

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту
інноватики, природокористування та
інфраструктури

Василь БРИЧ

«29» _____ 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«29» _____ 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ

«29» _____ 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Релейний захист та автоматика»**

ступінь вищої освіти – **бакалавр**

галузь знань – **14 «Електрична інженерія»**

спеціальність – **141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

освітньо-професійна програма **«Енергетичний аудит»**

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	Лаб. заняття	ІРС, год.	Тренінг, (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	IV	7	32	14	14	4	8	78	150	7
Заочна	IV	7	8	4	4	-	-	134	150	8

**Тернопіль – ЗУНУ
2025**

32

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавр галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 9 від 15 червня 2022 р., зі змінами відповідно до рішення Вченої ради ЗУНУ, протокол № 11 від 26 червня 2024 р.

Робочу програму склав професор кафедри, д.т.н., професор, Валерій ЯГУП

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 26 серпня 2025 р.

В.о. завідувача кафедри,
д.е.н., професор

Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Гарант ОПП
«Енергетичний аудит»,
к.т.н., доцент

Петро КЛЕНДІЙ

**СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Релейний захист та автоматика»**

Опис дисципліни

Дисципліна – «Релейний захист та автоматика»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: – 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – нормативна Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів – 5	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки: Денна – 4 Заочна – 4 Семестр: Денна – 7 Заочна – 7
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: Денна – 32 год. Заочна – 8 год. Практичні заняття: Денна – 14 год. Заочна – 4 год. Лабораторні заняття: Денна-14 Заочна- 4
Загальна кількість годин: 150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит»	Індивідуальна робота: Денна – 4 год. Тренінг: Денна – 8 год.
		Самостійна робота: Денна – 78 год. Заочна – 134 год.
Тижневих годин: Денна форма навчання – 8 год., з них аудиторних – 4		Вид підсумкового контролю – екзамен

Мета і завдання дисципліни «Релейний захист та автоматика»

Мета дисципліни

Метою дисципліни є підготовка фахівців в сфері релейного захисту та автоматизації систем електропостачання, а також в сфері енергопостачання та енергоменеджменту. Разом з цим особливу увагу приділяють принципам виконання і технічній реалізації пристроїв релейного захисту та автоматизації основних елементів системи електропостачання.

Завдання дисципліни.

Завданнями дисципліни є засвоєння студентами як теоретичних засад релейного захисту та автоматизації, так і методів розрахунку параметрів налаштування пристроїв релейного захисту для цілей енергозбереження в системах електропостачання.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати:**

- принцип дії і устрій різних типів реле: струму, напруги, опору, часу, проміжних, газових і т.п.;
- фізичні явища, що мають перебіг у мережах в аномальних режимах КЗ, обриву фази, удару блискавки і т.д.;
- фізичні явища при перевантаженнях мереж, а також асиметричних режимах;
- основні характеристики різних типів релейного захисту;
- принципи дії всіх захисних схем та їх призначення.

вміти:

- формувати вимоги до основних релейних систем захисту всіх елементів енергосистеми;
- аналізувати та описувати перебіг перехідних процесів і системах електропостачання;
- виконувати розрахунки параметрів налаштування релейного захисту та автоматики в енергосистемах;
- проводити дослідження з налагодження необхідного режиму роботи релейного захисту з використанням сучасних і перспективних пристроїв для цілей економії експлуатації енергосистем.

Найменування та опис компетентностей, формування яких забезпечує вивчення дисципліни:

Дисципліна формує такі фахові компетентності як:

- K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.
- K14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.
- K21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

Передумови для вивчення дисципліни.

Вивчення дисципліни «Релейний захист та автоматика» доцільне після оволодіння студентами знаннями з таких дисциплін як «Електричні мережі», «Теорія електропривода», «Електроніка та мікросхемотехніка» та набуття ними відповідних фахових компетенцій.

Результати навчання

- ПР02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.
- ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
- ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах

Зміст дисципліни

«Релейний захист та автоматика»

ТЕМА 1. Загальні відомості про релейний захист і автоматику

Призначення пристроїв релейного захисту і автоматики, їх складові елементи та функціональні частини. Основні вимоги до пристроїв релейного захисту і автоматики. Техніка безпеки при роботі з пристроями РЗА.

ТЕМА 2. Елементи пристроїв РЗА

Первинні вимірювальні перетворювачі струму (ТС). Схеми з'єднань ТС. Оцінка схем з'єднань ТС і сфери їх використання. Первинні перетворювачі напруги. Захист кіл ТН. Насичувальні ТС (НТС). Трансреактори. Фільтри симетричних складових. Фільтр струму зворотної послідовності. Фільтри струму нульової послідовності. Фільтри напруги зворотної послідовності. Фільтри напруги нульової послідовності. Блоки живлення.

ТЕМА 3. Електромеханічні елементи пристроїв РЗА

Загальні відомості про електромеханічні системи. Використання електромагнітного принципу для виконання реле. Використання індукційного принципу для виконання реле. Індукційні вимірювальні реле. Реле струму РТ-80, РТ-90. Реле напруги потужності типу РБМ. Електромеханічні реле з постійним магнітом. Реле на геконах. Напівпровідникові реле. Загальні відомості про електротеплові елементи. Керовані запобіжники.

