

ІЗОЛЯЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Силабус освітнього компонента

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>G-Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G3-Електрична інженерія</i>
Освітня програма	<i>Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова (нормативна)</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Всього 4 кредитів ECTS / 120 годин; аудиторних – 54 год: лекції – 36 години; лабораторні роботи – 18 годин; самостійна робота – 66 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень 1 лабораторна робота (4 години) 1 раз на 2 тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, доцент, Проценко Олександр Ростиславович, apro54@ukr.net</i> Лабораторні: <i>к.т.н, доцент, Проценко Олександр Ростиславович, apro54@ukr.net</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NTU4MTcwMTIyMDU5?cjc=p5cn5x6

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компонента «Ізоляція електротехнічного обладнання» складено відповідно до освітньої програми підготовки бакалаврів «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей: ФК2-Здатність вирішувати практичні задачі із залученням апарату вищої математики, загальної фізики та теоретичної електротехніки; ФК6-Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

Предметом вивчення дисципліни: - ізоляція та ізоляційні системи високовольтного обладнання, зокрема, лінійні ізоляційні конструкції, силові та вимірювальні трансформатори, прохідні ізолятори та високовольтні вводи, високовольтні кабелі та електричні машини.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: ЗН15-Електрофізичних процесів і явищ, що відбуваються в електричних апаратах; ЗН18-Заходів підтримки та зміни режимів роботи електричних мереж та систем, високовольтного обладнання електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг; ЗН19-Факторів, що призводять до виникнення незворотних процесів у високовольтній ізоляції електричних мереж та систем, обладнання електричних станцій та підстанцій, об'єктів альтернативної енергетики; УМ7-Комбінувати методи емпіричного і теоретичного дослідження для пошуку шляхів зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні; УМ8-Винаходити

нові шляхи вирішення проблеми економічного перетворення, розподілення, передачі та використання електричної енергії.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти освітніми компонентами "Техніка високих напруг", «Електрична частина станцій та підстанцій», «Теоретичні основи електротехніки».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Проектування ізоляції ЛЕП

Тема 1.1. Основні експлуатаційні впливи на ізоляцію високовольтного електрообладнання та методи проектування ізоляції ЛЕП.

Зміст: Робоча напруга. Внутрішні перенапруження. Грозові перенапруження. Механічні, теплові, атмосферні впливи.

Тема 1.2. Ізоляція повітряних ЛЕП. .

Коротка характеристика ЛЕП. Провід, опори, основні ізоляційні проміжки. Вибір ізоляційних проміжків на опорах. Вибір ізоляційних проміжків між опорами.

Зміст: Лінійні ізолятори. Основні електричні характеристики. Умови випробувань. Типи лінійних ізоляторів. Умови проектування. Маркування ізоляторів. Лінійні штирьові ізолятори. Основи розрахунку. Гірлянди підвісних ізоляторів.

Вибір кількості ізоляторів за умовою електричних впливів. Вибір кількості ізоляторів за нормативно-технічною документацією.

Розподіл напруги по гірлянді ізоляторів. Лабораторні дослідження розподілу напруги по гірлянді ізоляторів. Засоби покращання розподілу напруги.

Розділ 2. Проектування зовнішньої ізоляції підстанцій високої напруги.

Тема 2.1. Типи ізоляторів та характерні ізоляційні проміжки.

Зміст: Типи опорних ізоляторів і їх позначення. Опорно-стержньовий і опорно-штирьовий ізолятори. Опорні ізолятори типу "пустотілий" і "Мультикон". Методика вибору опорних ізоляторів.

Повітряні проміжки, характерні для підстанції з відкритим розподільчим пристроєм. Вибір ізоляції розподільчого пристрою підстанції.

Тема 2.2. Обладнання з газовою ізоляцією.

Зміст: Ізоляційні конструкції з газовою ізоляцією. Переваги і недоліки. Конструкція основних елементів.

Конструкції шинопроводів і ізоляційних розпірок. Методика вибору ізоляційних розпірок.

Розділ 3. Проектування ізоляції прохідних ізоляторів та введів високої напруги

Тема 3.1. Прохідні ізолятори. .

Зміст: Класифікація прохідних ізоляторів. Розрахунок діаметра стержня і довжин масляних і повітряних кінців фарфорових покришок. Проектування та розрахунок внутрішньої ізоляції для випадку фарфорового ізолятора з повітряною порожниною. Перевірка розрахунків.

