

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інформаційних технологій

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

09 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання та проектування пристроїв сонячної енергетики

Назва дисципліни

Призначення Робочої програми

Рівень вищої освіти

Для освітніх програм різних спеціальностей

Другий (магістерський)

Мова навчання

Обсяг дисципліни, кредитів ЄКТС

Статус дисципліни

Факультет

Кафедра

Українська

8

Вибіркова

Інформаційних технологій

Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Форма здобуття освіти	Обсяг дисципліни		Кількість годин						Форма семестрового контролю
			Аудиторні заняття					Самостійна робота (в т.ч. ІРС)	Залік
	Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття		
Д	8	240	82	32	32	18		158	+

Робоча програма складена на основі освітніх програм підготовки магістра та стандарту вищої освіти спеціальності.

Робоча програма складена


Підпис

д-р. техн. наук, проф. Валерій МАРТИНЮК

Науковий ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Схвалена на засіданні кафедри

Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Назва

Протокол від 01.09.2025 № 1.

Зав. кафедри АКІТтаР


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

3. Пояснювальна записка

Дисципліна «Моделювання та проєктування пристроїв сонячної енергетики» поєднує фундаментальні знання з фізики напівпровідників, електротехніки, матеріалознавства та інформатики з практичними навичками цифрового проєктування та аналізу енергетичних систем. Це дозволяє студентам глибоко аналізувати, моделювати й оптимізувати ефективність фотоелектричних перетворювачів, модулів та систем в цілому ще до їх виготовлення та впровадження. Дисципліна забезпечує розвиток системного та аналітичного мислення, здатність працювати з сучасними програмними комплексами для моделювання та системами автоматизованого проєктування. Дисципліна фокусується на інтеграції результатів моделювання в процеси розробки нових пристроїв сонячної енергетики та їх ефективної інтеграції в "розумні" енергомережі.

Мета дисципліни. Формування особистості фахівця, здатного виконувати проєктування, аналіз та оптимізацію пристроїв і систем сонячної енергетики з використанням сучасних методів та засобів комп'ютерного моделювання.

Предмет дисципліни. Методи, моделі та засоби комп'ютерного моделювання і проєктування пристроїв та систем сонячної енергетики.

Завдання дисципліни. Формування практичних навичок з комп'ютерного моделювання для проєктування, аналізу та оптимізації пристроїв і систем сонячної енергетики (таких як фотоелектричні модулі, перетворювачі, оптимізатори), розроблення алгоритмів їх ефективного функціонування та візуалізації параметрів і характеристик енергетичних процесів.

Результати навчання. Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: вміло застосовувати теоретичні та інженерні методи і технології аналізу та оцінювання пристроїв сонячної енергетики, що базуються на комплексному-підході, який припускає використання набору комп'ютеризованих засобів для забезпечення потрібної якості, надійності та безпеки пристроїв сонячної енергетики при розробленні та застосуванні.

4. Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:			
	лекції	лабораторні заняття	практичні заняття	СРС
Тема 1. Класифікація, структура та характеристики моделей пристроїв	4	4	2	18
Тема 2. Засоби формування математичних моделей у середовищах моделювання	4	4	2	20
Тема 3. Бібліотеки компонентів у системах моделювання сонячних систем	4	4	2	20
Тема 4. Моделювання фотоелектричних перетворювачів та модулів	4	4	2	20
Тема 5. Засоби імітаційного моделювання силових перетворювачів енергії	4	4	2	20
Тема 6. Моделювання систем керування та відбору максимальної потужності	4	4	2	20
Тема 7. Моделювання автономних та гібридних сонячних енергосистем	4	4	2	20
Тема 8. Експорт проектів до CAD/CAE-систем та мультифізичне моделювання	4	4	4	20
Разом:	32	32	18	158

