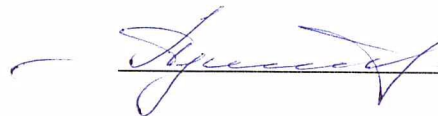


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки

Затверджено
на засіданні кафедри сенсорної та
напівпровідникової електроніки
факультету електроніки та
комп'ютерних технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка

(протокол № 1/24 від 29.08.2024 р.)

Завідувач кафедри

 Андрій ЛУЧЕЧКО

Силабус з навчальної дисципліни

“ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ”,

що викладається в межах освітньо-професійної програми
“Електроніка та комп'ютерні системи”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності
171 Електроніка

Львів 2024

Назва дисципліни	Енергетичні системи та комплекси
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	17 Електроніка та телекомунікації, 171 Електроніка
Викладачі дисципліни	Костик Людмила Василівна, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри сенсорної та напівпровідникової електроніки
Електронна інформація викладачів	lyudmyla.kostyk@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kostyk-l-v факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген.Тарнавського, 107, лаб. 414
Електронні консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	В режимі оф-лайн: згідно розкладу в день проведення лекційних/лабораторних занять (корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107). В режимі он-лайн: на платформі Microsoft Teams (для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача).
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/enerhetychni-systemy-ta-kompleksy/
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Енергетичні системи та комплекси» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 171 «Електроніка» освітньо-професійної програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається у 8 семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Енергетичні системи та комплекси» присвячена ознайомленню з нетрадиційними та відновлювальними джерелами енергії, методам та засобам перетворення їх в електроенергію. Включає вивчення фізичних основ сонячної енергетики, різних типів перетворювачів сонячної енергії, методів використання енергії вітру. Особливостей

	використання гідроенергетики, енергії хвиль та припливів, біоенергетика.
Мета та цілі дисципліни	<p>Метою дисципліни є сформувати у студентів розуміння теоретичних і фізичних основ сонячної енергетики, уявлення про гідроенергетику, біоенергетику, можливості використання енергії хвиль та припливів.</p> <p>Цілі дисципліни: Курс “ повинен забезпечити ознайомлення студента із фізичними принципами і методами перетворення різних видів відновлювальних джерел в електричну та теплову енергію. Опанувати фізичну суть явищ, покладених в основу роботи сучасних перетворювачів сонячної енергії і сформувати практичні навички роботи з фотоелектричними перетворювачами та вимірювальною апаратурою для вирішення прикладних завдань сучасної відновлювальної енергетики.</p>
Література для вивчення дисципліни	<p>Рекомендована література</p> <p>Базова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Курс лекцій/ С.О. Кудря, В.І. Будько. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 387 с. 2. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 340 с. 3. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навчальний посібник. / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернянський . – Черкаси : ЧДТУ, 2007. – 483 с. 4. Фотоенергетика: навч. посібник/ Ю.П. Колонтаєвський, Д.В. Тугай, С.В. Котелевець; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. –160 с. 5. Вітроенергетика [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / Головка В. М. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с. <p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч.посіб. / Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа, Я. М. Гнатишин. – Львів : Магнолія 2006, 2009. – 188 с. 7. Нетрадиційні джерела енергії. Практичні заняття. Навчальний посібник. / Д. В. Риндюк, Т. В. Шелешей, І. С. Беднарська. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 . – 81с. 8. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Навчальний посібник. / І.О. Сінчук, С.М.Бойко, К.І. Лосіна, І.А. Луценко., Г.І. Ткаченко. – Кременчук: Вид-во ППП Щербатих, 2013. – 192 с. 9. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ.: ТОВ "Віол Принт", – 2008. – 55 с.

