

до наказу від _____ 2023 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

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



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор НЦ ЕАіЕ

Віктор Каплун

“ ” 2023р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання
ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

Олександр Гай

”РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електропостачання ім. В.М. Синькова

Гарант ОП

Світлана Макаревич

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Управління надійністю регіональних електричних мереж

спеціальність _____ 14 Електрична інженерія _____

освітня програма 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка (Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними
джерелами)

ННІ _____ енергетики, автоматики і енергозбереження _____

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

_____ Віктор Каплун

“ ____ ” _____ 2023р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання

ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

_____ Олександр Гай

”РОЗГЛЯНУТО ”

Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри електропостачання ім. В.М. Синькова

Гарант ОП

_____ Світлана Макаревич

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Управління надійністю регіональних електричних мереж

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____

освітня програма Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження _____.

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

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

“Управління надійністю регіональних електричних мереж” для студентів
(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	14 - Електрична інженерія <small>(шифр і назва)</small>	
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами)	
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u> <small>(бакалавр, спеціаліст, магістр)</small>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	<u>120</u>	
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>	
Кількість змістових модулів	<u>4</u>	
Курсовий проект (робота) <small>(якщо є в робочому навчальному плані)</small>	<u>21</u> <u>Управління надійністю регіональних електричних мереж</u> <small>(назва)</small>	
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>28</u> год.	_____ год.
Практичні, семінарські заняття	_____ год.	_____ год.
Лабораторні заняття	<u>28</u> год.	_____ год.
Самостійна робота	<u>64</u> год.	_____ год.
Індивідуальні завдання	_____ год.	_____ год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	<u>4</u> год. <u>4</u> год.	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Дисципліна “Управління надійністю регіональних електричних мереж” є важливою профільуючою дисципліною в розрізі циклу професійної підготовки студента.

Метою дисципліни є формування знань, умінь і практичних навичок з розрахунку параметрів електричних мереж у несталих режимах їх роботи, системи основних положень розрахунку струмів симетричних та всіх видів несиметричних аварійних обставин, що впливають на надійність і підвищення якості протікання перехідних процесів, що впливають на надійність у них, вироблення необхідних вмінь та навичок щодо методів пошуку, обробки, аналізу та оцінки інформації, що стосується діяльності в електроенергетичній галузі та здатність до аналізу результатів розрахунків, вимірювань та спостережень при розрахунку перехідних процесів, що впливають на надійність, а також володіння спеціалізованим програмним забезпеченням та сучасними засобами зберігання та обробки інформації в сфері аналізу електромагнітних перехідних процесів, що впливають на надійність.

Задачі вивчення дисципліни.

Вивчаючи “Управління надійністю регіональних електричних мереж” студент повинен знати:

- характеристики режимів простих систем і характеристики навантажень;
- межі порушення нормальної роботи електроустановок струмами аварійних обставин;
- систему відносних одиниць, складання і перетворення схем заміщення з е.р.с. в гілках;
- причини і наслідки перехідних процесів, що впливають на надійність 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, що впливають на надійність;

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

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

- *розраховувати параметри аварійних режимів 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.

Перелік дисциплін, що повинні передувати вивченню даної дисципліни та перелік дисциплін, вивченню яких передує 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”.

Управління надійністю регіональних електричних мереж 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”.

Міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни



Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати професійно-практичні задачі під час провадження професійної діяльності в сфері електричних мереж та електроенергетичних систем або у процесі навчання, що характеризується невизначеністю умов і вимог.

загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

фахові (спеціальні) компетентності (СК):

СК1. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР). СК2. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки. СК3. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг. СК4. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики. СК5. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

програмні результати навчання (ПРН):

ПРН01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. ПРН02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

3.1 Змістовий модуль1. Загальна інформація про аварійні обставини та схеми заміщення основних елементів

3.1.1. Основні поняття

Значення дисципліни.

Предмет курсу, його побудова, зв'язок з суміжними дисциплінами, місце в загальній підготовці інженера.

3.1.2. Загальні відомості про перехідні процеси

Режими систем електропостачання. причини виникнення перехідних процесів, що впливають на надійність. Види аварійних обставин, що впливають на надійність (аварійних обставин). Частота різних видів аварійних обставин.

