

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОК 19 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ	14 Електрична інженерія
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ	Перший (бакалаврський)
ФАКУЛЬТЕТ	Агробіотехнологічний


Біла Церква – 2022

Робоча програма з навчальної дисципліни **«Електроенергетичні системи та мережі»**
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Укладач: М. І. Трегуб, Біла
Церква: БНАУ, 2022. 19 с.

Розробник: Микола Ілларіонович Трегуб, доктор техн. наук, професор


Робочу програму схвалено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та
електромеханіки
Протокол № 1 від 29.08.2022 р.

Завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та
електромеханіки, професор


 М. І. Трегуб

Схвалено методичною комісією агробіотехнологічного факультету
Протокол № 1 від 31.08.2022 р.

Голова науково-методичної комісії, доцент

 В. С. Хахула

Гарант ОП 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка», доктор технічних наук, професор

 М.І. Трегуб

ЗМІСТ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА »	5
4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	5
5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»	7
6. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ	9
7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	10
7.1. Лекції	10
7.2. Практичні заняття	11
7.3. Самостійна робота	12
7.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань	14
8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ	14
9. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ	15
10. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	15
11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	15
12. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ	17
13. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	18
14. Інформаційні ресурси	19

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Згідно з навчальним планом на 2022–2023 навчальний рік, на вивчення дисципліни «Електроенергетичні системи та мережі» для денної форми навчання виділено всього 150 академічних годин (5 кредити ECTS), у т.ч. аудиторних — 70 години (лекції — 28, практичні заняття — 42), самостійна робота студентів — 80 годин.

Опис навчальної дисципліни за показниками та формами навчання наведено в таблиці:

Найменування показників	Шифр та найменування галузі знань, спеціальності, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Обов'язкова	
		<i>Рік підготовки:</i>	
Змістових модулів – 2	Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	3-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахункове		<i>Семестр</i>	
		5-й	7-й
Загальна кількість академічних годин – 150		<i>Лекції</i>	
		28 год.	6 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5,7	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти	<i>Практичні</i>	
		42 год.	6 год.
		<i>Самостійна робота</i>	
		80 год.	108 год.
		Підсумковий контроль: залік	

Метою вивчення дисципліни «Електроенергетичні системи та мережі» є отримання бакалаврами в галузі електричної інженерії базових знань та набуття умінь і навичок застосування основних джерел електроживлення, встановлення взаємозв'язків комплексу автономного і централізованого електропостачання, обґрунтування використання комбінованих енергосистем з відновлюваними енергоджерелами, використання схем автоматичного резервування навантажень, методик вибору та узгодження параметрів енергоджерел з навантаженням, вивченню конструктивних особливостей систем електроживлення. Все це дає змогу підготувати майбутніх фахівців до діяльності в електроенергетичних службах підприємств, енергопроектних установах в умовах формування та розвитку сучасного енергоринку України».

2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковий освітній компонент «Електроенергетичні системи та мережі» базується на знаннях таких дисциплін, як «Електричні машини та апарати», «Теоретичні основи електротехніки», «Теплотехніка та теплоенергетичні установки», «Інженерна механіка», які вивчаються на 1-му і 2-му курсах.

3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

Загальні компетентності

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Спеціальні компетентності

СК03. 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.

СК04. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

СК06. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Програмний результат навчання відповідно до стандарту вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Результати навчання з дисципліни «Електроенергетичні системи та мережі»
ПРН05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.	РН05. Знання основ теорії електромагнітного поля, методів розрахунку електричних кіл та уміння використовувати їх для вирішення практичних проблем у електроенергетичних системах та мережах.
ПРН07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному,	ПРН 07.1. Вміння визначати параметри заступних схем і аналізувати залежність їх значень від технічних характеристик елементів

електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.	електроенергетичних систем PH 07.1. Уміння виконувати заступні схеми окремих елементів та загальні схеми електричних систем.
PH08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.	PH 08.1. Вміння виконувати математичне моделювання режимів роботи електроенергетичних систем; PH 08.2. Вміти виконувати розрахунки режимів електричних мереж.
PH17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.	PH 17.1 Уміння виконувати складні спеціалізовані завдання з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.
PH19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.	PH 19.1 Вміння обирати і застосовувати емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, трансформуванні, передачі, розподіленні та використанні.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»

Змістовий модуль I Електроенергетичні системи і мережі та методи розрахунків їх режимів

Тема 1.1. Основні поняття і визначення електроенергетичних систем і мереж.