	<p>Методичне забезпечення: Методичні рекомендації до лабораторного практикуму. з курсу «Енергетична електроніка». / Л.В. Костик, Р.М. Лис, І.М. Матвіїшин, Д.П. Слободзян, Л.М. Шпак. Львів, Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.-2017.-59 с.</p>
Обсяг КУРСУ	<p>Загальний обсяг 180 год. Аудиторних занять – 96 год.: 48 год. - лекційних занять, 48 год- лабораторних занять. Самостійна робота - 84 год.</p>
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення даного курсу студент повинен: знати: фізичні основи і сучасні методи перетворення енергії нетрадиційних та відновлюваних джерел, методи підвищення ефективності обладнання за рахунок комплексного їх використання та застосування акумуляторів енергії. вміти: проаналізувати принципи роботи та побудови фотоелектричних та хімічних перетворювачів, проводити розрахунки відповідних параметрів, інтерпретувати отримані експериментальні результати.</p>
Ключові слова	<p>Відновлювальні джерела енергії, енергоефективність, вітроенергетика, сонячна енергетика, геотермальна енергія, енергія біомаси, гідроенергетика, енергія довкілля, акумулятори, контролер заряду.</p>
Формат курсу	Очний.
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру.
Пререквізити	<p>Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математики і фізики: як «Вища математика», «Твердотільна електроніка», «Напівпровідникова електроніка», «Оптоелектроніка».</p>
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Лекції, презентації, лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань (робота у групі, команді), обговорення, дискусія. Робота в системах Microsoft Teams та Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.</p>
Необхідне обладнання	<p>Джерела живлення постійного струму Б5-47, Б5-49. Мультиметри типу М-838, монохроматор МДР-4, галогенні лампи, джерела живлення, резистори, двохканальний осцилограф С1-79, установка для вивчення ФЕ.</p>

Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)

Оцінювання знань студента здійснюється упродовж семестру за 100 бальною шкалою, 60 балів за поточну успішність 20 за модуль і 20 – за залік.

Поточний контроль знань студентів здійснюється під час проведення лабораторних та практичних занять. Модульний контроль проводиться 2 рази впродовж семестру. Семестр закінчується здачею заліку з навчальної дисципліни. Під час семестрового контролю враховуються результати здачі лабораторних і модульних контрольних робіт та письмово-усного заліку.

Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:

- лабораторні роботи: 40% семестрової оцінки (максимальна кількість балів — 40);
- розрахункові завдання: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів — 20)
- контрольні заміри: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів — 20);
- залік: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів — 20).

Загалом упродовж семестру 100 балів

Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Формування звітів є підставою для їх незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані при поточному контролі (виконання лабораторних робіт, модулів), самостійній роботі та бали підсумкового заліку. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат;

	<p>несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Оцінювання лабораторних робіт та розрахункових завдань (8 лабораторних робіт та 4 розрахункові завдання) відбуваються шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту.</p> <p>Кожна робота оцінюється в діапазоні від 0 до 5 балів ($8 \times 5 + 4 \times 5 = 60$).</p> <p>Бали оцінювання робіт нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>5 - студент в повному обсязі володіє теоретичним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, самостійно реалізує 100 % від поставлених завдань для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі роботи та описі отриманих результатах;</p> <p>3 - студент достатньо розуміє теоретичний матеріал, самостійно реалізує 75 % від поставлених для виконання роботи завдань, однак присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по отриманих результатах;</p> <p>1,5-1 - студент не досить добре розуміє теоретичний матеріал, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді</p> <p>0 - студент зовсім не підготувався до виконання лабораторної роботи, при допомозі викладача не в змозі виконати жодне завдання лабораторної роботи.</p> <p>2 модулі по 10 балів кожен складаються з двох частин: перша теоретична частина, що містить чотири питання з лекційного матеріалу (відповіді на кожне оцінюються у 2 бали: $4 \times 2 = 8$ балів). друга частина, що містить одне розрахункове завдання (виконання оцінюється у 2 бали). Залік проводиться у формі тестових завдань у системі Moodle . Містить 40 тестових питань з одним вірним варіантом відповіді. Кожна правильна відповідь приносить 0,5 бала, хибна відповідь — 0 балів</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету з метою оцінювання якості курсу буде надано після вивчення курсу.</p>