5. Програма навчальної дисципліни

5.1 Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
	<i>Тема 1. Класифікація, структура та характеристики моделей пристроїв</i>	4
1	Класифікація моделей (фізичні, математичні, імітаційні). Структура моделей еквівалентних схем (одно- та дво-діодні). Основні характеристики та вимоги до сучасних моделей сонячних пристроїв (адекватність, точність, обчислювальна ефективність). Літ.: [1] с. 25-60, [2] с. 15-35, [5] с. 1-12, [6] с. 45-70.	2
2	Основні області застосування моделей у сонячній енергетиці (аналіз продуктивності, оптимізація параметрів, проектування систем керування MPPT). Параметри моделей сонячних елементів (Isc, Voc, Rs, Rsh) та їх залежність від зовнішніх умов. Спеціалізовані (PVsyst) та мультифізичні (ANSYS) системи. Літ.: [1] с. 61-95, [3] с. 1-5, [6] с. 71-100.	2
	<i>Тема 2. Засоби формування математичних моделей у середовищах моделювання</i>	4
3	Структура проекту в MATLAB/Simulink. Основні типи об'єктів: блоки, підсистеми, сигнали. Налаштування параметрів блоків (напр., параметризація ФМ). Математичний опис та створення власних блоків (напр., одно-діодна модель). Використання вбудованих бібліотек Simscape/SimPowerSystems. Літ.: [1] с. 100-130, [3] с. 2-4.	2
4	Особливості роботи з модельними файлами (.slx, .mdl). Імпорт вхідних даних (масиви погодних умов, профілі навантаження з Excel/.mat-файлів) та експорт результатів симуляції (у Workspace, графіки). Літ.: [1] с. 146-160, [3] с. 5-7.	2
	<i>Тема 3. Бібліотеки компонентів у системах моделювання сонячних систем</i>	4
5	Огляд бібліотеки Simscape Electrical. Компоненти джерел (Controlled Voltage Source), пасивні елементи (RLC), моделі напівпровідникових приладів (діоди, MOSFET, IGBT). Моделі вимірювальних приладів. Літ.: [1] с. 100-115, [3] с. 2-3.	2
6	Спеціалізовані бібліотеки (блок 'PV Array' в Simulink). Параметризація блоків на основі технічних описів (datasheets). Налаштування та використання готових моделей інверторів, DC/DC перетворювачів та накопичувачів енергії. Літ.: [1] с. 116-145, [3] с. 3-6.	2
	<i>Тема 4. Моделювання фотоелектричних перетворювачів та модулів</i>	4
7	Візуалізація характеристик ФМ у середовищі моделювання (BAX, BBX). Побудова графіків залежності вихідної потужності від освітленості та температури. Графічні інтерфейси (Scopes, XY Graph) для аналізу симуляцій. Літ.: [1] с. 146-160, [3] с. 6-7.	2
8	Математична модель сонячного елемента (одно-діодна). Побудова імітаційної моделі фотоелектричного модуля (ФМ) шляхом серієво-паралельного з'єднання. Моделювання часткового затінення та впливу шунтуючих діодів. Літ.: [1] с. 25-60, [2] с. 36-50, [3] с. 2-5.	2
	<i>Тема 5. Засоби імітаційного моделювання силових перетворювачів енергії</i>	4
9	Огляд спеціалізованих засобів для моделювання сигової електроніки (Simscape Electrical, LTspice, PSIM). Схемотехнічний (SPICE) та блочно-орієнтований (Simulink) підходи. Мови опису схем (netlists). Користувальчі інтерфейси симуляторів: редактори схем, налаштування аналізу (transient, AC), візуалізація осцилограм. Літ.: [1] с. 100-115, [4] с. 1-5.	2
10	Класифікація моделей елементів сигової електроніки (ключові/switching та усереднені/average-value). Аналітичні (рівняння стану) та чисельні методи моделювання перетворювачів. Типи з'єднань моделей (каскадне з'єднання ФМ, перетворювача та навантаження). Способи опису та налаштування моделей за допомогою інтерфейсів Simscape та математичних блоків. Літ.: [1] с. 116-145, [4] с. 6-10, [6] с. 120-150.	2
	<i>Тема 6. Моделювання систем керування та відбору максимальної потужності</i>	4
11	Проектування систем керування MPPT. Огляд алгоритмів (P&O, IncCond). Вибір елементної бази (датчики струму/напруги). Схемотехнічна реалізація та моделювання алгоритмів в Simulink (блоки 'MATLAB Function' або 'Stateflow'). Літ.: [1] с. 161-190, [4] с. 11-15, [5] с. 13-20.	2
12	Форми відображення алгоритмів MPPT (блок-схеми, Stateflow). Верифікація алгоритмів шляхом симуляції. Аналіз осцилограм (потужність, напруга, ШІМ-сигнали). Засоби автоматичної генерації коду (Simulink Coder) з моделі. Літ.: [1] с. 191-220, [5] с. 21-30.	2
	<i>Тема 7. Моделювання автономних та гібридних сонячних енергосистем</i>	4
13	Моделювання накопичувачів енергії (акумуляторів). Параметри та характеристики (ємність, стан заряду (SOC), напруга, C-rate). Імітаційні моделі батарей в Simscape Electrical. Літ.: [1] с. 221-250, [6] с. 170-195, [7] с. 2-4.	2
14	Моделювання автономної (stand-alone) системи. Інтеграція компонентів (ФМ, контролер заряду, акумулятор, інвертор). Моделі потоків енергії та логіки керування. Аналіз балансу потужності системи. Літ.: [1] с. 251-290, [6] с. 200-230, [7] с. 4-8.	2
	<i>Тема 8. Експорт проектів до CAD/CAE-систем та мультифізичне моделювання</i>	4
15	Інтеграція імітаційних моделей (Simulink) з CAD/CAE-системами (напр., SolidWorks, ANSYS). Спільне моделювання (Co-simulation). Формати файлів та інтерфейси для обміну даними (напр., FMU/FMI, S-Functions). Літ.: [1] с. 291-310, [2] с. 180-200, [5] с.	2
16	Мультифізичне моделювання: тепловий аналіз ФМ та силових ключів; механічний аналіз (вітрові навантаження на трекери). Напрями розвитку моделей у сонячній енергетиці: «Цифрові двійники» (Digital Twins), моделі на основі ШІ, прогнозування генерації. Літ.: [2] с. 160-180, [5] с. 41-60, [6] с. 300-320.	2
	Разом:	32