Перспективи розвитку електроенергетики. Основні поняття і визначення. Поняття про номінальні напруги. Особливості джерел генерації. Спрощена технологічна схема теплової електростанції. Структурна схема електроенергетичної системи. Схема електричної системи.

Тема 1.2. Електричні навантаження та електроприймачі. Визначення навантаження підстанцій. Характеристики основних електроприймачів. Вимоги до надійності електропостачання. Графіки навантаження електроприймачів. Класифікація електричних мереж за призначенням, напругою та потужністю.

Тема 1.3. Заступні схеми та математичні моделі електроенергетичних систем, електроенергетичних ліній та мереж. Активний опір ліній. Індуктивний опір ліній. Ємнісний опір. Заступні схеми та параметри трансформаторів і автотрансформаторів.

Тема 1.4. Втрати електричної потужності та енергії. Розрахунок втрат потужності в лініях електропередач. Розрахунок втрат потужності в ЛЕП з рівномірно розподіленим навантаженням. Розрахунок втрат потужності в трансформаторах. Зведені та розрахункові навантаження споживачів. Етапи спрощення розрахункової схеми. Розрахунок втрат електроенергії. Заходи щодо зниження втрат потужності.

Тема 1.5. Векторні діаграми ліній електропередач. Векторна діаграма ЛЕП 35 кВ з одним навантаженням. Падіння та втрата напруги. Векторна діаграма ЛЕП 35 кВ з декількома навантаженнями. Векторна діаграма ЛЕП 110 кВ з одним навантаженням.

Тема 1.6. Розрахунки режимів електричних мереж. Метод розрахунку режиму при заданій напрузі в кінці ЛЕП. Розрахунок режиму при заданій напрузі на початку ЛЕП. Розрахунок мереж різних номінальних напруг.

Тема 1.7. Розрахунок місцевих мереж за втратою напруги. Відхилення й коливання напруги. Допущення, покладені в основу розрахунку мереж. Визначення найбільшої втрати напруги. Окремі випадки розрахунку місцевих мереж.

Тема 1.8. Розрахунки режимів простих замкнених мереж. Розрахунок ліній з двостороннім живленням. Окремі випадки розрахунків простих замкнених мереж.

Змістовий модуль 2. Моделювання та розрахунки режимів. Основи регулювання режимів електричних мереж

Тема 2.1. Неоднорідні мережі та економічність їх роботи. Природний і економічний розподіл потужності в замкнених мережах. Однорідна мережа. Шляхи зниження негативного впливу неоднорідності замкнутих мереж. Настроювання мережі при використанні пристрою поздовжньої компенсації. Використання спеціальної додаткової апаратури для настроювання мережі.

Тема 2.2. Методи настроювання мережі. Компенсація зрівняльної потужності. Розмикання контурів мережі. Поздовжня компенсація. Поперечна компенсація. Вольтододаткові апарати.

Тема 2.3. Математичне моделювання режимів роботи електричних систем. Лінійні рівняння вузлових напруг. Матриця вузлових провідностей. Методи розв'язання лінійних рівнянь вузлових напруг.

Тема 2.4. Основи керування режимами електричних мереж та систем. Регулювання активної та реактивної потужностей. Показники якості електричної енергії та методи їх забезпечення.

Тема 2.5. Регулювання напруги. Метод зустрічного регулювання. Регулювання напруги в центрах живлення. Стабілізація напруги. Метод зустрічного регулювання. Регулювання напруги на електростанціях.

Тема 2.6. Регулювання активної потужності та частоти в електричних системах. Баланс активної потужності електричної системи. Розподіл активних потужностей між джерелами генерації. Методи регулювання частоти.

Тема 2.7. Основи векторного регулювання режимів енергосистем. WAMS та PMU. Оперативна оцінка режиму енергосистеми. Система моніторингу WAMS та перетворювачі PMU. Інтелектуальні електричні мережі.

6. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма					заочна форма						
	всього	у тому числі				всього	у тому числі					
		л	п	лб	інд		СРС	л	п	лб	інд	СРС
<u>Змістовий модуль 1. Електроенергетичні системи і мережі та методи розрахунків їх режимів</u>												
Тема 1.1	8	1	2		2	3	9	1			3	5
Тема 1.2	9	2	2		2	3	11	1			4	6
Тема 1.3.	11	2	4		2	3	12	1	1		4	6
Тема 1.4	12	2	2		4	4	10				4	6
Тема 1.5	11	2	4		2	3	11		1		4	6
Тема 1.6	9	2	2		2	3	11		1		4	6
Тема 1.7	9	2	2		2	3	6				2	4
Тема 1.8	8	1	2		2	3	6				2	4
Разом за модуль 1	77	14	20		18	25	76	3	3	-	27	43
<u>Змістовий модуль 2. Моделювання та розрахунки режимів. Основи регулювання режимів електричних мереж</u>												
Тема 2.1	11	2	4		2	3	11	1			4	6
Тема 2.2	11	2	4		2	3	12	1	1		4	6
Тема 2.3	11	2	4		2	3	11	1			4	6
Тема 2.4	9	2	2		2	3	11		1		4	6
Тема 2.5	11	2	4		2	3	11		1		4	6
Тема 2.6	10	2	2		2	4	9				4	5
Тема 2.7	10	2	2		2	4	9				3	6
Разом за модуль 2	73	14	22		14	23	74	3	3	-	27	41
Всього годин	150	28	42	–	32	48	150	6	6	-	54	84

Примітка: л – лекції, п – практичні заняття, лб – лабораторна робота; інд – індивідуальні завдання, СРС – самостійна робота студентів.

7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

7.1. Лекції

Тема і зміст лекції	Кільк. годин
<i>Змістовий модуль 1. <u>Електроенергетичні системи і мережі та методи розрахунків їх режимів</u></i>	
<p><u>1.1. Основні поняття і визначення електроенергетичних систем і мереж.</u> Перспективи розвитку електроенергетики. Основні поняття і визначення. Поняття про номінальні напруги. Особливості джерел генерації. Спрощена технологічна схема теплової електростанції. Структурна схема електроенергетичної системи. Схема електричної системи.</p>	1
<p><u>1.2. Електричні навантаження та електроприймачі.</u> Визначення навантаження підстанцій. Характеристики основних електроприймачів. Вимоги до надійності електропостачання. Графіки навантаження електроприймачів. Класифікація електричних мереж за призначенням, напругою та потужністю.</p>	2
<p><u>1.3. Заступні схеми та математичні моделі електроенергетичних систем, електроенергетичних ліній та мереж.</u> Активний опір ліній. Індуктивний опір ліній. Ємнісний опір. Заступні схеми та параметри трансформаторів і автотрансформаторів.</p>	2
<p><u>1.4. . Втрати електричної потужності та енергії.</u> Розрахунок втрат потужності в лініях електропередач. Розрахунок втрат потужності в ЛЕП з рівномірно розподіленим навантаженням. Розрахунок втрат потужності в трансформаторах. Зведені та розрахункові навантаження споживачів. Етапи спрощення розрахункової схеми. Розрахунок втрат електроенергії. Заходи щодо зниження втрат потужності.</p>	2
<p><u>1.5. . Векторні діаграми ліній електропередач.</u> Векторна діаграма ЛЕП 35 кВ з одним навантаженням. Падіння та втрата напруги. Векторна діаграма ЛЕП 35 кВ з декількома навантаженнями. Векторна діаграма ЛЕП 110 кВ з одним навантаженням.</p>	2
<p><u>1.6. Розрахунки режимів електричних мереж.</u> Метод розрахунку режиму при заданій напрузі в кінці ЛЕП. Розрахунок режиму при заданій напрузі на початку ЛЕП. Розрахунок мереж різних номінальних напруг.</p>	2
<p><u>1.7. Розрахунок місцевих мереж за втратою напруги.</u> Відхилення й коливання напруги. Допущення, покладені в основу розрахунку мереж. Визначення найбільшої втрати напруги. Окремі випадки розрахунку місцевих мереж.</p>	2
<p><u>1.8. Розрахунки режимів простих замкнених мереж.</u> Розрахунок ліній з двобічним живленням. Окремі випадки простих замкнених мереж.</p>	1
Разом за змістовий модуль 1	14

