

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ, ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
 ТА ІНФРАСТРУКТУРИ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор навчально-наукового
 інституту інноватики, природо-
 користування та інфраструктури

 Василь БРИЧ
 «30» _____ 2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор з науково-педагогічної
 роботи

 Віктор ОСТРОВЕРХОВ
 «30» _____ 2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор навчально-наукового
 інституту новітніх освітніх технологій

 Святослав Питель
 «30» _____ 2024 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Альтернативні та відновлювальні джерела енергії»**
 ступінь вищої освіти – **перший (бакалаврський) рівень**
 галузь знань – **14 «Електрична інженерія»**
 спеціальність – **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**
 освітньо-професійна програма **«Енергетичний аудит»**

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. (год.)	ІРС (год.)	Тренінг (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Залік (сем.)	Екзамен (семестр)
Денна	2	3	28	14	3	6	99	150	3	-
Заочна	2	3	8	4	-	-	138	150	4	-

30.08.2024

**Тернопіль – ЗУНУ
 2024**

Робочу програму склала к.е.н., доцент Ольга ЗАВИТІЙ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол №1 від 26 серпня 2024 р.

В.о. завідувача кафедри,
д.е.н., професор



Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» протокол № 2 від 30 серпня 2024 р.

Керівник групи
забезпечення спеціальності,
д.е.н., професор



Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

Гарант ОПП «Енергетичний аудит»,
д.е.н., професор



Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

1. СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії»

Опис дисципліни

Дисципліна – «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: - 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – вибіркова дисципліна циклу професійної підготовки Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів Денна форма навчання – 3	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 2 Денна – 2 заочна -2 Семестр: Денна – 3 заочна – 2
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень	Лекції: Денна - 28 год. Заочна – 8 год. Практичні заняття: Денна - 14 год. Заочна – 4 год.
Загальна кількість годин - 150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит»	Індивідуальна робота - 3 год. Тренінг – 6 год. Самостійна робота: Денна – 99 год. Заочна- 138 год.
Тижневих годин денна форма - 10 з них аудиторних:- 3		Вид підсумкового контролю – залік

2. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета і завдання вивчення дисципліни

Мета дисципліни. Метою викладання дисципліни «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії» є ознайомлення студента з видами поновлюваних та альтернативних джерел енергії, схемами використання цих джерел, та економічними аспектами прийняття рішень щодо їх використання.

Завдання вивчення дисципліни: є розуміння принципу роботи енергоустановок з відновлювальними джерелами енергії, режимів їх роботи та вивченню шляхів їх проектування та раціональної експлуатації.

3. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

«Альтернативні та відновлювальні джерела енергії»

Змістовий модуль 1. Традиційні та поновлювані джерела електричної енергії

Тема 1. Роль енергетики в розвитку суспільства. Класифікація джерел енергії .

Історичні етапи освоєння людством джерел енергії. Використання енергії сонця, вітру, води та біомаси в первісних суспільствах. Розвиток технологій використання джерел енергії та їх вплив на розвиток цивілізації. Енергетика як базис економічного розвитку. Структура та рівні споживання енергії. Класифікація джерел енергії на Землі.

Тема 2. Енергетичний потенціал джерел енергії

Кількісні характеристики енергетичних запасів в світі. Основні запаси первинних енергоносіїв, їх розподіл по континентах і різних регіонах та країнах. Енергетичний потенціал джерел енергії в Україні.

Тема 3. Напрями та рівні споживання енергії

Виробництво теплової та електричної енергії. Рівні споживання енергії в світі та в Україні. Залежність енергетичних пріоритетів від рівня розвитку суспільства, промисловості, енергетики, економіки. Роль науки та освіти в підвищенні ефективності освоєння джерел енергії. Методи та заходи енергозбереження.

Тема 4. Мінеральні та органічні викопні джерела енергії. Ядерне паливо
Класифікація. Основні періоди та термін утворення корисних копалин. Напрями енергетичного використання та характеристики основних галузей енергетики на їх основі. Напрями неенергетичного використання. Строки вичерпання. Тенденції розвитку традиційної енергетики, проблеми та пошуки їх рішення. Роль відкриття атомної енергії в розвитку суспільства та особливості її розвитку в XXI столітті.

Тема 5. Класифікація відновлюваних джерел енергії

Класифікація відновлюваних джерел енергії. Сонце як основне джерело енергії на Землі. Умови утворення енергії відновлюваних джерел. Залежність енергетичного потенціалу відновлюваних джерел від кліматометеорологічних та географічних особливостей територій. Енергетичні ресурси відновлюваної енергетики світу та України.

Тема 6. Методи та засоби перетворення вітрової енергії

Методи та засоби перетворення вітрової енергії. Класифікація обладнання, основні технічні та економічні показники. Методи підвищення ефективності вітроенергетичного обладнання.

Тема 7. Основні характеристики та енергетичні показники сонячної радіації.

Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації.

Напрями, стан та перспективи освоєння енергії сонячної радіації.

Питомі енергетичні показники сонячної радіації та розподіл енергетичного потенціалу на території Землі та України. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації.