СХЕМА КУРСУ

Тиж	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год.	Термін виконання
1	<p>Тема 1. Альтернативна енергетика та відновлювальні джерела енергії. Структура курсу. Роль енергетики в розвитку суспільства. Класифікація джерел енергії. Енергетичний потенціал джерел енергії в Україні. Невідновлювані джерела енергії: вугілля, торф, нафта, природній газ. Переваги і недоліки сонячної енергетики Сонячна енергетика України Перспективи альтернативної енергетики в Україні</p>	Лекція (3 год)	1-4	Вступне заняття. Інструкція з техніки безпеки. Ознайомлення з методичними матеріалами до лабораторних робіт (2 год).	1 тиждень семестру
2.	<p>Тема 2. Енергія вітру. Історія розвитку вітроенергетики. Основні характеристики енергії вітру. Енергетичні ресурси вітру в Україні. Особливості розвитку вітроенергетики. Нові можливості вітроенергетики. Методи та засоби перетворення вітрової енергії. Різні типи вітроустановок. Методи визначення енергетичного потенціалу вітру. Сучасний стан обладнання вітроенергетичних станцій.</p>	Лекція (3 год)	1-7	Дослідження ВАХ фотодіодів, впливу температури на ВАХ (4 год).	2-3 тиждень семестру
3	<p>Тема 3. Геотермальна енергія. Класифікація геотермальних ресурсів. Основні характеристики та питомі енергетичні показники. Розподіл енергетичного потенціалу геотермальної енергії в Україні. Стан та перспективи освоєння геотермальної енергії. Класифікація геотермальної енергії та основні характеристики.</p>	Лекція (3 год)	1-7		

4	<p>Тема 4 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. Сучасні методи, та обладнання малої гідроенергетики</p>	Лекція (3 год)	1-8	Дослідження світлових та анодних характеристик фоторезисторів та вакуумних фотоелементів. (6 год).	4-5 тижень семестру
5	<p>Тема 5. Енергія біомаси. 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. Вплив розвитку біоенергетики на оточуюче середовище. Основні сучасні технології та обладнання з переробки біомаси, їх технічні та економічні показники.</p>	Лекція (3 год)	1-7		
6	<p>Тема 6. Сонячна енергетика. Пряме перетворення сонячної енергії. Переваги і недоліки сонячної енергетики Сонячна енергетика України Перспективи сонячної енергетики в Україні Способи виробництва електричної енергії з сонячного випромінювання. Основи класифікації методів та засобів перетворення сонячної енергії. Напівпровідникові фотоелементи</p>	Лекція (3 год)	1-4	Фотоефект на р-п переході. Дослідження світлових ВАХ та світлових характеристик фотоелементів на напівпровідниковому переході. (4 год).	6 тижень семестру

7	<p>Тема 7. Сонячні перетворювачі енергії на основі бар'єрних структур. Поняття сонячного оптимуму. Ідеальна ефективність перетворення.. Фотовольтаїчний ефект. Види сонячних елементів. Сонячні елементи (СЕ) на основі <i>p-n</i> структур. Світлові, електричні характеристики Кремнієві монокристалічні сонячні елементи. Кремнієві полікристалічні сонячні елементи. КД СЕ. Конструкції пристроїв. Сонячні термо-фотоелектричні генератори. Оптична селективність. Ефективність СЕ. Втрати в СЕ. Сонячні елементи (СЕ) на бар'єрах Шоткі. СЕ на МДН-структурах. Конструкції пристроїв та їх переваги</p>	Лекція (3 год)	1-8	<p>Дослідження вольт-амперних характеристик сонячних батарей. Визначення оптимального опору навантаження та максимальне значення потужності та коефіцієнта заповнення, коефіцієнта корисної дії (ефективність) сонячних батарей (6 год).</p>	7 тиждень семестру
8	<p>Тема 8. Сонячні перетворювачі енергії на основі бар'єрних структур. Поняття сонячного оптимуму. Ідеальна ефективність перетворення.. Фотовольтаїчний ефект. Види сонячних елементів. Сонячні елементи (СЕ) на основі <i>p-n</i> структур. Світлові, електричні характеристики. Кремнієві монокристалічні сонячні елементи. Кремнієві полікристалічні сонячні елементи. КД СЕ. Конструкції пристроїв. Сонячні термо-фотоелектричні генератори. Оптична селективність. Ефективність СЕ. Втрати в СЕ. Сонячні елементи (СЕ) на бар'єрах Шоткі. СЕ на МДН-структурах. Конструкції пристроїв та їх переваги</p>	Лекція (3 год)	1-8	<p>Дослідження спектральних характеристик фотодіодів та фотоелементів. (4 год).</p>	8 тиждень семестру
9	<p>Тема 9. Тонкоплівкові сонячні елементи. Гетеропереходи. Енергетична діаграма гетеропереходу. Особливості фотоЕРС на гетеропереходах. Технології виготовлення високо-ефективних монокристалічних плівкових СЕ. Створення аморфних сонячних перетворювачів. Конструкції пристроїв. Полікристалічні перетворювачі на основі халькогенідів кадмію</p>	Лекція (3 год)	1-4	<p>Дослідження світлових характеристик сонячних модулів . Вплив кута нахилу фотомодулів на світлові характеристики . (4 год).</p>	9тиждень семестру