Розрахунок внутрішньої ізоляції для випадку суцільного діелектрика. Перевірка розрахунків.

Тема 3.2. Високовольтні вводи.

Зміст: Класифікація високовольтних введів. Регулювання поля конденсаторними обкладками. Умови розрахунку конденсаторного вводу.

Типи введів конденсаторного типу- маслбар'єрні, паперово-бакелітові, паперово -масляні. Конструкції і основні характеристики та вимоги до вибору напруженостей. Вимоги до електричної міцності ізоляції різних типів введів. Теплові розрахунки ізоляції введів. Розрахунки фарфорової покришки вводу. Методи проектування високовольтних введів.

Розділ 4. Проектування ізоляції електричних кабелів

Тема 4.1. Типи та конструкції кабелів

Зміст: Силові кабелі високої напруги - історія розвитку ізоляції. Кабелі з паперовою

ізоляцією і в'язким просоченням до 35 кВ. Герметичні оболонки і ізоляційні матеріали. Розподіл полів в кабелях типу СБ.

Кабелі типів ОСБ. Конструкція. Переваги і недоліки. Утворення порожнин і газових включень в ізоляції з в'язким просоченням. Виникнення ЧР. Маслонаповнені кабелі. Газонаповнені кабелі.

Тема 4.2. Розрахунки ізоляції кабелів та проектування їх конструкції.

Зміст: Електричний розрахунок кабелю. Приклад розрахунку. Градування ізоляції кабелю. Приклад розрахунку. Тепловий розрахунок кабелю до 35кВ. Особливості теплового розрахунку кабелів вище 110кВ і розрахунок витрат в оболонках.

Кабельні муфти. Типи і призначення. Розрахунок конусного екрана кабельної муфти. Розрахунок ізоляції кінцевої кабельної муфти конденсаторного типу. Кабелі постійного струму. Імпульсні кабелі.

Розділ 5. Проектування ізоляції трансформаторів

Тема 5.1. Конструкція ізоляції силових трансформаторів.

Зміст: Класифікація ізоляції силових трансформаторів. Внутрішня і зовнішня ізоляція. Головна і поздовжня ізоляція. Ізоляція трансформаторів 6-35 кВ.

Конструкція обмоток. Ізоляція трансформаторів 110 кВ і вище. Технологія виготовлення ізоляції.

Тема 5.2. Електрична міцність ізоляції трансформаторів та фактори її визначаючі.

Зміст: Короткочасна електрична міцність ізоляції трансформаторів - електрична міцність поздовжньої та головної ізоляції. Тривала електрична міцність маслобар'єрної ізоляції.

Гradientи в поздовжній ізоляції трансформаторів. Перехідні процеси в обмотках.

Початкове розподілення напруги уздовж обмотки трансформатора при імпульсному впливі напруги. Максимальні напруги уздовж обмотки трансформатора при імпульсному впливі.

Імпульсний обмір трансформаторів. Поздовжня ізоляція обмоток її розрахунок та способи захисту. Методи проектування поздовжньої ізоляції.

Тема 5.3. Ізоляція трансформаторів струму високої напруги.

Зміст: Класифікація ізоляції трансформаторів струму високої напруги та її конструктивні виконання.

Трансформатори ланкового типу (ТФН). Розрахунок ізоляції трансформатору струму. Розрахунок паперово-масляної ізоляції. Розрахунок напруги масляного клина та проектування ізоляції.

Трансформатори струму з ізоляцією конденсаторного типу. Види ізоляції: на первинній обмотці (U-образна) або на повторній (римовидна). Розрахунок ізоляції трансформаторів струму U-образної форми. Розрахунок та проектування геометрії конусної обкладинки в трансформаторах струму.

Тема 5.4. Ізоляція трансформаторів напруги.

Зміст: Класифікація ізоляції трансформаторів напруги в залежності від класів напруги. Конструкція та проектування ізоляції трансформаторів 110 кВ.

Розділ 6. Проектування ізоляції електричних машин

Тема 6.1. Ізоляція електричних машин.

