



Фізика і техніка відновлюваної енергетики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | <i>Другий (магістерський)</i> |
| Галузь знань | 14 «Електрична інженерія» |
| Спеціальність | 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» |
| Освітня програма | Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії |
| Статус дисципліни | Вибіркова |
| Форма навчання | Денна/очна |
| Рік підготовки, семестр | I курс, 2 семестр |
| Обсяг дисципліни | 120 години / 4 кредити ECTS (36 год. – лекції, 18 год. – практичні, самостійна робота – 66 годин) |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | Залік/РР |
| Розклад занять | 2 лекції на 2 тижні тижні, 1 практичне заняття на 1 раз на два тижні |
| Мова викладання | Українська |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: к.т.н, Пазич Сергій Тарасович pazychserhii@gmail.com , тел: +380 44 204 9519 Практичні: Пазич Сергій Тарасович |
| Розміщення курсу | |

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Фізика і техніка відновлюваної енергетики» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», Спеціалізація: «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії».

Метою навчальної дисципліни є доповнення по формуванню у студентів наступних здатностей: (K1) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K2) здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (K5) здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K6) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K7) здатність працювати в команді; (K8) здатність працювати автономно; (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; (K21) здатність оперативного вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах; (K25) здатність впроваджувати передові технології забезпечення споживачів електричною енергією на базі альтернативних та відновлюваних джерел енергії за концепцією Smart Grid.

Програмні результати навчання:

(ПР05) знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР07) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах; (ПР09) вміти 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; (ПР11) вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань; (ПР19) застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні; (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. (ПР26) здійснювати комплексне вирішення питань компенсації реактивної потужності в системах забезпечення споживачів електричною енергією;

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки», «Інформатика». Вивчення дисципліни спирається на відомості, отримані студентами на попередніх курсах з таких дисциплін як “Вступ до спеціальності”, “Комплексне використання відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії”, “Теоретичні основи електротехніки”, “Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії”.

3. Зміст навчальної дисципліни

*Дисципліну структурно розподілено на **7 розділів**, а саме:*

1. Фізика і техніка енергії Сонця, до якого ввійшли питання: основні характеристики енергії сонячного випромінювання; моделі розповсюдження енергії сонячного випромінювання в активних поверхнях фотобатарей та сонячних колекторів; моделі теплового стану активних поверхней фотобатарей і сонячних колекторів; режими функціонування фотобатарей та режими функціонування сонячних колекторів.

2. Фізика і техніка використання енергії вітру, до якого ввійшли питання: кінематичні і енергетичні характеристики вітру; конструктивні схеми вітроустановок і їх особливості. моделі взаємодії вітру з лопатями вітроустановок; режими функціонування мережевих вітроустановок; режими функціонування автономних вітроустановок.

3. Фізика і техніка використання енергії малих річок, до якого ввійшли питання: основні схеми використання енергії малих річок; конструктивні особливості гідравлічних турбін і їх характеристики; засоби підвищення енергоефективності використання енергії малих річок.

4. Фізика і техніка використання енергії морських хвиль, до якого ввійшли питання: основні схеми використання енергії морських хвиль; конструктивні особливості хвильових енергоустановок і їх характеристики; засоби підвищення енергоефективності використання енергії морських хвиль.

5. Фізика і техніка використання геотермальних енергоресурсів, до якого ввійшли питання: процеси утворення і використання гідротермальних енергоресурсів; основні характеристики, особливості видобутку та схеми використання гідротермальних енергоресурсів; процеси утворення і використання теплової енергії гірських порід.

6. Фізика і техніка використання біоенергетичних ресурсів; до якого ввійшли питання: процеси утворення і використання біогазу; конструктивні схеми отримання біогазу; моделі утворення біогазу в біоенергетичних установках; схеми використання біогазу для отримання теплової та електричної енергії; процеси утворення і використання рідкого біопалива.

7. Фізика і техніка процесів акумулювання енергії, до якого ввійшли питання: фізика і техніка процесів акумулювання електричної енергії; фізика і техніка процесів акумулювання теплової енергії; типи акумуляторів електричної та теплової енергії, їх характеристики; схеми використання акумуляторів і режими їх функціонування.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
2. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
3. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Edited by A. Luque and S. Hegedus. 2003 John Wiley & Sons, Ltd.
4. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.М.П. Кузнецов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 36,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 304 с.
5. Особливості комбінованих енергосистем з відновлюваними джерелами енергії: монографія / М. П. Кузнецов. — Київ: ІВЕ, 2022. — 142 с.
6. Видобування геотермальної енергії: монографія / Ю. П. Морозов. — Київ: ІВЕ, 2022. — 245 с
7. Гідроенергетика: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: В.І. Будько, П.Ф. Васько, С.Т. Пазич, /КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 13,6 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2023. – 205 с.