Призначення розрахунків перехідних процесів, що впливають на надійність, розрахункові умови. Початкові положення до розрахунку струмів аварійних обставин. Розрахункова схема системи електропостачання та опис її елементів.

Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Еквівалентні перетворення схем заміщення.

3.1.3. Математичні моделі машин змінного струму

Загальні відомості. Перехідні ерс та індуктивні опори.

Надперехідні ерс та індуктивні опори. Електрорушійна сила та індуктивні опори електродвигунів.

3.2 Змістовий модуль2. Симетричні аварійні обставини

3.2.1. Перехідні процеси при ускладнених аварійних обставинах

Коротке замикання в радіальній мережі без трансформаторних зв'язків. Коротке замикання на затискачах генератора.

Коротке замикання у віддалених точках системи електропостачання. Початкове значення періодичної складової струму аварійних обставин.

Розрахунок аперіодичної складової струму аварійних обставин. Розрахунок ударного струму аварійних обставин.

Періодична складова струму аварійних обставин у довільний момент часу перехідного процесу. Струм аварійних обставин в усталеному аварійному режимі

3.3 Змістовий модуль3. Особливі випадки розрахунків симетричних аварійних обставин, що впливають на надійність

3.3.1. Розрахунки перехідних процесів, що впливають на надійність при ускладнених аварійних обставинах

Основні поняття. Використання діаграм періодичної складової струму у мережі з одним джерелом. Використання діаграм періодичної складової струму у мережі з кількома джерелами.

Розрахунок періодичної складової струму для довільного моменту часу з використанням методу спрямлених характеристик. Розрахунок струму аварійних обставин за принципом накладання.

Розрахунок складових струму аварійних обставин від вузлів навантаження. Розрахунок складових струму аварійних обставин від електродвигунів, що перейшли на генераторний режим.

Особливості підживлення місця аварійних обставин від електродвигунів теплових електростанцій. Урахування комплексного навантаження у підживленні місця аварійних обставин.

3.3.2. Розрахунок аварійних параметрів в електроустановках напругою до 1кВ

Допущення. Розрахунок параметрів схем заміщення – силових трансформаторів, шин, повітряних та кабельних ліній, трансформаторів струму, комутаційної апаратури та реле, дуги в місці аварійних обставин, автономних джерел, синхронних та асинхронних електродвигунів, комплексного навантаження, конденсаторних батарей.

Розрахунок аперіодичної складової струму аварійних обставин. Розрахунок ударного струму аварійних обставин

3.4 Змістовий модуль 4. Несиметричні аварійні обставини

3.4.1. Аналізу перехідних процесів, що впливають на надійність, при порушенні симетрії у трифазній мережі

Загальні відомості. Метод симетричних складових.

Опір елементів зворотної та нульової послідовностей. Схеми заміщення різних послідовностей.

3.4.2. Поперечна несиметрія

Початкові положення. Однофазне коротке замикання.

Двофазне коротке замикання. Двофазне коротке замикання на землю.

Урахування перехідного опору в місці аварійних обставин. Порівняння струмів при різних видах аварійних обставин. Методи розрахунку несиметричних аварійних обставин, що впливають на надійність.

3.4.3. Повздовжня несиметрія

Загальні відомості. Розрив однієї фази трифазної мережі. Розрив двох фаз трифазної мережі.

Вмикання у фази неоднакових опорів. Подвійне замикання на землю.

3.5 Змістовий модуль 5. Технічні рішення щодо оптимізації рівнів струмів аварійних обставин, що впливають на надійність

3.5.1. Перехідні процеси в особливих умовах

Аварійні обставини в мережах зовнішнього електропостачання. Замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю.

Перехідні процеси, обумовлені особливостями технології виробництва. процеси при комутаціях конденсаторних батарей. Аварійні обставини в мережах постійного струму.

3.5.2. Рівні струмів та потужності аварійних обставин

Якість електромагнітних перехідних процесів, що впливають на надійність.

Способи обмеження аварійних параметрів.

3.6. Курсова робота.

3.6.1. Розрахунок струмів аварійних обставин, що впливають на надійність у лінії 110 кВ.