Зміст: Класифікація впливів на ізоляцію електричних машин. Класифікація ізоляції електричних машин по нагрівостійкості. Класифікація ізоляції. Конструкція ізоляції ЕМ. Тривала електрична міцність ізоляції ЕМ. Старіння ізоляції ЕМ і фактори впливу на старіння.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Техніка і електрофізика високих напруг: Навч. посібник / За ред. В.О.Бржезицького та В.М.Михайлова. – Харків: НТУ „ХПІ” – Торнадо, 2005. – 930 с.
2. Приймальні та експлуатаційні випробування електроустаткування: Навч.посібник / Уклад.: В.Б.Абрамов, В.О.Бржезицький, О.Р.Проценко, під ред. Бржезицького В.О. –К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 235 с.
3. Ізоляція електротехнічного обладнання. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійних програм «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. Р.

Проценко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,96 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 133 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47801>

4. Ізоляція електротехнічного обладнання: Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійних програм «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. М. Козюра, О. Р. Проценко, Соколовський С.А. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,4 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 97 с. - <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47803>

Додаткові інформаційні ресурси:

1. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання.
2. ГКД 34.43.101-97 Приймання, застосування та експлуатація трансформаторних масел. Методичні вказівки., НДІ Енергетики, Київ, 1998. (Нормативний документ Міністерства палива та енергетики України).
3. Норми випробування електрообладнання. ВАТ «Київобленерго». Київ 2002.
4. Техніка високих напруг. Розрахунок і конструювання електричної ізоляції: Навч. посібник / А.Г.Гурін, В.В.Рудаков. – Х.: Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 192 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. Проектування ізоляції ЛЕП
Тема 1.1. Основні експлуатаційні впливи на ізоляцію високовольтного електрообладнання.
Лекція 1. Робоча напруга. Внутрішні перенапруження. Грозові перенапруження. Механічні, теплові, атмосферні впливи.
Тема 1.2. Ізоляція повітряних ЛЕП. .
Лекція 2. Коротка характеристика ЛЕП. Провід, опори, основні ізоляційні проміжки. Вибір ізоляційних проміжків на опорах. Вибір ізоляційних проміжків між опорами.
Лекція 3. Лінійні ізолятори. Основні електричні характеристики. Умови випробувань. Типи лінійних ізоляторів. Умови проектування. Маркування ізоляторів. Лінійні штирьові ізолятори. Основи розрахунку. Гірлянди підвісних ізоляторів.
Лекція 4. Вибір кількості ізоляторів за умовою електричних впливів. Вибір кількості ізоляторів за нормативно-технічною документацією. Розподіл напруги по гірлянді ізоляторів. Засоби покращання розподілу напруги.
Розділ 2. Проектування зовнішньої ізоляції підстанцій високої напруги.
Тема 2.1. Типи ізоляторів та характерні ізоляційні проміжки.
Лекція 5. Типи опорних ізоляторів і їх маркування. Опорно-стержньовий і опорно-штирьовий ізолятори. Опорні ізолятори типу "пустотілий" і "Мультикон". Методика вибору опорних ізоляторів. Повітряні проміжки, характерні для підстанцій з відкритим розподільчим пристроєм. Вибір ізоляції розподільчого пристрою підстанції.
Тема 2.2. Обладнання з газовою ізоляцією.
Лекція 6. Ізоляційні конструкції з газовою ізоляцією. Переваги і недоліки. Конструкція основних елементів. Конструкції шинопроводів і ізоляційних розпірок. Методика вибору ізоляційних розпірок.
Розділ 3. Проектування ізоляції прохідних ізоляторів та вводів високої напруги
Тема 3.1. Прохідні ізолятори. .
Лекція 7. Класифікація прохідних ізоляторів. Розрахунок діаметра стержня і довжин масляних і повітряних кінців фарфорових покришок. Розрахунок внутрішньої ізоляції для випадку фарфорового ізолятора з повітряною порожниною. Розрахунок внутрішньої ізоляції для випадку суцільного діелектрика. Перевірка розрахунків.
Тема 3.2. Високовольтні вводи.
Лекція 8. Класифікація високовольтних вводів. Типи вводів конденсаторного типу - маслобар'єрні, паперово-бакелітові, паперово-масляні. Конструкції і основні характеристики та вимоги до вибору Регулювання поля конденсаторними обкладками. Розрахунок конденсаторного вводу за умовою $E_r = \text{const}$. Розрахунок конденсаторного вводу за умовою $E_a = \text{const}$.
Розділ 4. Проектування ізоляції електричних кабелів
Тема 4.1. Типи та конструкції кабелів
Лекція 9. Кабелі з паперовою ізоляцією і в'язким просоченням до 35 кВ. Герметичні оболонки і ізоляційні матеріали. Розподіл полів в кабелях типу СБ. Кабелі типів ОСБ. Конструкція. Переваги і недоліки. Утворення порожнин і газових включень в ізоляції з в'язким просоченням. Виникнення ЧР. Маслонаповнені кабелі. Газонаповнені кабелі.
Тема 4.2. Розрахунки ізоляції кабелів та проектування їх конструкції.
Лекція 10. Електричний розрахунок кабелю. Приклад розрахунку. Градування ізоляції кабелю. Приклад розрахунку. Тепловий розрахунок кабелю до 35кВ. Особливості теплового розрахунку кабелів вище 110кВ і розрахунок витрат в оболонках.
Лекція 11. Кабельні муфти. Типи і призначення. Розрахунок конусного екрана кабельної муфти. Розрахунок ізоляції кінцевої кабельної муфти конденсаторного типу. Кабелі постійного струму. Імпульсні кабелі.
Розділ 5. Проектування ізоляції трансформаторів
Тема 5.1. Конструкція ізоляції силових трансформаторів.
Лекція 12. Класифікація ізоляції силових трансформаторів. Внутрішня і зовнішня ізоляція. Головна і

