



Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G3 Електрична інженерія</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/ дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS /150 годин (лекцій – 30, лабораторних занять –14, практичних занять – 14, самостійна робота - 92)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР/РГР/тестування з л.р.</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 1 раз на тиждень; практичні та лабораторні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., доцент Остапчук Олександр Володимирович, O.Ostapchuk@kpi.ua Практичні: к.т.н., Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@ill.kpi.ua Лабораторні: Вожаков Роман Вікторович, vozhakov-fea@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTU5NzU3NjkwNjg1?cjc=kpvfm75</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів «Електричні станції», спеціальності G3 «Електрична інженерія».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

ФК18. Здатність організувати роботу колективів виконавців, забезпечувати адаптацію сучасних систем керування електрообладнанням електричних станцій до конкретних умов виробництва.

Програмні результати навчання:

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

ПРН22. Виконувати розрахунки та аналіз при регулюванні частоти і активної потужності на електростанціях.

ПРН23. Виконувати розрахунки та аналіз при оптимізації режимів електричних станцій та інших електроенергетичних об'єктів.

ПРН24. Вміти застосовувати методи та засоби автоматизованих систем управління технологічними процесами електроенергетичних об'єктів

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: «Перехідні процеси в електроенергетиці», «Теорія автоматичного керування», «Математичні задачі енергетики». Знання, отримані при вивченні даної дисципліни, в подальшому є базовими проходження практики та виконання магістерської дисертації..

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **2 розділи**, а саме:

1. **Основи побудови автоматизованих систем управління (АСУ)**, до якого увійшли визначення та загальна характеристика АСУ. Об'єкт управління (ОУ) та управляюча частина АСУ. Компоненти та класифікація АСУ: підприємствами (АСУ П) та АСУ технологічними процесами (АСУ ТП). Узагальнена функціональна схема АСУ ТП. Інформаційні функції: контроль, діагностика, прогнозування, регулювання та управління. Поняття про оптимальне управління, автоматичний та автоматизований контури управління. Структура комплексу технічних засобів АСУ ТП. Пристрої вводу-виводу інформації, виконавчі пристрої та локальні системи автоматичного регулювання. Сучасна структура управляючого обчислювального комплексу (УОК) АСУ ТП. Визначення та загальна характеристика інформаційного, математичного та програмного забезпечення АСУ ТП. Визначення та структура об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України. Загальна організаційна схема технологічного управління ОЕС. Схема та головні задачі оперативно-диспетчерського управління ОЕС. Задачі управління режимом електростанції.

2. **Забезпечення процесу керування показників енергоблоків електростанцій та основи теорії оптимізації в умовах електричних станцій** до якого увійшли інформаційні функції та функції управління АСУ ТП по енергоблоку. Інформаційні функції та функції управління АСУ ТП по ТЕС. Концепція побудови АСУ ТП енергоблоків. Управління в режимі радника оператора. Супервізійне управління. Централізоване цифрове управління на основі програмно технологічного комплексу. Інформаційні функції, що виконує АСУ ТП оперативно та неоперативно. Керуючі функції, що виконує АСУ ТП автоматично та дистанційно на блочному та станційному рівні. Способи реалізації інформаційних функцій АСУ ТП. Оптимізація процесу управління електростанціями. Електростанція як об'єкт управління в об'єднаній ЕЕС. Підсистеми об'єкта управління у вигляді інтегрованої АСУ ТП (на прикладі АСУ ТП ТЕС). Можливі варіанти побудови структур АСУ. Інформаційно-алгоритмічна структура системи АСУ (Приклади реалізації систем).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах. О.С. Яндульський, А.О. Стелюк, М.П. Лукаш; під загальною редакцією О.С. Яндульського, К.НТУУ «КПІ», 2010.-88с.

2. Дуель М. А. Автоматизоване управління об'єктами та технологічними процесами теплових та атомних електростанцій / М. А. Дуель. – Харків, ПП «КіК», 2010. – 448 с.

