

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОК30 «ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ
ЕНЕРГОСИСТЕМ»

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ	14 Електрична інженерія
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	141 Електроенергетика, електротехніка електромеханіка
РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ	Перший (бакалаврський)
ФАКУЛЬТЕТ	Агробіотехнологічний

Робоча програма з навчальної дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» для здобувачів вищої освіти агробіотехнологічного факультету за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», перший (бакалаврський) рівень вищої освіти. Укладач А.М. Рубець. Біла Церква: БНАУ, 2022. 22 с.

Розробники: М. І. Трегуб, доктор техн. наук, доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки


Протокол № 1 від 29.08.2022 р.

Завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, професор

 М. І. Трегуб

Схвалено методичною комісією агробіотехнологічного факультету
Протокол № 1 від 31.08.2022 р.

Голова методичної комісії, декан агробіотехнологічного факультету, доцент

 В. С. Хахула

Гарант ОП 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», доктор технічних наук, професор

 М.І. Трегуб

ЗМІСТ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»	5
ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	6
ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	7
СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ	9
ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	10
7.1. Лекції	10
7.2. Практичні заняття	13
7.3. Самостійна робота	15
7.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань	17
8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ	18
9. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ	18
10. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ	19
11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	19
12. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ	20
13. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	21

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Згідно з навчальним планом на 2022-2023 навчальний рік, на вивчення дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» для денної форми навчання виділено всього 120 академічних годин (4 кредитів ECTS), у т.ч. аудиторних - 56 години (лекції - 28, практичні заняття - 28), самостійна робота студентів - 64 годин.

Опис навчальної дисципліни за показниками та формами навчання наведено в таблиці:

Найменування Показників	Шифр та найменування галузі знань, спеціальності, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS 4	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Обов'язкова	
Змістових модулів – 3		<i>Рік підготовки:</i>	
Самостійне науково-дослідне завдання: розрахунково- графічного характеру	Спеціальність: 141 «Електроенергетика , електротехніка та електромеханіка»	4-й	4-й
		<i>Семестр</i>	
8-й		8-й	
<i>Лекції</i>			
Загальна кількість академічних годин – 120	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти	28 год.	6 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 4 самостійної роботи студента – 4,6		<i>Практичні</i>	
		28 год.	6 год.
<i>Самостійна робота</i>			
64 год.	108	Підсумковий контроль: залік	

2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» є набуття здобувачами вищої освіти знань, умінь і навичок щодо застосування законів, понять, визначень, правил і методів теоретичної механіки, деталей машин та механіки матеріалів до розв'язку практичних задач в інженерній діяльності.

Нормативна навчальна дисципліна «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» базується на знаннях отриманих з дисциплін «Теоретичні основи електротехніки», «Електрична частина станцій і підстанцій», «Основи автоматики», «Електричні машини та апарати».

3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

Загальні компетентності

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Спеціальні компетентності

СК3. 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.

СК4. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

СК6. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

<p>Програмні результати навчання за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» відповідно до освітньо-професійної програми</p>	<p>Результати навчання з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем»</p>
<p>ПРН01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.</p>	<p>РН01.1 Знання будови та автоматизованої роботи різного типу електричних станцій і підстанцій та електромереж. РН01.2 Вміння застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження процесів, які супроводжують виробництво, передачу та розподіл електроенергії, навички роботи із сучасною апаратурою керування і захисту.</p>
<p>ПРН02. 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.</p>	<p>РН02.1 Оволодіння сучасними знаннями з основ оптимального функціонування електроенергетичних об'єктів та систем; РН02.2 Уміння використовувати знання й навички в галузі релейного захисту та автоматики енергосистем для вибору, впровадження та експлуатації засобів релейного захисту та автоматики;</p>
<p>ПРН12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.</p>	<p>РН12.1 Розуміння основних принципів і завдань технічної та екологічної безпеки електроенергетичних комплексів та систем і враховувати їх в процесі кваліфікованого використання та обслуговування і ремонту для надійного електропостачання.</p>
<p>ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.</p>	<p>РН17.1 Уміння створювати надійні системи релейного захисту об'єктів електроенергетики; РН17.2 Уміння планувати технічне обслуговування релейного захисту.</p>

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем»

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про релейний захист

Тема 1.1. Принципи побудови релейного захисту.