Змістовий модуль 2. «Альтернативні джерела енергії»

Тема 8. Фотоенергетика. Сонячна теплоенергетика

Методи отримання електроенергії за рахунок використання сонячних фотоперетворювачів. Принцип дії сонячних фотоперетворювачів, сучасні технології отримання матеріалів для сонячних фотоелементів. Основні технічні та економічні показники фотоенергетичного обладнання. Сонячні електростанції. Класифікація, принцип дії та області застосування сонячних колекторів. Системи гарячого теплопостачання та опалення за рахунок сонячної енергії. Основні технічні та економічні показники обладнання теплової геліоенергетики.

Тема 9. Основні характеристики та питомі енергетичні показники енергії біомаси

Розподіл біоенергетичного потенціалу на Землі та в Україні. Класифікація джерел біомаси та методів перетворення енергії біомаси. Класифікація продуктів, що можуть бути отримані в результаті переробки відходів біомаси та їх основні енергетичні характеристики. Перспективи розвитку біоенергетики та вплив на оточуюче середовище.

Тема 10. Геотермальні ресурси

Класифікація геотермальних ресурсів. Основні характеристики та питомі енергетичні показники. Розподіл енергетичного потенціалу геотермальної енергії в Україні. Стан та перспективи освоєння геотермальної енергії.

Тема 11. Енергія водних ресурсів

Енергія рік, морських хвиль, припливів та відпливів. Класифікація, енергетичні показники та перспективи сучасного використання гідроенергії.

Розподіл енергетичного гідропотенціалу в світі та в Україні. Енергія води, або гідроенергія, відноситься до перетвореної енергії Сонця, оскільки рух води в природі обумовлений впливом сонячного випромінювання.

Тема 12. Енергетичні ресурси, основні напрями освоєння енергії доквілля

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод, теплова енергія комунально-побутових стоків, методи утилізації. Енергетичні ресурси доквілля та перспективи використання в Україні. Розрахунок енергетичного потенціалу доквілля, ефективність та перспективи використання теплових насосів для утилізації енергії доквілля в Україні.

Тема 13. Екологічні показники традиційної та відновлюваної енергетики

Екологічні показники традиційної та відновлюваної енергетики. Викиди, характерні для традиційних електростанцій. Засоби боротьби з викидами. Відновлювана енергетика і екологія.

4. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії» (Денна форма навчання)

Тема	Кількість ,годин, в т.ч.					
	лекції	практичні заняття	Індивідуальна робота	тренінг	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовний модуль 1 «Традиційні та поновлювані джерела електричної енергії.»						
Тема 1. Роль енергетики в розвитку суспільства. Класифікація джерел енергії .	2	1	1	1	8	Поточне оцінювання
Тема 2. Енергетичний потенціал джерел енергії	2	1			8	Поточне оцінювання
Тема 3. Напрями та рівні споживання енергії	2	1			8	Поточне оцінювання
Тема 4. Мінеральні та органічні викопні джерела енергії. Ядерне паливо.	2	1	1	1	8	Поточне оцінювання
Тема 5. Класифікація відновлювальних джерел енергії.	2	1			8	Поточне оцінювання

Темаб. Методи та засоби перетворення вітрової енергії.	2	1			8	Поточне оцінювання
Тема 7. Основні характеристики та енергетичні показники сонячної радіації. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації.	2	1		1	8	Поточне оцінювання
Змістовний модуль 2 «Альтернативні джерела енергії»						
Тема 8. Фотоенергетика. Сонячна енергетика.	2	1			7	Поточне оцінювання
Тема 9. Основні характеристики та питомі енергетичні показники енергії біомаси.	2	1		1	7	Поточне оцінювання
Тема 10. Геотермальні ресурси.	2	1	1		7	Поточне оцінювання
Тема 11. Енергія водних ресурсів.	2	1		1	7	Поточне оцінювання
Тема 12. Енергетичні ресурси, основні напрями освоєння енергії довкілля	2	1			7	Поточне оцінювання
Тема 13. Екологічні показники традиційної та відновлювальної енергетики	4	2		1	7	Поточне оцінювання
Разом	28	14	3	6	99	

**4. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ
«Альтернативні та відновлювальні джерела енергії»
(Заочна форма навчання)**

Тема	Кількість, годин, в т. ч.				
	лекції	практичні	самостійна робота	контрольні заходи	
Тема 1. Роль енергетики в розвитку суспільства. Класифікація джерел енергії	1	1	10	Тестування	
Тема 2. Енергетичний потенціал джерел енергії			10	Тестування	
Тема 3. Напрями та рівні споживання енергії	1		10	тестуванняч	
Тема 4 . Методи та засоби перетворення вітрової енергії	1		10	тестування	
Тема 5. Методи та засоби перетворення вітрової енергії			10	тестування	
Темаб. Основні характеристики та енергетичні показники сонячної радіації. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації.	1	1	10	тестування	
Тема 7. Основні характеристики та енергетичні показники сонячної радіації. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації.			10	тестування	
Тема 8. Фотоенергетика. Сонячна теплоенергетика	1			12	тестування
Тема 9. Основні характеристики та питомі енергетичні показники енергії біомаси			1	10	тестування

Тема 10. Геотермальні ресурси	1		12	тестування
Тема 11. Енергія водних ресурсів			10	тестування
Тема 12. Енергетичні ресурси, основні напрями освоєння енергії довкілля	1	1	12	тестування
Тема 13. Екологічні показники традиційної та відновлюваної енергетики	1		12	тестування
Разом	8	4	138	

5. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль 1.