	(CdS/CdTe), можливості їхнього застосування. SE на основі $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{S}_y\text{Se}_{2-y}$. Арсенід-галієві SE. Тандемні і каскадні SE на основі твердих розчинів A^3B^5 з аномально високою ефективністю. Проблеми вибору оптичного вікна для SE. Сучасні задачі вибору матеріалів SE.				
1.0	Тема 10. Сонячна теплоенергетика. Класифікація систем сонячного теплопостачання Сонячні колектори. Плоский вакуумний колектор. Загальна характеристика вакуумних колекторів Будова трубчастих вакуумних сонячних колекторів. Концентруючі сонячні колектори. Віддзеркалюючий вакуумний сонячний колектор, слідкуючий за Сонцем.	Лекція (3 год)	1-4	Розрахунок потужності, що виробляється вітроустановкою. (2)	10 тиждень семестру
1.1	Тема 11. Технічні засоби фотоенергетики. Загальна характеристика технічних засобів. Сонячні панелі та їх властивості. Фотоелектричні системи, їх класифікація та особливості Основні технічні та економічні показники фотоенергетичного обладнання.	Лекція (3 год)	1-4	Дослідження режиму режимів холостого ходу та короткого замикання сонячного елемента. Дослідження спектральних характеристик сонячного елемента. (4 год).	11 тиждень семестру
1.2	Тема 12. Сонячні електростанції. Загальні відомості. Основні поняття. Фотоелектричні системи, їх класифікація та особливості. Контролери заряду – розряду. Типи та характеристики контролерів	Лекція (3 год)	1-4	Вплив температури на електричні параметри сонячної батареї. (4 год).	12 тиждень семестру
1.3	Тема 13. Види інверторів сонячних електростанцій. Вибір інвертора. Вплив відхилень напруги на різне електрообладнання. Автономні інвертори напруги. Мережеві інвертори. Гібридні інвертори. Орієнтовний	Лекція (3 год)	1-4	Розрахунок площі сонячного колектора для забезпечення споживача гарячою водою в кількості m кілограмів на добу із заданою температурою (2 год).	13 тиждень семестру

	вибір інвертора за потужністю.				
14	<p>Тема 14. Системи акумулювання енергії відновлюваних джерел. Системи акумулювання енергії. відновлюваних джерел. Класифікація акумуляторів енергії. Електрохімічні, теплові, інерційні акумулятори. Пристрої акумулювання, накопичення та збереження енергії. Акумулятори. Накопичення і зберігання електроенергії.</p>	Лекція (3 год)	1-4	Розрахунок отримання електроенергії сонячною батареєю, що складається з m модулів на майданчику, розташованому під кутом β до горизонту. (2 год).	14 тиждень семестру
15	<p>Тема 15. Воднева енергетика. Характеристика водню як енергоносія. Виробництво водню. Методи зберігання та транспортування. Застосування водню у відновлювальній енергетиці. Комплексне використання відновлювальних джерел енергії та акумуляторів енергії.</p>	Лекція (3 год)	1-4	Методи розрахунку сонячної радіації, що приходить на горизонтальний і похилій приймальні майданчики. (2 год).	15 тиждень семестру
16	<p>Тема 16. Розрахунок продуктивності сонячної електростанції. Географічне положення. Орієнтація і кут нахилу фото панелей. Тип установки і температура. Характеристики обладнання. Експлуатація сонячних батарей. Специфіка підключення сонячних електростанцій до мережі. Деякі застосування фотоенергетичних пристроїв.</p>	Лекція (3 год)	1-4	Підсумкове заняття. Узагальнення проблемних питань. (2 год.)	16 тиждень семестру