Додаткові:

8. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.
9. Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України: СОУ НЕК 341.001:2019. ДП «НЕК «Укренерго», 2019.
10. Васько П.Ф, Мороз А.В. Потенціал використання гідроенергетичних ресурсів основних малих річок України. Відновлювана енергетика. 2016. № 3. С. 50–56.

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) |
|-------|---|
| 1 | Лекція 1. Основні характеристики енергії сонячного випромінювання. Базові залежності для опису спектральних характеристик енергії сонячного випромінювання. Моделі процесів, що визначають трансформацію сонячного випромінювання в атмосфері. Літературні джерела [1,3, 8]. |
| 2 | Лекція 2. Моделі розповсюдження енергії сонячного випромінювання в активних поверхнях фотобатарей та сонячних колекторів. Основні закони теорії електромагнітного поля і рівняння Максвелла для опису сонячного випромінювання. Застосування теореми Умова-Пойнтинга для щільності енергії сонячного випромінювання. Літературні джерела [1,3]. |
| 3 | Лекція 3. Моделі теплового стану активних поверхней фотобатарей і сонячних колекторів. Розподіл щільності тепловиділення в активних поверхнях фотобатарей. Просторовий розподіл температур в активних поверхнях фотобатарей. Розподіл щільності тепловиділення в активних поверхнях сонячних колекторів. Просторовий розподіл температур в активних поверхнях сонячних колекторів. Літературні джерела [1,3]. |
| 4 | Лекція 4. Режими функціонування фотобатарей. Вольт-амперні характеристики фотоперетворювачів та фотобатарей. Система рівнянь Кирхгофа для системи „фотобатарея – різні види навантаження” та її аналіз. |

| | |
|----|--|
| | <i>Літературні джерела [1,3].</i> |
| 5 | Лекція 5. Режими функціонування сонячних колекторів. Типи сонячних колекторів. Моделі розподілу температури при нагріванні теплоносія. Засоби підвищення енергоефективності сонячних колекторів. <i>Літературні джерела [1,3].</i> |
| 6 | Лекція 6. Основні кінематичні і енергетичні характеристики вітру. Розподіл швидкості енергії вітру. Кінетичний тиск вітрових потоків. Флуктуаційні характеристики вітру. <i>Літературні джерела [1,2,4,5].</i> |
| 7 | Лекція 7. Конструктивні схеми вітроустановок і їх особливості. Установки з горизонтальною віссю обертання. Установки з вертикальною віссю обертання. Роторні і інші типи вітроустановок. <i>Літературні джерела [1,2].</i> |
| 8 | Лекція 8. Моделі взаємодії вітру з лопатями вітроустановок. Гідродинамічні рівняння при взаємодії вітру з лопатями вітроустановок. Лобовий опір та підйомна сила лопатей. Аеродинамічні характеристики вітроустановок. <i>Літературні джерела [2].</i> |
| 9 | Лекція 9. Режими функціонування мережних вітроустановок. Типи електричних генераторів для застосування в мережних вітроустановках і їх характеристики. Режими функціонування мережних вітроустановок. <i>Літературні джерела [2,4,5,9].</i> |
| 10 | Лекція 10. Режими функціонування автономних вітроустановок. Типи електричних генераторів для застосування в автономних вітроустановках і їх характеристики. Режими функціонування автономних вітроустановок. <i>Літературні джерела [2,4,5].</i> |
| 11 | Лекція 11. Основні схеми використання енергії малих річок. Конструктивні особливості гідравлічних турбін і їх характеристики. Засоби підвищення енергоефективності використання енергії малих річок. Засоби підвищення енергоефективності використання енергії малих річок. <i>Літературні джерела [1,7,10].</i> |
| 12 | Лекція 12. Основні схеми використання енергії морських хвиль. Конструктивні особливості хвильових енергоустановок і їх характеристики. Засоби підвищення енергоефективності використання енергії морських хвиль. <i>Літературні джерела [1].</i> |
| 13 | Лекція 13. Процеси утворення і використання гідротермальних енергоресурсів. Основні характеристики гідротермальних енергоресурсів. Особливості видобутку гідротермальних енергоресурсів. Схеми використання гідротермальних енергоресурсів. <i>Літературні джерела [1, 5,6].</i> |
| 14 | Лекція 14. Процеси утворення і використання теплової енергії гірських порід. Характеристики гірських порід в Україні. Схеми передачі енергії гірських порід до теплоносіїв. Схеми і режими використання енергії гірських порід. <i>Літературні джерела [1,6].</i> |
| 15 | Лекція 15. Процеси утворення і використання біогазу. Конструктивні схеми отримання біогазу. Моделі утворення біогазу в біоенергетичних установках. Схеми використання біогазу для отримання теплової та електричної енергії. <i>Літературні джерела [1].</i> |
| 16 | Лекція 16. Процеси утворення і використання рідкого біопалива. Конструктивні схеми отримання рідкого біопалива. Моделі утворення рідкого біопалива. Схеми використання рідкого біопалива. <i>Літературні джерела [1].</i> |
| 17 | Лекція 17. Фізика і техніка процесів акумулювання електричної енергії. Типи |