ТЕМА 4. Цифрові пристрої захисту та автоматики

Загальна характеристика цифрових пристроїв захисту та автоматики. Структурна схема цифрового пристрою РЗА. Перетворення аналогових сигналів. Вхідні бінарні сигнали. Перетворення та зберігання інформації в цифровому пристрої РЗА. Вибір параметрів спрацювання дистанційних захистів. Цифрові захисти трансформаторів. Загальна характеристика цифрових захистів трансформатора. Диференційний захист трансформатора. Максимальний струмовий захист від надструмів зовнішніх к.з. Захист трансформатора від перевантажень. Функція резервування відмови вимикача.

ТЕМА 5. Мікропроцесорні пристрої РЗА

Мікропроцесорний захист. Призначення мікропроцесорних реле. Типи мікропроцесорних реле. Опис конструкції, роботи та технічні характеристики мікропроцесорних пристроїв. Налаштування уставок та програмування реле. Структура меню керування пристроїв. Технічне обслуговування мікропроцесорних пристроїв РЗА.

ТЕМА 6. Захист і автоматика мереж напругою до 1кВ

Вимоги до запуску мереж до 1 кВ та їх реалізації. Захист плавкими запобіжниками, їх вибір з врахуванням забезпечення селективності і чутливості. Захист за допомогою автоматичних повітряних вимикачів. Чутливість і селективність розчіплювачів автоматичних вимикачів. Захист від однофазних КЗ на землю в чотирипровідній мережі з глухо заземленою нейтраллю. Вимоги до пристрою АВР та їх реалізація в мережах до 1 кВ.

ТЕМА 7. Максимально-струмовий захист лінії електропередач в мережах напругою понад 1кВ

Триступеневий струмовий захист і його основні органи. МСЗ при вмиканні вимірювальних органів на повні струми фаз. МСЗ нульової послідовності мереж з заземленою нейтраллю. Схема й оцінка МСЗ.

ТЕМА 8. Струмова відсічка в елементах енергопостачання напругою понад 1 кВ

Вибір параметрів струмової відсічки без витримки часу і з витримкою часу. Розширення зони захисту струмової відсічки. Неселективна відсічка. Комбінована відсічка за струмом і напругою. Характеристики струмових відсічок. Струмовий захист зі ступеневою характеристикою витримки часу. Схеми струмових захистів. Струмовий захист з залежною від рівня третьої гармоніки струму витримки часу.

ТЕМА 9. Релейний захист силових трансформаторів, автотрансформаторів та синхронних генераторів

Основні види пошкоджень та особливості режимів роботи трансформаторів, автотрансформаторів і синхронних генераторів. Захист трансформаторів за допомогою запобіжників. Струмові захисти трансформаторів від міжфазних к.з. Диференційний захист трансформаторів і автотрансформаторів. Газовий захист трансформатора. Захист від надструмів зовнішніх к.з. Захист трансформаторів від перевантажень. Поздовжній диференційний захист генератора. Поперечний диференційний захист генератора. Струмові захисти від зовнішніх коротких замикань і перевантаження генератора.

ТЕМА 10. Способи виконання, основні органи, розрахунок параметрів пристроїв автоматики

Пристрої автоматичного вмикання резерву (АВР). Пристрої АПВ. Пристрій автоматичного частотного розвантаження. Побудова схем автоматизації та їх реалізація в системі енергопостачання.

ТЕМА 11. Струмові направлені захисти

Принцип дії і основні органи струмового направленої захисту. Вибір параметрів максимального струмового направленої захисту. Схеми вмикання реле на пряму потужності. Схеми і сфера використання максимального струмового направленої захисту. Струмові направлені відсічки без витримки часу і з витримкою часу. Струмовий направлений захист із ступінчастою характеристикою витримки часу.

ТЕМА 12. Дистанційний захист

Призначення, принцип дії, основні органи дистанційного захисту. Вибір параметрів спрацювання дистанційного захисту з триступеневою характеристикою витримки часу.

ТЕМА 13. Диференційний захист

Види і способи виконання захисту. Принцип дії поздовжнього диференційного захисту. Струм небалансу в реле з циркулюючими струмами. Способи підвищення чутливості. Вмикання реле струму через проміжний насичувальний трансформатор струму. Використання диференційного реле струму з гальмуванням. Поздовжній диференційний захист ліній і особливості його виконання. Оцінка поздовжнього диференційного захисту. Поперечний диференційний захист. Схема і сфера використання поперечних диференційних захистів.

ТЕМА 14. Захист мереж від замикань на землю в мереж з ізольованою нейтраллю

Короткі відомості. Розподіл струмів при замиканні на землю. Вимоги до захистів від замикань на землю. Пристрої загальної неселективної сигналізації. Струмові захисти нульової послідовності, які реагують на струми усталеного режиму.

Захист ТН контролю ізоляції. Схема загальної неселективної сигналізації без використання ТН.