5.2 Зміст лабораторних занять

№ п/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
	<i>Тема 1. Класифікація, структура та характеристики моделей пристроїв</i>	4
1	Вивчення класифікації, структури та характеристик моделей пристроїв сонячної енергетики. Огляд середовища MATLAB/Simulink. Огляд спеціалізованої системи PVsyst. Літ.: [1] с. 25-60, [3] с. 1-7, [6] с. 45-70.	4
	<i>Тема 2. Засоби формування математичних моделей у середовищах моделювання</i>	4
2	Моделювання сонячного елемента. Створення імітаційної моделі фотоелектричного елемента за одно-діодною еквівалентною схемою в Simulink. Літ.: [1] с. 25-60, [3] с. 2-4.	4
	<i>Тема 3. Бібліотеки компонентів у системах моделювання сонячних систем</i>	4
3	Використання та параметризація стандартних блоків ('PV Array') у середовищі Simulink/Simscape на основі технічних описів (datasheets). Літ.: [1] с. 116-145, [3] с. 3-6.	4
	<i>Тема 4. Моделювання фотоелектричних перетворювачів та модулів</i>	4
4	Моделювання фотоелектричного модуля та аналіз його характеристик (BAX, BBX) у системі Simulink. Літ.: [1] с. 25-60, 146-160, [2] с. 36-50, [3] с. 2-7.	4
	<i>Тема 5. Засоби імітаційного моделювання силових перетворювачів енергії</i>	4
5	Моделювання понижувального (Buck) DC/DC перетворювача в середовищі Simulink/Simscape Electrical. Аналіз осцилограм напруги та струму. Літ.: [1] с. 116-145, [4] с. 1-10.	4
	<i>Тема 6. Моделювання систем керування та відбору максимальної потужності</i>	4
6	Моделювання алгоритму відбору максимальної потужності ('Perturb & Observe'). Інтеграція алгоритму з моделлю DC/DC перетворювача та ФМ. Літ.: [1] с. 161-220, [4] с. 11-15, [5] с. 13-30.	4
	<i>Тема 7. Моделювання автономних та гібридних сонячних енергосистем</i>	4
7	Моделювання автономної (stand-alone) сонячної енергосистеми. Інтеграція моделей ФМ, контролера заряду (MPPT) та акумуляторної батареї в Simulink. Літ.: [1] с. 221-290, [6] с. 170-230, [7] с. 1-8.	4
	<i>Тема 8. Експорт проектів до CAD/CAE-систем та мультифізичне моделювання</i>	4
8	Основи мультифізичного моделювання (напр., тепловий аналіз ФМ) та спільної симуляції (Co-simulation) моделі Simulink з іншими CAE-системами. Літ.: [1] с. 291-310, [2] с. 160-200, [5] с. 31-60.	4
	Разом:	32