Призначення релейного захисту. Історія розвитку релейного захисту. Пошкодження в електроустановках. Ненормальні режими. Основні вимоги, що пред'являються до пристроїв релейного захисту. Загальні принципи конструктивного виконання реле. Контакти реле.

Тема 1.2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле. Електромагнітні реле. Особливості роботи електромагнітного реле на змінному струмі. Конструкції реле, що функціонують на електромагнітному принципі. Проміжні реле (логічні елементи). Вказівне реле. Реле часу. Поляризовані реле. Індукційні реле. Реле струму на індукційному принципі. Індукційні реле напрямку потужності. Магнітоелектричні реле. Реле опору. Реле з фільтрами симетричних складових

Тема 1.3. Структура релейного захисту

Структурні частини та основні елементи релейного захисту. Класифікація пристроїв релейного захисту. Захист запобіжниками та автоматичними вимикачами. Опис та зображення захисних схем. Джерела оперативного струму.

Тема 1.4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги

Призначення первинних вимірювальних перетворювачів струму. Принцип роботи трансформатора струму. Розрахункова схема та векторна діаграма трансформатора струму. Режим роботи трансформатора струму. Похибка. Умовне та позиційне позначення. Схеми з'єднання обмоток трансформаторів струму. Перевірка трансформаторів струму.

Призначення первинних вимірювальних перетворювачів напруги. Принцип роботи електромагнітного трансформатора напруги. Режим роботи трансформатора напруги. Похибка. Умовне та позиційне позначення. Схеми з'єднання обмоток трансформаторів напруги. Організація та перевірка вторинних кіл. Ємнісні дільники напруги.

Змістовий модуль 2. Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів

Тема 2.1. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням

Пошкодження та особливості режимів ліній електропередачі. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням: максимальний струмовий захист, струмова відсічка без витримки часу, комбінована відсічка за струмом та напругою, неселективна струмова відсічка без витримки часу, струмова відсічка з витримкою часу. Схеми струмових захистів.

Тема 2.2. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти.

Особливості застосування струмових захистів в лініях з двостороннім живленням. Максимальний струмовий спрямований захист. Спрямовані струмові відсічки. Принципова схема струмового спрямованого захисту. Призначення та

принцип дії диференційних захистів ЛЕП. Поздовжній диференційний захист. Поперечний диференційний захист.

Тема 2.3. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній. Призначення та принцип дії дистанційного захисту. Основні органи дистанційного захисту. Характеристики органів опору. Пристрої блокування від хитань. Пристрої блокування за несправностей у колах змінної напруги. Загальна оцінка дистанційного захисту. Особливості високочастотних захистів ліній. Організація високочастотного калану захисту. Спрямований захист з високочастотним блокуванням. Диференційно-фазовий високочастотний захист. Загальна оцінка високочастотних захистів.

Тема 2.4. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів. Основні види пошкоджень та особливості режимів роботи трансформаторів і автотрансформаторів. Захист трансформаторів за допомогою запобіжників. Струмові захисти трансформаторів від міжфазних к.з. Струмовий захист нульової послідовності від однофазних к.з. на землю на стороні НН. Диференціальний захист трансформаторів і автотрансформаторів. Газовий захист трансформатора. Захист від надструмів зовнішніх к.з. Захист від перевантажень.

Тема 2.5. Релейний захист синхронних генераторів. Види пошкоджень та особливості режимів роботи генераторів. Поздовжній диференційний захист генератора. Поперечний диференційний захист генератора. Захист від замикань на землю в обмотці статора генератора. Захист генератора від зовнішніх симетричних коротких замикань. Захист генератора від несиметричних режимів. Захист обмотки статора генератора від симетричних перевантажень, від підвищення напруги, захист генератора від замикань у колах збудження. Захист обмотки ротора генератора від перевантаження струмом збудження.