3.6.2. Розрахунок струмів аварійних обставин для перевірки апаратури і релейного захисту підстанції: на шинах вищої напруги (ВН), на шинах середньої напруги (СН), на шинах нижчої напруги (НН).

3.6.3. Розрахунок струмів аварійних обставин на шинах СН і НН з урахуванням РПН трансформаторів.

3.6.4. Розрахунок залежностей для ПЛ 35 кВ $I_k^{(3)}=f(l_k)$, $I_k^2=f(l_k)$.

3.6.5. Розрахунок струмів аварійних обставин в мережі 10 кВ.

3.6.6. Струми замикання на землю в мережі 10 і 35 кВ.

3.6.7. Струми аварійних обставин у мережі 0,38 кВ: на шинах НН споживчої підстанції, в кінці лінії 0,38 кВ.

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 модуль1. Загальна інформація про аварійні обставини та схеми заміщення основних елементів														
Тема 1. Основні поняття.	8	2		2		4								
Тема 2. Загальні відомості про перехідні процеси	12	2		4		6								
Тема 3. Математичні моделі машин змінного струму	11	1		4		6								
Змістовий модуль2. Симетричні аварійні обставини														
Тема 1. Перехідні процеси при ускладнених аварійних обставинах	9	1		4		4								
Тема 2. Розрахунок типових характеристик аварійних обставин, що впливають на надійність.	11	1		4		6								
Змістовий модуль3. Особливі випадки розрахунків симетричних аварійних обставин, що впливають на надійність														
1. Розрахунки перехідних процесів, що	7	1		2		4								

впливають на надійність при ускладнених аварійних обставинах												
Тема 2. Розрахунок аварійних параметрів в електроустановках напругою до 1кВ	10	2		2		6						
Змістовий модуль 4. Несиметричні аварійні обставини												
Тема 1. Аналіз перехідних процесів, що впливають на надійність, при порушенні симетрії у трифазній мережі	7	1		2		4						
2. Поперечна несиметрія	9	1		2		6						
3. Повздожня несиметрія	9	1		2		6						
Змістовий модуль 5. Технічні рішення щодо оптимізації рівнів струмів аварійних обставин, що впливають на надійність												
1. Перехідні процеси в особливих умовах	5	1				4		-	-	-		-
2. Рівні струмів та потужності аварійних обставин	4					4						
Усього годин	120+21	28	0	28		64						

4. Теми семінарських занять

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Складання схем заміщення однолінійної розрахункової схеми системи електропостачання та способи визначення показників її елементів.	0

2	Обчислення початкового значення періодичної складової струму трифазного аварійних обставин.	0
3	Обчислення потужності та ударного струму.	0
4	Визначення значення періодичної та аперіодичної складової струму аварійних обставин, ударного струму через певний інтервал часу (з використанням діаграм періодичної складової струму та методу спрямлених характеристик).	0
5	Визначення значення струмів при трифазному аварійних обставин в мережі до 1 кВ.	0
6	Складання схем заміщення розрахункової схеми системи електропостачання та способи визначення показників її елементів при визначенні несиметричних струмів аварійних обставин.	0
7	Визначення величин струмів та напруг при несиметричних коротких замиканнях.	0
8	Визначення величин струмів та напруг при несиметричних коротких замиканнях.	0
9	Розрахунок значення ємнісного струму замикання на землю в розподільній мережі с ізольованою нейтраллю.	0
	Разом	0

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Складання схеми заміщення розрахункової схеми системи електропостачання та визначення показників її елементів	6
2	Вивчення схем заміщення машин змінного струму	2
3	Моделювання аварійних обставин в мережі з джерелом нескінченної потужності. З метою визначення початкового значення періодичної складової, ударного струму, струму аварійних обставин в усталеному аварійному режимі, а також струму через деякий час після початку аварійних обставин.	4

4	Моделювання аварійних обставин в мережі з джерелом обмеженої потужності. З метою визначення початкового значення періодичної складової, ударного струму, струму аварійних обставин в усталеному аварійному режимі, а також струму через деякий час після початку аварійних обставин.	4
5	Аналіз перехідних процесів, що впливають на надійність при порушенні симетрії у трифазній мережі.	6
6	Моделювання роботи та оцінка засобів обмеження рівнів струмів аварійних обставин.	6
	Разом	28

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 ускладнених аварійних обставинах

Коротке замикання у віддалених точках системи електропостачання.