5.3 Зміст практичних занять

№ п/п	Тема практичного заняття	Кількість годин
	<i>Тема 1. Класифікація, структура та характеристики моделей пристроїв</i>	2
1	Огляд середовища MATLAB/Simulink. Огляд системи PVsyst. Літ.: [1] с. 25-60, [3] с. 1-7.	2
	<i>Тема 2. Засоби формування математичних моделей у середовищах моделювання</i>	2
2	Моделювання сонячного елемента (одно-діодна модель) в Simulink. Літ.: [1] с. 25-60, [3] с. 2-4.	2
	<i>Тема 3. Бібліотеки компонентів у системах моделювання сонячних систем</i>	2
3	Бібліотеки компонентів системи Simulink/Simscape Electrical. Літ.: [1] с. 100-145, [3] с. 3-6.	2
	<i>Тема 4. Моделювання фотоелектричних перетворювачів та модулів</i>	2
4	Моделювання ФМ та аналіз BAX/BBX в Simulink. Літ.: [1] с. 25-60, 146-160, [2] с. 36-50, [3] с. 2-7.	2
	<i>Тема 5. Засоби імітаційного моделювання силових перетворювачів енергії</i>	2
5	Огляд засобів імітаційного моделювання (Simscape Electrical, LTspice). Моделювання DC/DC перетворювачів. Літ.: [1] с. 116-145, [4] с. 1-10, [6] с. 120-150.	2
	<i>Тема 6. Моделювання систем керування та відбору максимальної потужності</i>	2
6	Моделювання та аналіз роботи систем MPPT (P&O). Літ.: [1] с. 161-220, [4] с. 11-15, [5] с. 13-30.	2
	<i>Тема 7. Моделювання автономних та гібридних сонячних енергосистем</i>	2
7	Аналіз балансу енергії в автономній сонячній системі (ФМ, АКБ, інвертор). Літ.: [1] с. 221-290, [6] с. 170-230, [7] с. 1-8.	2
	<i>Тема 8. Експорт проектів до CAD/CAE-систем та мультифізичне моделювання</i>	4
8	Інтеграція моделей (Simulink) з CAE-системами. Мультифізичний аналіз (тепловий, механічний). Літ.: [1] с. 291-310, [2] с. 160-200, [5] с. 31-60.	4
	Разом:	18

5.4 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до лабораторних та практичних занять і тестування. Крім цього до послуг студентів сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, підготовка до лабораторної роботи №1, підготовка до практичного заняття №1.	8
2	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, підготовка до захисту лабораторної роботи №1, підготовка до лабораторної роботи №2.	10
3	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до лабораторної роботи №2, підготовка до практичного заняття №2.	10
4	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до захисту лабораторної роботи №2, підготовка до лабораторної роботи №3.	10
5	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до лабораторної роботи №3, підготовка до практичного заняття №3.	10
6	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до захисту лабораторної роботи №3, підготовка до лабораторної роботи №4.	10
7	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до лабораторної роботи №4, підготовка до практичного заняття №4.	10
8	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до захисту лабораторної роботи №4, підготовка до лабораторної роботи №5.	10
9	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до лабораторної роботи №5, підготовка до практичного заняття №5.	10
10	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до захисту лабораторної роботи №5, підготовка до лабораторної роботи №6.	10
11	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т6, підготовка до лабораторної роботи №6, підготовка до практичного заняття №6.	10
12	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т6, підготовка до захисту лабораторної роботи №6, підготовка до лабораторної роботи №7.	10
13	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7, підготовка до лабораторної роботи №7, підготовка до практичного заняття №7.	10
14	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7, підготовка до захисту лабораторної роботи №7, підготовка до лабораторної роботи №8.	10
15	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т8, підготовка до лабораторної роботи №8, підготовка до практичного заняття №8. Підготовка до тестового контролю	10
16	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т8, підготовка до захисту лабораторної роботи №8.	10
Разом:		158

Примітка: Т – тема навчальної дисципліни.

