



# Фотоелектричні станції

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Перший (бакалаврський)</i>                                                                                                                                                                                                                          |
| Галузь знань                                | <i>14 «Електрична інженерія»</i>                                                                                                                                                                                                                       |
| Спеціальність                               | <i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>                                                                                                                                                                                      |
| Освітня програма                            | <i>ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ</i>                                                                                                                                                                                                                              |
| Статус дисципліни                           | <i>Нормативна</i>                                                                                                                                                                                                                                      |
| Форма навчання                              | <i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>                                                                                                                                                                                                                 |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>III курс, осінній семестр</i>                                                                                                                                                                                                                       |
| Обсяг дисципліни                            | <i>3 кредити/ECTS 90 годин (лекцій – 36, лабораторних занять – 18, самостійна робота - 36)</i>                                                                                                                                                         |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>Залік/МКР</i>                                                                                                                                                                                                                                       |
| Розклад занять                              | <i>Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; лабораторні заняття – 1 раз на два тижні</i>                                                                                                                                                                   |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                                                      |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.ф.-м.н, професор, Гаєвський Олександр Юлійович, +380 975704643, <a href="mailto:aj.gaevsky@gmail.com">aj.gaevsky@gmail.com</a><br>Лабораторні: Іванчук Владислав Юрійович <a href="mailto:vladdos.iv98@gmail.com">vladdos.iv98@gmail.com</a> |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=gzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=gzf7r66</a>                                                                                                                  |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Фотоелектричні станції» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів: «Електричні станції», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів наступних компетентностей:

*K07. Здатність працювати в команді.*

*K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.*

*K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.*

*K26. Здатність використовувати знання з організації виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел в професійній діяльності.*

**Програмні результати навчання:**

*ПРО1. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.*

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

ПР26. Вміти вибирати та порівнювати енергообладнання традиційної та відновлюваної енергетики.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що ґрунтуються на матеріалі попередніх дисциплін, а саме: Вступ до спеціальності. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для вивчення дисциплін: Дипломне проектування.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розподілено на **5 розділів**, а саме:

- Характеристики сонячного випромінювання. Розрахунок інтенсивності та приходу сонячної радіації.
- Основні поняття зонної структури напівпровідників. Електричні та оптичні властивості та втрати у фотоелектричних елементах.
- Конструкції та характеристики фотоелектричних модулів.
- Фотоелектричні станції (ФЕС). Обладнання та проектування.
- Системи моніторингу, діагностики, прогнозування в фотоенергетиці.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### Основні інформаційні ресурси:

1. Гаєвський О.Ю. Фотоенергетика. Частина I. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі: підручник /О.Ю. Гаєвський. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського. Електронне видання, 2022. – 141 с.
2. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник. – Київ: НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2012. – 495 с.
3. «Фотоенергетика». Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи для студентів за спеціальністю 7/8.05070107 "Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії" /укл. О.Ю. Гаєвський – К.: ФЕА НТУУ «КПІ», 2022. –38с.
4. «Фотоенергетика». Методичні вказівки до практичних занять [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; /уклад.: О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук – Електронні текстові дані (1 файл: 2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 30 с.
5. «Фотоенергетика». Методичні вказівки до лабораторних занять [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ;/уклад.: О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук – Електронні текстові дані (1 файл: 3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 41 с.
6. Колонтаєвський Ю.П., Тугай Д.В., Котелевець С. В. Фотоенергетика: навч. посібник / Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2019. – 160 с.

Додаткові:

1. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4th edition / Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 910 p.
2. Kalogirou S. *Solar Energy Engineering : Processes and Systems* / San Diego, California: Elsevier Inc., 2009. – 760 p.
3. McEvoy's Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications. Editor S. Kalogirou. 3rd Edition / Academic Press, 2017. – 1340 p.
4. А.Н. Гаєвська, О.Ю. Гаєвський. Розробка програмного забезпечення для оптимізації параметрів фотоелектричних станцій. I. Куту нахилу та азимуту сонячних панелей// Відновлювана енергетика. - 2017. - №2 (49), с. 41-49. – Режим доступу: <https://ve.org.ua/index.php/journal/article/view/57/39>.
5. R.G. Vieira, F.M.U. de Araújo, M. Dhimish and M.I.S. Guerra. A Comprehensive Review on Bypass Diode Application on Photovoltaic Modules // *Energies* 2020, 13, 2472; doi:10.3390/en13102472 – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/10/2472>.
6. Дьомін Д.А., Гаєвська А.М., Гаєвський О.Ю. Коефіцієнт втрат потужності фотоелектричних модулів внаслідок взаємного затінення та оптимізація кутів нахилу та відстані між рядами модулів // Відновлювана енергетика. – 2019. - №4(59). – с.37-48 – Режим доступу: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4\(59\).37-48](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4(59).37-48).
7. Гаєвський О.Ю., Іванчук В.Ю., Корнієнко І.О. Алгоритм і програмне забезпечення для Arduino-системи тестування фотоелектричних модулів// Відновлювана енергетика. 2021. No 1, с.42-49. – Режим доступу: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.1\(64\).42-49](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.1(64).42-49).
8. Ali M. Humada, S. Y. Darweesh, K. G. Mohammed et al. Modeling of PV system and parameter extraction based on experimental data: Review and investigation / *Solar Energy*, Volume 199, 2020, p. 742-760, doi.org/10.1016/j.solener.2020.02.068.
9. A.Yu. Gaevskii. Method for determining parameters of PV modules in field conditions // 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems. April 17–19, 2019. Kyiv, Ukraine.
10. D. d. B. Mesquita, J. Lucas de S. Silva, H. S. Moreira, M. Kitayama and M. G. Villalva, "A review and analysis of technologies applied in PV modules," 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Gramado, Brazil, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISGT-LA.2019.8895369.
11. О.Ю. Гаєвський, Г.М. Гаєвська, В.В. Бодняк, М.О. Коновалов. Причини підвищення напруги у вузлі підключення ФЕС до розподільної мережі та інверторне регулювання напруги // Відновлювана енергетика. 2022. No 1(68), с.27 – 36. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1\(68\)828](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1(68)828).
12. Mellit, S. Kalogirou. *Handbook of Artificial Intelligence Techniques in Photovoltaic Systems: Modeling, Control, Optimization, Forecasting and Fault Diagnosis* / Academic Press;: 2022. - 374 p.

