



# Релейний захист та автоматизація енергосистем

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 – Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>VIII (IV – для прискореної форми навчання) весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 годин: 36 лекцій, 18 лабораторних, 66 СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Мейта Олександр Вячеславович, meyta@meta.ua Практичні: к.т.н., доц. Мейта Олександр Вячеславович, meyta@meta.ua Лабораторні: к.ф.-м.н., асистент Осадчук Микола Павлович, 13717421@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom, uhdgu4r</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

При вивченні дисципліни розглядаються основні принципи побудови релейного захисту енергосистем та забезпечення заданих режимів роботи електричних мереж. Аналізуються та вивчаються основні показники режимів роботи електричних мереж, властивості, характеристики номінальних та аварійних режимів, інженерні методи визначення основних параметрів робочих режимів та проектування засобів релейного захисту.

**Мета** вивчення дисципліни полягає в забезпеченні підготовки студентів з комплексу питань теорії, основних складових, проектування та експлуатації релейного захисту енергосистем.

**Предметом** вивчення дисципліни являються характеристики релейного захисту, що застосовується в електричних мережах промислових виробництв різних класів номінальних напруг, характерні параметри режимів роботи електричних мереж та особливості вибору типу релейного захисту, розрахунок та вибір уставок релейного захисту, аналіз роботи захисту при різних аварійних режимах для забезпечення електробезпеки та якості електричної енергії згідно з стандартами. Вивчення цих питань базується на курсах Електричні мережі та системи, Електрична частина станцій та підстанцій. Суміжними дисциплінами являються: Системи забезпечення електричною енергією енергоємних виробництв

В результаті вивчення дисципліни «Релейний захист та автоматизація енергосистем» студенти отримують такі компетентності:

(K07) Здатність працювати в команді. (K08) Здатність працювати автономно. (K14) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування,

релейного захисту та автоматики. (К21) Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

Програмні результати навчання:

(ПРО2) 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 (ПРО6) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. (ПРО17) Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

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

*Вивчення дисципліни базується на курсах: Електричні мережі та системи, Електрична частина станцій та підстанцій. Суміжними дисциплінами являються: Системи забезпечення електричною енергією енергоємних виробництв*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Навчальна дисципліна складається з 4 розділів:

Розділ 1. Режимы систем електропостачання

Тема 1.1 Система електропостачання як об'єкт теорії систем

Тема 1.2 Вимоги до систем електропостачання.

Тема 1.3 Режимы роботи електричних мереж

Розділ 2. Характеристики показників якості електричної енергії та методи їх контролю

Тема 2.1 Показники якості електричної енергії, їх нормальні допустимі та гранично допустимі норми.

Тема 2.2 Вплив якості електричної енергії на роботу обладнання і технічні засоби та методи підвищення якості

Тема 2.3 Забезпечення нормованих рівнів напруг в мережах

Розділ 3. Релейний захист в системах електропостачання

Тема 3.1 Пошкодження в електричних мережах

Тема 3.2 Основні поняття про релейний захист

Тема 3.3 Струмові захисти

Тема 3.4 Струмові направлені захисти

Тема 3.5 Диференційні струмові захисти

Тема 3.6 Дистанційні захисти

Тема 3.7 Захист від однофазних замикань на землю

Розділ 4. Автоматика в системах електропостачання

Тема 4.1 Пристрої АПВ в системах електропостачання

Тема 4.2 Пристрої АПВ в системах електропостачання

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### ***Основна література***

1. І. С. Рябенко, С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні та мехатронні системи геотехнічних виробництв» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 613 с.
2. А. Д. Голота «Автоматика в електроенергетичних системах». Навчальний посібник, – К.:Вища школа, 2006.
3. І. С. Рябенко, С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Проектування електропостачання та електрообладнання машин і установок енергоємних виробництв: Курсове та дипломне проектування виробництв [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізацій

«Електромеханічні та мехатронні системи геотехнічних виробництв» та «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 244 с.

#### Додаткова література

4. А.А. Малиновський Основи електропостачання: навч. посібник / Малиновський А.А., Хохулін Б.К. – Львів: Львівська політехніка, 2005. – 324 с.