<u>Змістовий модуль 2. Моделювання та розрахунки режимів. Основи регулювання режимів електричних мереж</u>	
2.1 <u>Неоднорідні мережі та економічність їх роботи.</u> Природний і економічний розподіл потужності в замкнених мережах. Однорідна мережа. Шляхи зниження негативного впливу неоднорідності замкнених мереж. Налаштування мережі при використанні пристрою поздовжньої компенсації. Використання спеціальної додаткової апаратури для настроювання мережі.	2
2.2 <u>Методи налаштування мережі. Компенсація зрівняльної потужності.</u> Розмикання контурів мережі. Поздовжня компенсація. Поперечна компенсація. Вольтододаткові апарати.	2
2.3. <u>Математичне моделювання режимів роботи електричних систем.</u> Лінійні рівняння вузлових напруг. Матриця вузлових провідностей. Методи розв'язання лінійних рівнянь вузлових напруг.	2
2.4. <u>Основи керування режимами електричних мереж та систем.</u> Регулювання активної та реактивної потужностей. Показники якості електричної енергії та методи їх забезпечення.	2
2.5. <u>Регулювання напруги. Метод зустрічного регулювання.</u> Регулювання напруги в центрах живлення. Стабілізація напруги. Метод зустрічного регулювання. Регулювання напруги на електростанціях.	2
2.6. <u>Регулювання активної потужності та частоти в електричних системах.</u> Баланс активної потужності електричної системи. Розподіл активних потужностей між джерелами генерації. Методи регулювання частоти.	2
2.7. <u>Основи векторного регулювання режимів енергосистем. WAMS та PMU.</u> Оперативна оцінка режиму енергосистеми. Система моніторингу WAMS та перетворювачі PMU. Інтелектуальні електричні мережі.	2
Разом за змістовий модуль 2	14
Всього	28

7.2. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<u>Змістовий модуль 1. Електроенергетичні системи і мережі та методи розрахунків їх режимів</u>		
1	Встановлені номінальні напруги. Особливості джерел генерації. Спрощена технологічна схема теплової електростанції. Визначення характеристик джерел генерації та споживачів.	2
2	Визначення навантаження підстанцій. Характеристики основних електроприймачів. Вимоги до надійності електропостачання. Графіки навантаження електроприймачів.	2

3	Активний опір ліній. Індуктивний опір ліній. Ємнісний опір. Заступні схеми та параметри трансформаторів і автотрансформаторів. Дослідження залежності втрат потужності від значень параметрів елементів електричних систем та їх режимів	4
4	Розрахунок втрат потужності в ЛЕП з рівномірно розподіленим навантаженням. Дослідження залежності втрат потужності від значень параметрів елементів електричних систем та їх режимів.	2
5	Падіння та втрата напруги. Векторна діаграма ЛЕП 35 кВ з декількома навантаженнями. Дослідження режимів розімкнених електричних мереж.	4
6	Розрахунок режиму при заданій напрузі на початку ЛЕП. Розрахунок мереж різних номінальних напруг.	2
7	Визначення найбільшої втрати напруги. Окремі випадки розрахунку місцевих мереж.	2
8	Розрахунки режимів простих замкнених мереж. Розрахунок ліній з двобічним живленням.	2
Разом за змістовий модуль 1		20
<i>Змістовий модуль 2. . <u>Моделювання та розрахунки режимів. Основи регулювання режимів електричних мереж</u></i>		
1	Природний і економічний розподіл потужності в замкнених мережах. Дослідження режимів розімкнених електричних мереж.	4
2	Дослідження режимів простих замкнених електричних мереж. Розмикання контурів мережі. Поздовжня компенсація. Поперечна компенсація. Вольтододаткові апарати.	4
3	Дослідження залежності втрат потужності від значень параметрів елементів електричних систем та їх режимів.	4
4	Регулювання активної та реактивної потужностей. Показники якості електричної енергії та методи їх забезпечення.	2
5	Регулювання напруги в центрах живлення. Стабілізація напруги. Метод зустрічного регулювання. Регулювання напруги на електростанціях.	4
6	Баланс активної потужності електричної системи. Розподіл активних потужностей між джерелами генерації.	2
7	Оперативна оцінка режиму енергосистеми. Система моніторингу WAMS та перетворювачі PMU.	2
Разом за змістовий модуль 2		22
Всього		42

7.3. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. <u>Електроенергетичні системи і мережі та методи розрахунків їх режимів</u></i>		