**Навчальний контент**

**5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

*Лекційні заняття*

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)                                                                                                             |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Історія і сучасний стан фотоенергетики. Нові фотоелектричні матеріали та установки. Поява великих фотоелектричних систем та формування фотоенергетики. Природа сонячного випромінювання.<br>Літературні джерела: [1,2,4,7] . |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | <i>Рух Землі навколо Сонця. Сонячні кути . Істинний сонячний час . Іррадіація та інсоляція . Спектр сонячного випромінювання. Сонячна постійна.<br/>Літературні джерела: [1,3,8].</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3  | <i>Експериментальні дані з сонячної радіації Компоненти сонячної радіації. Сонячна радіація на приймальної поверхні, Приблизні оцінки інсоляції на основі усереднених метеоданих.<br/>Літературні джерела: [1,3,8].</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|    | <b>Розділ 2. Основні поняття зонної структури напівпровідників. Електричні та оптичні властивості та втрати у фотоелектричних елементах</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 4  | <i>Електронна структура напівпровідників. Поняття енергетичних зон Прямозонні та непрямоzonні напівпровідники. Поглинання випромінювання у напівпровідниках Власний напівпровідник Леговані напівпровідники<br/>Літературні джерела: [1,9].</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5  | <i>Електропровідність напівпровідників. Дрейфовий і дифузний струми. Ефективна маса носіїв струму. Електронно-діркові (рп)-переходи. Електричні властивості рп-переходу Вольт-амперна характеристика рп-переходу<br/>Літературні джерела: [1,9].</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6  | <i>Електричні властивості фотоелектричного елемента. Вплив дифузного і рекомбінаційного струмів. Робота р-п переходу при освітленні. Електрична схема заміщення фотоелектричної комірки. Точка максимуму потужності. Основні параметри сонячних елементів. Температурна залежність ВАХ.<br/>Літературні джерела: [1,9].</i>                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7  | <i>Оптичні та рекомбінаційні втрати в фотоелектричних перетворювачах (ФЕП). Електричні втрати в ФМ . Втрати від затінення . Опори втрат в схемі заміщення ФК Засоби зменшення всіх видів втрат в ФЕП. Параметри реальних фотомодулів.<br/>Літературні джерела: [1,9,12,14].</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    | <b>Розділ 3. Конструкції та характеристики фотоелектричних модулів.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | <i>Конструкції та характеристики фотоелектричних модулів. Електричні з'єднання комірок у ФМ. ВАХ фотомодуля. Невідповідність параметрів фотоелектричних комірок. Температурні характеристики фотомодулів. Типові кремнієві фотомодулі. Ефективність і вартість фотомодулів .<br/>Літературні джерела: [1,9,14-16].</i>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9  | <i>Індивідуальне завдання на тему: «Сучасні конструкції фотоелектричних модулів». Заслуховування та захист<br/>Літературні джерела: [1,9, 16].</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10 | <i>Аналіз роботи фотомодулів в реальних умовах. Виробіток електроенергії і кут нахилу ФМ. Оптимальні кути нахилу ФМ. ВАХ послідовної конфігурації ФМ із затіненням. Оптимізація розташування і нахилу рядів ФМ з урахуванням часткового затінення. Системи вимірювання ВАХ ФМ<br/>Літературні джерела: [1,9, 11,13,15].</i>                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | <b>Розділ 4. Фотоелектричні станції (ФЕС). Обладнання та проектування.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | <i>Автономні фотоелектричні станції (АФ ЕС). Мережеві фотоелектричні станції (МФЕС). Потужнісні характеристики МФЕС. Співвідношення потужності МФЕС і навантаження. Проблеми високого ступеню проникнення ФЕ генерації в центральну мережу. Інжекція вищих гармонік в енергосистему. Оперативний моніторинг інверторів МФЕС. Своєчасне виявлення острівкування. Електрична схема автономної ФЕС. Конфігурації ФЕС: централізована, стрингова, мультістрингова, модульна. Топологія ФЕС, підключеної до передавальної мережі<br/>Літературні джерела: [1-3, 9, 18].</i> |
| 12 | <i>Інвертори. Класифікація інверторів. Ефективність інверторів. Залежність ККД інверторів від рівня навантаження. Гармонійні спотворення інверторів. Інвертори</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | струму та інвертори напруги. Бестрансформаторні інвертори. Відстеження точки максимальної потужності. Фільтрація вихідний потужності інверторів.<br>Літературні джерела: [1,9].                                                                                                                                                                                                            |
| 13 | Контролери заряду-розряду (КЗР). Основні функції та типи КЗР. Типові з'єднання PV-контролерів. Часові профілі роботи КЗР різного типу. Паралельна робота конт-ролерів. Фотоелектричні системи з саморегулюванням. MPPT-контролери. ШІМ-контролери. Ефективність контролерів та її залежність від температури фотомодулів<br>Літературні джерела: [1,9].                                    |
| 14 | Акумуляторні системи ФЕС. Конфігурації ФЕС з використанням акумуляторів. Ти-пи акумуляторних систем. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї (АБ). Нікель--кадмієві АБ. Літій-іонні АБ. Літій-полімерні АБ. Порівняння акумуляторних систем. AGM-акумулятори. Панцирні АБ. Припустима ступінь розряду та кількість циклів заряду-розряду. Терміни служби АБ.<br>Літературні джерела: [1,9]. |
| 15 | Мережеві ФЕС (МФЕС). Потужнісні характеристики МФЕС. Співвідношення потужності МФЕС і навантаження. Проблеми високого ступеню проникнення ФЕ генерації в центральну мережу. Інжекція вищих гармонік в енергосистему. Оперативний моніторинг інверторів МФЕС. Своєчасне виявлення острівкування. Ефективність та надійність мережевих інверторів.<br>Літературні джерела: [1,9,18].         |
| 16 | Оптимізаційні розрахунки. Загальний алгоритм розрахунку ФЕС. Розрахунок економічної ефективності. Стандарти електробезпеки ФЕС. Програмні додатки для розрахунку ФЕС.<br>Літературні джерела: [9, 10, 12].                                                                                                                                                                                 |
|    | <b>Розділ 5. Системи моніторингу, діагностики, прогнозування в фотоенергетиці</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 17 | Збір даних про роботу ФЕС в реальному часі. Архітектура систем моніторингу (СМ). Програмне забезпечення СМ. Локальний і видалений моніторинг. Проблеми прогнозування потужності та виробітку ФЕС. Фізичні та статистичні методи прогнозування.<br>Літературні джерела: [9, 17].                                                                                                            |
| 18 | Залік                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### Лабораторні заняття

