



Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра відновлюваних  
джерел енергії

# Фотоенергетика

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5кредитів ECTS /150 годин(лекцій – 36, практичних занять – 18; лабораторних занять – 18, самостійна робота - 78)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/ РГР/лабораторні роботи/ практичні заняття/МКР
Розклад занять	Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; лабораторні, практичні заняття – 1 раз на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.ф.-м.н, професор, Гаєвський Олександр Юлійович, +380 975704643, aj.gaevsky@gmail.com Практичні: Іванчук Владислав Юрійович, Лабораторні: Гаєвський Олександр Юлійович, Іванчук Владислав Юрійович,
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NTI3NTkzNTMxMjE3?cjc=s7i4ssk">https://classroom.google.com/c/NTI3NTkzNTMxMjE3?cjc=s7i4ssk</a>

### 1. Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Фотоенергетика» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

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

*K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. K07. Здатність працювати в команді. K08. Здатність працювати автономно K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки. K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії. K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання. K18. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища. K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування. K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. K22. Здатність застосовувати методи діагностики стану обладнання та устаткування відновлюваної енергетики, проводити сертифікацію та експертизу об'єктів відновлюваної енергетики. K23. Здатність перевіряти технічний стан, організовувати обслуговування та ремонт електроенергетичних та електротехнічних систем, пристроїв, комплексів та устаткування традиційної та відновлюваної енергетики. K24. Здатність використовувати нові технології в електроенергетиці, брати участь в модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричних пристроїв, систем та комплексів традиційної та відновлюваної енергетики. K25. Здатність застосовувати методи стандартизованих випробувань щодо визначення електротехнічних характеристик і конструктивних особливостей використовуваного електроенергетичного та електротехнічного обладнання і систем на його основі. K26. Здатність забезпечувати моделювання електротехнічних об'єктів і технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії з використанням стандартизованих пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, 10 проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів. K27. Здатність проводити метрологічні заходи, обирати та застосовувати метрологічне обладнання при експлуатації та дослідженнях електроенергетичних та електротехнічних пристроїв та систем відновлюваної енергетики.*

## **2. Програмні результати навчання:**

*ПРО4. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок ПРО9. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних*

систем. ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність. ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни. ПР20. Знати існуючі підходи до проектування, виготовлення, випробувань та експлуатації обладнання та устаткування нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР21. Знати методи і порядок проектування об'єктів нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР22. Знати електрофізичні та теплотехнічні процеси і явища, що відбуваються в обладнанні та устаткуванні нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР23. Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій. ПР24. Знати методи вирівнювання електротехнічних характеристик обладнання та устаткування нетрадиційної та відновлюваної енергетики. ПР25. Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, обладнання електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг. ПР26. Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики.

### **3. 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: основи перетворювальної техніки. Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими для вивчення дисциплін: Комплексне використання відновлюваних джерел енергії.

### **4. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна складається з таких 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.
- Фотоелектричні станції (ФЕС). Обладнання та проектування.
- Системи моніторингу, діагностики, прогнозування в фотоенергетиці

### **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:

7. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th edition / Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 910 p.
8. Kalogirou S. Solar Energy Engineering : Processes and Systems / San Diego, California: Elsevier Inc., 2009. – 760 p.
9. McEvoy's Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications. Editor S. Kalogirou. 3rd Edition /Academic Press, 2017. – 1340 p.
10. А.Н. Гаєвська, О.Ю, Гаєвський. Розробка програмного забезпечення для оптимізації параметрів фотоелектричних станцій. І. Кути 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>.
11. 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>.
12. 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).
13. 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).