Керівництво самостійною здійснюється викладачем згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

6 Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема: лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного й інтерактивного навчання, мотиваційних прийомів, інформаційно-комунікаційних технологій); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, тренінгових вправ, аналіз проблемних ситуацій, пояснення, дискусія), самостійна робота (робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, підготовка до поточного та підсумкового контролю тощо).

7 Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час аудиторних лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу, в т.ч. з використанням Модульного середовища для навчання. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- оцінювання результатів захисту лабораторних робіт;
- тестовий контроль.

Підсумкова семестрова оцінка виставляється за результатами поточного контролю. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, вважається таким, який має академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

8 Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в он-лайн режимі. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до практичних занять, вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття, активно працювати на занятті, якісно підготувати звіт, захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих конструктивних рішень при виконанні здобувачами лабораторних робіт тощо.

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни. Пропущене лабораторне заняття здобувач зобов'язаний відпрацювати у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі. Виконання індивідуального завдання завершується доповіддю та презентацією його результатів у терміни, встановлені графіком самостійної роботи.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, підказки, плагіат, використання штучного інтелекту (без вірного цитування)). У разі порушення політики академічної доброчесності в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності під час вивчення навчальної дисципліни не допускаються та не толеруються.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, які сприяють формуванню компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>похибки</i> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають

	мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів *денної* форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота																Контрольні заходи	Семестровий контроль
Лабораторні роботи №:								Практичні заняття (контрольні точки)								Тестовий контроль:	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	Т 1-8	
Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)																	
3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	12-20	За рейтингом
24-40								24-40								12-20	60-100*

Примітки: *За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

Оцінювання на практичних заняттях

Оцінка, яка виставляється за практичне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів на знання теоретичного матеріалу з теми; вільне володіння студентом фаховою термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті рішення при розв'язуванні задач; результати самостійних робіт.

При оцінюванні практичного заняття викладач керується узагальненими критеріями, наведеними у таблиці «Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти» (мінімальний позитивний бал – 3 бали, максимальний – 5 балів).

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; повнота відповіді та знання методики виконання дослідів; наявність схем, графіків та програмного коду згідно з вимогами до виконання завдань.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти.

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому **не зараховується** і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методику її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

Оцінювання результатів тестового контролю

Кожний з тестів, передбачених Робочою програмою, складається із 10 тестових завдань, кожне з яких є рівнозначним.

Відповідно до таблиці структурування видів робіт за тестовий контроль здобувач залежно від кількості правильних відповідей може отримати від 12 до 20 балів.

Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання

Кількість правильних відповідей	0-5	6	7	8	9	10
Відсоток правильних відповідей	0-59	60	70	80	90	100
Кількість отриманих балів	0	12	14	16	18	20

На тестування відводиться 40 хвилин. Студент проходить тестування в он-лайн режимі у Модульному середовищі для навчання. Також, студент може проходити тестування письмово, записуючи правильні відповіді у талоні відповідей. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну **наступного** контролю.

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання у балах з усіх видів навчальної роботи до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені нижче у таблиці «Співвідношення».

Семестровий залік виставляється на останньому занятті за умови якщо загальна сума балів, яку накопичив здобувач з дисципліни (іншого освітнього компонента) за результатами **поточного** контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «**зараховано**», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення. Присутність здобувача у цьому випадку не є обов'язковою.

Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна оцінка (рівень досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни)	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	Відмінно/Excellent – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		Добре/Good – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	Незадовільно/Fail – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		Незадовільно/Fail – Результати навчання відсутні

10. Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Визначення імітаційної моделі у сонячній енергетиці. Структура моделі фотоелектричного елемента (ФЕ).
2. Типи вхідних та вихідних даних (освітленість, температура, ВАХ, ВВХ).
3. Основні вимоги до моделей пристроїв сонячної енергетики (адекватність, точність, швидкодія).
4. Класифікація (математичні, фізичні, імітаційні) та області застосування моделей.
5. Типові характеристики моделей ФЕ (нелінійність, одно- та дво-діодні моделі).
6. Структура проекту в середовищах моделювання (Simulink, PVsyst).
7. Інтерфейси редагування параметрів блоків (напр., 'PV Array' в Simulink).
8. Умовні графічні позначення (ФМ, інвертор, контролер, АКБ).
9. Бібліотеки елементів (напр., Simscape Electrical, Simscape).
10. Особливості роботи з файлами моделей (.slx) та файлами даних (.mat).
11. Формати збереження даних та результатів симуляції.
12. Типи даних у Simulink (сигнали, шини (buses)).
13. Інформаційні бази (datasheets) компонентів (ФМ, інверторів).
14. Параметризація моделей на основі технічних описів.
15. Візуалізація результатів моделювання (Scope, XY Graph).
16. Графічні інтерфейси симуляторів (полотно Simulink, редактор PVsyst).
17. Прості (ФЕ) та складні (ФМ, автономна система) об'єкти в моделюванні.
18. Створення складних блоків (підсистеми, масковані блоки).
19. Вибір елементної бази для моделювання (топологія перетворювача, тип ФМ).
20. Мультифізичне імітаційне моделювання (тепловий + електричний аналіз ФМ).
21. Мультифізичні (ANSYS) та спеціалізовані (Simscape, PVsyst) засоби моделювання.
22. Мови моделювання (MATLAB Function, Stateflow, SPICE-подібні).
23. Користувальські інтерфейси симуляторів (налаштування 'Solver').
24. Класифікація моделей елементів (ключові 'switching' та усереднені 'average-value').
25. Типи з'єднань моделей (сигнальні та фізичні порти).
26. Способи опису моделей (графічний інтерфейс та програмний код).
27. Аналітичні (рівняння стану) та чисельні методи (вибір 'Solver') моделювання.
28. Процедури моделювання (встановлення початкових умов, аналіз).
29. Імпорт (погодні дані) та експорт (результати) даних.
30. Експорт та інтеграція проектів (Co-simulation, FMU/FMI).
31. Формати файлів проектів (.slx, .fmu).
32. Умовні графічні позначення силових елементів (MOSFET, IGBT, діод).
33. Засоби рисування електричних схем (Simscape Electrical, LTspice).
34. Графи та блок-схеми алгоритмів (напр., MPPT).
35. Матриці рівнянь стану для силових перетворювачів.
36. Верифікація електричних схем у симуляторі.
37. Автоматизоване проектування систем керування (MPPT).
38. Схемотехніка силових перетворювачів (Buck, Boost, Buck-Boost).
39. Параметри та характеристики компонентів (L, C, Rds(on)).
40. Моделювання силових перетворювачів енергії.
41. Параметри налаштування алгоритмів MPPT (P&O, IncCond).
42. Типи моделей силових перетворювачів.
43. Метод скінченних елементів (FEM) для теплового аналізу.
44. Формування моделей автономних та гібридних систем.

45. Переліки елементів та їх параметрів для моделі.
46. Моделювання накопичувачів енергії (АКБ) та їх параметри (SOC).
47. Аналіз балансу енергії в автономних та гібридних системах.
48. «Цифрові двійники» (Digital Twins) у сонячній енергетиці: призначення та структура.

11. Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Моделювання та проектування пристроїв сонячної енергетики» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою.

12. Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни (за потреби)

Інформаційна та комп'ютерна підтримка: ПК, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій, проектор.

Програмне забезпечення: MATLAB/Simulink, PVsyst, LTspice, ANSYS, офісні програми, веб-браузер, доступ до мережі Інтернет, робота з презентаціями.

13. Рекомендована література:

Основна

1. Martynyuk V., Kałaczyński T., Kosenkov V., Slyva A. Autonomous power supply systems: Monograph. - Bydgoszcz, Poland: Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, 2024. - 47 p.
2. Мартинюк В.В., Федула М.В., Косенков В.Д., Слива А.А. Високоєфективна автономна система електроживлення установки переробки полімерних відходів у дизпаливо: Монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2024. – 60 с.
3. Mariprasath T., Kishore P., Kalyankumar K. Solar Photovoltaic System Modelling and Analysis: Design and Estimation. – River Publishers, 2024.
4. Jeguirim M. (Ed.). Recent Advances in Renewable Energy Technologies. – Elsevier, 2021.
5. MDPI. PV System Design and Performance. – MDPI, 2021.