| № з/п | Короткий зміст лабораторної роботи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>Лабораторна робота №1 Вимірювання характеристик світлового потоку</b><br>Мета роботи – Виміряти та проаналізувати характеристики світлового потоку<br>Література:<br>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №1<br><a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a>                                                                                            |
| 2     | <b>Лабораторна робота №2 Мікроконтролерні плати сімейства Arduino для збору та обробки даних. Вимірювання характеристик транзисторів</b><br>Мета роботи – Побудувати характеристики транзисторів з використанням мікроконтролерної плати Arduino<br>Література:<br>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №2<br><a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a> |
| 3     | <b>Лабораторна робота №3 Моніторинг сонячної радіації за допомогою фотодіодного датчика і піранометра</b><br>Мета роботи – Забезпечити вимірювання сонячної радіації за допомогою фотодіодного датчика та піранометра.<br>Література:<br>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №3<br><a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a>                           |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <p><b>Лабораторна робота №4 Вимірювання якості напруги безперебійного джерела живлення</b></p> <p>Мета роботи – Визначити показники якості напруги безперебійного живлення.</p> <p>Література:</p> <p>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №4<br/> <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a></p>                                                     |
| 5 | <p><b>Лабораторна робота №5 Вимірювання ВАХ фотоелектричних модулів методом резистивного навантаження</b></p> <p>Мета роботи – Побудувати ВАХ фотоелектричних модулів за рахунок використання методу резистивного навантаження.</p> <p>Література:</p> <p>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №5<br/> <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a></p> |
| 6 | <p><b>Лабораторна робота №6 Автоматизоване вимірювання ВАХ фотоелектричних модулів за мікроконтролера</b></p> <p>Мета роботи – Забезпечити автоматизоване вимірювання ВАХ фотоелектричних модулів за допомогою мікроконтролера.</p> <p>Література:</p> <p>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №6<br/> <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a></p> |
| 7 | <p><b>Лабораторна робота №7 Дослідження впливу часткового затінення на потужність фотоелектричних модулів</b></p> <p>Мета роботи – Виміряти електричні характеристики фотоелектричних модулів в умовах часткового затінення</p> <p>Література:</p> <p>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №7<br/> <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a></p>     |
| 8 | <p><b>Лабораторна робота №8 Аналіз якості напруги від автономного інвертора в реальних умовах роботи на ФЕС</b></p> <p>Мета роботи – Здійснити аналіз якості напруги від автономного інвертора ФЕС.</p> <p>Література:</p> <p>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №8<br/> <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a></p>                             |
| 9 | <p><b>Лабораторна робота №9 Аналіз роботи мережевої ФЕС</b></p> <p>Мета роботи – Забезпечити моніторинг роботи фотоелектричної станції.</p> <p>Література:</p> <p>дистанційний курс «Фотоелектричні станції» лабораторна робота №9<br/> <a href="https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66">https://classroom.google.com/c/NTkzNjE2MzY3MzYz?cjc=qzf7r66</a></p>                                                                                         |

#### 6. Самостійна робота студента

| №з /п | Вид самостійної роботи            | Кількість годин СРС |
|-------|-----------------------------------|---------------------|
| 1     | Підготовка до лабораторних занять | 18                  |
| 2     | Підготовка до лекційних занять    | 8                   |
| 3     | Підготовка до МКР                 | 4                   |
| 4     | Підготовка до заліку              | 6                   |
|       | Всього                            | 36                  |

Згідно PCO за період навчання запланована 1 модульна контрольна робота відповідно до розділів: характеристики сонячного випромінювання. Розрахунок інтенсивності та приходу сонячної радіації; основні поняття зонної структури напівпровідників. Електричні та оптичні властивості та втрати у фотоелектричних елементах; конструкції та характеристики фотоелектричних модулів. Модульна контрольна робота містить індивідуальне завдання.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правилом відвідування занять не передбачено оцінка присутності або відсутності здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нарахування заохочувальних або штрафних балів. Відпрацювання та захист лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;
- студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності, передбачені PCO дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації в інтернеті та дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента;
- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали PCO, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховуються за виконання додаткових завдань та самостійного вивчення додаткових розділів.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Фотоелектричні станції»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** виконання МКР, виконання та захист лабораторних робіт.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий стартовий рейтинг ( $R_s$ ) більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| Кількість балів | Оцінка |
|-----------------|--------|
|-----------------|--------|

|                                                                                    |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 100-95                                                                             | Відмінно     |
| 94-85                                                                              | Дуже добре   |
| 84-75                                                                              | Добре        |
| 74-65                                                                              | Задовільно   |
| 64-60                                                                              | Достатньо    |
| Менше 60                                                                           | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску:<br>не отримано $R_L$<br>$R_S = R_{LR} + R_M < 30$ балів | Не допущено  |

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт ( $R_L$ );
- виконання модульної контрольної роботи (МКР) ( $R_M$ );
- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях ( $R_L$ ).

| Лабораторні роботи<br>( $R_{LR}$ ) | МКР<br>( $R_M$ ) | Експрес-опитування<br>на лекціях ( $R_L$ ) | Стартовий рейтинг<br>( $R_S$ ) |
|------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| 45                                 | 25               | 30                                         | 100                            |

### **Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях**

Ваговий бал – 2 бали

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 2бал \* 15 = 30 балів.