#### Інформаційні ресурси

<https://classroom.google.com/c/NTM4MjM4NzUxMjcy?cjc=h7b24te>

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Обов'язковим для прочитання є базова література [1],[2]. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій та лабораторних занять.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Режими систем електропостачання</b>					
Тема 1.1 Система електропостачання як об'єкт теорії систем	3	2			1
Тема 1.2 Вимоги до систем електропостачання.	5	2		2	1
Тема 1.3 Режими роботи електричних мереж	7	2		4	1
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>15</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>3</b>
<b>Розділ 2. Характеристики показників якості електричної енергії та методи їх контролю</b>					
Тема 2.1 Показники якості електричної енергії, їх нормальні допустимі та гранично допустимі норми.	3	2			1
Тема 2.2 Вплив якості електричної енергії на роботу обладнання і технічні засоби та методи підвищення якості	6	4			2
Тема 2.3 Забезпечення нормованих рівнів напруг в мережах	7	2			5
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	-	-	<b>8</b>
<b>Розділ 3. Релейний захист в системах електропостачання</b>					

Тема 3.1 Пошкодження в електричних мережах	11	4	4	-	3
Тема 3.2 Основні поняття про релейний захист	9	4	2	-	3
Тема 3.3 Струмові захисти	13	2	4	-	7
Тема 3.4 Струмові направлені захисти	5	2			3
Тема 3.5 Диференційні струмові захисти	5	2	2		1
Тема 3.6 Дистанційні захисти	3	2			1
Тема 3.7 Захист від однофазних замикань на землю	3	2			1
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>49</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>19</b>
<b>Розділ 4. Автоматика в системах електропостачання</b>					
Тема 4.1 Пристрої АПВ в системах електропостачання	5	2		-	3
Тема 4.2 Пристрої АПВ в системах електропостачання	5	2		-	3
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>		<b>-</b>	<b>6</b>
<i>Іспит</i>	30				30
<i>Всього годин</i>	<b>120</b>	<b>36</b>		<b>18</b>	<b>66</b>

**- Лекційні заняття**

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилань на літературу та завдання н СРС)
	<b>Розділ 1. Режими систем електропостачання</b>
1	<p><b>Тема 1.1 Система електропостачання як об'єкт теорії систем</b>  <i>Лекція 1.</i> Властивості системи електропостачання. Принципи дослідження та створення систем. Зв'язок між системами електропостачання та системами промислового виробництва.. Загальні, структурні та режимні властивості СЕП. Ієрархічні рівні та структура СЕП. Функціональні ознаки елементів СЕП. Структурний та параметричний синтез СЕП. Зв'язок між вхідними, внутрішніми та зовнішніми параметрами СЕП. Особливості параметрів модулів при блочно-ієрархічному моделюванні СЕП. Одноваріантний та багатоваріантний аналіз.  <b>Рекомендована література:</b> [2] стор. 489-502.  <b>СРС:</b> Існуючі моделі для розрахунку електричних навантажень в СЕП</p>
2	<p><b>Тема 1.2 Вимоги до систем електропостачання.</b> <i>Лекція 2.</i> Надійність систем електропостачання. Обмеження в СЕП та їх характеристики. Поняття аварійної броні. Визначення потужності аварійної броні. Чинники, що визначають вимоги до системи електропостачання підприємства. Аварійний та післяаварійний режими роботи підприємства. Виконання вимог до СЕП підприємства на стадії проектування.  <b>Рекомендована література:</b> [2] стор. 502-506.  <b>СРС:</b> Вимоги до надійності СЕП гірничих підприємств та способи і засоби її забезпечення.</p>
3	<p><b>Тема 1.3 Режими роботи електричних мереж</b> <i>Лекція 3.</i> Нормальний, аварійний та тимчасово допустимий після аварійний режими, параметри режиму. Вихідні данні для вирішення задач моделювання. Баланс потужності в СЕП, графіки навантаження їх характеристики. Визначення основних параметрів графіків. Використання видів електростанцій України для формування та регулювання графіків електроспоживання. Визначення електричного навантаження в умовах експлуатації СЕП на різних ієрархічних рівнях, альтернативні методи. Джерела інформації електричних навантажень в СЕП: періодичні виміри, використання типових графіків.  <b>Рекомендована література:</b> [3] стор. 18-23.</p>