1	Спрощена технологічна схема теплової електростанції. Структурна схема електроенергетичної системи. Дослідження залежності втрат потужності від значень параметрів елементів електричних систем та їх режимів.	5
2	Розмикання контурів мережі. Поздовжня компенсація. Поперечна компенсація. Вольтододаткові апарати.	5
3	Визначення активного опору ліній. Індуктивний опір ліній. Ємнісний опір. Розрахункові методи.	5
4	Методи регулювання активної та реактивної потужностей. Показники якості електричної енергії та методи їх забезпечення.	8
5	Розрахунок падіння та втрат напруги. Векторна діаграма ЛЕП 35 кВ з декількома навантаженнями. Дослідження режимів розімкнених електричних мереж.	5
6	Розрахунок режиму при заданій нарузі в кінці лінії електропередач.	5
7	Визначення найбільшої втрати напруги. Варіанти розрахунку місцевих мереж.	5
8	Розрахунок ліній з двобічним живленням.	5
Разом за змістовий модуль 1		43
<u>Змістовий модуль 2. Моделювання та розрахунки режимів. Основи регулювання режимів електричних мереж</u>		
1	Шляхи зниження негативного впливу неоднорідності замкнених мереж. Налаштування мережі при використанні пристрою поздовжньої компенсації.	5
2	<u>Компенсація зрівняльної потужності.</u> Розмикання контурів мережі.	5
3	Лінійні рівняння вузлових напруг. Матриця вузлових провідностей. Методи розв'язання лінійних рівнянь вузлових напруг.	5
4	Регулювання активної та реактивної потужностей. Показники якості електричної енергії та методи їх забезпечення.	5
5	Стабілізація напруги. Метод зустрічного регулювання. Регулювання напруги на електростанціях.	5
6	Баланс активної потужності електричної системи. Розподіл активних потужностей між джерелами генерації. Методи регулювання частоти.	6
7	Оперативна оцінка режиму енергосистеми. Система моніторингу WAMS та перетворювачі PMU. Інтелектуальні електричні мережі.	6
Разом за змістовий модуль 2		37
Всього годин		80

Примітка: У розрахунку годин на виконання самостійної роботи передбачено час на виконання індивідуальних завдань

7.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань

1. Характеристики основних електроприймачів.
2. Вимоги до надійності електропостачання
3. Графіки навантаження електроприймачів.
4. Класифікація електричних мереж.
5. Аналіз схем заміщення і параметри елементів електричних мереж.
1. Аналіз схеми заміщення повітряних та кабельних ЛЕП.
2. Аналіз схеми заміщення і параметри трансформаторів і автотрансформаторів.
 3. Розрахунок втрат потужності в лініях електропередач.
 4. Розрахунок втрат потужності в трансформаторах.
 5. Приведені та розрахункові навантаження споживачів.
 6. Розрахунок втрат електроенергії.
 7. Заходи щодо зниження втрат потужності.
 8. Аналіз режимів роботи ЛЕП 35 кВ за допомогою векторної діаграми.
 9. Аналіз режимів роботи ЛЕП 110 кВ за допомогою векторної діаграми.
 10. Вплив параметрів ЛЕП на падіння та втрату напруги.
 11. Вплив ємнісної провідності ЛЕП на її режим роботи.
 12. Метод розрахунку режиму при заданій напрузі в кінці ЛЕП.
 13. Визначення найбільшої втрати напруги в місцевих мережах
 14. Розрахунок режимів простих замкнених мереж. Розрахунок ліній з двостороннім живленням.
 15. Розрахунок режимів простих замкнених мереж.

8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Лекційні заняття проводяться крім традиційних методів пояснень теми також з використанням підібраних на сайтах відеоматеріалів, слайдових презентацій у програмі Microsoft Office Power Point, графічних матеріалів, дискусійного обговорення проблемних питань.

Практичні заняття проводяться шляхом виконання лабораторних робіт, розрахункових завдань – індивідуальних та в групах; лабораторних досліджень; конференцій; захисту та обговорень отриманих результатів.

У разі дистанційного і змішаного навчання використовуються навчальна платформа Moodle Білоцерківського НАУ, онлайн-платформи ZOOM, Microsoft Team, Google Meet, електронна пошта, мобільні додатки Viber, Telegram.

Самостійна робота студентів (СРС) виконується за технологією групового навчання під керівництвом рівного (*Peer-led team learning*), оцінка рівних (*Peer assessment*). Алгоритм:

1. Студенти отримують завдання для групової СРС та критерії оцінювання. Термін виконання — 2 тижні. Кількість груп залежить від суті завдання.
2. Студенти мають розподілити функції між учасниками групи (керівні, виконавчі, технічна підтримка тощо); сформулювати комунікаційну стратегію; визначитися з лідером; підготувати матеріал для презентації; забезпечити, щоб усі члени групи володіли інформацією на достатньому для проведення дискусії рівні.
3. Оцінювання: студенти отримують бали за кожним критерієм з

обґрунтуванням, загальна сума множиться на кількість студентів у групі, що працювала над проектом, а потім колективно розподіляють бали відповідно до внеску кожного учасника.