Початкове значення періодичної складової струму аварійних обставин

Періодична складова струму аварійних обставин у довільний момент часу перехідного процесу.

Струм аварійних обставин в усталеному аварійному режимі.

Завдання 3. Проведення розрахунків перехідних процесів, що впливають на надійність при ускладнених аварійних обставинах

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

Розрахунок струму аварійних обставин за принципом накладання.

Особливості підживлення місця аварійних обставин від електродвигунів теплових електростанцій.

Урахування комплексного навантаження у підживленні місця аварійних обставин.

МОДУЛЬ II

Завдання 1. Розрахунок аварійних параметрів в електроустановках напругою до 1кВ

Розрахунок аперіодичної складової струму аварійних обставин.

Розрахунок ударного струму аварійних обставин.

Завдання 2. Вивчення поперечної несиметрії

Урахування перехідного опору в місці аварійних обставин.

Порівняння струмів при різних видах аварійних обставин.

Методи розрахунку несиметричних аварійних обставин, що впливають на надійність.

Завдання 3. Вивчення повздовжньої несиметрії

Вмикання у фази неоднакових опорів.

Подвійне замикання на землю).

МОДУЛЬ III

Завдання 1. Ознайомлення з перехідними процесами в особливих умовах

Аварійні обставини в мережах зовнішнього електропостачання.

Замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю.

Перехідні процеси, обумовлені особливостями технології виробництва.

Процеси при комутаціях конденсаторних батарей.

Аварійні обставини в мережах постійного струму.

Завдання 2. Вплив рівнів струмів та потужності аварійних обставин на параметри режимів

Якість електромагнітних перехідних процесів, що впливають на надійність.

Способи обмеження аварійних параметрів.

МОДУЛЬ IV

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 АВАРІЙНИХ ОБСТАВИН 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.

Завдання 3. Асинхронні режими в електричних мережах.

Основні поняття.

Виникнення асинхронного режиму.

Сталий асинхронний режим.

Ресинхронізація синхронних генераторів і двигунів.

Завдання 4. 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.

Заключна.

Сучасні розробки та дослідження у сфері перехідних процесів, що впливають на надійність в електромережах

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

Контрольні питання

1. Режими роботи систем електропостачання.
2. Причини виникнення електромагнітних перехідних процесів, що впливають на надійність.
3. Види аварійних обставин, що впливають на надійність.
4. Причини і наслідки аварійних обставин, що впливають на надійність.
5. Призначення розрахунків електромагнітних перехідних процесів, що впливають на надійність. Характеристика розрахункових параметрів.
6. Розрахункова схема та схема заміщення. Способи визначення показників елементів.
7. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів елементів схеми заміщення в іменованих одиницях. Точний метод.
8. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів елементів схеми заміщення в іменованих одиницях. Наближений метод.
9. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів елементів схеми заміщення у відносних одиницях. Точний метод.
10. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів елементів схеми заміщення у відносних одиницях. Наближений метод.
11. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Схеми із збереженням трансформаторних зв'язків. Призначення і специфіка використання.
12. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів трансформаторів і автотрансформаторів на схемах заміщення.
13. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів ліній електропередачі і навантажень на схемах заміщення.
14. Початкові положення, що використовуються при розрахунку аварійних параметрів. Уточнені та спрощені методи.