| | |
|----|---|
| | електрохімічних акумуляторів і їх характеристики. Базові моделі процесів переносу зарядів в електрохімічних акумуляторах. Режими і схеми систем “електрохімічний акумулятор – навантаження”. Літературні джерела [1, 4]. |
| 18 | Лекція 18. Фізика і техніка процесів акумулявання теплової енергії. Типи акумуляторів теплової енергії і їх характеристики. Теплоакуючі речовини. Схеми використання теплових акумуляторів і режими їх функціонування. Літературні джерела [1, 4]. |

Практичні заняття

| № з/п | Назва теми заняття та перелік основних питань |
|-------|--|
| 1 | Базові залежності для опису спектральних характеристик енергії сонячного випромінювання та характеристик енергії сонячного випромінювання. Моделі розповсюдження енергії сонячного випромінювання в активних поверхнях фотобатарей. |
| 2 | Моделі розповсюдження енергії сонячного випромінювання в активних поверхнях сонячних колекторів. Моделі теплового стану активних поверхней фотобатарей. |
| 3 | Моделі теплового стану активних поверхней сонячних колекторів. Режими функціонування фотобатарей. |
| 4 | Режими функціонування сонячних колекторів. Основні кінематичні і енергетичні характеристики вітру. |
| 5 | Конструктивні схеми вітроустановок і їх особливості. Моделі взаємодії вітру з лопатями вітроустановок. |
| 6 | Основні схеми використання енергії малих річок. Основні схеми використання енергії морських хвиль. |
| 7 | Процеси утворення і використання гідротермальних енергоресурсів. Процеси утворення і використання теплової енергії гірських порід. |
| 8 | Процеси утворення і використання біогазу. Процеси утворення і використання рідкого біопалива. |
| 9 | Фізика і техніка процесів акумулявання електричної енергії. Фізика і техніка процесів акумулявання теплової енергії. |

6. Самостійна робота студента

| №з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|------|---------------------------------|---------------------|
| 1 | Підготовка до аудиторних занять | 12 |
| 2 | Підготовка до практичних занять | 12 |
| 3 | Підготовка РР | 20 |
| 4 | Підготовка до МКР | 10 |
| 5 | Підготовка до заліку | 12 |
| 6 | Всього | 66 |

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в Інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: за навчальним планом не передбачено виконання індивідуального завдання;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у наукових конференціях, студентських конкурсах та олімпіадах. Штрафні бали не нараховуються;
- політика дедлайнів та перескладань: кожен студент зобов'язаний дотримуватися термінів виконання завдань у межах розкладу проведення аудиторних занять з дисципліни. Обов'язковим контрольним заходом оцінювання для допуску до екзамену є МКР. Студент, що з поважної причини (лікарняний, академічна мобільність тощо) не написав МКР, має право зробити це під час регулярних консультацій викладача згідно розкладу. Порядок перескладання семестрового контролю визначається загальними правилами університету.
- 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, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни "Фізика і техніка відновлюваної енергетики". Викладачі та студенти, що вивчають дану дисципліну, зобов'язані дотримуватися положень прийнятого в університеті Кодексу честі;
- 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.

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, робота на практичних заняттях, МКР.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, семестровий рейтинг 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 | Не допущено |

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

| | | | | |
|--------------------|-------------------|----|-----|-------|
| Експрес-опитування | Розв'язання задач | РР | МКР | Залік |
| 27 | 27 | 28 | 18 | 100 |

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал –1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бали * 27 ≈ 27 бали.

Критерії оцінювання

правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 3 бали * 9 ≈ 27 балів.

Критерії оцінювання

- вірне виконання завдань практичного заняття, активна робота на практичному занятті – 2 бал;
- виконання завдань практичного заняття з певними неточностями – 1,5 бали;
- виконання завдань практичного заняття з окремими помилками, але їх можливо виправити за допомогою викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті енергетичних процесів – 1 бал;
- невірне виконання завдань практичного заняття – 0 балів;
- невідпрацюванню практичних завдань нараховується штрафний – (-1) бал.