Студент може брати участь у виконанні завдання і не бути присутнім на презентаційній частині, якщо його функції, як члена групи, не вимагають присутності.

9. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Поточний контроль з предмету «Електроенергетичні системи та мережі» включає тематичне оцінювання та модульний контроль.

Тематичне оцінювання аудиторної та самостійної роботи студентів здійснюється на основі отриманих ними поточних оцінок за усні та письмові відповіді з предмету, самостійні, практичні та контрольні роботи.

Поточний контроль за виконанням ІНДЗ здійснюється відповідно до графіку виконання завдання.

Модульний контроль проводиться у формі комп'ютерного тестування.

Кількість отриманих балів з кожного виду навчальних робіт за різними формами поточного контролю виставляється студентам у журнал академічної групи та електронний журнал після кожного контрольного заходу.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів здійснюється у формі заліку за результатами поточного контролю (тематичного оцінювання, виконання ІНДЗ та модульного контролю) і не передбачає обов'язкової присутності студентів. Результати заліку оприлюднюються в журналі академічної групи до початку екзаменаційної сесії.

10. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінка за лекційне заняття виставляється за відповіді на тематичні запитання та активність студента у обговоренні навчальної і наукової інформації.

Оцінку на практичному занятті студент отримує за виконані розрахункові завдання, лабораторні роботи, командні проекти, зроблені доповіді, презентації, есе, активність під час дискусій.

Під час модульного та підсумкового контролю засобами оцінювання результатів навчання з дисципліни є стандартизовані комп'ютерні тести.

11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль успішності здобувачів вищої освіти здійснюється за чотирирівневою шкалою – «2», «3», «4», «5».

Критерії оцінювання результатів навчання за чотирирівневою шкалою

Бали	Критерії оцінювання
«Відмінно»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано завдання. Водночас здобувач вищої освіти має продемонструвати вміння аналізувати і оцінювати явища,

	факти і процеси, застосовувати наукові методи для аналізу конкретних ситуацій, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати ймовірний розвиток подій і процесів, докладно обґрунтовувати свої твердження та висновки.
«Добре»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано 75 % завдань. Водночас здобувач вищої освіти виявляє навички аналізувати і оцінювати явища, факти і події, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати ймовірний розвиток подій і процесів та докладно обґрунтовувати свої твердження та висновки.
«Задовільно»	Отримують за роботу, в якій правильно виконано 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти не виявив вміння аналізувати і оцінювати явища, факти та недостатньо обґрунтував твердження та висновки, недостатньо певно орієнтується у навчальному матеріалі.
«Незадовільно»	Отримують за роботу, в якій виконано менш як 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти демонструє невміння аналізувати явища, факти, події, робити самостійні висновки та їх обґрунтовувати, що свідчить про те, що студент не оволодів програмним матеріалом.

Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою. Вона обчислюється як середнє арифметичне значення (САЗ) всіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням їх у бали за такою формулою:

$$БПК = \frac{САЗ \times \max ПК}{5},$$

де *БПК* – бали з поточного контролю; *САЗ* – середнє арифметичне значення усіх отриманих студентом оцінок (з точністю до 0,01); *max ПК* – максимально можлива кількість балів з поточного контролю.

Відсутність студента на занятті у формулі приймається як «0».

Критерії оцінювання за дворівневою шкалою

Під час проведення заліку навчальні досягнення студентів оцінюються за дворівневою шкалою: зараховано, незараховано.

Оцінка «зараховано» (60–100 балів) ставиться студентові, який виявив знання основного навчального матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання і майбутньої роботи за фахом, здатний виконувати завдання, передбачені програмою, ознайомлений з основною рекомендованою літературою; під час виконання завдань допускається помилок, але демонструє спроможність їх усувати.

Оцінка «незараховано» (1–59 балів) ставиться студентові, який допускає принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може продовжити навчання чи розпочати професійну діяльність без додаткових занять з відповідної дисципліни.