15. Еквівалентні перетворення схем заміщення. Припущення, що приймаються при еквівалентних перетвореннях.
16. Поняття „джерело необмеженої потужності”. Трифазне коротке замикання в радіальній мережі без трансформаторних зв'язків з джерелом необмеженої потужності. Періодична та аперіодична складові струму аварійних обставин.
17. Трифазне коротке замикання в радіальній мережі без трансформаторних зв'язків з джерелом необмеженої потужності. Ударний струм. Умови виникнення максимального значення ударного струму. Ударний коефіцієнт.
18. Трифазне коротке замикання на затискачах генератора за відсутності автоматичного регулювання його збудження.
19. Трифазне коротке замикання на затискачах генератора за наявності автоматичного регулювання його збудження.
20. Трифазне коротке замикання. Припущення, що приймаються при розрахунку трифазних аварійних параметрів в момент $t = 0$ і через час t .
21. Трифазне коротке замикання у віддалених точках системи електропостачання. Визначення критичного зовнішнього опору.
22. Трифазне коротке замикання. Розрахунок періодичної складової в довільний момент часу. Існуючі методи розрахунків. Метод типових кривих.
23. Трифазне коротке замикання. Розрахунок періодичної складової струму аварійних обставин у мережі з кількома джерелами в довільний момент часу.
24. Трифазне коротке замикання. Розрахунок аварійних параметрів методом накладання.
25. Трифазне коротке замикання. Умови та методика врахування впливу навантаження, яке перейшло в генераторний режим.
26. Особливості розрахунку аварійних параметрів в електроустановках змінного струму напругою до 1 кВ.
27. Електромагнітні перехідні процеси при порушенні симетрії трифазної мережі. Поняття поздовжньої та поперечної несиметрії.
28. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Метод симетричних складових. Основні положення.
29. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Схеми заміщення нульової, прямої та зворотної послідовності.
30. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Схеми заміщення нульової, прямої і зворотної послідовності. Приклад побудови.
31. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Однократна поперечна несиметрія. Правило еквівалентності для струму прямої послідовності.

32. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Однократна поперечна несиметрія. Порівняння періодичної складової струму при різних видах аварійних обставин, що впливають на надійність.

33. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Методи розрахунку несиметричних аварійних обставин, що впливають на надійність.

34. Несиметричні перехідні процеси в електричних системах. Однократна поздовжня несиметрія. Загальні відомості.

35. Огляд способів та технічних засобів для обмеження аварійних параметрів.

Тестові завдання

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЮРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ			
ОР «Бакалавр»	Кафедра електропостачання ім. проф. В.М. Синькова	ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 4 з дисципліни "Управління надійністю регіональних електричних мереж"	ЗАТВЕРДЖУЮ Зав. кафедри (підпис)
<i>Екзаменаційні запитання (максимальна оцінка 10 балів за відповідь на кожне запитання)</i>			
1. Схема заміщення та способи визначення показників її елементів. Визначення параметрів елементів схеми заміщення в іменованих одиницях. Точний метод.			
2. Електромагнітні перехідні процеси при порушенні симетрії трифазної мережі. Поняття поздовжньої та поперечної несиметрії.			
<i>Тестові завдання різних типів (максимальна оцінка 10 балів за відповіді на тестові завдання)</i>			

Питання 1. Трифазне коротке замикання на землю — це:

- 1 коротке замикання на землю в трифазній електроенергетичній системі з глухо або ефективно заземленими нейтраліями силових елементів, при якому із землею з'єднуються три фази.
- 2 коротке замикання, при якому струми в гілках електроустановки, що прилягають до місця його виникнення, різко зростають, перевищуючи найбільший допустимий струм тривалого режиму.
- 3 коротке замикання між двома фазами в трифазній електроенергетичній системі.
- 4 коротке замикання в електроустановці, обумовлене з'єднанням із землею якого-небудь її елемента.

Питання 2. Повторне коротке замикання — це:

- 1 коротке замикання в електроустановці при автоматичному повторному включенні комутаційного електричного апарату пошкодженого ланцюга..
- 2 коротке замикання між двома фазами в трифазній електроенергетичній системі.
- 3 коротке замикання в електроустановці, обумовлене з'єднанням із землею якого-небудь її елемента.

Питання 3. Коротке замикання, що змінюється, — це:

- 1 коротке замикання між двома фазами в трифазній електроенергетичній системі.
- 2 коротке замикання в електроустановці, обумовлене з'єднанням із землею якого-небудь її елемента.
- 3 коротке замикання в електроустановці з переходом одного виду аварійних обставин в іншій.

Питання 4. Стійке коротке замикання — це:

- 1 коротке замикання в електроустановці при автоматичному повторному включенні комутаційного електричного апарату пошкодженого ланцюга..
- 2 коротке замикання в електроустановці, умови виникнення якого зберігаються під час безструмової паузи комутаційного електричного апарату.
- 3 коротке замикання в електроустановці з переходом одного виду аварійних обставин в іншій.