Додаткова

6. MDPI. Advances in the Modeling, Optimization and Control of Renewable Energy Systems. – MDPI, 2024.
7. Мартинюк В.В., Руденко О.В. Метод керування гібридною сонячною електростанцією // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2022. – №4. – С. 58 – 61.
8. Мартинюк В.В., Гребінчук А.Д. Метод керування оптимізатором сонячної панелі // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2022. – №4. – С. 77 – 80.
9. Sadykov, M., et al. Mathematical modelling of solar power converters // Machinery & Energetics. – 2024. – Vol. 15, No. 4. – pp. 118-135.
10. Modelling and Simulation of Photovoltaic Systems Using MATLAB / Simulink // WSEAS Transactions on Systems and Control. – 2023.
11. Optimization and Evaluation of a Stand-Alone Hybrid System Consisting of Solar Panels, Biomass, Diesel Generator, and Battery Bank for Rural Communities // Sustainability. – MDPI, 2024.

14. Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=7525>
2. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>
3. Інституційний репозитарій ХНУ. URL : <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Тип дисципліни	Вибіркова
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Мова викладання	Українська
Семестр	—
Кількість призначених кредитів ЄКТС	8,0
Форми здобуття освіти, для яких викладається дисципліна	Очна (денна)

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент повинен: *застосовувати* спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері моделювання та проектування пристроїв сонячної енергетики для розв’язування складних задач професійної діяльності з автоматизації, силових електроніки та відновлюваної енергетики; *розробляти* імітаційні моделі компонентів та систем сонячної енергетики (фотоелектричних модулів, перетворювачів, контролерів МРРТ), *створювати* алгоритми їх керування та візуалізувати параметри і характеристики енергетичних процесів (вольт-амперні та вольт-ватні характеристики); *застосовувати* сучасні підходи і методи моделювання, дослідження та оптимізації пристроїв та систем сонячної енергетики, призначених для використання у сучасних системах автоматизації, комп’ютерно-інтегрованих технологіях та відновлюваній енергетиці..

Зміст навчальної дисципліни. Характеристики моделей пристроїв сонячної енергетики. Принципи роботи з компонентами у середовищах моделювання. Імітаційне моделювання силових перетворювачів. Автоматизоване проектування систем керування (МРРТ). Моделювання автономних та гібридних сонячних енергосистем. Мультифізичне моделювання (тепловий аналіз). Інтеграція та експорт проєктів.

Запланована навчальна діяльність: Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для *другого* (магістерського) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить **8** годин на 1 кредит ЄКТС.

Форми (методи) навчання лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного й інтерактивного навчання, мотиваційних прийомів, інформаційно-комунікаційних технологій); лабораторні заняття (з використанням інструктування, демонстрування, натурних експериментів, комп’ютерної симуляції, наукових та інженерних розрахунків та різних форм візуалізації даних); практичні заняття (з використанням інструктування, демонстрування, розв’язування типових і прикладних задач, аналізу кейсів, ситуаційних завдань, елементів дискусії тощо); самостійна робота (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичних робіт, поточного контролю), з використанням інформаційно-комп’ютерних технологій та технологій дистанційного навчання.

Форми оцінювання результатів навчання: оцінювання лабораторних та практичних робіт; тестування.

Вид семестрового контролю: залік.

Навчальні ресурси:

1. Martynyuk V., Kałaczyński T., Kosenkov V., Slyva A. Autonomous power supply systems: Monograph. - Bydgoszcz, Poland: Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, 2024. - 47 p.
2. Мартинюк В.В., Федула М.В., Косенков В.Д., Слива А.А. Високоєфективна автономна система електроживлення установки переробки полімерних відходів у дизпаливо: Монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2024. – 60 с.
3. Mariprasath T., Kishore P., Kalyankumar K. Solar Photovoltaic System Modelling and Analysis: Design and Estimation. – River Publishers, 2024.
4. Jeguirim M. (Ed.). Recent Advances in Renewable Energy Technologies. – Elsevier, 2021.
5. MDPI. PV System Design and Performance. – MDPI, 2021.
6. Модульне середовище для навчання.
7. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=7525>
8. Електронна бібліотека ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://library.khmnu.edu.ua/>

Викладач: д-р. техн. наук, проф. Валерій МАРТИНЮК