Традиційні та поновлювані джерела електричної енергії.

Практичне заняття 1

Тема 1. Роль енергетики в розвитку суспільства. Класифікація джерел енергії .

Питання для обговорення:

1. Історичні етапи освоєння людством джерел енергії.
2. Використання енергії сонця, вітру, води та біомаси в первісних суспільствах.
3. Розвиток технологій використання джерел енергії та їх вплив на розвиток цивілізації. Енергетика як базис економічного розвитку. Структура та рівні споживання енергії.

Практичне заняття 2

Тема 2. Енергетичний потенціал джерел енергії

Питання для обговорення:

1. Кількісні характеристики енергетичних запасів в світі.
2. Основні запаси первинних енергоносіїв, їх розподіл по континентах і різних регіонах та країнах.
3. Енергетичний потенціал джерел енергії в Україні.

Практичне заняття 3

Тема 3. Напрями та рівні споживання енергії

Питання для обговорення:

1. Виробництво теплової та електричної енергії.
2. Рівні споживання енергії в світі та в Україні. Залежність енергетичних пріоритетів від рівня розвитку суспільства, промисловості, енергетики, економіки.
3. Роль науки та освіти в підвищенні ефективності освоєння джерел енергії. Методи та заходи енергозбереження

Практичне заняття 4

Тема 4. Мінеральні та органічні викопні джерела енергії. Ядерне паливо

Питання для обговорення:

1. Класифікація. Основні періоди та термін утворення корисних копалин.
2. Напрями енергетичного використання та характеристики основних галузей енергетики на їх основі.
3. Напрями неенергетичного використання. Строки вичерпання.
4. Тенденції розвитку традиційної енергетики, проблеми та пошуки їх рішення.
5. Роль відкриття атомної енергії в розвитку суспільства та особливості її розвитку в XXI столітті.

Практичне заняття 5

Тема 5. Класифікація відновлюваних джерел енергії

Питання для обговорення:

1. Класифікація відновлюваних джерел енергії.
2. Сонце як основне джерело енергії на Землі.
3. Умови утворення енергії відновлюваних джерел.
4. Залежність енергетичного потенціалу відновлюваних джерел від кліматометеорологічних та географічних особливостей територій.
5. Енергетичні ресурси відновлюваної енергетики світу та України.

Практичне заняття 6

Тема 6. Методи та засоби перетворення вітрової енергії

Питання для обговорення:

1. Методи та засоби перетворення вітрової енергії.
2. Класифікація обладнання, основні технічні та економічні показники.
3. Методи підвищення ефективності вітроенергетичного обладнання.

Практичне заняття 7

Тема 7. Основні характеристики та енергетичні показники сонячної радіації. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації

Питання для обговорення:

1. Напрями, стан та перспективи освоєння енергії сонячної радіації.
2. Питомі енергетичні показники сонячної радіації та розподіл енергетичного потенціалу на території Землі та України.
3. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації.

Змістовий модуль 2. " Альтернативні джерела енергії»

Практичне заняття 8

Тема 8. Фотоенергетика. Сонячна теплоенергетика

Питання для обговорення:

1. Методи отримання електроенергії за рахунок використання сонячних фотоперетворювачів.
2. Принцип дії сонячних фотоперетворювачів, сучасні технології отримання матеріалів для сонячних фотоелементів.
3. Основні технічні та економічні показники фотоенергетичного обладнання. Сонячні електростанції.

4. Класифікація, принцип дії та області застосування сонячних колекторів.
5. Системи гарячого теплопостачання та опалення за рахунок сонячної енергії.
6. Основні технічні та економічні показники обладнання теплової геліоенергетики.

Практичне заняття 9

Тема 9. Основні характеристики та питомі енергетичні показники енергії біомаси

Питання для обговорення:

1. Розподіл біоенергетичного потенціалу на Землі та в Україні.
2. Класифікація джерел біомаси та методів перетворення енергії біомаси.
3. Класифікація продуктів, що можуть бути отримані в результаті переробки відходів біомаси та їх основні енергетичні характеристики.
4. Перспективи розвитку біоенергетики та вплив на оточуюче середовище.

Практичне заняття 10

Тема 10. Геотермальні ресурси

Питання для обговорення:

1. Класифікація геотермальних ресурсів. Основні характеристики та питомі енергетичні показники.
2. Розподіл енергетичного потенціалу геотермальної енергії в Україні.
3. Стан та перспективи освоєння геотермальної енергії.

Практичне заняття 11

Тема 11. Енергія водних ресурсів

Питання для обговорення:

1. Енергія рік, морських хвиль, припливів та відпливів.
 2. Класифікація, енергетичні показники та перспективи сучасного використання гідроенергії.
 3. Розподіл енергетичного гідропотенціалу в світі та в Україні.
- Енергія води, або гідроенергія, відноситься до перетвореної енергії Сонця, оскільки рух води в природі обумовлений впливом сонячного випромінювання

Практичне заняття 12-13

Тема 12. Енергетичні ресурси, основні напрями освоєння енергії доквілля

Питання для обговорення:

1. Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод, теплова енергія комунально-побутових стоків, методи утилізації.
2. Енергетичні ресурси доквілля та перспективи використання в Україні.
3. Розрахунок енергетичного потенціалу доквілля, ефективність та перспективи використання теплових насосів для утилізації енергії доквілля в Україні.