Питання 5. Нестійке коротке замикання — це:

- 1 коротке замикання в електроустановці при автоматичному повторному включенні комутаційного електричного апарату пошкодженого ланцюга..
- 2 коротке замикання в електроустановці, умови виникнення якого зберігаються під час безструмової паузи комутаційного електричного апарату.
- 3 коротке замикання в електроустановці, умови виникнення якого самоліквідуються під час безструмової паузи комутаційного електричного апарату.

Питання 6. Розрахункова точка аварійних обставин – це:

- 1 точка електроустановки, при перебігу струму аварійних обставин в якій для елемента СЕП справедливі умови аварійних обставин
- 2 точка електроустановки в якій протікає найбільший за значенням струм
- 3 замикання, при якому струми в гілках електроустановки, що прилягають до місця його виникнення, різко зростають, перевищуючи найбільший допустимий струм тривалого режиму.
- 4 замикання між двома фазами в трифазній електроенергетичній системі.

Питання 7. Вставте пропущене слово:

Стационарний або автоматичний розподіл мереж здійснюється звичайно в системах зовнішнього електропостачання в зв'язку із ... кількості та потужності джерел електричної енергії як в енергетичній системі, так і на власних ТЕС.

Питання 8. Вставте пропущене слово:

Обмежувачі ударного струму – це ... комутаційні апарати з принципом вмикання струму шляхом руйнування вибухом піропатрона струмоведучої вставки обмежувача.

Питання 9. Встановити відповідність:

1) Нормальний усталений режим; 2) Аварійний усталений режим; 3) Статична стійкість СЕП;

4) Динамічна стійкість СЕП

А здатність повертатися до початкового усталеного режиму після малих відхилень значень параметрів режиму в допустимих межах.

Б це режим що виникає в СЕП під дією таких змін у схемах електричних з'єднань, за яких значення параметрів режиму помітно відрізняються від номінальних.

В здатність повертатися після тимчасового і раптового збурення до початкового усталеного режиму, чи близького до нього, коли значення параметрів режиму в її вузлах перебувають у допустимих межах.

Г це режим, при якому значення параметрів режиму змінюються в межах, що відповідають нормальній роботі споживачів, обумовленою їх основними техніко-економічними характеристиками.

Питання 10. Встановити відповідність:

1) Двофазне коротке замикання; 2) Двофазне коротке замикання на землю; 3) Подвійне коротке замикання на землю;

А коротке замикання на землю в трифазній електроенергетичній системі з глухо або ефективно заземленими нейтраліями силових елементів, при якому із землею з'єднуються дві фази.

Б сукупність двох однофазних аварійних обставин, що впливають на надійність на землю в різних, але електрично зв'язаних частинах електроустановки.

В коротке замикання між двома фазами в трифазній електроенергетичній системі.

8. Методи навчання

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

9. Форми контролю

Оцінювання якості знань студентів, в умовах організації навчального процесу за кредитно-модульною системою здійснюється шляхом поточного, модульного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання, за шкалою ECTS та національною шкалою оцінювання.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи R_{HP}	Рейтинг з додаткової роботи R_{DP}	Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$	Підсумковий атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1-2	Змістовий модуль 3-4					
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 екзамен 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): $R_{\text{дис}} = R_{\text{HP}} + R_{\text{AT}}$

Критерії оцінювання за модулями

Вид діяльності	Кількість балів	З урахуванням ваги модуля
----------------	-----------------	---------------------------

Змістовий модуль 1. Загальна інформація про аварійні обставини та схеми заміщення основних елементів та Симетричні аварійні обставини (35%)

Навчальна робота		
Лабораторна робота №1 «Складання схеми заміщення розрахункової схеми системи електропостачання та визначення показників її елементів	20	7
Лабораторна робота №2 «Вивчення схем заміщення машин змінного струму»	20	7
Лабораторна робота №3 «Модельовання аварійних обставин в мережі з джерелом нескінченної потужності. З метою визначення початкового значення періодичної складової, ударного струму, струму аварійних обставин в усталеному аварійному режимі, а також струму через деякий час після початку аварійних обставин.»	15	5,25
Самостійна робота		
Завдання 1. Аналіз математичних моделей машин змінного	5	1,75
Завдання 2. Ознайомлення з перехідними процесами при ускладнених аварійних обставинах	5	1,75
Завдання 3. Проведення розрахунків перехідних процесів, що впливають на надійність при ускладнених аварійних обставинах	5	1,75