Змістовий модуль 3. Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів

Тема 3.1. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій. Призначення захисту шин. Диференціальний захист шин, підвищення його надійності та чутливості. Схеми диференціального захисту шин. Диференціальний захист шин ПО кВ та вище з гальмуванням. Захист шин 6- 10 кВ.

Тема 3.2. Релейний захист електродвигунів. Загальні вимоги до захисту електродвигунів. Основні види захистів двигунів. Захист від к.з. між фазами. Захист від перевантаження. Захист від замикання на землю. Захист від зниження напруги. Особливості захисту низьковольтних електродвигунів. Захист синхронних двигунів.

Тема 3.3. Цифрові пристрої релейного захисту. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту. Особливості побудови цифрових пристроїв релейного захисту. Структура цифрових вимірювальних органів. Попередня обробка аналогових сигналів. Векторне відображення дискретизованих синусоїдальних сигналів. Алгоритми

цифрового перетворення сигналів релейного захисту (обрахування середніх та діючих значень сигналів, обчислення векторів на основі миттєвих значень величин та їх похідних та ін.)

Тема 3.4. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту

Рівняння та характеристики цифрових фільтрів. Частотні характеристики. Динамічні характеристики цифрових вимірювальних органів. Швидкодіючі обчислення векторів на основі фільтрів зі змінними коефіцієнтами. Алгоритми, що використовують критерії ідентифікації сигналів. Вплив режиму електромережі на динамічні властивості релейного захисту.

Тема 3.5. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження.

Цифровий максимальний струмовий захист. Струмові захисти на основі вимірювання симетричних складових. Струмові захисти від однофазних замикань на землю в мережах з малим струмом замикання на землю. Захисти на основі контролю напруги мережі. Спрямовані струмові захисти. Захист від теплового перевантаження. Теплова модель вимірювання температури. Елементи реалізації цифрового струмового захисту. Струмовий захист та контроль числа ввімкнень електродвигуна.

6. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лб	інд	ср		л	п	лб	інд	ср
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про релейний захист.												
Тема 1.1.	8	2	2		2	2	14	1	1		6	6
Тема 1.2.	8	2	2		2	2	10	1	1		4	4
Тема 1.3.	8	2	2		2	2	8				4	4
Тема 1.4.	12	2	2		4	4	8				4	4
Разом за змістовим модулем 1	36	8	8	-	10	10	40	2	2		18	18
Змістовий модуль 2. Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів.												
Тема 2.1.	8	2	2		2	2	10	1	1		4	4
Тема 2.2.	8	2	2		2	2	10	1	1		4	4
Тема 2.3.	8	2	2		2	2	8				4	4
Тема 2.4.	8	2	2		2	2	8				4	4
Тема 2.5.	8	2	2		2	2	4				2	2

Разом за змістовим модулем 2	40	10	10	-	10	10	40	2	2		18	18
Змістовий модуль 3. Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів.												
Тема 3.1.	8	2	2		2	2	6	1	1		2	2
Тема 3.2.	8	2	2		2	2	10	1	1		4	4
Тема 3.3.	8	2	2		2	2	8				4	4
Тема 3.4.	8	2	2		2	2	8				4	4
Тема 3.5.	12	2	2		4	4	8				4	4
Разом за змістовим модулем 3	44	10	10	-	12	12	40	2	2		18	18
Усього годин	120	28	28	-	32	32	120	6	6		54	54
Примітка: л - лекції, п - практичні заняття, лб - лабораторно-практичні заняття; інд - індивідуальні завдання, СРС - самостійна робота студентів.												