Практичне заняття 14-15

Тема 13. Екологічні показники традиційної та відновлюваної енергетики

Питання для обговорення:

1. Екологічні показники традиційної та відновлюваної енергетики.
2. Викиди, характерні для традиційних електростанцій.
3. Засоби боротьби з викидами.
4. Відновлювана енергетика і екологія.

6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота студентів охоплює широкий спектр занять: вивчення підручників, навчальних посібників, науково-методичної літератури, реферування монографій і наукових статей, ознайомлення із законодавством країни, дослідження джерел додаткової літератури, підготовка до контрольних робіт, участь у ділових іграх, розв'язання домашніх завдань, написання рефератів, підготовка наукових доповідей, написання підсумкової семестрової роботи, проведення науково-дослідної роботи.

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Роль енергетики в розвитку суспільства. Класифікація джерел енергії	7
2	Енергетичний потенціал джерел енергії	8
3	Напрями та рівні споживання енергії	8
4	Мінеральні та органічні викопні джерела енергії. Ядерне паливо	8
5	Класифікація відновлюваних джерел енергії	8
6	Методи та засоби перетворення вітрової енергії	7
7	Основні характеристики та енергетичні показники сонячної радіації. Класифікація методів перетворення енергії сонячної радіації	7
8	Фотоенергетика. Сонячна теплоенергетика	8
9	Основні характеристики та питомі енергетичні показники енергії біомаси	7
10	Геотермальні ресурси	8
11	Енергія водних ресурсів	8
12	Енергетичні ресурси, основні напрями освоєння енергії довкілля	7
13	Екологічні показники традиційної та відновлюваної енергетики	8
	Разом	99

Самостійна робота з дисципліни «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії» виконується самостійно кожним студентом і охоплює усі основні теми дисципліни. Метою виконання є оволодіння практичними навичками розподілу і споживання енергетичних ресурсів. Самостійна робота оцінюється за 100-бальною шкалою. Виконання самостійної роботи є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту з дисципліни «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії». Завдання побудоване у вигляді презентації науково-дослідної роботи студента .

Завдання для самостійної роботи студента

Науково-дослідна робота. Дослідження роботи мережевої енергосистеми на основі дахової сонячної електростанції потужністю 0,43МВт; 0,5 МВт; 0,8 МВт.(кожен студент обирає самостійно потужність сонячної електростанції)

Мета: ознайомитись з призначенням, будовою і принципом функціонування мережевої енергосистеми на основі дахової сонячної електростанції (СЕС), як однієї з систем альтернативного енергопостачання і поновлювальної енергетики. Набути практичних навичок щодо оцінювання технічних характеристик і можливостей застосування альтернативного енергопостачання.

Обладнання і матеріали: мережева енергосистема на основі дахової сонячної електростанції потужністю 0,43 МВт; 0,5 МВт; 0,8 МВт

Теоретичні відомості

Постійно зростаючі тарифи на електроенергію змушують споживачів шукати альтернативні джерела електропостачання з метою економії коштів, що витрачаються на оплату централізованого електропостачання. Максимально можливе скорочення витрат на електроенергію можна здійснити за рахунок встановлення мережевої сонячної електростанції.

Мережева сонячна електростанція – розповсюджений варіант СЕС, що найкраще підходить для отримання пасивного доходу. Основна мета встановлення такої електростанції – генерація максимально можливих обсягів електроенергії з наступним продажем державі за «зеленим» тарифом. Достатньо лише мати місце для встановлення СЕС чи хоча б дійсно велике бажання долучитися до тих, хто вже отримує значні прибутки з інвестиції у екологічно чисту генерацію електроенергії.

Будова та принцип дії мережевої СЕС. Головна умова ефективної роботи мережевих сонячних електростанцій – правильний підбір обладнання з величезної кількості пропозицій від провідних світових виробників.

Незважаючи на безліч можливих варіантів за різними виробниками, потужностями та іншими параметрами, можна виділити основний набір складових, що мають бути у кожній мережевій СЕС.

Сонячні батареї (альтернативне найменування, модулі, панелі). Мережеві СЕС комплектуються сонячними модулями (полі- або монокристалічними). Залежно від потужності, їх кількість може бути різною. Це своєрідний сендвіч, виконаний із загартованого скла спеціальних марок, в якому розміщені клемна коробка і фотоелементи.

Інвертор. У цій системі інвертор повинен бути мережевий. Це означає, що він не призначений для роботи з накопичувачами електроенергії, за типом акумуляторів, а виключно із зовнішньою електромережею. Відповідно, вся згенерована електроенергія буде віддаватись у мережу, а побутові електроприлади отримуватимуть живлення із загальної мережі. Це унеможливорює автономну роботу такої СЕС навіть у денний час. Однак вона дешевша за гібридну і її використання є виправданим саме у місцях зі стабільним електропостачанням.