Структура залікового кредиту дисципліни
«Релейний захист та автоматика»
(денна форма)

Тема	Кількість, годин, в т.ч.						
	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття	Індивідуальна робота	тренінг	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовний модуль 1 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ							
Тема 1. Загальні відомості про релейний захист і автоматику.	2	2	2	2	2	6	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 2. Елементи пристроїв РЗА.	2					6	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 3. Електромеханічні елементи пристроїв РЗА.	2	2	6			Поточне опитування, тестові завдання	
Тема 4. Цифрові пристрої захисту та автоматики.	2		5			Поточне опитування, тестові завдання	
Тема 5. Мікропроцесорні пристрої РЗА.	4	2	2			6	Поточне опитування, тестові завдання
Змістовний модуль 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ							
Тема 6. Захист і автоматика мереж напругою до 1кв.	2	2	2	2	2	6	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 7. Максимально-струмовий захист лінії електропередач в мережах напругою понад 1кв.	2					5	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 8. Струмова відсічка в елементах енергопостачання напругою понад 1 кв.	2	2	2			6	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 9. Релейний захист силових трансформаторів, автотрансформаторів та синхронних генераторів.	4	2			2	5	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 10. Способи виконання, основні органи, розрахунок параметрів пристроїв автоматики.	2	2	2			5	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 11. Струмові направлені захисти.	2					6	Поточне опитування, тестові завдання

Тема 12. Дистанційний захист.	2					5	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 13. Диференційний захист.	2		2		2	5	Поточне опитування, тестові завдання
Тема 14. Захист мереж від замикань на землю в мереж з ізольованою нейтраллю.	2					6	Поточне опитування, тестові завдання
Разом	32	14	14	4	8	78	

Структура залікового кредиту дисципліни
«Релейний захист та автоматика»
(заочна форма)

Тема	Кількість, годин, в т.ч.			
	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття	Самостійна робота
Змістовний модуль 1 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ				
Тема 1. Загальні відомості про релейний захист і автоматику.	2	2	2	9
Тема 2. Елементи пристроїв рза.				9
Тема 3. Електромеханічні елементи пристроїв рза.				10
Тема 4. Цифрові пристрої захисту та автоматики.				9
Тема 5. Мікропроцесорні пристрої рза.	2			10
Змістовний модуль 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ				
7				
Тема 6. Захист і автоматика мереж напругою до 1кв.				9
Тема 7. Максимально-струмовий захист лінії електропередач в мережах напругою понад 1кв.				10
Тема 8. Струмова відсічка в елементах енергопостачання напругою понад 1 кв.				9
Тема 9. Релейний захист силових трансформаторів, автотрансформаторів та синхронних генераторів.	2	2	2	10
Тема 10. Способи виконання, основні органи, розрахунок параметрів пристроїв автоматики.				10
Тема 11. Струмові направлені захисти.				10
Тема 12. Дистанційний захист.				10
Тема 13. Диференційний захист.	2			10

Тема 14. Захист мереж від замикань на землю в мереж з ізольованою нейтраллю.				9
Разом	8	4	4	134

Тематика практичних занять

Практичне заняття 1

Тема: Загальні відомості про релейний захист і автоматику. Елементи пристроїв РЗА.

Мета: сформувати у студентів розуміння призначення та структурних елементів пристроїв релейного захисту й автоматики, а також принципів роботи вимірювальних перетворювачів та фільтрів у системах РЗА.

Питання для обговорення:

1. Призначення пристроїв релейного захисту і автоматики, їх складові елементи та функціональні частини.
2. Основні вимоги до пристроїв релейного захисту і автоматики.
3. Техніка безпеки при роботі з пристроями РЗА
4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму (ТС).
5. Схеми з'єднань ТС. Оцінка схем з'єднань ТС і сфери їх використання.
6. Первинні перетворювачі напруги. Захист кіл ТН. Насичувальні ТС (НТС).
7. Трансреактори. Фільтрисиметричних складових. Фільтр струму зворотної послідовності. Фільтри струму нульової послідовності.
8. Фільтри напруги зворотної послідовності. Фільтри напруги нульової послідовності. Блоки живлення.

Практичне заняття 2

Тема: Електромеханічні елементи пристроїв РЗА. Цифрові пристрої захисту та автоматики.

Мета: закріпити знання щодо принципів дії електромеханічних реле та ознайомити студентів із будовою, характеристиками й алгоритмами роботи цифрових пристроїв релейного захисту та автоматики.

Питання для обговорення:

1. Загальні відомості про електромеханічні системи. Використання електромагнітного принципу для виконання реле.
2. Використання індукційного принципу для виконання реле. Індукційні вимірювальні реле. Реле струму РТ-80, РТ-90.
3. Реле напруги потужності типу РБМ. Електромеханічні реле з постійним магнітом. Реле на геконах. Напівпровідникові реле.
4. Загальні відомості про електротеплові елементи. Керовані запобіжники.
5. Загальна характеристика цифрових пристроїв захисту та автоматики. Структурна схема цифрового пристрою РЗА. Перетворення аналогових сигналів. Вхідні бінарні сигнали. Перетворення та зберігання інформації в цифровому пристрої РЗА.
6. Вибір параметрів спрацювання дистанційних захистів. Цифрові захисти трансформаторів. Загальна характеристика цифрових захистів трансформатора.
7. Диференційний захист трансформатора. Максимальний струмовий захист від надструмів зовнішніх к.з.

8. Захист трансформатора від перевантажень. Функція резервування відмови вимикача.

Практичне заняття 3

Тема: Мікропроцесорні пристрої РЗА.

Мета: сформувані у студентів практичні навички аналізу конструкції, налаштування, програмування та технічного обслуговування мікропроцесорних реле.

Питання для обговорення:

1. Мікропроцесорний захист. Призначення мікропроцесорних реле.
2. Типи мікропроцесорних реле. Опис конструкції, роботи та технічні характеристики мікропроцесорних пристроїв.
3. Налаштування уставок та програмування реле.
4. Структура меню керування пристроїв. Технічне обслуговування мікропроцесорних пристроїв РЗА.