Модульний контроль		
<u>Модульний тест</u>	30	10,5
Всього за модуль 1	100	35

Змістовий модуль 2. Особливі випадки розрахунків симетричних аварійних обставин, що впливають на надійність та Несиметричні аварійні обставини (35%)

Навчальна робота		
Лабораторна робота №1 «Моделювання аварійних обставин в мережі з джерелом обмеженої потужності. З метою визначення початкового значення періодичної складової, ударного струму, струму аварійних обставин в усталеному аварійному режимі, а також струму через деякий час після початку аварійних обставин.»	20	7
Лабораторна робота №2 «Аналіз перехідних процесів, що впливають на надійність при порушенні симетрії у трифазній мережі.»	20	7
Самостійна робота		
Завдання 1. Розрахунок аварійних параметрів в електроустановках напругою до 1кВ	10	3,5
Завдання 2. Вивчення поперечної несиметрії	10	3,5
Завдання 3. Вивчення повздовжньої несиметрії	10	3,5
Завдання 4. Ознайомлення з перехідними процесами в особливих умовах		
Завдання 5. Вплив рівнів струмів та потужності аварійних обставин на параметри режимів		
Модульний контроль		
<u>Модульний тест</u>	30	10,5
Всього за модуль 2	100	35

Підсумкова атестація (30%)

<u>Підсумковий тест</u>	100	30
Всього з дисципліни	300	100

11. Навчально-методичне забезпечення

1. Підручники та посібники, зазначені у списку літератури.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.
3. Нормативні документи.

4. Таблиці, схеми і плакати з електропривода, виготовлені на кафедрі, а також типографічним способом.
5. Стенди із зразками електродвигунів, апаратів керування і захисту.
6. Лабораторні установки з електроприводу.
7. Інтернет-ресурси.

12. Рекомендована література

Основна

1. Barinov V. M., Kiesewetter D. V., "Experimental study of the influence of single-phase short-circuits of power cable lines 110 and 220 kV on the operation of communications systems and automation," 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/RTUCON.2016.7763120.

2. Fedotov A. I., Mudarisov R. M. , Stability of Synchronous Motors Under Single Phase Grid Short Circuits, 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602727.

3. Gai O., Didenko S. Automated calculation of short-circuit currents using software «Elplek». Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. № 194-2. С. 82-90.

4. Guo, Y., G. Liu, J. Liang, L. Zhou, X. Jiang, Y. Xu, and J. Zhang. 2018. "Simulation Analysis on Transient Overvoltage of Asymmetric Short Circuit in Cable Collector Networks of Offshore Wind Farm." Gaoya Dianqi/High Voltage Apparatus 54 (5): 204-209 and 216. doi:10.13296/j.1001-1609.hva.2018.05.032.

5. K. Mahmud, A. K. Sahoo, E. Fernandez, P. Sanjeevikumar and J. B. Holm-Nielsen, "Computational Tools for Modeling and Analysis of Power Generation and Transmission Systems of the Smart Grid," in IEEE Systems Journal, vol. 14, no. 3, pp. 3641-3652, Sept. 2020, doi: 10.1109/JSYST.2020.2964436.

6. Kasikci Ismail. Short Circuits in Power Systems: A Practical Guide to IEC 60909, Second edition. Wiley VCH, 2003. DOI:10.1002/9783527803378

7. Khlopova Anastasiya, Sarin Leonid Transient processes in primary winding of voltage transformers under single-phase short circuits in 110 kV power grids with cable

fixings," 2008 Power Quality and Supply Reliability Conference, Parnu, 2008, pp. 175-178, doi: 10.1109/PQ.2008.4653756.