поздовжня ізоляція. Ізоляція трансформаторів 6-35 кВ. Ізоляція трансформаторів 110 кВ і вище. Технологія виготовлення ізоляції.
Тема 5.2. Електрична міцність ізоляції трансформаторів та фактори її визначаючі.
Лекція 13. Короткочасна електрична міцність ізоляції трансформаторів- електрична міцність поздовжньої та головної ізоляції. Тривала електрична міцність маслобар'єрної ізоляції.
Лекція 14. Градієнти в поздовжній ізоляції трансформаторів. Перехідні процеси в обмотках. Початковерозподілення напруги уздовж обмотки трансформатора при імпульсному впливі напруги. Максимальні напруги уздовж обмотки трансформатора при імпульсному впливі.
Тема 5.3. Ізоляція трансформаторів струму високої напруги.
Лекція 15. Класифікація ізоляції трансформаторів струму високої напруги та її конструктивні виконання. Трансформатори ланкового типу (ТФН). Розрахунок ізоляції трансформатора струму. Розрахунок паперово-масляної ізоляції. Розрахунок напруги масляного клина. Трансформатори струму з ізоляцією конденсаторного типу. Види ізоляції: на первинній обмотці (U-образна) або на повторній (римоподібна). Розрахунок ізоляції трансформаторів струму U-подібної форми. Розрахунок геометрії конусної обкладинки в трансформаторах струму.
Тема 5.4. Ізоляція трансформаторів напруги.
Лекція 16. Класифікація ізоляції трансформаторів напруги в залежності від класів напруги. Конструкція ізоляції трансформаторів 110 кВ.
Розділ 6. Проектування ізоляції електричних машин
Тема 6.1. Ізоляція електричних машин.
Лекція 17. Конструкція ізоляції електричних машин. Класифікація впливів на ізоляцію електричних машин.
Лекція 18. Класифікація ізоляції електричних машин по нагрівостійкості. Короткочасна електрична міцність ізоляції ЕМ. Тривала електрична міцність ізоляції ЕМ. Старіння ізоляції ЕМ і фактори впливу на старіння.

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступне заняття	2
2	Вимірювання характеристик різних типів ізоляційного паперу для конденсаторів.	4
3	Дослідження законів розподілу напруги вздовж гірлянди лінійних ізоляторів.	4
4	Дослідження перенапруг в обмотках трансформаторів та розрахунок їх поздовжньої ізоляції.	4
5	Дослідження методів та устаткування для визначення електричних характеристик рідких діелектриків.	4

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи
1	Підготовка до лабораторних занять та проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях
2	Підготовка до МКР
3	Підготовка до заліку

Політика контролю

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.