Двонаправлений лічильник «зеленого» тарифу дозволяє вести розрахунок різниці між генерованою та спожитою електроенергією. Завдяки цій частині, жодна згенерована кіловат-година не буде втрачена і всі вони будуть враховані при визначенні остаточного обсягу місячної генерації. Так, мережеві сонячні електростанції під зелений тариф можуть виробляти, приміром, 3000 кВт·год на

місяць (середнє значення для правильно збудованої СЕС 30 кВт) і, за умови щомісячного споживання у 300 кВт·год, за «зеленим» тарифом буде сплачено 2700 кВт·год.

Кабельна продукція. Якщо для під'єднання інвертора до лічильника буде достатньо звичайного кабелю ВВГ потрібного для очікуваної потужності перетину чи його аналогу, то для з'єднання між собою панелей та їхнього підключення до інвертора знадобляться вже спеціальні провідники. Їх відрізняє висока чистота міді та особливо стійка до атмосферних явищ оболонка. Все це є повністю необхідними умовами для використання у складі СЕС, що постійно знаходиться під відкритим небом.

Опорні конструкції. Опори можуть мати дуже різну конструкцію, включаючи особливі проекти, в залежності від умов встановлення. Найпростішим і найдешевшим варіантом встановлення сонячних панелей під зелений тариф, коли будуються мережеві електростанції, є монтаж на схилі даху, однак, рідше можна зустріти дах з ідеальними параметрами за кутом нахилу та напрямом орієнтації за сторонами світу, а також достатньою площею. Це, в свою чергу, змушує часто використовувати додаткові конструкції. Ще один розповсюджений варіант – наземні конструкції, що дозволяють найкращим чином розташувати панелі у необхідній кількості. Саме з таких частин складається, у спрощеному вигляді, СЕС, і це дозволить генерувати електроенергію.

Принцип роботи СЕС Протягом всього дня сонячні промені освітлюють поверхню панелей, завдяки чому відбувається генерація постійного струму.

Прибутковість мережевих СЕС. Мережеві сонячні електростанції в Україні є вельми прибутковою інвестицією, що при зваженому підході може

повністю окупитися трохи більше за п'ять років. Так, 30 % річного прибутку є цілком реальними, особливо, для південних регіонів наприклад м. Одеси. Все це можливо завдяки «зеленому» тарифу – особливим умовам викупу електроенергії, генерованої за допомогою поновлювальних джерел електроенергії. На поточний момент для всіх домашніх СЕС, що будуть збудовані до 2025 року, ставка зеленого тарифу становить 0,164 євро за кожен направлений у мережу кіловат-годину. Саме тут можна побачити і головне правило високої прибутковості СЕС: чим більш економно споживач використовує електроенергію, тим більші прибутки він отримуватимете. Насправді, мережева СЕС є чи не найкращою мотивацією для використання найсучасніших технологій енергозбереження та виховування різних хороших звичок, на кшталт своєчасного вимикання світла.

Переваги мережевих СЕС. Для того, щоб побачити справжню вигідність встановлення мережевої СЕС варто порівнювати її не лише з іншими типами сонячних електростанцій, але й з різними видами поновлювальних джерел енергії (ПДЕ) та, власне, звичайним споживанням з мережі:

Переваги перед автономними/гібридними. Основна перевага, яку має мережева сонячна електростанція для дому в порівнянні з іншими варіантами СЕС - значно менша її вартість. Звичайно, гібридну СЕС також можна підключити до «зеленого» тарифу, однак, вартісні акумулятори не дозволять розраховувати на таку ж швидку окупність, як і у випадку мережевої СЕС.

Переваги перед вітроелектростанціями/біогазом. Для обох цих варіантів ПДЕ, що також мають державну підтримку у вигляді гарантованого викупу

електроенергії за підвищеною ціною, необхідний особливий ресурс, якого не надто багато у приватних домогосподарств, а саме, значний вільний простір. Окрім цього, тим, хто таки захоче піти шляхом вітроенергетики чи біопалива, доведеться стикнутися з ще одною значною проблемою – помітною гучністю роботи відповідних установок, особливо, у порівнянні з фактично безшумними СЕС.

Переваги перед споживанням з мережі. Головна перевага – фінансова. Замість постійного страждання від зростання і так вже відчутних тарифів, можна отримувати дохід одночасно з ефективним покриттям власного споживання. Крім того, кожна така СЕС є реальною інвестицією у чисте й надійне майбутнє без зайвих викидів у атмосферу та перевантажених ліній електропередач.

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитись і записати технічні характеристики, режими роботи (відповідно до інструкцій з експлуатації) основних компонентів СЕС 4 (фотоелектрична батарея, інвертор напруги, двонаправлений лічильник тощо).

2. За даними SmartLogger Huawei в реальному часі визначити електричні параметри шести стрінгів кожного з двох інверторів, що використовуються в СЕС відповідно. Отримані результати записати у таблицю. В одному стрінгу 18 сонячних панелей з'єднаних послідовно.

Критерії оцінювання науково-дослідної роботи

1. Занотувати (стисло) інформаційні матеріали.
2. Навести схему мережевої електросистеми на основі дахової сонячної електростанції .
3. Дати оцінку технічних характеристик елементів мережевої електросистеми та їх застосування.
4. Результати вимірювань записати в таблицю .
5. Зробити висновок про вплив різних факторів на виробництво електричної енергії СЕС.
6. Зробити презентацію науково-дослідної роботи.

