

**Білоцерківський національний аграрний університет**  
**Агробіотехнологічний факультет**  
**Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки**

	<p><b>СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ</b>  <b>«ОСНОВИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ</b>  <b>ЕНЕРГОСИСТЕМ»</b>          Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»          Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»          Освітня програма – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</p>
<b>Рівень вищої освіти</b>	перший (бакалаврський)
<b>Компонент освітньої програми:</b>	Обов'язковий
<b>Кількість кредитів ECTS /загальна кількість годин</b>	4 кредити /120 годин
<b>Семестр</b>	8
<b>Форма контролю</b>	Залік
<b>Мова викладання</b>	українська
<b>Профайл викладачів</b> 	<p><b>Безкровний Микола Федорович</b>  <b>Посада:</b> доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  <b>Науковий ступінь:</b> кандидат технічних наук, доктор економічних наук  <b>Робоче місце:</b> пл.Соборна, 8/1, Центральний навчальний корпус ( кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки)).  <b>E-mail:</b> bezkrovnyy@ukr.net  <b>Зв'язок з викладачем:</b>  <b>+38050-381-95-48</b></p>
<b>Опис дисципліни</b>	<p>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.</p>
<b>Передумови для вивчення</b>	<p>Нормативна навчальна дисципліна «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» базується на знаннях отриманих з дисциплін «Теоретичні основи електротехніки», «Електрична частина</p>

<b>дисципліни</b>	станцій і підстанцій», «Основи автоматики», «Електричні машини та апарати».
<b>Мета вивчення дисципліни</b>	<b>Метою</b> 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.
<b>Формат дисципліни</b>	Для денної форми навчання дисципліна викладається в очному форматі, із застосуванням мультимедійних засобів. За необхідності (інклюзивне навчання, дистанційна освіта тощо), використання платформи Moodle, ZOOM. Формат проведення дисципліни є змішаним: поєднання традиційних форм навчання з елементами дистанційного навчання.
<b>Компетентност і відповідно до Стандарту вищої освіти</b>	<p><b>Загальні компетентності</b>  <b>ЗК01.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.  <b>ЗК02.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.  <b>ЗК06.</b> Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.</p> <p><b>Спеціальні компетентності</b>  <b>СК3.</b> 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.  <b>СК4.</b> Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.  <b>СК6.</b> Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.</p>
<b>Програмні результати навчання відповідно до Стандарту вищої освіти</b>	<p><b>ПРН01.</b> 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><b>ПРН02.</b> 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><b>ПРН12.</b> Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.</p> <p><b>ПРН17.</b> Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.</p>
<b>Структура курсу</b>	<p><b>Змістовий модуль 1. Загальні відомості про релейний захист</b></p> <p><b>Тема 1.1. Принципи побудови релейного захисту.</b>  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.</p> <p><b>Тема 1.2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних</b></p>

## 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. Характеристикі 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. Вимірювальні органи цифрового релейного захисту**

Вимірювальні органи однієї електричної величини. Цифрові

	<p>вимірювальні органи напрямку потужності. Цифрові дистанційні органи. Трьохфазні дистанційні органи.</p> <p><b>Тема 3.5. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту</b></p> <p>Рівняння та характеристики цифрових фільтрів. Частотні характеристики. Динамічні характеристики цифрових вимірювальних органів. Швидкодійні обчислення векторів на основі фільтрів зі змінними коефіцієнтами. Алгоритми, що використовують критерії ідентифікації сигналів. Вплив режиму електромережі на динамічні властивості релейного захисту.</p> <p><b>Тема 3.6. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження.</b></p> <p>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.</p> <p><b>Тема 3.7. Цифрові диференціальні захисти</b></p> <p>Диференціальні захисти з використанням гальмування порівнювальними струмами. Чутливість та селективність диференціальних захистів з безпосереднім порівнянням струмів. Особливості виконання цифрових диференціальних захистів трансформаторів. Поздовжні диференціальні захисти високовольтних ліній. Диференціальні захисти ліній на основі обміну цифровими сигналами. Цифрові дистанційні захисти збірних шин.</p>
<p><b>Методи навчання</b></p>	<p>Методи навчання ґрунтуються на принципах студентоцентризму та індивідуально-особистісного підходу; реалізуються через навчання на основі досліджень, посилення творчої спрямованості у формі комбінації лекцій, практичних занять, самостійної роботи з використанням елементів дистанційного навчання, в тому числі в системі Moodle.</p> <p>Під час лекційного курсу застосовуються слайдові презентації у програмі Microsoft Office Power Point, роздатковий матеріал. Широко використовується метод проблемного викладення, дискусійне обговорення проблемних питань.</p> <p>Практичні заняття проводяться у вигляді практикумів з виконанням індивідуальних та групових завдань. Застосування цих форм і методів дає можливість значно активізувати навчальний процес з дисципліни, систематизувати і поглибити знання, уміння та навички у здобувачів.</p> <p>У разі дистанційного і змішаного навчання використовуються навчальна платформа Moodle Білоцерківського НАУ, онлайн-платформи: ZOOM, , електронна пошта, мобільні додатки Viber.</p>
<p><b>Політика</b></p>	<p><b>Політика щодо академічної доброчесності:</b> очікується, що письмові роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Виявлення ознак недоброчесної письмової роботи студента (списування, відсутність посилань на використані джерела, фабрикація, фальсифікація, обман) є підставою для її не зарахування викладачем.</p> <p><b>Політика щодо відвідування занять:</b> очікується, що студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Відпрацювання пропущених занять</p>



	<p>згідно графіку консультацій викладача. За об'єктивних причин навчання може відбуватись в онлайн режимі.</p> <p><b>Політика щодо дедлайну і перескладання:</b> студенти мають дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт.</p> <p><b>Політика щодо виконання завдань:</b> позитивно оцінюється відповідальність, старанність, креативність.</p> <p><b>Політика оцінювання:</b> засоби та критерії оцінювання прописані в робочій програмі дисципліни, розміщеної на платформі E</p>
<p><b>Рекомендовані джерела інформації</b></p>	<p>Основна література</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. - Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2013. - 533 с.</li> <li>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.</li> <li>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..</li> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>7. Гребченко М.В. Релейний захист і автоматика розподільних електричних мереж. Навчальний посібник. Київ., ЦП «КОМПРИНТ». 2017. 185 с.</li> <li>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.</li> <li>9. Reimert D. Protective relaying for power generation / Donald Reimert. - USA, FL, Boca Raton: CRC Press, 2006. - 561p.</li> <li>10. Preve C. protection of electrical networks / Christophe Preve. - GB: Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, 2006. - 508 p.</li> </ol> <p>Допоміжна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>3.Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист трансформаторів та автотрансформаторів: навч. посіб. НУ «ЛП», 2004. 180 с. 22</li> <li>4.Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист ліній електропередавання: навч. посіб. НУ «ЛП», 2004. 184 с</li> </ol>

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