



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Комбіноване перетворення сонячної енергії

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка,
176 – Мікро- та наносистемна техніка

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Стала та відновлювана енергетика: електрична та мікроелектронна інженерія

Кафедра

Мікро- та наноелектроніки (167)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Профільна підготовка, вибіркова

Семестр

3

Мова викладання

Українська, англійська

Викладачі, розробники



Дроздов Антон Миколайович

Anton.Drozdov@khpi.edu.ua

Кандидат фізико-математичних наук, доцент, старший дослідник.

Досвід роботи – 20 років. Автор понад 50 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисципліни: «Фізичні основи технологій для мікро-та наносистемної техніки».

Основні дисципліни:

- «Фізичні основи мікро- та наносистемної техніки»;
- «Технологічні основи мікроелектроніки»;
- «Проектування елементів мікро- та наносистемної техніки»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

При опануванні дисципліни студент розвиватиме та посилить компетентності щодо дослідження систем тепло- та електропостачання у вигляді комбінованих фотоенергетичних систем, вибору основних компонентів таких систем, технологічних, схмотехнічних рішень та конструктивного виконання різних типів систем. Поряд із цим, студент опановує питання щодо моделювання фізичних процесів теплообміну в зазначених системах при вільному та примусовому русі теплоносія. Студент під час роботи в команді розвиває навички міжособистісної взаємодії та поглиблює зв'язок між теоретичними знаннями та спеціальними практичними навичками для виконання розрахункової роботи з проектування систем відновлюваної генерації.

Мета та цілі дисципліни

Формування у студентів знань, навичок та компетентностей, що забезпечують кваліфіковану участь у проектній роботі при проектуванні, розробці, виготовленню та експлуатації систем комбінованого перетворення сонячної енергії у електричну та теплову. Формування навичок роботи з основними приладами дослідження параметрів систем генерації електричної та теплової енергії. Отримання практичного досвіду роботи зі спеціальності й навичок міжособистісної

взаємодії при роботі в команді при вирішенні науково-дослідницьких та інженерних завдань, поглиблення й закріплення знань, отриманих у процесі навчання, вивчення й збір матеріалів для використання їх при виконанні курсової роботи.

Формат занять

Лекційні заняття, практичні та лабораторні роботи, самостійна робота. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

СК1. Здатність обґрунтовано обирати, застосовувати наявні та розробляти нові методи, методики, технології для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК3. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові й технічні методи для вирішення науково-технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки, оцінювати отримані результати.

СК6. Здатність розробляти й реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК7. Здатність проектувати та впроваджувати ефективні, надійні й безпечні, зв'язані з мережею та автономні електрогенеруючі установки й станції, що використовують відновлювані джерела енергії, зокрема фотоелектричні.

СК8. Здатність планувати впровадження і керувати роботою відновлюваних джерел енергії для забезпечення сталого розвитку енергетики на основі технологій розумних мереж, розподіленої генерації та акумуляування енергії.

Результати навчання

РН1. Формулювати й розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.

РН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН10. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії сталого розвитку енергетики, забезпечення енергетичної безпеки та переходу до відновлюваної енергетики в Україні, ЄС та світі.

РНс1.1. Визначати оптимальні технології, схеми організації й параметри обладнання установок та станцій з виробництва електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії, зокрема фотоелектричних.

РНс2.4. Планувати впровадження нових проектних рішень у розробку та виробництво пристроїв мікро- та наносистемної техніки для систем відновлюваної генерації.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): Лекції - 32 год., практичні роботи – 16 год., лабораторні роботи - 16 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Компетентності, якими має володіти студент (дисципліни):

- Властивості та сучасні методи дослідження напівпровідникових приладів
- Напівпровідникові фотоелектричні перетворювачі

Також студент має знати основні елементи процесів теплообміну. Студент має володіти навичками безпечної професійної діяльності та навичками провадження дослідницької та практичної діяльності при вирішенні наукових та практичних проектів.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Дисципліна зорієнтована як на самостійну діяльність студентів, так і на їх вміння у складі команди проводити необхідні розрахунки при виконанні проєктів. Основна рекомендація зводиться до забезпечення рівномірної активної роботи студентів протягом навчального семестру. Робиться акцент на застосуванні інформаційних технологій при проєктуванні відновлювальних джерел енергії. Навчальні матеріали та спілкування в команді доступні студентам за допомогою корпоративного пакету Microsoft 365. На практичних та лабораторних заняттях використовується командний підхід до навчання та виконання розрахункових робіт.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Сучасний стан розробки та ККД високоефективних фотоелектричних перетворювачів природного та концентрованого сонячного випромінювання.