3. Артюх С.Ф., Дуель М.А., Шелепов І.Г. Автоматизовані системи керування технологічними процесами в енергетиці. Харків 2001 р. 392 с.

4. Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов І.Г. Автоматизовані системи керування енергогенеруючими установками електростанцій. Харків 2000 р. 448 с.

5. Мельник В.П. Математичні моделі і методи аналізу режимів електроенергетичних систем. – К., 2005. – 608 с., іл.

6. *Методи оптимізації та дослідження операцій [Текст] : навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с.*

7. *Панченко С.В., Медиченко М.П., Лисечко В.П. Методи оптимізації та моделювання: навч. посібник – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Ч.1. – 128 с.*

8. *Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Управління режимами електростанцій" для студентів напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології" спеціальності "Електричні станції"/ Укл. О.Г. Філатов – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 40с.*

9. *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з кредитного модуля "Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій, частина 2", частина 1 для студентів спеціальності "Електричні станції" напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології" / Укл. О.Г. Філатов – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 61с.*

10. *Дистанційний курс «АСУ та ОРЕС»*
<https://classroom.google.com/c/MTU5NzU3NjkwNjg1?cjc=kpvfm75>

Додаткові:

1. *Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов І. Г. Основи автоматизованих систем керування енергогенеруючими установками електростанцій. Харків, 1998 р. 322 с.*

2. *«Концепція побудови і реконструкції АСУ енергопостачальних компаній (ГАЭК) в умовах переходу енергетики України до ринкових відносин». Київ, Міністерство енергетики й електрифікації України, 29.08.1996р.*

3. *А.О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с.*

4. *Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: навчальний посібник. - Черкаси: Брама-Україна, 2005. - 608 с.*

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	<i>Вступ. Мета і задачі кредитного модуля «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» і його місце серед дисциплін спеціальності. Принципи побудови систем АСУ, основні поняття та визначення. літературні джерела: Л1, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 1</i>
2	<i>Класифікація та складові частини АСУ. Функціональна частина АСУ ТП літературні джерела: Л2, Л3, Л5, Л6. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 2</i>
3	<i>Технічна частина АСУ ТП (комплекс технічних заходів) літературні джерела: Л3, Л4, Л6 дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 3</i>
4	<i>Інформаційна та математична частина АСУ ТП. Загальна структура управління електроенергетикою літературні джерела: Л1-Л4, Л5.</i>

	<i>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 4</i>
5	<i>Електростанція, як об'єкт управління в об'єднаній енергосистемі літературні джерела: Л1, Л2, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 5</i>
6	<i>Рівні управління і підсистеми контурів оперативно-диспетчерського та виробничо-господарського управління для АСУ ТЕС. літературні джерела: Л1, Л2. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 6</i>
7	<i>Загальностанційні завдання АСУ електростанцією. літературні джерела: Л1, Л2. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 7</i>
8	<i>Автоматизовані системи управління енергоблоків. МКР-1. Література: Л2, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 8</i>
9	<i>Принципи автоматизованого управління технологічними об'єктами. Критерії оптимальності управління енергоблоками. літературні джерела: Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 9</i>
10	<i>Особливості управління енергоблоками, завдання та функції АСУ для різних режимів роботи літературні джерела: Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 11</i>
11	<i>Функції АСУ енергоблоком ТЕС і АЕС літературні джерела: Л1, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 11</i>
12	<i>Технічні засоби контролю та управління енергоблоками. літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 12</i>
13	<i>Структура АСУ енергоблоку (можливі варіанти) літературні джерела: Л2, Л3, Л4. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 13</i>
14	<i>Інформаційно-алгоритмічна структура АСУ енергоблоку літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 14</i>
15	<i>Реалізація технічної структури АСУ енергоблоком. літературні джерела: Л2, Л3. дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій», лекція 17</i>