7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

7.1. Лекції

Тема і зміст лекції	К-ть ГОДИН
<i>Змістовий модуль 1. Загальні відомості про релейний захист.</i>	
Лекція 1.1. Принципи побудови релейного захисту. 1. Призначення релейного захисту. 2. Історія розвитку релейного захисту. 3. Пошкодження в електроустановках. 4. Ненормальні режими. 5. Основні вимоги, що пред'являються до пристроїв релейного захисту.	2
Лекція 1.2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле 1. Електромагнітні реле. 2. Особливості роботи електромагнітного реле на змінному струмі. 3. Конструкції реле, що функціонують на електромагнітному принципі. Проміжні реле (логічні елементи). 4. Вказівне реле. 5. Реле часу. 6. Поляризовані реле.	2

<p>Лекція 1.3. Структура релейного захисту</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Структурні частини та основні елементи релейного захисту. 2. Класифікація пристроїв релейного захисту. 	2
<p>Лекція 1.4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Призначення первинних вимірювальних перетворювачів струму. 2. Принцип роботи трансформатора струму. 3. Розрахункова схема та векторна діаграма трансформатора струму. Режим роботи трансформатора струму. 4. Похибка. 5. Умовне та позиційне позначення. 6. Схеми з'єднання обмоток трансформаторів струму. 7. Перевірка трансформаторів струму. 	2
Разом за змістовий модуль 1	8
<i>Змістовий модуль 2. Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів</i>	
<p>Лекція 2.1. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пошкодження та особливості режимів ліній електропередачі. 2. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням: максимальний струмовий захист <ul style="list-style-type: none"> • струмова відсічка без витримки часу • комбінована відсічка за струмом та напругою 	2
<p>Лекція 2.2. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Особливості застосування струмових захистів в лініях з двостороннім живленням. 2. Максимальний струмовий спрямований захист. 3. Спрямовані струмові відсічки. 4. Принципова схема струмового спрямованого захисту. 	2

<p>Лекція 2.3. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Призначення та принцип дії дистанційного захисту. 2. Основні органи дистанційного захисту. 3. Характеристики органів опору. 4. Пристрої блокування від хитань. Пристрої блокування за несправностей у колах змінної напруги. 5. Загальна оцінка дистанційного захисту. 6. Особливості високочастотних захистів ліній. 7. Організація високочастотного калану захисту. 	2
<p>Лекція 2.4. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні види пошкоджень та особливості режимів роботи трансформаторів і автотрансформаторів. 2. Захист трансформаторів за допомогою запобіжників. 3. Струмові захисти трансформаторів від міжфазних к.з. 4. Струмовий захист нульової послідовності від однофазних к.з. на землю на стороні НН. 	2
<p>Лекція 2.5. Релейний захист синхронних генераторів</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Види пошкоджень та особливості режимів роботи генераторів. 2. Поздовжній диференційний захист генератора. 3. Поперечний диференційний захист генератора. 4. Захист від замикань на землю в обмотці статора генератора. Захист генератора від зовнішніх симетричних коротких замикань. 	2
<p>Разом за змістовий модуль 2</p>	10
<p>Змістовий модуль 3. Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів</p>	
<p>Лекція 3.1. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Призначення захисту шин. 2. Диференціальний захист шин, підвищення його надійності та чутливості. 3. Схеми диференціального захисту шин. 	2
<p>Лекція 3.2. Релейний захист електродвигунів</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Загальні вимоги до захисту електродвигунів. 2. Основні види захистів двигунів. 3. Захист від к.з. між фазами. 4. Захист від перевантаження. 5. Захист від замикання на землю. 	2

<p>Лекція 3.3. Цифрові пристрої релейного захисту.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту. 2. Особливості побудови цифрових пристроїв релейного захисту. 3. Структура цифрових вимірювальних органів. 4. Попередня обробка аналогових сигналів. 5. Векторне відображення дискретизованих синусоїдальних сигналів. 	2
<p>Лекція 3.4. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рівняння та характеристики цифрових фільтрів. 2. Частотні характеристики. 3. Динамічні характеристики цифрових вимірювальних органів. 4. Швидкодіючі обчислення векторів на основі фільтрів зі змінними коефіцієнтами. 	2
<p>Лекція 3.5. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цифровий максимальний струмовий захист. 2. Струмові захисти на основі вимірювання симетричних складових. 3. Струмові захисти від однофазних замикань на землю в мережах з малим струмом замикання на землю. 	2
Разом за змістовий модуль 3	10
Всього	32