Одноперехідні та багатоперехідні кристалічні фотоелектричні перетворювачі. Тонкоплівкові фотоелектричні перетворювачі та перетворювачі на основі гетеросистем.

Тема 2. Різновиди та світовий стан розвитку сонячних колекторів.

Плоскі теплові сонячні колектори на основі теплових труб. Вакуумні теплові сонячні колектори на основі теплових колекторів. Термосифонні теплові сонячні колектори на основі теплових труб.

Тема 3. Комбіновані фотоенергетичні установки.

Сучасний стан світових розробок. Фотоенергетичні установки на основі теплових труб. Концентраційні фотоенергетичні установки.

Тема 4. Метрологічне забезпечення розробки фотоелектричних перетворювачів та сонячних колекторів.

Імітація сонячного випромінювання (світлового та теплового). Дослідження параметрів фотоелектричних перетворювачів та сонячних колекторів.

Тема 5. Фізична модель роботи системи охолодження при вільному русі теплоносія.

Тепловіддача при вільній конвекції близько вертикальних пластин і вертикальних труб.

Тепловіддача при вільній конвекції близько горизонтальних пластин. Тепловіддача при вільному русі текучого середовища при малих числах Релея. Тепловіддача при вільній конвекції близько горизонтальних циліндрів. Середній коефіцієнт тепловіддачі при вільній конвекції близько вертикальних пластин, вертикальних труб, горизонтальних пластин, горизонтальних труб і куль. Теплообмін при вільному русі текучого середовища в обмеженому просторі.

Тема 6. Фізична модель роботи системи охолодження при примусовому русі теплоносія.

Конвективна тепловіддача при вимушеному русі текучого середовища в трубах і каналах.

Конвективна тепловіддача при вимушеному зовнішньому обтіканні тіл. Розрахунок частки сонячної енергії, яка перетворюється в теплову.

Тема 7. Конструктивно-технологічні рішення комбінованих фотоенергетичних модулів.

Вплив робочої температури на ефективність кремнієвих фотоелектричних перетворювачів. Основні робочі параметри.

Тема 8. Фотоенергетичні системи на основі гнучких плівкових фотоелектричних перетворювачів.

Вплив робочої температури на ефективність плівкових фотоелектричних перетворювачів.

Концепція фотоенергетичної системи на основі плівкових ФЕП на базі гетеросистеми CdS/CdTe. Моделювання системи охолодження фотоенергетичного модуля на основі гнучких елементів.

Тема 9. Висококонцентровані фотоенергетичні установки на основі кремнієвих фотоелектричних перетворювачів.

Фізико-технічні особливості та прогнози розрахунки ключових граничних параметрів фотоенергетичного модуля і концентратора сонячного випромінювання. Принципові фізико-технічні особливості висококонцентрованого фотоенергетичного модуля. Ключові граничні енергетичні параметри фотоенергетичного модуля і оптимальні геометричний та оптичний параметри пристосованого до нього концентратора сонячного випромінювання. Граничні техніко-економічні показники фотоенергетичних установок. Розрахунки площі сонячної батареї, витрат монокристалічного кремнію на її виготовлення та оцінювання оптимального значення коефіцієнту концентрації і граничних масопотужносної характеристики та питомої корисної потужності.

Тема 10. Висококонцентровані фотоенергетичні установки з сонячною батареєю на основі арсеніду галію.

Обґрунтування необхідності вдосконалення фотоенергетичних установок. Ефективні теплові контакти для фотоелектричних перетворювачів на основі арсеніду галію.

Тема 11. Експериментальне дослідження фотоенергетичного модуля.

Дослідження виготовлених експериментальних зразків модулів. Зіставлення результатів аналізу інформаційних джерел і результатів досліджень експериментального зразка фотоенергетичного модуля.

Теми практичних занять

Тема 1. Видача завдання для виконання розрахункової роботи. Формування команд для виконання проєктів. Ознайомлення з критеріями оцінювання.