Критерії оцінювання:

1. Повна відповідь – 2
2. Неповна відповідь – 1
3. Незадовільна відповідь – 0

### **Лабораторні роботи**

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає  $5 \cdot 9 = 45$  балів.

На лабораторних роботах студенти вивчають параметри та характеристики обладнання фотоелектричних станцій за заздалегідь визначеним графіком. Для допуску до поточної лабораторної роботи студент повинен мати протокол, який оформлений відповідно до вказівок лабораторного практикуму. Рівень засвоєння лабораторних робіт оцінюється за допомогою он-лайн тесту на платформі курсу.

**УВАГА!** Захист усіх лабораторних робіт є умовою допуску до складання заліку. Студенти, що на момент здачі заліку не захистили лабораторні роботи, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

**УВАГА!** Для допуску до перескладання заліку треба у визначений викладачем термін здати усі заборгованості за лабораторними роботами.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 5 балів;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 3-4 бали;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1-2 бал;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал – 25. За період навчання запланована 1 модульна контрольна робота відповідно до розділів лекційного матеріалу. Виконується як індивідуальне завдання згідно варіанту. Кожне питання сформоване з використанням матеріалу лекційних занять. Студент повинен надати розгорнуті відповіді на теоретичні питання, сформулювати сутність явищ, надати математичний опис.

### **Додаткові бали**

Рейтинговою системою оцінювання передбачені бали за виконання додаткових завдань у вигляді доповіді на семінарі. Один студент не може отримати більше ніж 5 бонусних балів у семестрі.

### **Календарний контроль**

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Максимальний рейтинг за семестр, визначається з виразом:

$$R_S = R_{LR} + R_M + R_L = 45 + 25 + 30 = 100 \text{ балів}$$

### **Форма семестрового контролю – залік**

У разі незадовільної оцінки за результатами семестру та  $R_S > 30$  балів або не погодженням студента з семестровою оцінкою, він здає залікову роботу. Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

### **Критерії оцінювання роботи**

Максимальний рейтинг залікової роботи  $R_z = 100$  балів.

Рейтинг  $R_z = 95 - 100$  балів – студент дав вичерпні відповіді на поставлені питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг  $R_z = 84 - 94$  балів – студент дав вичерпні відповіді на поставлені питання, але з деякими неточностями відповів на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг  $R_z = 75 - 84$  балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг  $R_z = 65 - 74$  балів – відповідаючи на питання, студент припускається суттєвих помилок, і не може їх виправити за допомогою викладача; але цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг  $R_z = 60 - 64$  балів – студент частково відповідає на питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді послідовні, але нечіткі.

Рейтинг  $R_z < 60$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Сума балів за залікову роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

| Кількість балів                    | Оцінка       |
|------------------------------------|--------------|
| 100-95                             | Відмінно     |
| 94-85                              | Дуже добре   |
| 84-75                              | Добре        |
| 74-65                              | Задовільно   |
| 64-60                              | Достатньо    |
| Менше 60                           | Незадовільно |
| Є не зараховані лабораторні роботи | Не допущено  |

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### ***Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль***

1. *Фотоенергетика і сонячна радіація*
2. *Електронні та оптичні процеси в напівпровідника*
3. *Властивості р-п-переходу при освітленні.*
4. *Електричні характеристики фотоелектричних модулів*
5. *Типи фотоелектричних модулів, технології їх виробництва*
6. *Аналіз роботи фотомодулів в реальних умовах експлуатації*
7. *Типи і конфігурації фотоелектричних станцій*
8. *Пристрої та обладнання ФЕС*
9. *Проектування автономних ФЕС*
10. *Проектування мережевих ФЕС*
11. *Системи моніторингу та діагностики ФЕС*
12. *Технології моніторингу ФЕС.*

### ***Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):***

***Складено*** професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.ф.-м.н., Гаєвським О.Ю.

***Ухвалено*** кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол №14 від 24.05.2024 р)

***Погоджено*** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол №10 від 20.06.2024 р)

---

<sup>1</sup>Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.