Практичне заняття 4

Тема: Захист і автоматика мереж напругою до 1 кВ. Максимально-струмовий захист лінії електропередач в мережах напругою понад 1 кВ.

Мета: навчити студентів вибирати та аналізувати засоби захисту й автоматики мереж до 1 кВ, а також розглядати принципи побудови і параметри максимально-струмового захисту ліній електропередач.

Питання для обговорення:

1. Вимоги до запуску мереж до 1 кВ та їх реалізації.
2. Захист плавкими запобіжниками, їх вибір з врахуванням забезпечення селективності і чутливості.
3. Захист за допомогою автоматичних повітряних вимикачів.
4. Чутливість і селективність розчіплювачів автоматичних вимикачів.
5. Захист від однофазних КЗ на землю в чотирипровідній мережі з глухо заземленою нейтраллю.
6. Вимоги до пристрою АВР та їх реалізація в мережах до 1 кВ. Треступеневий струмовий захист і його основні органи.
7. МСЗ при вмиканні вимірювальних органів на повні струми фаз.
8. МСЗ нульової послідовності мереж з заземленою нейтраллю. Схема й оцінка МСЗ.

Практичне заняття 5

Тема: Струмова відсічка в елементах енергопостачання напругою понад 1 кВ. Релейний захист силових трансформаторів, автотрансформаторів та синхронних генераторів.

Мета: забезпечити розуміння принципів побудови струмової відсічки та набуття навичок вибору схем і параметрів захисту для трансформаторів, автотрансформаторів та синхронних генераторів.

Питання для обговорення:

1. Вибір параметрів струмової відсічки без витримки часу і з витримкою часу.
2. Розширення зони захисту струмової відсічки. Неселективна відсічка.
3. Комбінована відсічка за струмом і напругою. Характеристики струмових відсічок.

4. Струмовий захист зі ступеневою характеристикою витримки часу. Схеми струмових захистів. Струмовий захист з залежною від рівня третьої гармоніки струму витримки часу.
5. Основні види пошкоджень та особливості режимів роботи трансформаторів, автотрансформаторів і синхронних генераторів.
6. Захист трансформаторів за допомогою запобіжників. Струмові захисти трансформаторів від міжфазних к.з.
7. Диференційний захист трансформаторів і автотрансформаторів. Газовий захист трансформатора. Захист від надструмів зовнішніх к.з.
8. Захист трансформаторів від перевантажень. Поздовжній диференційний захист генератора.
9. Поперечний диференційний захист генератора.
10. Струмові захисти від зовнішніх коротких замикань і перевантаження генератора.

Практичне заняття 6

Тема: Способи виконання, основні органи, розрахунок параметрів пристроїв автоматики. Струмові направлені захисти.

Мета: ознайомити студентів із видами й алгоритмами роботи автоматичних пристроїв енергосистем та навчити виконувати вибір і аналіз параметрів струмових направлених захистів.

Питання для обговорення:

1. Пристрої автоматичного вмикання резерву (АВР). Пристрої АПВ.
2. Пристрій автоматичного частотного розвантаження. Побудова схем автоматизації та їх реалізація в системі енергопостачання.
3. Принцип дії і основні органи струмового направленого захисту.
4. Вибір параметрів максимального струмового направленого захисту. Схеми вмикання реле напряму потужності.
5. Схеми і сфера використання максимального струмового направленого захисту.
6. Струмові направлені відсічки без витримки часу і з витримкою часу.
7. Струмовий направлений захист із ступінчастою характеристикою витримки часу.

Практичне заняття 7

Тема: Дистанційний захист. Диференційний захист. Захист мереж від замикань на землю в мереж з ізольованою нейтраллю.

Мета: сформулювати знання щодо принципів дії дистанційного та диференційного захистів, а також навчити застосовувати засоби захисту мереж від замикань на землю в різних режимах нейтралі.

Питання для обговорення:

1. Призначення, принцип дії, основні органи дистанційного захисту. Вибір параметрів спрацювання дистанційного захисту з триступеневою характеристикою витримки часу.
2. Види і способи виконання захисту. Принцип дії поздовжнього диференційного захисту. Струм небалансу в реле з циркулюючими струмами.
3. Способи підвищення чутливості. Вмикання реле струму через проміжний насичувальний трансформатор струму.

4. Використання диференційного реле струму з гальмуванням. Поздовжній диференційний захист ліній і особливості його виконання.
5. Оцінка поздовжнього диференційного захисту. Поперечний диференційний захист. Схема і сфера використання поперечних диференційних захистів.
6. Розподіл струмів при замиканні на землю. Вимоги до захистів від замикань на землю. Пристрої загальної неселективної сигналізації.
7. Струмові захисти нульової послідовності, які реагують на струми усталеного режиму. Захист ТН контролю ізоляції. Схема загальної неселективної сигналізації без використання ТН.

Тематика лабораторних робіт.

Лабораторна робота №1.

Тема: Дослідження та аналіз роботи схем релейного захисту та автоматики системи електропостачання на базі мікропроцесорних реле.

Мета: дослідити алгоритми роботи та функціональні можливості мікропроцесорних пристроїв РЗА шляхом моделювання аварійних режимів і аналізу реакції захистів.

Лабораторна робота №2.

Тема: Дослідження та аналіз роботи схем релейного захисту та автоматики системи електропостачання на базі автоматичного перемикача фаз РЕФ-319.