	<b>СРС:</b> Джерела живлення електроенергією підприємств в Україні. Довгострокове, середньострокове планування, задачі оперативного керування, задачі моделювання режимів.
	<b>Розділ 2. Характеристики показників якості електричної енергії та методи їх контролю</b>
4	<b>Тема 2.1 Показники якості електричної енергії, їх нормальні допустимі та гранично допустимі норми.</b> <i>Лекція 4</i> Показники якості електричної енергії. Визначення якості електричної енергії. Вплив показників якості електричної енергії на інші виробничі показники. Нормування показників якості електричної енергії. Перелік показників якості електричної енергії. <i>Рекомендована література:</i> [3] стор. 130-138. <i>СРС:</i> Методи визначення показників якості електроенергії.
5	<b>Тема 2.2 Вплив якості електричної енергії на роботу обладнання і технічні засоби та методи підвищення якості</b> <i>Лекція 5</i> Причини виникнення відхилень показників якості та вплив якості електроенергії на електроприймачі. Вплив відхилень та коливань напруги, частоти, несиметрії та несинусоїдальності напруги на роботу двигунів, освітлення, конденсаторних батарей, комутаційних агрегатів, установок зварювання та інше. Технічні засоби та способи забезпечення необхідних рівнів напруги в СЕП промислових підприємств. Причини відхилення напруги. Оцінка необхідності застосування засобів регулювання в СЕП. Способи забезпечення необхідного режиму напруги. Централізоване та місцеве регулювання напруги. <i>Рекомендована література:</i> [3] стор. 147-152. <i>СРС:</i> Статичні характеристики комплексних вузлів навантаження. Критична напруга вузла навантаження.
6	<i>Лекція 6.</i> Вплив коливань напруги на роботу електроспоживачів та заходи по їх зменшенню. Вплив коливань напруги на освітлювальні прилади. Вплив коливань напруги на роботу електронної апаратури, електричних двигунів, конденсаторних батарей та інші. Вплив несинусоїдності напруг і струмів на роботу електроспоживачів. Джерела вищих гармонік. Вплив фазності схем випрямлення на утворення вищих гармонік. Визначення величини струмів вищих гармонік для окремих установок. Визначення втрат від вищих гармонік. Вплив вищих гармонік на роботу електродвигунів. Вплив вищих гармонік на роботу трансформаторів. Вплив вищих гармонік на роботу конденсаторів. <i>Рекомендована література:</i> [3] стор. 152-160. <i>СРС:</i> Математичний опис вищих гармонік (Ряд Фур'є. Знаходження коефіцієнтів ряду Фур'є) Негативні ефекти викликані вищими гармоніками.
7	<b>Тема 2.3 Забезпечення нормованих рівнів напруг в мережах</b> <i>Лекція 7.</i> Способи та засоби керування режимами розподільних мереж. Критерій правильності рішень при керуванні режимом мережі. Закон зустрічного регулювання в центрах живлення (ЦЖ). Епюри зміни електричних напруг для граничних режимів в характерних точках. Рівняння балансу напруги. Контрольні точки електричної мережі. Аналіз відхилень напруги в контрольних точках. Статистичний аналіз відхилень напруги. Вимогі стандартів до вимірювання показників відхилення напруги. Задача регулювання напруги в мережах з неоднорідними навантаженнями. Практична реалізація оптимізації режиму напруги в мережах з неоднорідними навантаженнями. <i>Рекомендована література:</i> [5] стор. 271-284. <i>СРС:</i> Зона нечутливості пристроїв РПН. Підвищення ефективності регулювання напруги
	<b>Розділ 3. Релейний захист в системах електропостачання</b>
8	<b>Тема 3.1 Пошкодження в електричних мережах</b> <i>Лекція 8.</i> Режим нейтралі електричної мережі. Заступні схеми мережі з ізолюваною нейтраллю. Параметри мереж з ізолюваною нейтраллю. Векторні діаграми струмів та напруг мережі з ізолюваною нейтраллю. Струм замикання на землю в мережі з ізолюваною нейтраллю. Особливості роботи мережі з ізолюваною нейтраллю. Компенсація струму замикання на землю в мережах з ізолюваною нейтраллю. Переваги використання заземлення нейтралі через реактор. Мережі з глухозаземленою нейтраллю.