- обов'язковою умовою допуску до екзамену є
 - відпрацювання, оформлення протоколу та захист лабораторних робіт з дисципліни;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені PCO 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 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.
- політика дедлайнів та перескладань:
 - несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають зменшення максимального балу зазначеного у PCO за відповідний контрольний захід до 75 %. Мінімальний бал не змінюється.
 - перескладання захисту лабораторних робіт не передбачено;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів:
 - заохочувальні бали не входять до основної шкали PCO, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та університетських олімпіадах, участь у наукових конференціях;
- 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; 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: МКР, лабораторні роботи.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за виконання усіх лабораторних робіт.

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях та лабораторних заняттях;
- виконання та захист дев'яти лабораторних робіт;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Лабораторні роботи	МКР	Рекз
40	20	40

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 10 балів * 4 = 40 балів.

Критерії оцінювання

- якісна підготовка до лабораторної роботи (наявність протоколу, знання мети роботи, знання основних теоретичних положень, які перевіряються), активна участь у виконанні досліджень, правильна та охайна обробка результатів дослідів, чіткі відповіді на контрольні питання за темою роботи
 $-(0,9..1) * 10 = 9,0...10,0$ балів;
- добра підготовка до лабораторної роботи, активна участь у виконанні досліджень, несуттєві помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання –
 $(0,89..0,75) * 10 = 7,0...8,0$ балів;

- недостатня підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, значні помилки при обробці результатів дослідів, часткові відповіді на контрольні питання – $(0,74..0,6)*10 = 6,0$ балів;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконання досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин. Завдання кожної контрольної роботи складається з двох теоретичних питань та однієї задачі.

Ваговий бал кожної частини МКР – 10 балів.

Максимальний бал за МКР – $2 * 10 = 20$ балів.

Критерії оцінювання

- правильна та повна відповідь на теоретичне питання, правильне вирішення задачі – $(0,9..1)*10$ балів;
- правильна але не повна відповідь на теоретичне питання, правильне вирішення задачі – $(0,89..0,75)*10$ балів;
- неправильна відповідь на теоретичне питання, правильне вирішення задачі – $(0,74..0,6)*10$ балів;
- неправильна відповідь на теоретичне питання, розв'язання задачі з принциповими помилками – 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.

Із загального розрахунку максимальна сума балів, що може бути отримана студентом протягом семестру складає:

$$R_D = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

За результати навчальної роботи за перші 7 тижнів студент може набрати 30 балів. На першому календарному контролі (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 15 балів.

За результати 13 тижнів навчальної роботи студент максимально може набрати 60 балів. На другому календарному контролі (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 30 балів.

Необхідною **умовою отримання допуску до екзамену** є зарахування всіх лабораторних робіт та стартовий рейтинг **не менше 60%** від 60 балів, тобто 36 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з трьох завдань.

Кожне завдання включає два теоретичних питання з різних розділів програми навчального курсу та задачу.

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену - 40 балів.

Рейтинг екзамену 38 – 40 балів – студент правильно розв'язав задачу, дав чіткі та вичерпні відповіді на теоретичні питання.

Рейтинг екзамену 34 – 37 балів – студент правильно розв'язав задачу, дав чіткі відповіді на теоретичні питання.

Рейтинг екзамену 30 – 33 балів – студент правильно розв'язав задачу з зауваженнями, відповідаючи на теоретичні питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача.

Рейтинг екзамену 26 – 29 балів – студент допустив незначні помилки при вирішенні задачі, при відповіді на теоретичні питання студент частково відповідає на екзаменаційні питання, знає визначення основних понять дисципліни, в цілому розуміє фізичних процесів.

Рейтинг екзамену 24 – 25 балів – студент допустив помилки при вирішенні задачі, показує знання основних понять і визначень дисципліни, але недостатньо розуміє фізичну суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену 0 – студент допустив значні помилки при вирішенні задачі (або взагалі не вирішив), у відповіді на теоретичні питання 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.

Остаточний рейтинг студента складає сума балів отриманих за семестр та екзамен.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У разі дистанційного навчання студент несе повну відповідальність за наявність у нього технічних засобів комунікації (інтернет, е-пошта, комп'ютер, веб-камера, відповідне програмне забезпечення тощо), необхідних для вивчення дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри теоретичної електротехніки, к.т.н, доцент, Проценко Олександр Ростиславович

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 14 від 24.06.2026 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету ФЕА (протокол № 10 від 24.06.2026 р.)