Мета: вивчити принципи дії та алгоритми перемикачання фаз у пристрої РЕФ-319 та отримати навички аналізу роботи пристрою в різних режимах електропостачання.

Лабораторна робота №3.

Тема: Дослідження та аналіз роботи схем релейного захисту та автоматики системи електропостачання на базі модуля АВР MODBUS RS-485.

Мета: освоїти методику налаштування, взаємодії та контролю роботи модуля АВР через інтерфейс MODBUS RS-485 та оцінити його реакцію на різні режими енергопостачання.

Лабораторна робота №4.

Тема: Дослідження та аналіз роботи схеми релейного захисту та автоматики на базі мікропроцесорного реле РЗЛ-05М.

Мета: дослідити функціонування реле РЗЛ-05М, виконати параметрування уставок та проаналізувати поведінку пристрою при аварійних режимах мережі.

Лабораторна робота №5.

Тема: Дослідження та аналіз роботи схеми релейного захисту та автоматики на базі мікропроцесорного реле РС83-АВ2.

Мета: вивчити принципи захисту на базі РС83-АВ2, отримати практичні навички роботи з меню керування, параметрування та аналізу спрацювань реле.

Організація проведення тренінгу

Проведення тренінгу спрямоване на формування у студентів знань і навичок з аналізу та вирішення практичних задач технічної механіки, що можуть

бути використані у професійній діяльності. У процесі тренінгу студенти виконують проєкти, в яких демонструють вміння застосовувати теоретичні знання для розв'язання прикладних завдань, здійснювати розрахунки, проводити аналіз механічних систем, раціонально підходити до вирішення інженерних задач.

Обрання та реалізація проєкту студентом має пройти такі етапи:

1. Студент повинен узгодити тему проєкту з викладачем.
2. Студент повинен виконати і захистити проєкт у встановлений викладачем термін.

3. Проєкт передають на перевірку викладачу в електронному вигляді.

4. На захист проєкт приносять у паперовому вигляді.

5. Проєкт необхідно оформити відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

6. У проєкті необхідно стисло, логічно й аргументовано викладати зміст і результати досліджень, уникати бездоказових тверджень і тавтології. При написанні проєкту студент повинен робити посилання на джерела інформації: на публікації інших авторів (статей, монографій), використані електронні ресурси, обов'язковим є посилання на законодавчі акти та нормативні документи (не переписувати текст, а лише посилатись на нього).

7. Структура проєкту:

– титульний аркуш;

– зміст;

– основна частина: вступ, розділи (підрозділи), висновки; список використаних джерел;

– додатки (за необхідності).

8. Кожний структурний елемент починається з нового аркушу.

9. У вступі подається загальна характеристика тематики проєкту в такій послідовності:

– актуальність теми;

– мета і задачі дослідження;

– методи дослідження;

– значення одержаних результатів;

– особистий внесок студента.

10. Результати проходження тренінгу оформляються як цілісний звіт в електронному варіанті або на аркушах формату А4. Сторінки слід пронумерувати, залишити поля для зауважень рецензента.

Оцінка за виконання проєкту визначається за 100-бальною шкалою:

0-59 – завдання не виконані, виявлено істотне нерозуміння проблеми, оформлення не відповідає встановленим вимогам, відсутня логіка викладу представленого матеріалу;

60-74 – є істотні недоліки стосовно дотримання вимог до виконання завдань, зокрема: завдання виконані лише частково; допущені помилки в змісті виконаних завдань; відсутня логічна послідовність у судженнях; є недоліки в оформленні;

75-89 – основні вимоги до завдань і оформлення виконані, але при цьому допущені деякі недоліки: не обґрунтовано актуальність проблеми, висновки не чіткі. Наявні певні неточності у викладенні матеріалу. Вимоги щодо оформлення

дотримано на належному рівні;

90-100 – виконані всі вимоги до виконання завдань: позначені проблема й обґрунтована її актуальність, зроблений аналіз різних точок зору на проблему й логічно викладена власна позиція, сформульовані висновки, усі аспекти питання розкриті повністю, дотримані вимоги до зовнішнього оформлення.

Самостійна робота студентів

Основним завданням самостійної роботи студентів є виконання розрахунково-графічних завдань. Розрахунково-графічне завдання виконується на окремих аркушах паперу. Малюнки та графічна частина виконуються олівцем (або пастою) за допомогою приладдя для креслення.

Виконання самостійної роботи необхідно починати разом з початком навчального семестру, відповідно до тем практичних занять.

Оцінка за виконання розрахунково-графічного завдання визначається за 100-бальною шкалою:

0-59 – завдання не виконані, виявлено істотне нерозуміння проблеми, оформлення не відповідає встановленим вимогам, відсутня логіка викладу представленого матеріалу;

60-74 – є істотні недоліки стосовно дотримання вимог до виконання завдань, зокрема: завдання виконані лише частково; допущені помилки в змісті виконаних завдань; відсутня логічна послідовність у судженнях; є недоліки в оформленні;

75-89 – основні вимоги до завдань і оформлення виконані, але при цьому допущені деякі недоліки: не обґрунтовано актуальність проблеми, висновки не чіткі. Наявні певні неточності у викладенні матеріалу. Вимоги щодо оформлення дотримано на належному рівні;

90-100 – виконані всі вимоги до виконання завдань: позначені проблема й обґрунтована її актуальність, зроблений аналіз різних точок зору на проблему й логічно викладена власна позиція, сформульовані висновки, усі аспекти питання розкриті повністю, дотримані вимоги до зовнішнього оформлення.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни «Релейний захист та автоматика» використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- опитування (тестування) у розрізі змістовних модулів;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- оцінювання результатів самостійної роботи студентів;
- інші види індивідуальних і групових завдань;
- екзамен.

