

Національний університет водного господарства та природокористування
Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та
обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова науково-методичної
ради НУВГП
е-підпис Олег ЛАГОДНЮК

03.09.2021

04-03-33S

СИЛАБУС

освітньої компоненти

SYLLABUS

Основи релейного захисту та автоматизація електричних систем		Fundamentals of relay protection and automation of power systems
Шифр за ОП	OK31	Code in Educational Program
Освітній рівень: бакалаврський (перший)		Educational level: Bachelor's (first)
Галузь знань: Електрична інженерія	14	Fields of knowledge: Electrical engineering
Спеціальність: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	141	Field of study: Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics
Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка		Educational Program: Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics

Силабус навчальної дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизація електричних систем» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Рівне. НУВГП. 2021. 17 стор.

ОПП на сайті університету: <http://ep3.nuwm.edu.ua/18634/>

Розробник силабусу: Василець С.В., д.т.н., проф., проф. кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Силабус схвалений на засіданні кафедри
Протокол № 23 від 02 липня 2021 року

Завідувач кафедри: Древецький В.В., д.т.н., проф.

Гарант ОП Василець С.В., д.т.н., проф., проф. кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ АКOT
Протокол № 9 від 30 серпня 2021 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ: Мартинюк П.М., д.т.н., проф.

СЗ №-4172 в ЕДО

© Василець С.В., 2021

© НУВГП, 2021

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ	
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Рік навчання, семестр	3 рік навчання, 6 семестр
Кількість кредитів	5,5
Лекції:	28 год. – денна форма, 2 год. – заочна форма
Лабораторні заняття:	26 год. – денна форма, 10 год. – заочна форма
Практичні заняття:	10 год. – денна форма, 4 год. – заочна форма
Самостійна робота:	111 год. – денна форма, 149 год. – заочна форма
Курсова робота:	ні
Форма навчання	денна, заочна
Форма підсумкового контролю	іспит
Мова викладання	Українська
ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧІВ	
<p>Лектор</p> 	<p>Василець Святослав Володимирович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій</p> <p>Вікіситет http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Василець_Святослав_Володимирович ORCID https://orcid.org/0000-0003-1299-8026 Як комунікувати s.vasylets@nuwm.edu.ua Актуальні оголошення на сторінці дисципліни в системі MOODLE</p>
<p>Асистент лектора</p> 	<p>Василець Катерина Сергіївна, старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій</p> <p>Вікіситет http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Василець_Катерина_Сергіївна ORCID https://orcid.org/0000-0002-7590-0754 Як комунікувати k.s.vasylets@nuwm.edu.ua Актуальні оголошення на сторінці дисципліни в системі MOODLE</p>

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНЮ КОМПОНЕНТУ

Анотація освітньої компоненти, в т.ч. мета та цілі

Метою освітньої компоненти є засвоєння здобувачами освіти теоретичних основ та принципів технічної реалізації пристроїв релейного захисту електроенергетичних систем, освоєння базових схем побудови релейного захисту з використанням електромеханічних реле та цифрових пристроїв.

Завдання: оволодіти теоретичною базою та практичними вміннями для побудови систем релейного захисту об'єктів електроенергетики.

В результаті оволодіння освітньою компонентою здобувач повинен знати:

- принципи побудови пристроїв релейного захисту;
- основні вимоги до релейного захисту енергосистем;
- принцип дії та особливості застосування електромеханічних реле різних типів;
- особливості побудови та функціонування релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів;

- принципи виконання релейного захисту збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів;

- особливості функціонування цифрового релейного захисту;

вміти:

- використовувати знання й уміння в галузі релейного захисту та автоматики енергосистем для вибору, впровадження та експлуатації засобів релейного захисту та автоматики;

- створювати надійні системи релейного захисту об'єктів електроенергетики;

- використовувати знання для налагодження пристроїв релейного захисту.

Посилання на розміщення освітнього компоненту на навчальній платформі Moodle

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279>

Компетентності

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

K07. Здатність працювати в команді.

K08. Здатність працювати автономно.

K21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

Програмні результати навчання (ПРН). Результати навчання (РН)

ПР01. 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.

