

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електропостачання ім. проф. В.М. Синькова



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІ ЕАЕ

Віктор КАПЛУН

_____ 2023 р.

«СХВАЛЕНО»

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

Протокол №12 від 14 червня 2023 р.

В. о. завідувача кафедри

Олександр ГАЙ

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП ОС «Бакалавр»

д.т.н., професор кафедри

теплоенергетики

Валерій ГОРОБЕЦЬ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Основи електропостачання об'єктів АПК

спеціальність 144 Теплоенергетика

освітня програма Теплоенергетика

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: доцент кафедри електропостачання, к.т.н., доцент Волошин С.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

«Основи електропостачання об'єктів АПК»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	<i>Бакалавр</i>	
Спеціальність	<i>144 – "Теплоенергетика"</i>	
Освітня програма	<i>Теплоенергетика</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Форма контролю	<i>Екзамен</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1	
Семестр	2	
Лекційні заняття	<i>30 год.</i>	<i>год.</i>
Практичні, семінарські заняття		<i>год.</i>
Лабораторні заняття	<i>30 год.</i>	<i>год.</i>
Самостійна робота	<i>60 год.</i>	<i>год.</i>
Індивідуальні завдання	<i>год.</i>	<i>год.</i>
Курсова робота	<i>100 год.</i>	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	<i>4 год.</i>	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є ознайомлення студента з історією розвитку електроенергетики; з основами виробництва, розподілу та споживання електричної енергії; сучасними проблемами галузі електроенергетики; основними методам розрахунку систем електропостачання; фізичними основами функціонування та будовою основних електричних апаратів та електроустановок.

Завданням вивчення дисципліни є підготовка студентів до самостійної інженерної діяльності з питань:

- технології виробництва, передачі та розподілу електричної енергії для сільськогосподарських споживачів;
- якості електропостачання;
- побудови та організації роботи систем електропостачання;
- конструкцію і електричних схем окремих електроустановок систем електропостачання;
- розрахунку параметрів та режимів електричних мереж і установок.

Набуття компетентностей:

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

Фахові компетентності:

СК6. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії

СК7. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

СК9. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах

ПРН08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

– скороченого терміну денної форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1.														
Тема 1. Вступ. Загальні відомості про електроенергетичну галузь України	1	8	2	2			4							
Тема 2. Технології виробництва електроенергії	2	8	2	2			4							
Тема 3. Електричні навантаження	3	8	2	2			4							
Тема 4. Елементи електричних мереж	4	8	2	2			4							
Тема 5. Обладнання розподільчих та трансформаторних підстанцій	5	8	2	2			4							
Тема 6. Втрати електроенергії в системах електропостачання	6	6	2	2			2							
Тема 7. Надійність електропостачання та якість електричної енергії	7	8	2	2			4							
Тема 8. Регулювання напруги в електричних мережах	8	6	2	2			2							
Разом за змістовим модулем 1	60		16	16			28							
Змістовий модуль 2.														
Тема 9. Струми короткого замикання і замикання на землю	9	9	2	2			5							
Тема 10. Перенапруги в електричних мережах та засоби захисту від них	10	9	2	2			5							
Тема 11. Релейний захист систем електропостачання	11	9	2	2			5							
Тема 12. Новітні технології Smart Grid та цифрові підстанції	12	9	2	2			5							
Тема 13. Джерела розподіленої генерації електричної енергії	13	9	2	2			5							
Тема 14. Резервні та відновлювані джерела електричної енергії	14	9	2	2			5							
Тема 15. Ефективність роботи систем електропостачання	15	6	2	2			2							
Разом за змістовим модулем 2	60		14	14			32							
Усього годин	120		30	30			60							