Політика щодо оцінювання та відвідування:

Політика щодо граничних термінів і перескладання: Для виконання самостійного завдання і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів відбувається з дозволу керівництва факультету (інституту) за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Списування або обмін у будь якій формі інформацією з іншими студентами а також використання друкованих

і електронних джерел інформації (за виключенням дозволених допоміжних матеріалів) під час контрольних заходів та екзаменів заборонене.

Політика щодо відвідування: За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

Політика щодо визнання результатів навчання

Відповідно до «Положення про визнання в Західноукраїнському національному університеті результатів попереднього навчання» (https://www.wunu.edu.ua/pdf/pologenya/Polozhennya_ruzult_poper_navch.pdf) здобувачам вищої освіти може бути зараховано результати навчання (неформальної/інформальної освіти, академічної мобільності тощо) на підставі підтвердних документів (сертифікати, довідки, документи про підвищення кваліфікації тощо). Рішення про зарахування здобувачу результатів (певного освітнього компонента в цілому, або ж окремого виду навчальної роботи за таким освітнім компонентом) приймається уповноваженою Комісією з визнання результатів навчання за процедурою, визначеною вищезазначеним положенням.

Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Релейний захист та автоматика» визначається як середньозважена величина складових залікового кредиту.

Структура залікового кредиту для студентів

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10%	10%	10%	10%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середній бал за результатами поточного оцінювання за темами першого змістового модуля	Письмова робота за темами першого змістового модуля (тестові завдання, ситуаційні завдання)	Середній бал за результатами поточного оцінювання за темами другого змістового модуля	Письмова робота за темами другого змістового модуля (тестові завдання, ситуаційні завдання)	Оцінка за виконанні завдання	Оцінка за виконанні завдання	Підсумкове оцінювання: 10 тестів по 3 бали; теоретичні питання 30 балів; 2 задачі по 20 балів

Поточне опитування

Поточне опитування є ключовим інструментом контролю засвоєння матеріалу в межах модуля. Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою, що відображає рівень знань, глибину розуміння та здатність аргументувати.

90–100 балів (відмінно): глибоке й повне володіння матеріалом; відповіді чіткі, аргументовані, охоплюють нюанси теми.

75–89 балів (добре): достатньо повне знання з незначними недоліками; можливі окремі неточності чи недостатня глибина аргументації.

65–74 бали (задовільно): знання поверхневі; студент переказує основний зміст без детального аналізу та прикладів; трапляються помилки в термінах.

60–64 бали (мінімально задовільно): фрагментарні знання; відповіді неповні, без аргументації, з помітними неточностями.

1–59 балів (незадовільно): матеріал не засвоєний; студент не здатен пояснити навіть базові поняття.

Підсумкова оцінка за модуль визначається як середнє арифметичне результатів поточного опитування на всіх заняттях модуля.

Практичні заняття

Практичні задачі та завдання спрямовані на перевірку здатності студентів застосовувати теоретичні знання на практиці.

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою (або масштабується залежно від ваги завдання) з урахуванням правильності виконання, точності розрахунків, аргументації, логічності викладу, рівня самостійності та творчого підходу.

90–100 балів (відмінно): студент вільно володіє матеріалом, демонструє глибоке розуміння економічних і організаційних принципів; завдання виконано повністю та правильно, з детальними розрахунками, ґрунтовним аналізом і аргументованими висновками; виявлено самостійність та елементи творчого підходу.

75–89 балів (добре): завдання виконано правильно, але з окремими неточностями; студент володіє матеріалом упевнено, проте аналіз обмежений стандартними підходами; можливі дрібні помилки у розрахунках чи недостатня деталізація пояснень.

60–74 бали (задовільно): студент частково володіє матеріалом; завдання виконано поверхнево або з пропуском важливих етапів; розрахунки неповні чи з суттєвими помилками; інтерпретація результатів поверхова, аргументація слабка.

1–59 балів (незадовільно): студент не справився із завданням; відсутнє або неправильне розв'язання, грубі помилки в розрахунках, відсутність аргументованих висновків; немає проявів самостійності чи творчого підходу.

Лабораторні заняття

90–100 балів – відмінний рівень.

Студент демонструє ґрунтовні та системні знання з теми, повністю підготовлений до виконання лабораторної роботи. Завдання виконані самостійно і без помилок, експеримент проведений правильно, обладнання використано коректно. Результати подано у повному обсязі, розрахунки точні, оформлення акуратне. Висновки обґрунтовані, логічні, містять пояснення отриманих даних і пропозиції щодо удосконалення процесів чи обладнання.

75–89 балів – достатній рівень.

Студент володіє матеріалом у повному обсязі, але під час виконання роботи допускає окремі несуттєві неточності. Розрахунки здебільшого правильні, проте є дрібні арифметичні або методичні помилки. Оформлення результатів відповідає вимогам, але може мати окремі недоліки у структурі чи поясненнях. Висновки зроблені, логічні, хоча не завжди достатньо глибокі чи розгорнуті.

60–74 бали – середній рівень.