Індивідуальне семестрове завдання (РР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу. Максимальна кількість балів за виконання РГР – 28.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 28 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 15...20 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 5...10 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; задача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал кожної частини МКР – 9.

Максимальний бал за МКР $-2 \cdot 9 = 18$.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання 2 задач – 9 бали;
- часткове розв'язання задач, наявність незначних помилок – 6-8 балів;
- правильне розв'язання 1 задачі – 5 бали;
- відсутність відповіді – 0 балів.

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

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається з трьох теоретичних запитань

Перше і друге запитання оцінюються в 33 бали, третє запитання оцінюється в 34 бали. Разом всі три запитання оцінюються в 100 бвлів.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 25-31 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 20-24 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів

Критерії оцінювання заліку

Рейтинг заліку $R_3 = 95 - 100$ 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 заліку $R_3 = 75 - 94$ 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 завдань.

Рейтинг заліку $R_3 = 65 - 74$ балів – студент частково відповідає на питання заліку, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_3 \leq 64$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Базові залежності для опису спектральних характеристик енергії сонячного випромінювання.
2. Основні характеристики енергії сонячного випромінювання.
3. Моделі процесів, що визначають трансформацію сонячного випромінювання в атмосфері.
4. Основні закони теорії електромагнітного поля і рівняння Максвелла для опису сонячного випромінювання.
5. Застосування теореми Умова-Пойнтинга для щільності енергії сонячного випромінювання.
6. Вольт-амперні характеристики фотоперетворювачів та фотобатарей.
7. Система рівнянь Кирхгофа для системи „фотобатарея – різні види навантаження” та її аналіз.
8. Режими функціонування фотобатарей.
9. Режими функціонування сонячних колекторів.
10. Типи фотоелектричних батарей.

11. Типи сонячних колекторів.
12. Засоби підвищення енергоефективності сонячних колекторів.
13. Розподіл швидкості енергії вітру. Кінетичний тиск вітрових потоків. Флуктуаційні характеристики вітру.
14. Основні кінематичні і енергетичні характеристики вітру.
15. Моделі взаємодії вітру з лопатями вітроустановок.
16. Особливості конструктивних схем вітроустановок.
17. Моделі взаємодії вітру з лопатями вітроустановок.
18. Конструктивні схеми вітроустановок з горизонтальною віссю обертання.
19. Конструктивні схеми вітроустановок з вертикальною віссю обертання.
20. Конструктивні схеми роторних вітроустановок.
21. Гідродинамічні рівняння при взаємодії вітру з лопатями вітроустановок.
22. Лобовий опір та підйомна сила лопатей вітроустановок.
23. Аеродинамічні характеристики вітроустановок.
24. Типи електричних генераторів для застосування в мережних вітроустановках і їх характеристики.
25. Режими функціонування мережних вітроустановок.
26. Типи електричних генераторів для застосування в автономних вітроустановках і їх характеристики.
27. Режими функціонування автономних вітроустановок.
28. Основні схеми використання енергії малих річок.
29. Конструктивні особливості гідравлічних турбін і їх характеристики.
30. Засоби підвищення енергоефективності використання енергії малих річок.
31. Основні схеми використання енергії морських хвиль.
32. Засоби підвищення енергоефективності використання енергії морських хвиль.
33. Процеси утворення і використання гідротермальних енергоресурсів.
34. Основні характеристики гідротермальних енергоресурсів.
35. Особливості видобутку гідротермальних енергоресурсів.
36. Схеми використання гідротермальних енергоресурсів.
37. Процеси утворення і використання теплової енергії гірських порід.
38. Характеристики гірських порід в Україні.
39. Схеми передачі енергії гірських порід до теплоносіїв.
40. Схеми і режими використання енергії гірських порід.
41. Процеси отримання і використання біогазу.
42. Конструктивні схеми отримання біогазу.
43. Моделі утворення біогазу в біоенергетичних установках.
44. Схеми використання біогазу для отримання теплової та електричної енергії.
45. Процеси утворення і використання рідкого біопалива.
46. Конструктивні схеми отримання рідкого біопалива.
47. Моделі утворення рідкого біопалива. Схеми використання рідкого біопалива.
48. Типи електрохімічних акумуляторів і їх характеристики.
49. Базові моделі процесів переносу зарядів в електрохімічних акумуляторах.
50. Режими і схеми систем "електрохімічний акумулятор – навантаження".
51. Типи акумуляторів теплової енергії і їх характеристики.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: асистент кафедри відновлюваних джерел енергії, к.т.н., Пазич С.Т.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії (протокол № 10 від 17.05.2022).

Погоджено Методичною радою факультету (протокол № 10 від 16.06.2022)