Лабораторні заняття

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи	Кількість годин
1	<p>Лабораторна робота №1 Вибір системи моніторингу для розподільних установок електростанції</p> <p>Мета роботи — ознайомитися з основними схемами РУ, навчитися, формувати системи сигналізації та моніторингу для диспетчерського управління.</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»</p> <p>https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2
2	<p>Лабораторна робота №2 Розробка баз даних сигналів та створення конфігурації вузлів зв'язку SCADA-системи</p> <p>Мета роботи – навчитися працювати зі SCADA-системою, створювати бази даних сигналів, конфігурувати вузли зв'язку та налаштовувати системи збору даних для диспетчерського управління електростанціями та підстанціями..</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»</p> <p>https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2
3	<p>Лабораторна робота №3 Розробка HMI-інтерфейсів для диспетчерського управління SCADA-системи</p> <p>Мета роботи – навчитися розробляти ефективні інтерфейси людина-машина (HMI) для диспетчерського управління електростанціями та підстанціями, створювати мнемосхеми, налаштовувати системи візуалізації та забезпечувати ергономічність операторських інтерфейсів.</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»</p> <p>https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2
4	<p>Лабораторна робота №4 Конфігурація цифрових мереж. Протокол IEC 60870-5-104 в електроенергетиці</p> <p>Мета роботи – ознайомитися з принципами роботи протоколу IEC 60870-5-104 в системах електроенергетики, навчитися конфігурувати зв'язок між підстанціями та диспетчерськими центрами, освоїти роботу з FreyrSCADA та проаналізувати структуру телемеханічних повідомлень.</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»</p> <p>https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2
5	<p>Лабораторна робота №5 Конфігурація віддалених терміналів та протоколів зв'язку</p> <p>Мета роботи – ознайомитися з принципами роботи віддалених терміналів (RTU) в електроенергетиці, навчитися конфігурувати серійні протоколи зв'язку, освоїти налаштування з'єднання між віддаленими об'єктами та диспетчерським центром.</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»</p> <p>https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2

6	<p>Лабораторна робота №6 Інтеграція систем автоматизації електростанції</p> <p>Мета роботи – навчитися проектувати інтегровану систему автоматизації електростанції, об'єднувати різні рівні управління та протоколи зв'язку, створювати єдину інформаційну систему для управління енергоблоками та допоміжними системами.</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2
7	<p>Лабораторна робота №7 Цифрова підстанція та інтелектуальні електричні мережі</p> <p>Мета роботи – застосувати знання стандарту IEC 61850 для побудови комплексної цифрової підстанції з інтеграцією різномірних систем автоматизації (SCADA, телемеханіка, RTU), набуті практичних навичок налаштування міжпротокольних шлюзів та забезпечення взаємодії між різними системами автоматизації в реальних умовах експлуатації енергетичного обладнання.</p> <p>Література: Л1, Л9</p> <p>дистанційний курс «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій» https://classroom.google.com/w/MTU5NzU3NjkwNjg1/t/all</p>	2
Всього		14

Практичні заняття

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин
1	Аналіз функціонування систем управління генерацією в електроенергетичних системах та розрахунок потужностей енергоблоків електростанцій та частоти при первинному регулюванні.	2
2	Розрахунок режимів працюючих енергоблоків електростанцій при зміні уставок МЗЧО турбіни по статичним характеристикам енергоблоків	2
3	Розрахунок режимів паралельно працюючих енергоблоків електростанцій при зміні заданої потужності АРП.	2
4	Розрахунок режимів паралельно працюючих енергоблоків частоторегулюючої електростанції методом ведучого генератора	2
5	Розрахунок режимів паралельно працюючих енергоблоків частоторегулюючої електростанції методом дольового статизму та інтегрального відхилення частоти	2
6	Розрахунок режимів регулювання частоти та обмінної потужності в об'єднаній енергосистемі методом внутрішнього статизму.	2
7	Аналіз графіку процесу вторинного регулювання у часі. Розрахунок потужності вторинного резерву на електростанціях.	2
Всього		14

6. Самостійна робота студента

№з /п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекційних занять	9
2	Підготовка до лабораторних занять	5

3	Підготовка до практичних занять	4
4	Підготовка до МКР	2
5	Виконання РГР	16
6	Підготовка до екзамену	30
		Всього 66

Модульна контрольна робота

Згідно РСО за період навчання запланована 1 модульна контрольна робота відповідно до розділу: Основи побудови автоматизованих систем управління. Модульна контрольна робота містить 1 теоретичне питання, яке оцінюється у 10 балів. Ваговий бал МКР – 10 балів.