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Комплектна трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ	4
2	Вивчення конструкції малооб'ємних оливкових вимикачів	2
3	Вивчення комплектного розподільчого пристрою типу КУ-10Ц	2
4	Елегазовий моноблок типу RM6	4
5	Розподільчий пристрій типу SYStem6-R	2
6	Вивчення пристроїв регулювання напруги силових трансформаторів	2
7	Контроль струмового навантаження і показників якості електроенергії	4
8	Дослідження модульної регульованої установки для групової компенсації реактивної потужності	2
9	Вивчення універсального стенду для перевірки пристроїв РЗА	2
10	Дослідження мікропроцесорного блоку струмового захисту ПРЕМКО серії RT.100	2
11	Вивчення резервних електростанції	2
12	Дослідження пристроїв автоматичного перемикачання на резерв (АВР)	2
Всього		30

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обчислення втрат електроенергії в проводах і трансформаторах	15
2	Вибір силового трансформатора РТП	15
3	Вибір комутаційних та захисних апаратів	15
4	Вибір засобів компенсації реактивної потужності	15
Разом		60

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

- 1) Значення, роль і місце електроенергетики в агропромисловому виробництві. Особливості електропостачання сільськогосподарських споживачів та сільських населених пунктів.
- 2) Розвиток електроенергетики в Україні та за кордоном. Сучасний стан та концепція розвитку електричних мереж сільських районів. Джерела електричної енергії.
- 3) Передача та розподіл електричної енергії. Типи трансформаторних підстанцій і ліній електропередачі, їх класифікація та номінальні параметри.
- 4) Державні стандарти, нормативні матеріали та правила, що регламентують електропостачання сільськогосподарських підприємств та сільських населених пунктів.
- 5) Особливості параметрів та режимів роботи систем електропостачання сільськогосподарських підприємств та сільських населених пунктів. Якість електричної енергії для сільськогосподарських споживачів.
- 6) Показники якості електричної енергії та вимоги до них споживачів. Відхилення частоти в електричних мережах. Відхилення напруги в електричних мережах.

Несиметрія напруги в електричних мережах. Несинусоїдальність напруги і струму в системах електропостачання.

- 7) Заходи щодо забезпечення якості електричної енергії.
- 8) Втрати і падіння напруги. Визначення фактичної втрати напруги в розподільних мережах.
- 9) Характеристика споживачів електричної енергії. Номінальна, встановлена та розрахункова потужності. Графіки електричних навантажень споживачів і трансформаторних підстанцій та їх використання.
- 10) Розрахунок навантажень електричних мереж різної напруги. Методи розрахунку електричних навантажень та їх порівняльна характеристика.
- 11) Основні поняття про втрати електричної енергії в елементах системи електропостачання. Втрати електроенергії в лініях електропередачі та силових трансформаторах. Методи розрахунку втрат електроенергії в електричних мережах.
- 12) Критерії оцінки економічності роботи електричних мереж. Способи підвищення економічності роботи електричних мереж.
- 13) Класифікація електричних мереж напругою 0,38...110 кВ. Характеристика елементів електричних мереж. Умовні графічні позначення в електричних схемах.
- 14) Лінії електропередачі, їх типи та конструкції. Активні та індуктивні опори проводів і кабелів.
- 15) Електричні трансформаторні підстанції. Типи підстанцій, їх коротка характеристика і основні схеми електричних з'єднань первинних кіл. Види схем вторинних кіл.
- 16) Основне електрообладнання розподільних пристроїв підстанцій та його призначення. Основне електрообладнання вторинних кіл підстанцій та його призначення.
- 17) Векторна діаграма лінії трифазного струму з навантаженням у кінці. Падіння та втрата напруги. Методи вибору перерізу проводів ліній за допустимою втратою напруги.
- 18) Розрахунок розгалужених електричних мереж.
- 19) Розрахунок електричних мереж з нерівномірним навантаженням фаз. Трифазно-однофазні мережі.
- 20) Критерії вибору електричних мереж за економічними показниками: приведені затрати на передачу електричної енергії та економічна густина струму в провідниках, собівартість передачі електричної.
- 21) Методи вибору оптимального перерізу проводів та жил кабелів: за економічними інтервалами навантаження та густиною струму. Перевірка проводів за втратою напруги.
- 22) Нагрівання проводів та кабелів, допустима температура нагрівання. Визначення допустимого струму у проводі, кабелі та вибір їх перерізу за допустимим нагріванням.
- 23) Радіальні і замкнуті електричні мережі. Розрахунок ліній електропередавання з двостороннім живленням. Розрахунок складних замкнутих мереж.
- 24) Особливості параметрів та режимів роботи мереж напругою 110 кВ. Розрахунок марки і перерізу проводів ліній електропередачі напругою 110 кВ. Перевірка вибраних проводів.
- 25) Вихідні дані розрахунку конструктивної частини ліній, критичні прольоти. Питомі механічні навантаження на проводи і троси ліній. Напруження в матеріалі проводу, рівняння проводу. Критична довжина прольоту, критична температура. Допустиме напруження і розрахунок за середньорічними умовами. Монтажні таблиці і криві.
- 26) Обґрунтування необхідності регулювання напруги в електричних мережах.
- 27) Визначення допустимої втрати напруги в електричних мережах.
- 28) Способи регулювання напруги в електричних мережах: стабілізація та зустрічне регулювання напруги. Основні засоби регулювання напруги: пристрої РПН та ПБЗ, повздовжня ємнісна компенсація та компенсація реактивної потужності, як заходи щодо регулювання напруги.
- 29) Фізична суть та причини виникнення перенапруг. Види перенапруг. Захист