8. Li, Y., Zhang, H., & Xu, J. (2019). Analysis of single-phase short-circuit current suppression measures at converter stations and their effects on power system reliability. Paper presented at the 2019 Asia Power and Energy Engineering Conference, APEEC 2019, 5-9. doi:10.1109/APEEC.2019.8720680.

9. Nazarčík, T., & Benešová, Z. (2017). Transient analysis of multi-circuit overhead transmission lines with two voltage levels. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2017, 596-601.

10. Niculescu, T., Pasculescu, D., & Stoica, I. O. (2014). Study of electro-dynamic forces in short circuit regime using matlab - simulink software. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, , 1(2) 339-346.

11. Nowak, W., W. Szpyra, R. Tarko, and M. Benesz. 2016. "Calculation of Currents Flowing in the Towers Earthing System during Single-Phase Faults in High Voltage Overhead Lines." *Przeglad Elektrotechniczny* 92 (6): 203-206. doi:10.15199/48.2016.06.40.

12. Program Elplek: [Електронний ресурс]. – URL : <http://pp.kpnet.fi/ijl>.

13. Toader D. , Haragus S., Blaj C. Currents closing via the copper ribbon of MV cables at single-phase short-circuits on the HV side of a 110/20 kV station, 2008 11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, Brasov, 2008, pp. 191-196, doi: 10.1109/OPTIM.2008.4602365.

14. Turkia N, Phipia T, Bantsadze V. The creation of a mathematical model for simultaneous asymmetric faults in electric systems. In: Information and computer technology, modeling and control: Proceedings of the international scientific conference devoted to the 85th anniversary of academician I. V. prangishvili. ; 2017. p 139-150.

15. Valiullin K. R. Detection of Faults on Power Line with Artificial Neural Networks, 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and

Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russia, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111987.

16. Yang, D., Zhang, B., Ma, L., Xing, L., & Wu, C. (2018). Two-step optimization for limiting three-phase and single-phase short circuit current. Paper presented at the 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration, EI2 2018 - Proceedings, doi:10.1109/EI2.2018.8582568

17. О.В. Гай, В.В. Козирський Перехідні процеси в енергетиці. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.

18. Вдов Т. В., Дмитренко О. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ «ELPLEK»–ПРОГРАМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИВІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ //Міжнародний науково-технічний журнал" Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики". – 2017. – С. 33-36.

19. Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен Перехідні процеси в системах електропостачання. Підручник для вузів. / за ред. Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий унів. – 2002. – 597 с.

20. Гай О. В., Гусятинський Д.О. Особливості представлення деяких елементів в програмному продукті «Elplek». Енергетика і автоматика, 2020, №3. С. 34-44.

21. Кухарчук А. В. и др. Анализ возможности использования программного продукта «Elplek» для моделирования работы релейной защиты //Фундаментальные исследования. – 2016. – Т. 3. – №. 11.

22. Півняк Г.Г., Слесарев В.В. Нова структура інформаційного забезпечення задач керування енергоємними технологічними процесами // Доповіді НАН України. Математика. Природознавство. Технічні науки. 2000, № 8.-С. 107-110.

23. Півняк Г.Г., Кириченко В.І. Електромеханічні системи енергонапружених барабанних млинів. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 166 с.

24. Черемісін М.М. Перехідні процеси в системах електропостачання: Навч. Посібник. – Х.: Факт, 2005. – 176с.

Додаткова література

1. ГКД 34.20.171-96 Обмеження аварійних параметрів в електричних мережах 110-750 кВ. Методика.

2. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 Параметри аварійних режимів в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму аварійних обставин (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT).

3. ДСТУ ІЕС 60909-0:2007 Параметри аварійних режимів у трифазних системах змінного струму. Частина 0. Обчислення сили струму (ІЕС 60909-0:2001, IDT).

4. НПАОП 10.0-5.41-13 Інструкція з визначення аварійних параметрів, вибору і перевірки уставок максимального струмового захисту в мережах напругою до 1200 В.

5. ПУЕ, Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). Київ: 2017.

Методична література

1. Методичні вказівки до виконання до виконання курсової роботи з дисципліни «Перехідні процеси в електроенергетиці» для підготовки фахівців РВО "Перший (бакалаврський)" Галузь знань 14 – Електрична інженерія Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка Спеціалізація Електротехніка та електротехнології.