Індивідуальна робота - ідентифікована як одна із форм організації навчальної роботи викладача і студентів, реалізовуватиметься створенням необхідних умов для виявлення та розвитку персональних здібностей студентів на основі особистісно-діяльнісного підходу до виконання завдання.

Зробити порівняльну характеристику використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії.

Завдання 1

Заповнити таблиці 1 і 2 і порівняти нетрадиційні (відновлювальні) та невідновлювальні джерела енергії

Таблиця 1

Порівняльна характеристика енергосистем на відновлюваних та невідновлювальних джерел енергії.

Характеристика Енергосистеми	Альтернативна (відновлювальна) форма енергії	Традиційна (не відновлювальна) форма енергії
Де знаходиться		
Форма існування		
Початкова інтенсивність		
Час існування		

Вартість енергії		
Стабільність		
Обмеження використання		
Безпека експлуатації		
Автономність		

Таблиця 2

Переваги і недоліки відновлюваних та невідновлювальних джерел енергії.

Джерела енергії		Позитивні сторони	Негативні сторони
Альтернативні	Сонце		
	Вітер		
	Біомаса		
Невідновлювальні	Вода		
	Вугілля		
	Нафта		
	Ядерна енергія		

7. Організація проведення тренінгу

Методична діяльність проведення тренінгу полягає у забезпеченні студентів знаннями і навичками, які в подальшому можуть використовуватися при формуванні знань та умінь щодо альтернативних та відновлювальних джерел енергії.

Завдання на тренінг. Вибір та розрахунок сонячних панелей для дому.

- Максимально допустима потужність?
- Як порахувати панелі та площу для них?
- Яким має бути сам дах?
- Приклади оптимального розташування?
- Особливість розташування на фасаді?

Правильно вибрані характеристики та місце розташування фотоелектричних модулів впливають насамперед на ефективність домашньої електростанції. Перше, на чому варто наголошувати під час вибору – це тип кристалів.

Монокристалічні панелі мають більший ККД, але ефективні тільки, коли сонячні промені падають під прямим кутом 90° , що підходить для екваторіальних широт. Інший варіант – поставити на поворотні трекари, що регулюють кут нахилу до сонця. Через недостатнє або неправильне освітлення висока ймовірність, що виробленого струму не вистачить для включення інвертора.

Застосовуються здебільшого в промислових СЕС, де важливе максимальне вироблення електрики на обмеженій території.

Серед домашніх електростанцій поширені полікристалічні модулі. Відмінно працюють під будь-яким нахилом до сонця, виробляють електрику навіть із відбитого світла. Мають менший поріг автоматичного запуску.

Полікристалічні панелі дешевші в середньому на 2–3 % за монокристалічні. Хоч і різниця цін між ними не суттєва, для широт України полікристалічні все ж будуть краще. Бренд – не менш важливий критерій вибору. Краще вибирати з «Tier1» – ТОП-10 світових виробників. Усі 10 компаній реалізують повний цикл виробництва сонячних батарей і забезпечують контроль якості на кожному етапі.

Згідно зі стандартами Tier1, за перший рік експлуатації фотомодуль не повинен втратити більш як 0,8 % потужності, а за перші 25 років – більш як 20 %. Фактично ж у багатьох виробників з Tier1 батареї зберігають 80 % номіналу протягом 30 років служби.

У менш рейтингових компаній цей показник не такий високий, і відповідно більший відсоток втрат, а це не вироблена й не продана енергія. Згодом недовиріток електрики буде зростати, а з нею і втрати доходу. Щоби батарея довго та ефективно виробляла електроенергію, то краще вибирати Tier1. Визначившись із брендом, поррахуйте потужність вашого проекту, але пам'ятайте, що вона обмежена.

Чим зумовлена потужність сонячної електростанції?

Тут грає важливу роль обмеження електропостачання на домогосподарство та площа покрівлі. Річ у тім, що кожна оселя має обмеження навантаження на мережу. Це викликано тим, що окрему ділянку вулиці або квартал обслуговує власний розподільний енерговузол, розрахований на певне навантаження.

Вироблена за «зеленим тарифом» електрика насамперед йде на постачання домашньої мережі, тому потужність не має перевищувати рівень електроспоживання. Наприклад, якщо РЕМ відвели вам лише 7 кВт, потужність домашньої СЕС не повинна перевищувати цей показник.

Більше просто не дозволять встановити. Аварії, швидше за все, не станеться, але виникнуть інші складності з боку енергопостачальної компанії, тому максимально допустиме вироблення обмежується інвертором, який і обмежує цю потужність.

Збільшення максимального навантаження доведеться погоджувати з РЕМ, щоб енергопостачальник провів на вашу ділянку додаткову лінію з іншого розподільного вузла (за наявності технічної можливості) і найімовірніше за це доведеться доплачувати.

Потужність системи визначається номіналом інвертора, а не сумарною потужністю фотомодулів. Наприклад, вам ніхто не забороняє встановити 7кВт інвертор і панелі на 10кВт. Потужність системи однаково визначається за номіналом інвертора й буде складати 7кВт.