електроустановок від прямих ударів блискавки. Виконання захисту від перенапруг трансформаторних підстанцій, ліній електропередавання і споживчих електроустановок.

- 30) Причини, види та наслідки коротких замикань. Характеристика процесу короткого замикання: ударний струм та діюче значення струму короткого замикання.
- 31) Опір елементів кола короткого замикання. Складання схеми заміщення та визначення опору кола короткого замикання в іменованих одиницях. Визначення опору кола короткого замикання у відносних одиницях.
- 32) Визначення струму короткого замикання в розподільних електричних мережах та мережах споживачів.
- 33) Замикання на землю в мережах з ізольованою нейтраллю. Електричні мережі з компенсованою нейтраллю.
- 34) Особливості явища коротких замикань в електричних мережах агропромислового комплексу. Способи побудови захисту електричних мереж від коротких замикань.
- 35) Джерела оперативного струму. Типи захистів та вимоги до них. Порівняльна характеристика захисних пристроїв.
- 36) Особливості захисту мереж напругою 0,38 кВ. Захист ліній напругою 0,38 кВ автоматичними вимикачами.
- 37) Захист силових трансформаторів. Захист силових трансформаторів від перевантаження.
- 38) Критерії оцінки надійності роботи електричних мереж. Показники надійності елементів електричних мереж. Збитки від аварійних та планових відключень в сільських електричних мережах. Організаційні та технічні заходи щодо забезпечення надійності роботи електричних мереж.
- 39) Підвищення надійності елементів електричних мереж. Підвищення надійності електричних мереж.
- 40) Мережне та місцеве резервування електропостачання. Обґрунтування місця встановлення та вибір автоматичного включення резерву (АВР). Секціонування електричних мереж.
- 41) Резервні електричні станції, їх типи, будова і принцип роботи. Схеми підключення та режими роботи дизельних електростанцій. Вітрові електричні станції. Малі гідравлічні електричні станції. Порівняльна характеристика нетрадиційних джерел електроенергії та їх значення в сучасних умовах розвитку енергетики.
- 42) Заходи щодо підвищення ефективності роботи систем електропостачання

Питання 1.

	Електричні мережі з компенсованою нейтраллю, це мережі в яких (записати відповідь)
--	---

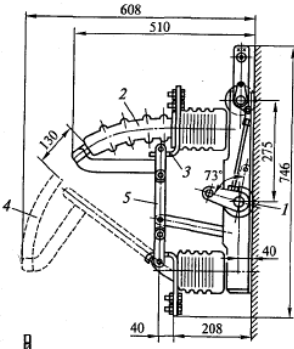
Питання 2.