	<p>Види пошкоджень і нейтральних режимів роботи СЕП. Основні види пошкоджень мережі та їх причини.</p> <p>Міжфазні КЗ. Характеристики трифазного симетричного КЗ. Характеристики двофазного міжфазного КЗ. Характеристики двофазного КЗ на землю в мережі з ізольованою нейтраллю. Характеристики двофазного КЗ на землю в мережі з глухозаземленою нейтраллю. Розрахункові схеми та параметри КЗ для розрахунку релейного захисту.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 17-23.</p> <p><b>СПС:</b> Характеристики дуги, що виникає під час замикань.</p>
9	<p><u>Лекція 9</u> Однофазні КЗ в мережі з глухозаземленою нейтраллю. Визначення величини струмів та куту зсуву фаз. Симетричні складові струму однофазного КЗ. Однофазні замикання на землю в мережах з ізольованою нейтраллю. Робота мереж 6-10-35 кВ в режимі однофазного замикання. Подвійне замикання на землю. Причини виникнення подвійних замикань. Визначення величини струму в непошкодженій фазі. Замикання на землю двох фаз на різних лініях. Струми в лініях при пошкодженні на стороні нижчої напруги трансформаторів. Векторні діаграми струмів при однофазних та багатofазних КЗ на нижчій стороні. Струми симетричних складових для найбільш розповсюджених схем. Розрив фази. Повздовжня несиметрія та причини її виникнення. Розрахункова схема заміщення несиметричного режиму. Параметри режиму «розрив фази». Небезпечні наслідки неповнофазного режиму.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 20-30.</p> <p><b>СПС:</b> Короткі замикання в електричних мережах. Задачі розрахунку струмів КЗ. Припущення, що допускаються при розрахунку струмів КЗ. Розрахункова схема еквівалентного кола КЗ. Аналітичний опис струму КЗ. Розрахунок віддаленого КЗ.</p>
10	<p><b>Тема 3.2 Основні поняття про релейний захист</b> <u>Лекція 10.</u> Основні поняття про релейний захист, види захистів в СЕП підприємств, показники роботи захисту. Принципи виконання струмового захисту з використанням реле. Визначення реле та релейного захисту. Класифікація реле. Коефіцієнт повернення реле. Струмовий захист ліній напругою вище 1000 В. Струмові захисти, ступені струмового захисту, струмова відсічка, струмова відсічка з витримкою часу, МТЗ, струмові захисти за допомогою плавких запобіжників.</p> <p><b>СПС:</b> Вибір перерізу провідників з урахуванням робочих та аварійних режимів.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 32-43.</p>
11	<p><u>Лекція 11.</u> Схеми з'єднання трансформаторів струму. Джерела оперативного струму. Призначення та вимоги до джерел оперативного струму. Акумуляторна батарея, як джерело оперативного струму (переваги, недоліки, сфера застосування). Вимірювальні трансформатори струму та напруги або ТВП в якості джерел оперативного струму (переваги, недоліки, сфера застосування). Струмовий блок живлення (БПТ) та блок живлення напруги (БПН) (принципова схема, переваги, недоліки, сфера застосування).</p> <p><b>СПС:</b> Конденсаторні батареї в якості джерела оперативного струму.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 57-65.</p>
12	<p><b>Тема 3.3 Струмові захисти</b> <u>Лекція 12.</u> Сфера застосування максимального струмового захисту. Параметри струмового захисту. Вибір часу спрацювання МСЗ. Залежна та незалежна характеристики реле, що використовуються для МСЗ. Вибір струму спрацювання МСЗ. Уставка реле струму для МСЗ. Чутливість МСЗ. Оцінка захисту МСЗ. Струмова відсічка. Принцип дії СВ. Струм спрацювання СВ. Струмова відсічка тупикової лінії. Чутливість СВ. Відсічка лінії з двостороннім живленням. Струмова відсічка з пуском по напрузі. Напруга спрацювання захисту СЗ з пуском по напрузі. Характеристика захисту СВ. Струмовий захист з ступінчастою характеристикою. Види захистів з ступінчастою характеристикою. Визначення струмів та часу спрацювання захистів з ступінчастою характеристикою.</p> <p><b>СПС:</b> Струмовий захист нульової послідовності від КЗ в мережі з глухозаземленою нейтраллю. Призначення захисту нульової послідовності. Визначення струму спрацювання нульового захисту.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 45-55.</p>