7.2. Практичні заняття

Тема і зміст заняття	К-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. Загальні відомості про релейний захист.</i>	
<p>Тема 1.1. Принципи побудови релейного захисту.</p> <p>Вивчення призначення релейного захисту. Основні вимоги до релейного захисту. Класифікація схем, умовні позначення та зображення елементів схем релейного захисту.</p>	2
<p>Тема 1.2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле</p> <p>Вивчення будови та конструктивних особливостей існуючих електро-механічних та технологічних реле. Класифікація та параметри захисних характеристик.</p>	2

<p>Тема 1.3. Структура релейного захисту Вивчення будови та конструктивних особливостей основних елементів релейного захисту. Функціональні схеми схеми релейного захисту.</p>	2
<p>Тема 1.4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги Вивчення будови та типових схем підключення первинних вимірювальних перетворювачів струму та напруги.</p>	2
Разом за змістовий модуль 1	8
<i>Змістовий модуль 2. Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів</i>	
<p>Тема 2.1. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням Вивчення особливостей струмового захисту ліній з одностороннім живленням. Дослідження токів відсічки та максимального струмового захисту.</p>	2
<p>Тема 2.2. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти. Вивчення особливостей струмового захисту ліній з двостороннім захистом. Дослідження токів відсічки та максимального струмового захисту.</p>	2
<p>Тема 2.3. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній. Вивчення будови та принципів функціонування пристроїв для дистанційного захисту ліній електропередач та систем високочастотного захисту.</p>	2
<p>Тема 2.4. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів Вивчення основних видів пошкодження та особливостей релейного захисту силових трансформаторів та автотрансформаторів. Розрахунки струмів короткого замикання.</p>	2
<p>Тема 2.5. Релейний захист синхронних генераторів Вивчення основних видів пошкодження та особливостей релейного захисту елементів основних складових елементів синхронних генераторів. Дослідження релейного захисту синхронного генератора.</p>	2
Разом за змістовий модуль 2	10
<i>Змістовий модуль 3. Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів</i>	

<p>Тема 3.1. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій Вивчення будови та схем диференційного захисту збірних шин електростанцій та підстанцій. Дослідження роботи релейного захисту збірних шин.</p>	2
<p>Тема 3.2. Релейний захист електродвигунів Вивчення будови та дослідження релейного захисту електродвигунів.</p>	2
<p>Тема 3.3. Цифрові пристрої релейного захисту. Вивчення основ перетворення сигналів вимірювальних органах цифрового релейного захисту та особливостей побудови цифрових пристроїв релейного захисту. Вивчення алгоритмів цифрового перетворення сигналів релейного захисту.</p>	2
<p>Тема 3.4. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту Вивчення характеристик та динамічних властивостей цифрового релейного захисту. Вплив режиму електромережі на динамічні властивості релейного захисту.</p>	2
<p>Тема 3.5. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження. Вивчення будови та призначення струмово-спрямованих цифрових захистів. Алгоритм роботи. Розрахунок уставок.</p>	2
Разом за змістовий модуль 3	10
Всього	28

7.3. Самостійна робота

Тема і зміст самостійної роботи	К-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. Загальні відомості про релейний захист</i>	
<p>Тема 1.1. Принципи побудови релейного захисту. Загальні принципи конструктивного виконання реле. Контакти реле.</p>	4
<p>Тема 1.2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле Індукційні реле. Реле струму на індукційному принципі. Індукційні реле напрямку потужності. Магнітоелектричні реле. Реле опору. Реле з фільтрами симетричних складових</p>	4
<p>Тема 1.3. Структура релейного захисту Захист запобіжниками та автоматичними вимикачами. Опис та зображення захисних схем. Джерела оперативного струму.</p>	4

