взаємний опір

7. Комплексна величина, що визначає модуль або фазу струму в будь-якій вітці від дії ерс, прикладеної до іншої вітки при відсутності ерс у всіх інших вітках – це

- 1) взаємна провідність
- 2) власна провідність
- 3) власний опір
- 4) взаємний опір

8. Назвіть способи визначення власних і взаємних опорів

- 1) Спосіб накладання
 - 2) Спосіб перетворення
 - 3) Спосіб єдиних струмів
 - 4) Спосіб матричного визначення власних і взаємних провідностей
9. Найбільші значення, які можуть мати струми, потужності та навантаження в будь-якому елементі системи.
- 1) граничні навантаження
 - 2) максимальні навантаження
 - 3) номінальні навантаження
 - 4) мінімальні навантаження
10. Обмежені значення окремих параметрів режиму: струму статора, струму збудження і т.д
- 1) граничні навантаження
 - 2) максимальні навантаження
 - 3) номінальні навантаження
 - 4) мінімальні навантаження
11. Постачання споживачів енергією, що відповідає за показниками встановленим нормативам –
- 1) якість
 - 2) Живучість
 - 3) економічність
 - 4) надійність
12. Постачання споживачів енергією без тривалих перерв і без зниження її якості.
- 1) якість
 - 2) Живучість
 - 3) економічність
 - 4) надійність
13. Властивість протистояти впливам зовнішніх сил і тривалий час зберігати цей стан
- 1) якість
 - 2) Живучість
 - 3) економічність
 - 4) надійність
14. Надійне постачання споживачів енергією задовільної якості при як найменших затратах коштів на її виробництво і передачу.
- 1) якість
 - 2) Живучість
 - 3) економічність
 - 4) надійність
15. Який критерій вказує на критичний режим?
- 1) $D=1$
 - 2) $D=-1$
 - 3) $D=0$
 - 4) $D=const$

16. Представте формулу запасу стійкості (за напругою) для вузлової точки системи

1) $K_{a.ст} = [(U_0 - U_{ном})/U_0] \cdot 100\%$

2) $K_{a.ст} = [(U_0 - U_{кр})/U_0] \cdot 100\%$

3) $K_{a.ст} = [(U_{ном} - U_{кр})/U_{ном}] \cdot 100\%$

17. Наведіть формулювання правила площадей

1) $A_{уск} = A_{торм}$

2) $A_{уск} < A_{торм}$

3) $A_{уск} > A_{торм}$

4) $A_{уск} \ll A_{торм}$

18. Назвати показники якості перехідних процесів

1) Час, протягом якого закінчується процес

2) Характер процесу (аперіодичний, коливальний)

3) Можливий вплив даного процесу на режим системи та її підсистеми і нестійкість навантажень

4) Безпечність перехідного процесу для обладнання системи

5) Втрати потужності під час перехідного процесу

6) Витрати на додаткові заходи, що покращують даний перехідний процес

19. Назвіть групи методів та систем.

20. Спостереження – це...

21. Модель – це....

22. Критеріальна форма – це...

23. Чим визначається точність?

24. Способи спрощення складних систем....?

25. Коли система називається лінеаризованою?

26. При балансі моменту (потужності) на валу кожного генератора електричної системи всі напруги і струми змінюються з частотою :

1) $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} * \sqrt{3}$

2) $f_0 = \omega_0 / (2\pi)$

3) $f_0 = \omega_0 * (2\pi)$

4) $f_0 = \omega_0 / (3\pi)$

27. На першій стадії перехідного електромеханічного процесу не діють:

1) регулятори частоти обертання, регулятори частоти

2) регулятори частоти обертання

3) регулятори частоти

4) первинні регулятори

28. При математичному описі процесу зміни частоти в системі після появи в ній будь-якого небалансу потужності потрібно виділити:

1) над швидкі електромеханічні процеси

2) електромеханічні процеси середньої швидкості, які відбуваються при дії регуляторів частоти обертання

3) відносно швидкі електромагнітні і електромеханічні процеси, при яких ні регулятори обертання, ні регулятори частоти не діють.

4) повільні процеси, які відбуваються при дії регуляторів частоти

29. Частота це - загально системний параметр. Частота не повинна змінюватися на тривалий час більш ніж на:

1) $\pm 0,05$ Гц

2) $\pm 0,1$ Гц

3) $\pm 0,15$ Гц

4) $\pm 0,2$ Гц

30. Первинний регулятор – АРЧО (автоматичний регулятор частоти обертання) – це :

1) регулятор, який на протязі декількох секунд усуває малі відхилення навантаження (від 5 до 10 %) з періодом менше 1 хвилини

2) регулятор, який на протязі декількох секунд усуває малі відхилення навантаження (від 1 до 4 %) з періодом менше 1 хвилини

3) регулятор, який на протязі декількох секунд усуває малі відхилення навантаження (від 2 до 7 %) з періодом менше 30 секунд

4) регулятор, який на протязі декількох секунд усуває малі відхилення навантаження (від 1 до 4 %) з періодом менше 1 хвилини

8. Методи навчання

Дисципліною передбачено проведення лекційних, лабораторних та практичних занять, виконання курсової роботи. Методи, що використовуються під час проведення занять: словесні (лекції, дискусії, пояснення), наочні (ілюстрації, демонстрації), практичні методи (досліди, практичні роботи, розв'язання задач), навчальна робота під керівництвом викладача – самостійна робота в аудиторіях, самостійна робота студентів без контролю викладача – самостійна робота в бібліотеках та вдома.