Тема 2. Моделювання системи охолодження при вільному русі теплоносія.

Тема 3. Моделювання системи охолодження при примусовому русі теплоносія.

Тема 4. Розрахунок граничних енергетичних параметрів фотоенергетичного модуля і оптимальних геометричних та оптичних параметрів пристосованого до нього концентратора сонячного випромінювання.

Тема 5. Розрахунок граничних техніко-економічних показників фотоенергетичних установок.

Тема 6. Аналіз рішень розрахункової роботи, визначення та обговорення переваг та недоліків.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Дослідження параметрів фотоелектричних перетворювачів та сонячних колекторів.

Тема 2. Моделювання системи охолодження при вільному русі теплоносія.

Тема 3. Моделювання системи охолодження при примусовому русі теплоносія.

Тема 4. Дослідження впливу робочої температури на ефективність фотоелектричних перетворювачів.

Тема 5. Розрахунок площі сонячної батареї, витрат монокристалічного кремнію на її виготовлення та оцінювання оптимального значення коефіцієнту концентрації і граничних масопотужносної характеристики та питомої корисної потужності.

Самостійна робота

Індивідуальне завдання – розрахункове завдання у вигляді командної розрахункової роботи:

1. Розрахунок комбінованої системи на основі кристалічних фотоелектричних перетворювачів.

2. Розрахунок комбінованої системи на основі гнучких плівкових фотоелектричних перетворювачів.

3. Розрахунок висококонцентрованої комбінованої системи на основі кремнієвих фотоелектричних перетворювачів.

4. Розрахунок висококонцентрованої комбінованої системи на основі фотоелектричних перетворювачів з арсеніду галію.

Оформлення розрахункової роботи та підготовка мультимедійної презентації роботи.

Обсяг роботи: 25-30 с.

Термін подачі: 16-й тиждень.

Робота оформлюється відповідно вимогам СТЗВО-ХПІ-2.01-2021, СТЗВО-ХПІ-3.01-2021, готується її мультимедійна презентація та проводиться захист та обговорення.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». – 2118-VII. – К.: ВВР, 2017, №3, с.5, стаття 359.

2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

3. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. [Електронний

ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085

4. Technology Bases of Combined Photovoltaic Systems / R. Zaitsev, M. Kirichenko, K. Minakova, G. Khrypunov, V. Nikitin - Transactions on Physics & Math in Engineering Science, Ser.A, Vol. 1, Kharkiv: NTU "KhPI", 2023. - 240 p.
5. Комбіновані фотоенергетичні системи / Р.В. Зайцев, Г.С. Хрипунов, М.В. Кіріченко, А.В. Мериуц - Харків: Стильіздат, 2020. – 324 с.
6. High Concentrator Photovoltaics / ed. by Pedro Pérez-Higueras, Eduardo F. Fernández - Springer, 2015. - 477 p.
7. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering / ed. by Antonio Luque, Steven Hegedus - John Wiley & Sons, 2010. - 1132 p.
8. Handbook of Solar Thermal Technologies / ed. by Clifford K Ho - World Scientific Book, 2022. - 452 p.

Додаткова література:

1. Забарний Г. М. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України. НАН України. Ін-т техн. теплофізики. - К., 2002. - 210 с.
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. Під редакцією Кудрі. С.О. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.
3. Адаменко О.М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: [монографія] / О.М. Адаменко. - Івано-Франківськ: ІМЕ, 2010. - 432 с.
4. Альтернативна енергетика / М. Д. Мельничук, В. О., Дубровін, В. Г. Мироненко та ін. - Київ: Аграр Медіа Груп, 2012. -244 с.
5. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник / О. Адаменко, В. Височанський. В. Лютко, М. Михайлів. - Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. - 256 с.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Підсумкова оцінка складається із наступних обов'язкових частин:

1. Звіти за результатами розрахунків практичних занять 2-5 - 8 балів кожний (20%).
2. Звіти за результатами лабораторних робіт - 5 балів кожна (25%).
3. Захист командної розрахункової роботи - 25 балів (35%).
4. Екзамен – 20 балів (20%)

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

28.08.23



Завідувач кафедри
Роман ЗАЙЦЕВ

28.08.23



Гарант ОП
Костянтин МАХОТІЛО