	Суміщений нульовий робочий і нульовий захисний провідники позначають
1	N
2	NRP
3	PEN
4	NZR

Питання 3.

	У запобіжниках використовується
1	математичний ефект
2	металургійний ефект
3	ефект руйнування
4	принцип відновлення

Питання 4.

	На рисунку цифрою 2 позначено?
	
1	ізолятор
2	захисний кожух
3	дугогасильну камеру
4	контакт

Питання 5

	Напишіть назви АЕС, що діють на території України.
--	---

Питання 6.

	Який показник визначається за формулою:
$\Delta P_x \cdot t + \Delta P_K \cdot \left(\frac{S_{MAX}}{S_{НОМ}} \right)^2 \cdot \tau$	
	(записати відповідь)

Питання 7.

	В мережах якої напруги можливі трифазні короткі замикання та однофазні замикання на землю?
1	110 кВ
2	10 кВ
3	0,38 кВ
4	0,22 кВ

Питання 8.

	Назвіть відмінність між розподільчою та трансформаторною підстанцією
--	--

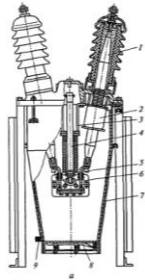
Питання 9.

	Нульовий робочий провідник позначають
1	N
2	NRP
3	PEN
4	PE

Питання 10.

	Пристрій РПН трансформатора призначений для
1	транспортування трансформатора
2	захисту трансформатора
3	регулювання напруги трансформатора
4	охолодження трансформатора

Питання 11.

	Який апарат показано на рисунку
	
1	вимикач баковий масляний
2	вакуумний вимикач
3	елегазовий вимикач
4	маломасляний вимикач

Питання 12.

	Найважливішими параметрами при виборі вимикачів є:
1	струм к.з. і робочий струм
2	надійність роботи і ціна
3	напруга і тривалий струм
4	термічна стійкість і швидкодія

Питання 13.

	Основними складовими частинами системи електропостачання є: (записати відповідь)
--	---

Питання 14.

	Які з даних апаратів є пожежо- і вибухобезпечними?
1	вакуумні вимикачі
2	масляні вимикачі
3	елегазові вимикачі
4	маломасляні вимикачі

Питання 15.

	Для підвищення $\cos\phi$ навантаження електромережі необхідно
1	збільшити переріз проводів лінії
2	зменшити реактивне навантаження споживачів
3	збільшити активне навантаження мережі
4	зменшити робочу напругу мережі

Питання 16

	Які з електростанцій виробляють більшу частину електроенергії в Україні?
1	ГЕС та ГАЕС
2	АЕС
3	ТЕС та ТЕЦ
4	інші джерела

Питання 17.

	Трансформатори напруги в електричних мережах 10 кВ призначені
1	для підключення контролюючих приладів
2	для захисту підстанцій від перенапруги
3	для підключення вимірювальних приладів
4	для регулювання напруги на підстанціях

Питання 18.

	Електрична дуга у вимикачах типу ВКЕ-10, ВК-10 гаситься
--	---

Питання 19.

	Назвіть основні два методи розрахунку струмів к.з.
--	--

Питання 20.

	Тарифи на електричну енергію в Україні встановлює? (записати назву організації)
--	---

Питання 21.

	Назвіть електричні станції призначені для роботи в піковому режимі
1	ГЕС
2	ГАЕС
3	АЕС
4	ТЕЦ

Питання 22.

	При замиканні фази на землю в мережі 10 кВ
1	спрацьовує сигналізація і лінія відключається захистом
2	спрацьовує сигналізація і лінія не відключається захистом
3	спрацьовує захист мінімальної напруги
4	спрацьовує максимальний струмовий захист лінії

Питання 23.