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 і РГР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності, передбачені РСО 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. В умовах дистанційного навчання захист лабораторних робіт здійснюється складанням тесту за змістом ЛР;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист індивідуальної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами її перевірки (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);
- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, 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 «Автоматизовані системи управління та оптимізація режимів електричних станцій»;
- 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 і РГР.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за РГР, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий стартовий рейтинг (R_S) більше 25 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 отримано R_L і R_R $R_S = R_L + R_P + R_M + R_R < 25$ балів	Не допущено

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

- виконання та захист лабораторних робіт (R_L);
- активність на практичних заняттях (R_P);
- виконання індивідуальної роботи (РГР) (R_R);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР) (R_M);
- відповідей на екзамені (R_E).

Лабораторні роботи (R_L)	Практичні заняття (R_P)	МКР (R_M)	РГР (R_R)	Екзамен (R_E)
15	10	10	15	50

Лабораторні роботи

Ваговий бал. Максимальна кількість балів за лабораторні роботи складає $5 \cdot 3 = 15$ балів.

На лабораторних роботах студенти досліджують методи оптимізації у розрахунках параметрів систем управління електричних 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 захисту лабораторної роботи.

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

Практичні роботи

Ваговий бал. Максимальна кількість балів за активність на практичних заняттях (розв'язування задач), складає $4 \cdot 2,5 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь – 2,5;
- неповна відповідь, є незначні помилки – 2;
- неповна відповідь, є суттєві помилки – 1;
- незадовільна відповідь – 0.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР складає 10 балів.

Критерії оцінювання.

- бездоганна робота та містить несуттєві помилки – 8...10 балів;
 - є певні недоліки при викладенні основного матеріалу – 6...7 балів;
 - є грубі помилки при викладенні основного матеріалу – 3...5 балів;
 - робота не виконана зовсім або виконана частково – 0...2 бали.
- Перескладання МКР не заплановане.

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Ваговий бал РГР складає 15 балів.

Відповідно до навчального плану, кожен студент виконує РГР «Розподіл навантаження між регулюючими агрегатами електростанцій при вторинному регулюванні» за отриманим варіантом.

Критерії оцінювання.

- бездоганна робота – 14...15 балів;
- є певні недоліки при розрахунках та викладенні графічного матеріалу – 11...13 балів;
- є грубі помилки при виборі обладнання та викладенні графічного матеріалу – 8...10 балів;
- не виконана робота – 0 балів.

Календарний контроль

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 15 балів та виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації). Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 15 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) за умови зарахування РГР.

Максимальний рейтинг за семестр, визначається з виразом:

$$R_S = R_L + R_P + R_M + R_R = 15 + 10 + 10 + 15 = 50 \text{ балів}$$

Додаткові бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 5 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть отримані за виконання додаткових завдань на лекціях.

Додаткові завдання та лекції

Додаткові лекції – це теми на самостійне опрацювання, які забезпечать здобувачам посилення теоретичних знань з дисципліни. Ваговий бал – 0,5. Максимальна кількість балів за опрацювання додаткових лекцій – 0,5 балів * 10 лекцій = 5 балів. Бали здобувачі отримують за завдання на платформу курсу конспекту опрацьованої лекції.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та задачі

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену $R_E = 50$ балів.

Рейтинг екзамену $R_E = 46 - 50$ 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 $R_E = 36 - 45$ 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 $R_E = 25 - 35$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_E \leq 25$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів, які вивчав, не може виправити помилки за

допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до загальної оцінки згідно з таблицею:

$$R=R_S+R_E=50+50=100 \text{ балів}$$

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 або РГР	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, д.т.н. Остапчуком О.В.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 15 від 12.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 6 від 27.06.2025 р.)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.