<p>Тема 1.4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги Призначення первинних вимірювальних перетворювачів напруги. Принцип роботи електромагнітного трансформатора напруги. Режим роботи трансформатора напруги. Похибка. Умовне та позиційне позначення. Схеми з'єднання обмоток</p>	8
<p>Разом за змістовий модуль 1</p>	20
<p><i>Змістовий модуль 2. Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів</i></p>	
<p>Тема 2.1. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням Неселективна струмова відсічка без витримки часу, струмова відсічка з витримкою часу. Схеми струмових захистів.</p>	4
<p>Тема 2.2. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти. Призначення та принцип дії диференційних захистів ЛЕП. Поздовжній диференційний захист. Поперечний диференційний захист.</p>	4
<p>Тема 2.3. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній. Спрямований захист з високочастотним блокуванням. Диференційно-фазовий високочастотний захист. Загальна оцінка високочастотних захистів. Розрахунок установок.</p>	4
<p>Тема 2.4. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів Диференціальний захист трансформаторів і автотрансформаторів. Газовий захист трансформатора. Захист від надструмів зовнішніх к.з. Захист від перевантажень.</p>	4
<p>Тема 2.5. Релейний захист синхронних генераторів Захист генератора від несиметричних режимів. Захист обмотки статора генератора від симетричних перевантажень, від підвищення напруги, захист генератора від замикань у колах збудження. Захист обмотки ротора генератора від перевантаження струмом збудження.</p>	4
<p>Разом за змістовий модуль 2</p>	20
<p><i>Змістовий модуль 3. Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів</i></p>	
<p>Тема 3.1. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій Диференціальний захист шин 10 кВ та вище з гальмуванням. Захист шин 6- 10 кВ.</p>	4

Тема 3.2. Релейний захист електродвигунів Особливості захисту низьковольтних електродвигунів. Захист синхронних двигунів.	4
Тема 3.3. Цифрові пристрої релейного захисту. Алгоритми цифрового перетворення сигналів релейного захисту (обрахування середніх та діючих значень сигналів, обчислення векторів на основі миттєвих значень величин та їх похідних та ін.)	4
Тема 3.4. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту Алгоритми, що використовують критерії ідентифікації сигналів. Вплив режиму електромережі на динамічні властивості	4
Тема 3.5. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження. Спрямовані струмові захисти. Захист від теплового перевантаження. Теплова модель вимірювання температури. Елементи реалізації цифрового струмового захисту. Струмовий захист та контроль числа ввімкнень електродвигуна.	8
Разом за змістовий модуль 3	24
Всього	64

Примітка: У розрахунку годин на виконання самостійної роботи передбачено час на виконання індивідуальних завдань

7.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань

1. Принципи побудови релейного захисту
2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле
3. Структура релейного захисту
4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги
5. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням
6. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти.
7. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній.
8. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів
9. Релейний захист синхронних генераторів
10. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій
11. Релейний захист електродвигунів
12. Цифрові пристрої релейного захисту.
13. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту
14. Вимірювальні органи цифрового релейного захисту
15. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту
16. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження. Цифрові диференціальні захисти

8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Лекційні заняття проводяться крім традиційних методів пояснень теми також з використанням підібраних на сайтах відеоматеріалів, слайдових презентацій у програмі Microsoft Office Power Point, графічних матеріалів, дискусійного обговорення проблемних питань.

Практичні заняття проводяться шляхом виконання лабораторних робіт, розрахункових завдань – індивідуальних та в групах; лабораторних досліджень; конференцій; захисту та обговорень отриманих результатів.

У разі дистанційного і змішаного навчання використовуються навчальна платформа Moodle Білоцерківського НАУ, онлайн-платформи ZOOM, Microsoft Team, Google Meet, електронна пошта, мобільні додатки Viber, Telegram.