13	<p><b>Тема 3.4 Струмові направлені захисти</b> <i>Лекція 13</i>. Принцип дії направленої захисту. Органи струмового направленої захисту. Векторна діаграма СНЗ. СНЗ нульової послідовності.</p> <p>Максимальний струмовий направлений захист. Вибір та відлагодження струмів спрацювання СНЗ. Узгодження чутливості на різних ділянках СНЗ.</p> <p>Зона каскадної дії СНЗ. Мертва зона СНЗ.</p> <p>Перші та другі ступені СНЗ. Розрахунок СНЗ без витримки часу. Коефіцієнт струморозподілу.</p> <p><b>СПС:</b> Реле потужності. Вимоги, що висуваються до реле потужності. Принцип дії індукційного реле потужності. Векторна діаграма та характеристики реле потужності.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 94-105.</p>
14	<p><b>Тема 3.5 Диференційні струмові захисти</b> <i>Лекція 14</i>. Принцип дії диференційного захисту. Визначення диференційного захисту. Основні елементи диференційного захисту. Визначення параметру спрацювання диференційного захисту. Струм небалансу. Умови, що впливають на струм небалансу. Чутливість диференційного захисту. Принцип дії та параметри спрацювання поперечного диференційного захисту. Принципова схема поперечного диференційного захисту. Недоліки поперечного диференційного захисту. Принципова схема направленої диференційного захисту. Умови вибору струму спрацювання поперечного диференційного захисту. Зона каскадної дії поперечного диференційного захисту. Чутливість поперечного диференційного захисту.</p> <p><b>СПС:</b> Способи підвищення чутливості та відлагодженості диференційного захисту. Фактори, що впливають на чутливість диференційного захисту.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 115-129.</p>
15	<p><b>Тема 3.6 Дистанційні захисти</b> <i>Лекція 15</i>. Принципи дії захисту та вибір параметрів спрацювання. Визначення дистанційного захисту. Опір петлі КЗ. Умова спрацювання дистанційного захисту. Вибір параметрів (опору та часу) спрацювання триступінчастих дистанційних захистів. Зона дії дистанційного захисту. Чутливість дистанційного захисту. Основні органи дистанційного захисту. Структурна схема дистанційного захисту. Пусковий і дистанційний органи та орган визначення напрямку потужності. Реле опору. Направлені та ненаправлені реле опору. Область спрацювання реле опору. Індукційне реле опору (принцип дії та векторні діаграми роботи). Визначення обертового моменту реле опору та умови спрацювання реле опору.</p> <p>Принципи виконання дистанційного захисту</p> <p><b>СПС:</b> . Робота реле опору при міжфазних КЗ та подвійних замиканнях на землю. Трьохсистемні схеми дистанційного захисту. Дистанційний захист з залежною характеристикою.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 105-115.</p>
16	<p><b>Тема 3.7 Захист від однофазних замикань на землю</b> <i>Лекція 16</i>. Однофазні замикання в мережах з ізольованою та компенсованою нейтралю. Коефіцієнт повноти замикання. Виконання захисту від однофазних замикань в мережах нескладної конфігурації. Струмовий захист нульової послідовності. Визначення струмів в фазах при однофазному замиканні. Фільтри нульової послідовності. Відлагодження струму спрацювання захисту. Чутливість захисту нульової послідовності. Оцінка струмового захисту нульової послідовності.</p> <p>Типи приводів комутуючих апаратів. Будова та принцип дії пружинного приводу. Будова та принцип дії електромагнітного приводу. Односторонній привод.</p> <p><b>СПС:</b> Дистанційне керування комутуючими апаратами. Джерела живлення комутуючих апаратів.</p> <p><b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 129-141.</p>
<p><b>Розділ 4. Автоматика в системах електропостачання</b></p>	
17	<p><b>Тема 4.1 Пристрої АПВ в системах електропостачання</b> <i>Лекція 17</i>. Призначення АПВ. Вимоги, що висувають до АПВ. Параметри дії пристроїв АПВ. Пристрої АПВ. Типи приводів вимикачів АПВ. Принципова схема електричного АПВ з пружинним приводом. Принципова схема електричного АПВ з електромагнітним приводом.</p> <p><b>СПС:</b> Прискорення дії захисту лінії при наявності АПВ. Прискорення дії захисту (УДЗ) до АПВ. УДЗ після АПВ. Почергове АПВ.</p>