9. Форми контролю

Контроль знань відбувається шляхом виконання модульних контрольних робіт, виконання курсової роботи та написання екзаменаційного тесту.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи $R_{нр}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{др}$	Рейтинг штрафний $R_{штр}$	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни КдиС(до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи RHP(до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{HP}} + R_{\text{AT}}$

11. Методичне забезпечення

1. ABB (1991) An introduction to ABB series capacitors. *ABB Information Publication*.
2. Abe, S. and Isono, A. (1983) Determination of power system voltage stability. *Electrical Engineering in Japan*, **103** (3).
3. Acha, E., Fuerte-Esquivel, C.R. and Angeles-Camacho, C. (2004) *FACTS Modelling and Simulation in Power Networks*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
4. Ackermann, T. (2005) *Wind Power in Power Systems*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
5. Adibi, M.M., Hirsch, P.M. and Jordan, J.A. (1974) Solution methods for transient and dynamic stability. *Proceedings of the IEEE*, **62** (7), 951–8.
6. Adkins, B. (1957) *The General Theory of Electrical Machines*, Chapman and Hall. A-eberle, *CPR-D Collapse Prediction Relay*, <http://www.a-eberle.de>.
7. Ahlgren, L., Johansson, K.E. and Gadhammar, A. (1978) Estimated life expenditure of turbine-generator shafts at network faults and risk for subsynchronous resonance in the Swedish 400 kV system. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-97** (6).
8. Ajarapu, V. and Christy, C. (1992) The continuation power flow: a tool for steady-state voltage stability analysis. *IEEE Transactions on Power Systems*, **PWRS-7** (1), 416–423.
9. Akagi, H., Watanabe, E.H. and Aredes, M. (2007) *Instantaneous Power Theory and Application to Power Conditioning*, John Wiley & Sons, Inc.
10. Alsac, O., Stott, B. and Tinney, W.F. (1983) Sparsity oriented compensation methods

for modified network solutions. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-102**, 1050–60.

11. Anderson, P.M., Agrawal, B.L. and Van Ness, J.E. (1990) *Subsynchronous Resonance in Power Systems*, IEEE Press.

12. Anderson, P.M. and Bose, A. (1983) Stability simulation of wind turbine systems. *IEEE Transactions on Power Applications and Systems*, **102**, 3791–5.

13. Anderson, P.M. and Fouad, A.A. (1977) *Power System Control and Stability*, The Iowa State University Press (2nd edn IEEE Press, 2003).

14. Arnold, W.I. (1992) *Ordinary Differential Equations*, Springer-Verlag.

15. Arrillaga, J. and Arnold, C.P. (1990) *Computer Analysis of Power Systems*, John Wiley & Sons, Ltd.

16. Arrillaga, J., Arnold, C.P. and Harker, B.J. (1983) *Computer Modelling of Electrical Power Systems*, John Wiley & Sons, Ltd.

17. Ashok Kumar, B.S.A., Parthasawathy, K., Prabhakara, F.S. and Khincha, H.P. (1970) Effectiveness of series capacitors in long distance transmission lines. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-89** (4), 941–50.

18. Athay, T., Podmore, R. and Virmani, S. (1979) A practical method for the direct analysis of transient stability. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **98** (2).

19. Balu, N.J. (1980) Fast turbine valving and independent pole tripping breaker applications for plant stability. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-99** (4).

20. Bellman, R. (1970) *Introduction to Matrix Analysis*, 2nd edn, McGraw-Hill.

21. Berg, G.L. (1973) Power system load representation. *IEE Proceedings*, **120**, 344–8

12. Додаткова література

1. Bernas, S. (1971) Zastepowanie grupy generatorow przy badaniu stabilnosci systemu elektroenergetycznego. *Prace Naukowe PW, Elektryka*, **17**.

2. Bialek, J. (1996) Tracing the flow of electricity. *IEE Proceedings – Generation, Transmission and Distribution*, **143** (4), 313–20.

3. Bialek, J. (2007) Why has it happened again? Comparison between the 2006 UCTE blackout and the blackouts of 2003. *IEEE PowerTech 2007, Lausanne*.

4. Bialek, J. and Grey, D.J. (1996) Application of clustering and factorisation tree techniques for parallel solution of sparse network equations. *IEE Proceedings – Generation, Transmission and Distribution*, **141** (6), 609–16.

5. Bolderl, P., Kulig, T. and Lambrecht, D. (1975) Beurteilung der Torsionsbeanspruchung in den Wellen von " Turbosätzen bei wiederholt auftretenden Störungen im Laufe der Betriebszeit. " *ETZ-A*, **96**, Heft 4.