	Вкажіть правильне чергування кольорів шин фаз А, В і С
--	--

Питання 24.

	Яке електрообладнання не перевіряють на електродинамічну та термічну дію струмів короткого замикання?
1	елегазові вимикачі
2	роз'єднувачі
3	вимикачі навантаження
4	масляні вимикачі

Питання 25.

Назвіть типи схем підстанцій:	
а –	
б –	
в –	

Питання 26.

	До підстанції з глибоким вводом відноситься?
1	ТП-110/35 кВ
2	ТП-110/10 кВ
3	ТП-35/0,4 кВ
4	ТП-10/0,4 кВ

Питання 27.

	Які бувають лінії електропередачі за способом прокладання?
--	--

Питання 28.

	У вимикачах ВВ/TEL гасіння дуги відбувається в середовищі
1	мастила
2	повітря
3	вакууму
4	елегазу

Питання 29.

	На рисунку цифрами 1, 4 і 9 відповідно позначені

Питання 30.

	Наведіть графічне позначення силового трансформатора
--	--

7. Методи навчання.

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи навчання:

- М1. Лекція (інтерактивна, проблемна)
- М2. Лабораторна робота
- М3. Проблемне навчання
- М4. Проектне навчання (індивідуальне, малі групи, групове)
- М5. Онлайн навчання

8. Форми контролю.

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи контролю:

- МК1. Тестування
- МК2. Контрольне завдання
- МК3. Розрахункова робота
- МК4. Методи усного контроль (індивідуальне, фронтальне, групове)
- МК5. Екзамен

9. 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 введення в дію від 26.04.2023 р. протокол № 10)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	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 $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

10. Навчально-методичне забезпечення

Електронний навчальний курс, розроблений та сертифікований на базі платформи LMS Moodle, розміщений на навчальному порталі НУБіП України за адресою: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=224>

11. Рекомендовані джерела інформації

- 1) Закон України "Про ринок електричної енергії" // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312.
- 2) Будіщев М.С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
- 3) Василега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2008. – 415 с.
- 4) Правила устройства электроустановок. – К.: Энергия, 2010. – 350 с.
- 5) Правила користування електричною енергією. – К.: "Крус", 1996.– 48 с.
- 6) Василега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник. / П.О. Василега. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2008. – 415 с.
- 7) Притака І.П. Електропостачання сільського господарства. / І.П. Притака. – К.: Вища школа, 1983. – 302 с.
- 8) ГОСТ 27514-87 Короткі замикання в електроустановках. Методи розрахунку в електроустановках змінного струму напругою понад 1 кВ. - 35 с.Методичні вказівки з вибору обмежувачів перенапруг нелінійних виробництва підприємства «Таврида Електрик» для електричних мереж 6 – 35 кВ. Наказ Мінпаливенерго України № 4 від 02.08.2001. - 36 с.
- 9) Основы практического применения вакуумных выключателей серии TEL. Севастополь, “Таврида Електрик”, 2001.
- 10) Правила експлуатації електрозахисних засобів (ДНАОП 1.1.10 – 1.07-01). – Харків: Форт, 2001. –118 с.
- 11) ГКД 340.000.002-97. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі.-К.: Міненерго України, 1997. - 54 с.
- 12) Техническое руководство МІСОМ Р139.
- 13) Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
- 14) Черемісін М.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів / М.М. Черемісін, В.М. Зубко. – Харків: Факт, 2005. – 192 с.
- 15) ДБН В. 2.5-23-2003 – Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2003. – 146 с.
- 16) Праховник А.В. Енергетичний менеджмент: Навчальний посібник / А.В. Праховник, В.П. Розен, О.Б. Розумовський. – К.: Нот. ф-ка, 1999. – 184 с.
- 17) Гельман Г.А. Руководство по устройству электроустановок. Технические решения Schneider Electric / Г.А. Гельман – К.: ЗАО "Шнейдер Электрик", 2019. – 450 с.