	<b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 141-149.
18	<b>Тема 4.2 Пристрої АПВ в системах електропостачання</b> <i>Лекція 18.</i> Автоматичне включення резервних ліній. Вимоги до пристроїв АВР. Пусковий орган АВР та умови його спрацювання. Види та схеми АВР. Одностороннє АВР. Двостороннє АВР. АВР в розподільних мережах напругою до 1000 В. АВР трансформаторів, електродивгунів. Перехідні явища в СЕП у разі короткочасних перенавантажень (коротке замикання), само запуск споживачів. <b>СРС:</b> Автоматичне частотне розвантаження, вимоги принципи виконання. Системи гарантованого живлення, апарати безперебійного живлення. <b>Рекомендована література:</b> [1] стор. 151-155.

- **Лабораторні заняття**

**Основні завдання лабораторних занять присвячені формуванню компетентностей з дослідження характеристик та робочих режимів релейного захисту електричних мереж та електрообладнання енергосистем**

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступне заняття	2
2	Дослідження вимірювальних трансформаторів струму	2
3	Дослідження релейного захисту ліній напругою 6 – 35 кВ	2
4	Дослідження релейного захисту трансформаторів цехових підстанцій	2
5	Дослідження релейного захисту електричних двигунів високої напруги	2
6	Дослідження автоматичного регулятора напруги АРТ-ІН трансформатора з РНП головної понижувальної підстанції	2
7	Дослідження пристрою автоматичного повторного включення АПВ	2
8	Дослідження пристрою автоматичного включення резерву (АВР)	2
9	Заключне заняття	2

**6. Самостійна робота студента**

*Самостійна робота студента передбачає:*

*підготовку до аудиторних занять – 58 год;*

*підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;*

*підготовку до заліку – 6 год*

**Політика та контроль**

**7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Вивчення навчальної дисципліни “Релейний захист та автоматизація енергосистем”

потребує від здобувача вищої освіти:

- дотримання навчально-академічної етики;
- дотримання графіку навчального процесу;
- бути зваженим, уважним на заняттях;
- систематично опрацьовувати теоретичний матеріал;
- дотримання графіку захисту практичних та лабораторних робіт. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставленого завдання, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на лекції, то йому слід відпрацювати цю лекцію у інший час (з іншою групою, на консультації).



Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на практичних та лабораторних заняттях, то йому слід відпрацювати ці заняття у інший час (з іншою групою, на консультації).

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

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання 1 модульної контрольної роботи;
- 2) виконання 7 лабораторних робіт;
- 3) опитувань на лекційних заняттях
- 4) екзамен

### Система рейтингових балів

#### 1. Модульна контрольна робота\*

Модульна контрольна робота складається з трьох рівнозначних питань по 10 бали.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

**2. Лабораторні роботи.** за умови хорошої підготовки вдома і активної роботи на занятті, своєчасного і грамотного захисту – 5 бали;

за умови невиконання (зниження) показника хоча б однієї позиції – 1-2 бали.

**3. Тестування на лекційних та практичних заняттях** оцінюється до 5 балів. Студенти, які виконують додаткові завдання та проявлять творчу ініціативу отримують заохочувальні бали від 1 до 10.

**4. Екзамен\*** складається з трьох рівнозначних питань по 10 балів.

**Максимальна сума балів дорівнює 100:**

$$R=(3*10)+(5)+(7*5)+(30)=100$$

**Дисципліна викладається у 8 семестрі та триває 9 тижнів. Атестація за потребою проставляється за поточним рейтингом.**

### Рейтингова шкала з дисципліни складає

R	Оцінка традиційна
95 - 100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано лабораторні, практичні, або $R_c < 30$	Не допущено

Необхідною умовою допуску до екзамену є повне виконання навчального плану, а також попередній рейтинг не менше 36 балів та не менш ніж одна позитивна атестація.