Студент частково підготовлений, володіє основними поняттями, але має прогалини у знаннях. Виконання роботи потребує допомоги викладача. Допущені методичні та розрахункові помилки, які впливають на якість

результатів. Оформлення результатів неповне, відсутні окремі елементи (схеми, таблиці, графіки). Висновки є, але поверхневі, без належного аналізу відхилень чи пояснень.

35–59 балів – низький рівень.

Студент демонструє поверхневі знання, не здатний самостійно організувати виконання лабораторної роботи. Допущені суттєві помилки у підключенні та використанні обладнання, розрахунках та оформленні результатів. Робота виконана неповністю або фрагментарно. Висновки формальні, без аналізу й пояснень.

1–34 бали – незадовільний рівень.

Студент не підготовлений до роботи, демонструє відсутність необхідних знань і навичок. Лабораторна робота не виконана або виконана з грубими помилками, що робить результати непридатними для аналізу..

Тренінг

Оцінювання результатів тренінгу здійснюється за 100-бальною шкалою, де враховується рівень володіння матеріалом, якість виконання завдань, аргументованість рішень та креативність мислення.

90–100 балів (відмінно): студент демонструє повне володіння матеріалом і його ефективне застосування; завдання виконано без помилок, із логічними поясненнями та глибоким аналізом; проявлено високий рівень самостійності та творчості.

75–89 балів (добре): завдання виконано правильно, але з незначними недоліками; студент достатньо володіє матеріалом, проте аналіз і аргументація обмежені; можливі окремі неточності; креативність проявляється частково.

65–74 бали (задовільно): студент виконав завдання на базовому рівні; знання поверхневі, пояснення неповні; допущено суттєві неточності; творчий підхід проявляється лише в окремих моментах.

60–64 бали (мінімально допустимий рівень): завдання виконано частково; знання фрагментарні; відсутня аргументація та обґрунтування; робота містить значні помилки й не має творчих елементів.

1–59 балів (незадовільно): студент не виконав або неправильно виконав завдання; не застосував теоретичні знання; не брав участі у колективних формах роботи; робота не відповідає вимогам.

Підсумкова оцінка за тренінг визначається сумою балів за окремі елементи:

викладення теоретичних питань – до 10 балів за кожне;

розв'язання практичних задач – до 20 балів за кожну правильно виконану задачу.

Самостійна робота

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою, де враховується якість виконання завдань, рівень засвоєння матеріалу, глибина опрацювання та креативність підходу.

90–100 балів (відмінно): завдання виконані в повному обсязі, робота структурована й оформлена відповідно до вимог; студент глибоко опанував матеріал, залучає додаткові джерела, демонструє власний аналіз та оригінальні ідеї.

75–89 балів (добре): робота якісна та відповідає основним вимогам, але

містить дрібні недоліки; студент добре володіє матеріалом, проте аналіз обмежений стандартними підходами, творчі елементи менш виражені.

60–74 бали (задовільно): завдання виконано частково; знання поверхневі, аргументація слабка, структура й оформлення неповні; допускаються суттєві помилки, творчий підхід проявляється лише фрагментарно.

1–59 балів (незадовільно): робота не відповідає вимогам; студент не демонструє належного рівня підготовки, власних висновків чи ідей; завдання виконані мінімально або з грубими помилками.

Підсумкова оцінка визначається як сума балів за окремі елементи:

викладення теоретичних питань – до 10 балів за кожне;

розв'язання практичних задач – до 20 балів за кожну правильно виконану задачу.

Модульна робота

Модульна робота – форма проміжного контролю.

90–100 балів (відмінно): завдання виконане в повному обсязі, робота структурована й оформлена відповідно до вимог; студент глибоко опанував матеріал, залучає додаткові джерела, демонструє власний аналіз та оригінальні ідеї.

75–89 балів (добре): робота якісна та відповідає основним вимогам, але містить дрібні недоліки; студент добре володіє матеріалом, проте аналіз обмежений стандартними підходами, творчі елементи менш виражені.

60–74 бали (задовільно): завдання виконано частково; знання поверхневі, аргументація слабка, структура й оформлення неповні; допускаються суттєві помилки, творчий підхід проявляється лише фрагментарно.

1–59 балів (незадовільно): робота не відповідає вимогам; студент не демонструє належного рівня підготовки, власних висновків чи ідей; завдання виконані мінімально або з грубими помилками.

Екзамен

Екзамен - форма підсумкового контролю, спрямованими на оцінку рівня засвоєння студентом теоретичних знань та практичних навичок у межах навчального модуля або курсу. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка формується як сума балів за виконання таких видів завдань: тестів, практичних задач і теоретичних питань.

Структура екзаменаційного білета:

Тести – 10 запитань $\times$ 3 бали = максимум 30 балів.

Практичні задачі – 2 задачі $\times$ 20 балів = максимум 40 балів.

Теоретичні питання – 3 питання $\times$ 10 балів = максимум 30 балів.

1. Тести (максимум 30 балів)

Оцінювання проводиться за принципом «правильна/неправильна відповідь».

3 бали – правильна відповідь, яка повністю відповідає змісту запитання.

0 балів – неправильна або часткова відповідь, а також відсутність відповіді.

2. Практичні задачі (максимум 40 балів)

Практичні задачі перевіряють уміння студента застосовувати теоретичні знання для розв'язання прикладних завдань, інтерпретації результатів та демонстрації самостійності.

15–20 балів:

- повне володіння матеріалом;
- коректне та повне розв'язання із чітким поясненням етапів;
- логічна інтерпретація отриманих результатів у контексті теорії;
- виражена самостійність та оригінальність підходу.