14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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).
18. A. 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 (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<b>Розділ 1. Характеристики сонячного випромінювання .Розрахунок інтенсивності та приходу сонячної радіації</b>
1	Історія і сучасний стан фотоенергетиці. Нові фотоелектричні матеріали та установки. Поява великих фотоелектричних систем та формування фотоенергетики. Природа сонячного випромінювання. Літературні джерела: [1,2,4,7].
2	Рух Землі навколо Сонця. Сонячні кути . Істинний сонячний час . Іррадіація та інсоляція . Спектр сонячного випромінювання. Сонячна постійна Літературні джерела: [1,3,8].
3	.Експериментальні дані з сонячної радіації Компоненти сонячної радіації. Сонячна радіація на приймальній поверхні, Приблизні оцінки інсоляції на основі усереднених метеоданих. Літературні джерела: [1,3,8].
	<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 Літературні джерела: [1,9].</i>
5	<i>Електропровідність напівпровідників. Дрейфовий і дифузний струми. Ефективна маса носіїв струму. Електронно-діркові (pn)-переходи. Електричні властивості pn-переходу Вольт-амперна характеристика pn-переходу Літературні джерела: [1,9].</i>
6	<i>Електричні властивості фотоелектричного елемента. Вплив дифузного і рекомбінаційного струмів. Робота p-n переходу при освітленні. Електрична схема заміщення фотоелектричної комірки. Точка максимуму потужності. Основні параметри сонячних елементів. Температурна залежність ВАХ. 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. Літературні джерела: [1,9,12,14].</i>
	<b><i>Розділ 3. Конструкції та характеристики фотоелектричних модулів.</i></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 . Літературні джерела: [1,9,14-16].</i>
9	<i>Індивідуальне завдання на тему: «Сучасні конструкції фотоелектричних модулів». Заслуховування та захист Літературні джерела: [1,9, 16].</i>
10	<i>Аналіз роботи фотомодулів в реальних умовах. Виріток 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 Літературні джерела: [1,9, 11,13,15].</i>
	<b><i>Розділ 4. Фотоелектричні станції (ФЕС). Обладнання та проектування.</i></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 Літературні джерела: [1-3, 9, 18].</i>

12	<p><i>Інвертори. Класифікація інверторів. Ефективність інверторів. Залежність ККД інверторів від рівня навантаження. Гармонійні спотворення інверторів. Інвертори струму та інвертори напруги. Бестрансформаторні інвертори. Відстеження точки максимальної потужності (Maximum Power Point Tracking–MPPT). Фільтрація вихідний потужності інверторів.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1,9].</i></p>
13	<p><i>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</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1,9].</i></p>
14	<p><i>Акумуляторні системи ФЕС. Конфігурації ФЕС з використанням акумуляторів. Ту-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.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1,9].</i></p>
15	<p><i>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.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1,9,18].</i></p>
16	<p><i>Оптимізаційні розрахунки. Загальний алгоритм розрахунку ФЕС. Розрахунок економічної ефективності. Стандарти електробезпеки ФЕС. Програмні додатки для розрахунку ФЕС.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [9, 10, 12].</i></p>
	<p><b><i>Розділ 5. Системи моніторингу, діагностики, прогнозування в фотоенергетиці</i></b></p>
17	<p><i>Збір даних про роботу ФЕС в реальному часі. Архітектура систем моніторингу (СМ). Моніторингове обладнання. Метеорологічні вимірювання. Вимірювальні пристрої та засоби збору метеоданих. Програмне забезпечення СМ. Локальний і видалений моніторинг.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [9, 17].</i></p>
18	<p><i>Проблеми прогнозування потужності та виробітку ФЕС. Горизонти прогнозування. Фактори, які впливають на сонячну радіацію та потужність ФЕС. Фізичні та статистичні методи прогнозування.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [9,18].</i></p>

### **Лабораторні заняття**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми лабораторного заняття</b>
1	Вимірювання характеристик світлового потоку, сонячної радіації.
2	Вимірювання температури та вологості. за допомогою мікроконтролерної плати Arduino.
3	моніторинг сонячної радіації за допомогою фотодіодного датчика і піранометра.
4	Вимірювання освітленості від різних джерел фоторезисторним і фотодіодним датчиками.
5	Вимірювання ВАХ фотоелектричних модулів методом резистивного навантаження.
6	Автоматизоване вимірювання ВАХ фотоелектричних модулів за допомогою мікроконтролера.
7	Дослідження впливу часткового затінення на потужність фотомодулів.
8	Аналіз якості напруги від автономного інвертора в реальних умовах роботи на ФЕС.
9	Моніторинг роботи мережевої ФЕС.