Шкала оцінювання успішності здобувачів вищої освіти

За 100-бальною шкалою	За шкалою ECTS	За національною шкалою	
		іспит	залік
90–100	A	Відмінно	Зараховано
82–89	B	Добре	
75–81	C		
64–74	D	Задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	Незадовільно (незараховано) з можливістю повторного складання	
1–34	F	Незадовільно (незараховано) з обов'язковим повторним вивченням	

Розподіл балів, що присвоюється здобувачам вищої освіти за підсумкового контролю «залік»

Види робіт	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Модульний контроль	ІНДЗ	Загальний бал
Максимально можлива кількість балів	10	30	10	40	10	100

12. ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

Інформаційні засоби:

1. Відеоматеріали з відкритих сайтів навчальних тем предмета
2. Слайдові презентації у програмі Microsoft Office Power Point
3. Інформаційні стенди у навчальній аудиторії
4. Нормативно-технічна документація
5. Табличні матеріали.

Технічні засоби:

1. Стенд комплектної трансформаторної підстанції КТП 10/0,4 кВ;
2. Оперативні штанги до 10кВ;
3. Розрядники 10кВ;
4. Керамічні та скляні ізолятори 0,4...10 кВ;
5. Зразки кабелів та проводів ліній 0,4...10 кВ;
6. Шафа керування ПЗТ.5102-12Б2М;
7. Шафа автоматичного керування ШАУ-АВУ1;

8. Високовольтні запобіжники ПТ 111-10-16-315У1, ПН-011-10У1, ПТ111-10-8-20У1;
 9. Конденсаторна батарея компенсування реактивної потужності на підстанції (конденсатор КЕК 2-1,05-125-2У1);
 10. Пакетні перемикачі ПВЗ-60-У, АС 3603055;
 11. Високовольтні розрядники РВС,
 12. Трансформатори струму 10/0,4 кВт потужністю 100кВА та 400 кВА (ТГ 1020К-У2; Т-066У3);
- Вимикачі лінійні оливові та елегазові

13. Рекомендована література

Основна

1. Климова Р. Н. Электроэнергетичні системи та мережі. Енергозбереження / Р. Н. Климова. – Мелітополь. 2020-436с.
2. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник /А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. :КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с. – Бібліогр. :с. 450-452.
3. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.- 540 с.
https://stud.com.ua/85704/prirodoznavstvo/elektroenergetichni_sistemi_ta_merez_hi_energozberezhennya
4. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації : монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ «ХП», ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 132 с.
<http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/4892/1/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F.pdf>
5. Трегуб М.І., Чуба В.В. Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з дисципліни "Електроенергетичні системи та мережі" для студентів ОР «Бакалавр» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», Біла Церква, 2022. - 46 с.
6. Bernd M. Buchholz, Zbigniew Styczynski. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, 396 p.
7. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі та системи. НТТУ «КПІ».-2008.
8. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Навчальн. посібн. Київ, «Політехніка». –2014
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19121/1/POSS_EMS2014%20-kyryk.pdf
9. Електричні системи та мережі. Методичні вказівки до виконання курсового проектування районної електричної мережі для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». /Укл.: А.П. Свіридов, Т.В. Величко – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 80 с.
http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8771/1/ESM_CW.pdf
10. European Smart Grids Technology Platform. European Commission. Directorate-General for Research Sustainable Energy System. EUR 22040, 2006. 44 p.

Допоміжна

1. Електричні системи та мережі : конспект лекцій / укладачі: І. Л. Лебединський, В. І. Романовський, Т. М. Загородня. –Суми : Сумський державний університет, 2018. – 214 с.
2. Малогулко Ю.В., Бурикін О.Б., Кацадзе Т.Л., Нетребський В.В. за ред. Лежнюка П.Д. Електричні системи і мережі. Частина 1: Навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2020.-206
3. Зорін В.В., Штогрин Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи. Ніжин. Аспект-Поліграф. 2011.- 248 с.
4. Справочник по проектированию электрических сетей / Под. ред. Д.Л. Файбисовича . -М.: Издательство НЦ ЭНАС. 2006.
5. Романюк Ю. Ф. Електричні системи та мережі /Ю. Ф. Романюк. – Київ : Знання, 2007. – 292 с
6. А.А. Малиновський Основи електропостачання: навч. посібник / Малиновський А.А., Хохулін Б.К. – Львів: Львівська політехніка,2005. – 324 с

14. Інформаційні ресурси

<http://www.google.com.ua>

<http://www.nbu.gov.ua/>

<https://koec.com.ua/>