В українських широтах сонячні батареї майже ніколи не працюють на максимум, хіба що посеред ясного дня влітку. Зазвичай це 30–50 % від номіналу. Наприклад, якщо у ваша станція на 7 кВт, у мережу надходить у середньому 2–3 кВт на годину. Якщо розширити потужність до 10 кВт, середній показник генерації складатиме 4–5 кВт. З іншого боку, серед ясного літнього дня може вироблятися 8 кВт, а то і всі 9 кВт. Через обмеження інвертора, у мережу надходитиме лише 7 кВт. В українських широтах така аномально високе вироблення можливе лише кілька днів у році протягом 2–3 години на добу.

Інвертор «зріже» потужність, якщо вона перевищуватиме номінал. За таких умов короткочасно будуть невеликі втрати, але в перспективі ви продасте в енергосистему (чи енергопостачальнику) на 40 % більше електроенергії.

Знаючи обмеження електропостачання, нескладно поррахувати, скільки модулів знадобиться.

Розрахунок потужності домашньої СЕС (кожний студент має індивідуальне завдання)

Усі панелі, що складають масив, стандартизовані за габаритами та номіналом. Їхня потужність 260–290Вт, а площа біля 1,5–1,7м².

Малопотужні фотомодулі виготовляються з виробничого браку, тому вони не дуже поширені. Якщо ви зустрінете номінали 50Вт, 100Вт чи 150Вт, враховуйте, що їхня якість швидше за все не дотягує до стандарту, навіть у топових виробників.

Середній приклад станції на 8кВт

Для розрахунків візьмемо стандарт класу Tier1. Розрахуємо, скільки панелей знадобиться для 8кВт станції:

$$8000 \text{ Вт} / 275 \text{ Вт/шт} \approx 29,09 \text{ шт.}$$

Округлюємо в більшу сторону й отримуємо 30шт. Фактична потужність станції складатиме:

$$275 \text{ Вт/шт} \times 30 \text{ шт} = 8\,250 \text{ Вт.}$$

З огляду на те, що навіть влітку вона буде працювати на 50–60 % від номіналу, 250Вт – зайвими не будуть.

Розраховуємо площу покрівлі для електростанції:

$$1,63 \text{ м}^2/\text{шт} \times 30 \text{ шт} = 48,9 \text{ м}^2.$$

Така порівняно невисока конструкція легко розміститься на будь-якому даху. А тепер розрахуємо максимально допустимий варіант.

Максимальний приклад на 30кВт

За умовами *зеленого тарифу*, потужність домашньої СЕС не повинна перевищувати 30 кВт. Розрахуємо кількість панелей для досягнення такої потужності:

$$30\,000 \text{ Вт} / 275 \text{ Вт/шт} = 109 \text{ шт.}$$

Вони будуть займати площу:

$$1,63 \text{ м}^2/\text{шт} \times 109 \text{ шт} = 177,67 \text{ м}^2.$$

Важливо розуміти, що в розрахунках відображена корисна площа даху. Навіть, якщо у вас вона набагато більша, не факт, що на даху вистачить місця для всіх модулів.

Тут важливо не тільки кількість квадратних метрів, а й технічні параметри: висота, форма, нахил. Не забувайте і про те, що це майже 2 тонни ваги. Не кожна покрівля здатна витримати таку гігантську та важку конструкцію.

Яким повинен бути дах для СЕС?

Під час планування, крім габаритів покрівлі, враховуйте також форму й кут нахилу. Україна розташована в північній півкулі, тому найбільше світла отримує південна сторона. На ній і розміщуйте фотоелектричні модулі.

Ідеї для розміщення фотомодулів

Для наземного розміщення знадобиться ділянка великої площі. До цього варіанту ми повернемося пізніше, а зараз розглянемо більш практичні рішення.

Якщо одного даху замало – перенесіть частину електростанції на інші об'єкти, наприклад, той же гараж або господарські споруди. Проте, для цього знадобиться інвертор на два МРРТ виходи (мінімум).

Це хороший варіант у випадку недалекого розташування від будинку, оскільки в батареях виробляється постійний струм, і зі збільшенням довжини кабелю збільшуються втрати електрики. Дуже бажано все розміщати компактно.

Якщо не вистачить кількох квадратних метрів площі, можна спорудити додатковий навіс (якщо це можливо). Це може трішки зіпсувати зовнішній вигляд будинку, але це найпростіший та найдешевший варіант.

Так, ще на етапі планування ви розрахуєте зручний нахил та сплануєте розташування навісу, що допоможе раціонально використати вільне місце для розміщення панелей.

8. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання.

В процесі вивчення дисципліни «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії» використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студента:

- поточне опитування;
- опитування (тестування) у розрізі змістових модулів;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- оцінювання результативності наукових досліджень;
- оцінювання результатів самостійної роботи студентів;
- інші види індивідуальних і групових завдань;

9. Політика щодо оцінювання

Політика щодо граничних термінів і перескладання:

Для виконання самостійної роботи і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів відбувається з дозволу керівництва факультету (інституту) за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Письмові роботи підлягають перевірці на наявність плагіату та допускаються до захисту з коректними текстовими запозиченнями. Використання друкованих і електронних джерел інформації під час контрольних заходів та екзаменів заборонене.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад: карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відвідуватись в он-лайн форматі за погодженням із керівником курсу.