Самостійна робота студентів (СРС) виконується за технологією групового навчання під керівництвом рівного (*Peer-led team learning*), оцінка рівних (*Peer assessment*). Алгоритм:

1. Студенти отримують завдання для групової СРС та критерії оцінювання. Термін виконання — 2 тижні. Кількість груп залежить від суті завдання.

2. Студенти мають розподілити функції між учасниками групи (керівні, виконавчі, технічна підтримка тощо); сформулювати комунікаційну стратегію; визначитися з лідером; підготувати матеріал для презентації; забезпечити, щоб усі члени групи володіли інформацією на достатньому для проведення дискусії рівні.

3. Оцінювання: студенти отримують бали за кожним критерієм з обґрунтуванням, загальна сума множить на кількість студентів у групі, що працювала над проектом, а потім колективно розподіляють бали відповідно до внеску кожного учасника.

9. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Поточний контроль з предмету «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» включає тематичне оцінювання та модульний контроль.

Тематичне оцінювання аудиторної та самостійної роботи студентів здійснюється на основі отриманих ними поточних оцінок за усні та письмові відповіді з предмету, самостійні, практичні та контрольні роботи.

Поточний контроль за виконанням ІНДЗ здійснюється відповідно до графіку виконання завдання.

Модульний контроль проводиться у формі комп'ютерного тестування.

Кількість отриманих балів з кожного виду навчальних робіт за різними формами поточного контролю виставляється студентам у журнал академічної групи та електронний журнал після кожного контрольного заходу.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів здійснюється у формі заліку за результатами поточного контролю (тематичного оцінювання, виконання ІНДЗ та модульного контролю) і не передбачає обов'язкової присутності студентів. Результати заліку оприлюднюються в журналі академічної групи до початку екзаменаційної сесії.

10. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінка за лекційне заняття виставляється за активність студента в дискусії, якість конспекту.

Оцінку на практичному занятті студент отримує за виконані практичні роботи, командні проекти, зроблені доповіді, презентації, реферати, есе, активність під час дискусій.

Під час модульного та підсумкового контролю засобами оцінювання результатів навчання з дисципліни є комп'ютерні тести.

11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль успішності здобувачів вищої освіти здійснюється за чотирирівневою шкалою - «2», «3», «4», «5».

Критерії оцінювання результатів навчання за чотирирівневою шкалою

Бали	Критерії оцінювання
«Відмінно»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано завдання. Водночас здобувач вищої освіти демонструє вміння аналізувати і оцінювати явища, факти і процеси, застосовувати агрохімічні методи для аналізу ґрунту, рослин, добрив, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів, докладно обґрунтувати свої твердження та висновки.
«Добре»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано 75 % завдань. Водночас здобувач вищої освіти виявляє навички аналізувати і оцінювати явища, факти і процеси, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів та докладно обґрунтувати свої твердження та висновки.
«Задовільно»	Отримують за роботу, в якій правильно виконано 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти не виявив вміння аналізувати і оцінювати явища, факти та недостатньо обґрунтував твердження та висновки, недостатньо певно орієнтується у навчальному матеріалі.
«Незадовільно»	Отримують за роботу, в якій виконано менш як 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти демонструє невміння аналізувати явища, факти, події, робити самостійні висновки та їх обґрунтувати, що свідчить про те, що студент не оволодів програмним матеріалом.

Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою. Вона обчислюється як середнє арифметичне значення (САЗ) всіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням їх у бали за такою формулою:

$$БПК = \frac{САЗ \times \max ПК}{5},$$

де *БПК* - бали з поточного контролю; *САЗ* - середнє арифметичне значення усіх отриманих студентом оцінок (з точністю до 0,01); *max ПК* - максимально можлива кількість балів з поточного контролю.

Відсутність студента на занятті у формулі приймається як «0».