6. Bourgin, F., Testud, G., Heilbronn, B. and Verseille, J. (1993) Present practices and

- trends on the French power system to prevent voltage collapse. *IEEE Transactions on Power Systems*, **PWRS-8** (3), 778–88.
7. Boyle, G. (2004) *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*, 2nd edn, Oxford University Press.
 8. Brameller, A., Allan, R.N. and Hamam, Y.M. (1976) *Sparsity. Its Practical Application to System Analysis*, Pitman, London.
 9. Breulmann, H., Grebe, E., Losing, M. " et al. (2000) *Analysis and Damping of Inter-Area Oscillations in the UCTE/CENTREL Power System*. CIGRE Paper No. 38–113.
 10. Brown, H.E. (1975) *Solution of Large Networks by Matrix Methods*, John Wiley & Sons, Inc.
 11. Brown, H.E., Shipley, R.B., Coleman, D. and Nied, R.B. (1969) A study of stability equivalents. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-88** (3).
 12. Brown, P.G, de Mello, F.P., Lenfest, E.H. and Mills, R.J. (1970) Effects of excitation, turbine energy control and transmission on transient stability. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-89** (6).
 13. Bumby, J.R. (1982) Torsional natural frequencies in the superconducting turbogenerator. *IEE Proceedings*, **129** (Pt C, 4), 141–51.
 14. Bumby, J.R. (1983) *Superconducting Rotating Electrical Machines*, Clarendon Press, Oxford.
 15. Bumby, J.R. and Wilson, J.M. (1983) Structural modes and undamped torsional natural frequencies of a superconducting turbogenerator rotor. *Journal of Sound and Vibration*, **87** (4), 589–602.
 16. Cai, Y.Q. and Wu, C.S. (1986) A novel algorithm for aggregating coherent generating units. IFAC Symposium on Power System and Power Plant Control, Beijing, China.
 17. Carpentier, J., Girard, R. and Scano, E. (1984) Voltage collapse proximity indicators computed from an optimal power flow. Proceedings of the 8th Power System Computing Conference, Helsinki, pp. 671–78.
 18. Cegrell, T. (1986) *Power System Control Technology*, Prentice Hall International.
 19. Chai, J.S. and Bose, A. (1993) Bottlenecks in parallel algorithms for power system stability analysis. *IEEE Transactions on Power Systems*, **PWRS-8** (1), 9–15.
 20. Ching, Y.K. and Adkins, B.A. (1954) Transient theory of synchronous generators under unbalanced conditions. *IEE Proceedings*, **101** (Pt IV), 166–82.
 21. Christiansen, P. (2003) A sea of turbines. *IEE Power Engineer*, **17** (1), 22–4.
 22. Christie, R.D. and Bose, A. (1996) Load frequency control issues in power system operations after deregulation. *IEEE Transactions on Power Systems*, **PWRS-11** (3), 1191.
 23. Chua, L.O. and Lin, P.-M. (1975) *Computer-Aided Analysis of Electronic Circuits*, Prentice Hall.
 24. CIGRE Paper No. 37/38-01 (1994) Working Group 38.04: Ultra High Voltage

Technology, *CIGRE Session*.

25. CIGRE Task Force 38-01-02 (1986) *Static VAR Compensators*.

26. CIGRE Technical Brochure No. 145: Modeling of power electronics equipment (FACTS) in load flow and stability programs, <http://www.e-cigre.org>.

27. CIGRE Technical Brochure No. 316: Defence plan against extreme contingencies, <http://www.e-cigre.org>.

28. CIGRE Technical Brochure No. 325: Review of on-line dynamic security assessment tools and techniques, <http://www.e-cigre.org>.

29. CIGRE Working Group 38.01 (1987) Planning against voltage collapse. *Electra*, 55–75.

30. Concordia, C. (1951) *Synchronous Machines. Theory and Performance*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

31. Concordia, C. and Ihara, S. (1982) Load representation in power system stability studies. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-101** (4).

32. Contaxis, G. and Debs, A.S. (1977) Identification of external equivalents for steady-state security assessment. IEEE Power Summer Meeting, Paper F 77-526-7.

33. Crary, S.B. (1945, 1947) *Power System Stability*, Vols I, II, John Wiley & Sons, Inc., New York

13. Інформаційні ресурси

1. IEEE Committee Report (1968) Computer representation of excitation systems. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-87** (6), 1460–4.

2. IEEE Committee Report (1969) Recommended phasor diagrams for synchronous machines. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-88** (11), 1593–610.

3. IEEE Committee Report (1973a) Excitation system dynamic characteristic. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-92** (1).

4. IEEE Committee Report (1973b) Dynamic models for steam and hydroturbines in power system studies. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-92** (6), 1904–15.

5. IEEE Committee Report (1973c) System load dynamics simulation effects and determination of load constants. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-92** (2), 600–9.

6. IEEE Committee Report (1981) Excitation system models for power system stability studies. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **PAS-100** (2), 494–509.

7. IEEE Committee Report (1991) Dynamic models for fossil fuelled steam units in power system studies. *IEEE Transactions on Power Systems*, **PWRS-6** (2), 753–61.