### **Практичні заняття**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми практичного заняття</b>
1	Визначення сонячних кутів та компонент сонячної радіації (2 год.)
2	Визначення ресурсу сонячної енергії в моделі Ангстрема-Пейджа (2 год.)
3	Розрахунок інсоляції в ізотропній моделі сонячної радіації (2 год.)
4	Модульна контрольна робота
5	Ознайомлення з порядком виконання розрахунково-графічної роботи.
6	Обчислення характеристик електропровідності та дифузії носіїв струму в напівпровідниках .
7	Визначення оптимальної ємності системи енергозбереження АФЕС (2 год.)
8	Побудова ВАХ і кривих потужності фотомодулів (2 год.)
9	Температурні властивості фотоелектричних перетворювачів (2 год.)



### Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Опанування лекційного матеріалу	4
2	Підготовка завдань практичних занять	16
3	Підготовка для МКР	2
4	Обробка результатів та оформлення протоколів лабораторних робіт	16
5	Виконання РГР	10
6	Підготовка до екзамену	30
	Всього	78

### Політика та контроль

#### **6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента Система вимог, які викладач ставить перед студентом:**

- правила відвідування занять: відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують не за присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, а за відповідну навчальну активність на лекційних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Має право використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.
- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни "Фотоенергетика";
- 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.

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

Поточний контроль: розрахунково-графічна робота, модульна контрольна робота, виконання лабораторних робіт, робота на практичних заняттях

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

Семестровий контроль: екзамен

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг не менше 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	Не допущено

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

- виконання лабораторних робіт;
- виконання практичних робіт;
- виконання РГР;
- МКР

Лабораторні роботи <i>Rл</i>	Практичні заняття <i>Rп</i>	МКР <i>Rм</i>	РГР <i>Rр</i>	<i>Rс</i>	Рекз	<i>R</i>
27	18	5	10	60	40	100

### **Розв'язання завдань практичних занять**

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

2 бали \* 9 = 18 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- самостійне виконання задачі, вільне володіння темою заняття – 2;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 1;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів.

### **Виконання та захист лабораторних робіт**

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює  $9 \times 3 = 27$  балів.

#### **Критерії оцінювання**

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 3 бали;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне

оформлення протоколу – 2 бали;

- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1 бал;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал – 5. 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. Перескладання МКР не заплановані.

#### **Критерії оцінювання**

- повне виконання роботи – 5 балів;
- виконання з незначними помилками, одно з завдань виконано не повністю – 3-4 ...бали;
- суттєві помилки при виконанні завдань, або виконано лише одно з завдань – 1-2 бали;

### **Індивідуальне семестрове завдання (РГР)**

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу. – розрахунок автономної фотоелектричної станції

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 10.

#### **Критерії оцінювання**

- повне, точне і вчасне виконання – 10 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 6...9 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 3...6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;

На виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання.

### **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:

$$R_S = R_L + R_P + R_M = 24 + 24 + 4 + 8 = 60 \text{ балів}$$

### **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.

#### **Форма семестрового контролю – екзамен**

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт і семестровий рейтинг не менше 30 балів.

#### **Форма семестрового контролю – екзамен**

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг  $R_c \geq 0,6 \cdot R$ , тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг  $R_c$  в межах  $(0,4 - 0,59) \cdot R$ , тобто 40 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену  $R_z = 40$  балів.

Рейтинг екзамену  $R_z = 33 - 40$  балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену  $R_z = 25 - 32$  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 екзамену  $R_z = 16 - 24$  балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену  $R_z \leq 15$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

#### **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 рп-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 № 9 від 18.05.2023).

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол №10 від 22.06.23 р.).