Шкала оцінювання успішності здобувачів вищої освіти

За 100-бальною шкалою	За шкалою ECTS	За національною шкалою	
		іспит	Залік
90–100	A	Відмінно	Зараховано
82–89	B	Добре	
75–81	C	Задовільно	
64–74	D		
60–63	E		
35–59	FX	Незадовільно (незараховано) з можливістю повторного складання	
1–34	F	Незадовільно (незараховано) з обов'язковим повторним вивченням	

Розподіл балів, що присвоюється здобувачам вищої освіти за підсумкового контролю «залік»

Види робіт	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Модульний контроль	ІНДЗ	Загальний бал
Максимально можлива кількість балів	20	30	20	20	10	100

12. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

Наочні засоби:

1. Навчально-демонстраційний стенд «Комутаційні апарати та їх частини»;
2. Навчально-демонстраційний стенд «Пристрої керування»;
3. Навчально-демонстраційний стенд «Пости керування»;
4. Навчально-демонстраційний стенд «Захисне обладнання»;
5. Навчально-демонстраційний стенд «Комутаційні та захисні пристрої»;
6. Навчально-демонстраційний стенд «Апарати ручного дистанційного, автоматичного управління та захисту».

Технічні засоби:

1. Різні типи АПВ;
2. Напівпровідникові безконтактні захисні апарати;
3. Розрядники КТП;
4. Системи оперативного зв'язку.

Вимірювальні прилади:

1. Вимірювач електроустановок TELARIS 0100 PLUS ;
2. Мегомметр, тестер ізоляції DT5500.
3. Струмовимірювальні кліщі UN1-T UT233;
4. Установка пробійна універсальна "УПУ - 6" ;
5. Тестер напруженості електричного та магнітного поля GM3120

13. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. - Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2013. - 533 с.
2. Релейний захист і автоматика: Навч. посібник / С. В. Панченко, В. С. Блиндяк, В. М. Баженов та ін.; за ред. В. М. Баженова. Харків: УкрДУЗТ, 2020. Ч. 1. 250 с.
3. Сокол Є.І., Сендерович Г.А., Гриб О.Г. та ін. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 306 с..
4. 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.
5. 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.
6. Яндульський О. С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем: навч. посіб. / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко. – К. : НТУУ«КПІ», 2016. – 102 с.
7. Гребченко М.В. Релейний захист і автоматика розподільних електричних мереж. Навчальний посібник. Київ,. ЦП «КОМПРИНТ». 2017. 185 с.
8. Методичні вказівки до виконання практичних завдань та самостійної роботи з дисципліни " Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем" для студентів ОР «Бакалавр» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Безкровний М.Ф., Трегуб М.І. Біла Церква, 2022. - 46 с.
9. Reimert D. Protective relaying for power generation / Donald Reimert. - USA, FL, Boca Raton: CRC Press, 2006. - 561p.
10. Preve C. protection of electrical networks / Christophe Preve. - GB: Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, 2006. - 508 p.

Допоміжна

1. Перехідні процеси в системах електропостачання / [Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І.]; за ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. - 597с.
2. Яндульський О.С., Дмитренко О.О., Касьянов Г.П. Релейний захист електричних систем. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем: навч. посіб. 72 с., 2007 р.
3. Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист трансформаторів та автотрансформаторів: навч. посіб. НУ «ЛП», 2004. 180 с.

4. Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист ліній електропередавання: навч. посіб. НУ «ЛП», 2004. 184 с

5. Буличев, А.В. Релейний захист електроенергетичних систем: Навч. посібник / А.В. Буличев, В.К. Ванін, А.А. Наволочний, М.Г. Попов. - СПб.: Вироб-во Політехн. ун-та, 2008. - 211 с

6. І. С. Рябенко, С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництва: підручник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні та мехатронні системи геотехнічних виробництв» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 613 с.

7. А. Д. Голота «Автоматика в електроенергетичних системах». Навчальний посібник, – К.:Вища школа, 2006.

Інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua>
2. <http://LEONARDO.ENERGY.ORG>
3. <http://any-book.org/download/68591.html/>
4. <https://industry4-0-ukraine.com.ua/>
5. <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
6. <https://www.infobooks.org/free-electrical-engineering-books-pdf/>