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може

обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** к.т.н., доц. Мейта Олександр Вячеславович

**Ухвалено** кафедрою АЕМК (протокол № 23 від 14.06.2022)

**Погоджено** Методичною комісією інституту ІЕЕ (протокол № 12 від 24.06.2022)

**Додаток до силабусу освітнього компонента**  
**«Релейний захист та автоматизація енергосистем»**

1. Системи електропостачання, їх головні властивості
2. СЕП – як підсистема електроенергосистеми. Керуючі фактори. Математична модель СЕП.
3. Функціональна структура СЕП. Основні елементи та їх функції.
4. Вимоги до систем електропостачання.
5. Принципи формування СЕП.
6. Обмеження в електропостачанні підприємств. Аварійна технологічна броня в електропостачанні гірничих підприємств.
7. Джерела живлення СЕП та вимоги до них.
8. Режими роботи системи електропостачання підприємств (нормальний, аварійний, після аварійний) їх характеристики.
9. Формування річних графіків навантаження. Баланс активної потужності в СЕП.
10. Генерування електроенергії: види електростанцій, їх роль та використання в формуванні графіків електричного навантаження в Україні.
11. Визначення електричних навантажень в умовах експлуатації. Задачі та способи їх вирішення.
12. Загальні питання якості електричної енергії. Показники якості електроенергії.
13. Відхилення напруги, причини виникнення, допустимі та граничнодопустимі значення відхилень напруги
14. Коливання напруги, причини виникнення, основні показники (розмах, доза флікера), їх допустимі значення.
15. Несинусоїдність напруги, джерела спотворення синусоїдної форми струму та напруги, показники несинусоїдності напруги, їх нормативи.
16. Несиметрія напруг. Причини виникнення, види несиметрії, показники.
17. Провал напруги та його характеристики.
18. Імпульс напруги та його характеристики.
19. Тимчасова перенапруга та її характеристики.
20. Вплив відхилення напруги на роботу електроприймачів.
21. Технічні способи та засоби забезпечення необхідних рівнів напруги.
22. Трансформатори з ПБВ та РПН, їх використання для регулювання напруги.
23. Лінійні регулюючі трансформатори, їх використання для регулювання напруги.
24. Використання синхронних компенсаторів для регулювання напруги.
25. Вплив коливання напруги на роботу електроприймачів. Заходи зниження та виключення впливу коливань напруги на роботу електроприймачів
26. Вплив несинусоїдності напруги і струмів на роботу електроприймачів.
27. Методи та засоби зниження несинусоїдності напруги.
28. Вплив несиметрії напруги на роботу електроприймачів.
29. Симетрування навантажень.
30. Вплив відхилення частоти на роботу електроприймачів (освітлення, асинхронні, синхронні двигуни, трансформатори)
31. Способи і засоби регулювання режимами електричних мереж. Епюри зміни напруг в характерних точках мережі.
32. Рівняння балансу напруг в мережі. Закон регулювання напруг в центрі живлення.
33. Види пошкоджень та ненормальних режимів в електричних мережах. Трифазні КЗ.
34. Однофазні замикання на землю в мережах з ізольованою, компенсованою та глухозаземленою нейтраллями.
35. Двофазні КЗ та подвійні замикання на землю.
36. Регулювання струмів КЗ.
37. Основні схеми з'єднань трансформаторів струму та реле.
38. Джерела оперативного струму.
39. Максимальний струмовий захист. Призначення, принцип дії та параметри спрацювання.
40. Струмова відсічка. Призначення, принцип дії та параметри спрацювання.
41. Струмовий захист зі ступінчастою характеристикою.
42. Струмовий направлений захист. Призначення, принцип дії та параметри спрацювання.

43. Реле напрямку потужності. Принцип дії, вимоги до реле.
44. Дистанційний захист. Принцип дії та параметри спрацювання.
45. Реле опору. Принцип дії, види та характеристики.
46. Струмівий захист нульової послідовності.
47. Керування вимикачами високої напруги.
48. Призначення АПВ, вимоги до АПВ. Параметри дії пристроїв АПВ.
49. Прискорення дії захисту при наявності АПВ.
50. Автоматичне включення резерву . Принцип дії, вимоги, основні схеми та параметри.