10.Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни визначається як середньозважена величина, в залежності від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів (залік)

Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3
40%	40%	5%	15%
Поточне Опитування	Модульний контроль	Тренінг	Самостійна робота
Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час занять (кожен здобувач має бути оцінений не рідше як раз на два заняття)	Письмова робота: 1. Теоретичні питання (2) max 50 балів 2. Практичні завдання (2) max 50 балів	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час тренінгу	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час вивчення дисципліни за самостійну роботу

Шкала оцінювання:

За шкалою Університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)
85-89	Добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	Задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35–59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

11.Інструменти, обладнання та програмне забезпечення , використання яких передбачає дисципліна.

№	Найменування	Номер теми
1	Мультимедійний проєктор, екран проєкційний	1-13
2	Комп'ютерна аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-13
3.	Електронний варіант лекцій	1-13
4	Індивідуальні завдання для самостійного виконання (електронний варіант)	1-13
5.	Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії» для студентів денної форми навчання	1-13
6.	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-13
7.	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-13

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

- Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXV міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 22–24 травня 2024р.). К.: Інституту відновлюваної енергетики НАН України, 2024. 546 с.
- Завитій Ольга. Теоретико-організаційні основи проведення енергетичного аудиту в Україні. Інститут бухгалтерського обліку, контроль та аналіз в умовах глобалізації. 2020 Випуск 3-4 .21-27 с.
- Зеленко В. А. Проблема енергоефективності у моделі сталого розвитку України: досвід ЄС Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. 2019. № 1. 18-23 с.
- Михайло Олійник, Владислав Лисяк, Олександра Дудурич, Енергоощадність та альтернативні джерела енергії, Львів: Львівська політехніка, 2020,184с.
- Пришляк Н. В. Розвиток біоенергетики як складова забезпечення енергетичної безпеки України .Економіка та держава. 2020. № 4. 146-155 с.
- Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України: Закон України від 30.06.2023 № 3220-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20>
- Про запровадження гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Постанова КМУ від 27.02.2024. № 227. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/227-2024-%D0%BF#Text>
- Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року. Розпорядженням КМУ від 21.04.2023. № 373-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvalennia-enerhetychnoi-stratehii-ukrainy-na-period-do-2050-roku-373r-210423>
- Салашенко Т. І. Енергетика України та світу в умовах пандемії: наслідки та заходи боротьби Економіка та держава. 2020. № 5. 137-142 с.

10. Сусліков С. В. Використання модернізованого методу оптимізації цільових споживчих функцій під час обґрунтування застосування технологій нетрадиційної відновлюваної енергетики. Інвестиції : практика та досвід. 2020. № 13. 24-29 с.
11. Україна та європейський зелений курс. URL: <https://dixigroup.org/analytic/ukra%D1%97na-ta-%D1%94vropejskij-zelenij-kurs-5/>
12. Шпичак О. М. Теоретичні основи біоенергетики в контексті закону збереження енергії Економіка АПК. 2019. № 8. 6-16 с.
13. Action plan for implementing REPowerEU. 2022. <https://bit.ly/3lkIBpo>
14. Global Energy Crisis. IEA. 2022. <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis>
15. Heyets V.M. On the assessment of Ukraine's economic losses due to the armed aggression of the Russian Federation. Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr. 2022. (5): 30-38. <https://doi.org/10.15407/visn2022.05.030> [Геєць В.М. Про оцінку економічних втрат України внаслідок збройної агресії РФ. Вісник НАН України. 2022. № 5. 30-38 с.]
16. Kurylenko O.V. Characteristics of the work of the United Power System of Ukraine in synchronous mode with the Continental European Power System. Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr. 2022. (5): 39-44. <https://doi.org/10.15407/visn2022.05.039> [Кириленко О.В. Особливості роботи Об'єднаної енергетичної системи України в синхронному режимі з європейською континентальною енергетичною системою. Вісник НАН України. 2022. № 5. 39-44 с.]
17. Kurylenko O.V., Snezhkin Y.F., Basok B.I., Bazyeev Y.T. Ukraine's energy: probable scenarios of recovery and development. Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr. 2022. (9): 22-37. <https://doi.org/10.15407/visn2022.09.022> [Кириленко О.В., Снежкін Ю.Ф., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Енергетика України: ймовірні сценарії відновлення та розвитку. Вісник НАН України. 2022. № 9. 22-37 с.]
18. Pyrozhkov S.I. About the National Report of the NAS of Ukraine «National resilience of Ukraine: hybrid threats challenge response and prevention strategy». Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr. 2022. (5): 45-55. <https://doi.org/10.15407/visn2022.05.045> [Пирожков С.І. Про національну доповідь НАН України «Національна стійкість України: стратегія відповіді на виклики та випередження гібридних загроз». Вісник НАН України. 2022. № 5. 45-55 с.]
19. Russia's War on Ukraine. Analysing the impacts of Russia's invasion of Ukraine on global energy markets and inter-national energy security. <https://www.iea.org/topics/russias-war-on-ukraine>
20. World Energy Outlook. IEA. 2022. <https://bit.ly/3YTEMVR>