5–14 балів:

- базове володіння матеріалом, але з неточностями у застосуванні;
- часткове розв'язання або наявність несуттєвих помилок;
- поверхневе пояснення ходу роботи та обмежений зв'язок із теорією;
- інтерпретація результатів спрощена та неповна;
- збережена самостійність, але рівень аналізу обмежений.

1–4 бали:

- лише фрагментарні знання матеріалу;
- суттєві помилки у розв'язанні, що роблять його некоректним;
- відсутність аргументованого пояснення та інтерпретації результатів;
- критичні недоліки, що свідчать про нерозуміння теоретичної бази.

3. Теоретичні питання (максимум 30 балів)

Теоретичні питання спрямовані на перевірку глибини знань, уміння аналізувати, робити висновки та аргументувати позицію.

5–10 балів:

- повне та всебічне володіння матеріалом;
- логічний, структурований і аргументований виклад;
- використання прикладів, міждисциплінарних зв'язків та додаткових джерел;
- критичне осмислення та власний аналіз.

1–4 бали:

- знання лише основних положень теми;
- фрагментарний, поверхневий виклад;
- наявність суттєвих неточностей чи помилок у термінах;
- нечіткі або неповні пояснення при уточнювальних запитаннях.

Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)
85–89	Добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	Задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

**Інструменти, обладнання та програмне забезпечення,
використання яких передбачає дисципліна**

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проєктор.	1-14
2.	Екран проєкційний.	1-14
3	Комп'ютеризована аудиторія (персональні комп'ютери).	1-14
4	Телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox).	1-14
5	Комунікаційна навчальна платформа Moodle для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-14
6	Комунікаційне програмне забезпечення Zoom для проведення занять в режимі on-line (за необхідності)	1-14
7	Програмне забезпечення базових інформаційних технологій: MS Office (Word, Excel, PowerPoint, Microsoft Visio)	1-14
8	Ілюстративний матеріал (електронний варіант)	1-14

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Гребченко М.В. Релейний захист і автоматика розподільних електричних мереж. Навчальний посібник. Київ. ЦП «КОМПРИНТ». 2017.185 с.
2. Гребченко М.В., Нікіфоров А.П., Бунько В.Я. Релейний захист і автоматика розподільних електричних мереж. Частина 1. Навчальний посібник. Київ,. ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 314 с.
3. Релейний захист електроенергетичних систем [Електронний ресурс]: підручник / Є. І. Сокол, Г. А. Сендерович, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець, І О. Самойленко, В. В. Скопенко, І. Т. Карплюк, С .В. Швець, М. В. Черкашенко, О. Ю. Заковоротний, Н. С. Захаренко, Н. В Рудевич, Ю. Ф. Тесик, С. Ю. Пронзелева, В. Є. Кривонос, І. С. Ярова. Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. 306 с.
4. Голота А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах. Київ. Вища школа. 2006. 324 с.
5. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем. Львівська політехніка, 2013. 504 с.
6. Релейний захист і автоматика: Навч. посібник / С. В. Панченко, В. С. Блиндюк, В. М. Баженов та ін.; за ред. В. М. Баженова. Харків: УкрДУЗТ, 2020. Ч. 1. 250 с.
7. Яндульський О.С., Дмитренко О.О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндульський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. К.: НТУУ «КПІ», 2016. 102 с.
8. Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем: навчальний посібник. Ч. 2 / укл.: Д.П. Козярьський, Е.В. Майструк, І.П. Козярьський. Чернівці: Чернівецький нац. ун., 2019. 133 с.
9. Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист трансформаторів та автотрансформаторів: навч. посіб. НУ «ЛП», 2004. 180 с.
10. Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист ліній електропередавання: навч. посіб. НУ «ЛП», 2004. 184 с
11. Релейний захист та кібербезпека енергетичних систем. / Є.І. Сокол, О.Г. Гриб, В.М. Баженов, В.П. Старенький, О.Ю. Заковоротний, М.М. Одегов та ін.

(Підручник / Під загальною редакцією член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора Сокола Є.І.) Харків: ФОП Панов А.М. 2019. 390 с.

12. Кутін В. М. Релейний захист та системна автоматика: лабораторний практикум / В. М. Кутін, О. Є. Рубаненко. – Вінниця: ВНТУ, 2018. 130 с.

13. Ягуп В. Г. Дослідження режимів компенсації реактивної потужності в узагальненій системі електропостачання / В. Г. Ягуп, К. В. Ягуп // Технічна електродинаміка. 2022. № 6. С. 63-71. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/TED_2022_6_11.

14. Ягуп К. В. Застосування нейромережі для визначення типу елементів симетро-компенсувального пристрою несиметричної системи з нульовим проводом / К. В. Ягуп, В. Г. Ягуп // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Системний аналіз, управління та інформаційні технології = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : System analysis, control and information technology : зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2024. № 1. С. 76-79.

15. Ягуп В. Г. Застосування оптимізаційних методів для вирішення задач підвищення енергоефективності електроенергетичних систем / В. Г. Ягуп, К. В. Ягуп // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Енергетика: надійність та енергоефективність = Bulletin of the National Technical University "KhPI" : coll. sci. papers. Ser. : Energy: Reability and Energy Efficiency. Харків : НТУ "ХПІ", 2018. № 10 (1286). С. 98-105.