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.

ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР20. Застосовувати знання щодо нерозривності процесів генерації електроенергії традиційними та відновлюваними джерелами, перетворення, розподілу та споживання електроенергії під час побудови пристроїв та систем мікропроцесорного керування електроенергетичними об'єктами.

Структура та зміст освітнього компонента

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ

Денна форма:

Лекції – 8 год.

Лабораторні заняття – 10 год.

Практичні заняття – 4 год.

Самостійна робота – 35 год.

Заочна форма:

Лекції – 1 год.

Лабораторні заняття – 4 год.

Практичні заняття – 1,5 год.

Самостійна робота – 45 год.

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

Засоби навчання: однофазний обмежувач потужності ОМ-611, реле мінімальної напруги, вимірювальні трансформатори струму, джерело трифазного

живлення, мультиметри, амперметри, комірка КУ-10С.

Тема 1. Принципи побудови релейного захисту.

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
ПРО1	денна	[1-5]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
ПРО10	лекції - 2		
ПРО12	лаб. – 2		
ПРО16	практ. - 0		
	заочна		
	лекції – 0,2		
	лаб. – 1		
	практ. - 0		

Опис теми	<p>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>Лабораторна робота 1. Випробовування однофазного обмежувача потужності ОМ-611</p>		
-----------	---	--	--

Тема 2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
ПРО1	денна	[1-5]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
ПРО10	лекції - 2		
ПРО12	лаб. – 2		
ПРО16	практ. - 2		
	заочна		
	лекції – 0,2		
	лаб. – 1		
	практ. – 0,5		

Опис теми	<p>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.</p> <p>Лабораторна робота 2. Дослідження функціонування реле мінімальної напруги</p> <p>Практична робота 1. Вивчення умовних графічних позначень елементів і пристроїв релейного захисту та автоматики</p>		
-----------	---	--	--

Тема 3. Структура релейного захисту

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
ПРО1	денна	[1-5]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
ПРО2	лекції - 2		
ПРО20	лаб. – 2		
	практ. - 0		
	заочна		
	лекції – 0,3		
	лаб. – 1		
	практ. - 0		

Опис теми	<p>Структурні частини та основні елементи релейного захисту. Класифікація пристроїв релейного захисту. Захист запобіжниками та автоматичними вимикачами. Опис та зображення захисних схем. Джерела оперативного струму.</p> <p>Лабораторна робота 3. Дослідження схем з'єднання вимірювальних трансформаторів струму</p>		
-----------	---	--	--

Тема 4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
		[1-5, 10]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279

ПР02	денна лекції - 2 лаб. – 4 практ. - 2 заочна лекції – 0,3 лаб. – 1 практ. - 1		
Опис теми	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 ділянки напруги. Лабораторна робота 4. Дослідження характеристик вимірювальних трансформаторів струму Практична робота 2. Аналіз принципової електричної схеми та дослідження роботи вакуумного вимикача ВРС-10 у складі комірки КУ-10С.		

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ І АВТОТРАНСФОРМАТОРІВ, СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Денна форма:

Лекції – 12 год.

Лабораторні заняття – 10 год.

Практичні заняття – 4 год.

Самостійна робота – 35 год.

Заочна форма:

Лекції – 0,5 год.

Лабораторні заняття – 4 год.

Практичні заняття – 1,5 год.

Самостійна робота – 45 год.

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

Засоби навчання: цифровий лічильник електроенергії NIK2307 ARP3 T.1600.M2.21, багатофункціональний аналізатор параметрів електричної мережі DIRIS A40, стенд-симулятор дослідження функціонування дистанційного релейного захисту ЛЕП 110 кВ.

Тема 5. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
ПР01	денна	[1-5, 13-23]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
ПР02	лекції - 1		
ПР10	лаб. – 4		

ПР12 ПР16 ПР20	практик. - 2 заочна лекції – 0,2 лаб. – 1 практик. – 1		
Опис теми	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. Лабораторна робота 5. Підключення, зняття показів та конфігурування за допомогою оптопорта цифрового лічильника електроенергії NIK2307 ARP3 T.1600.M2.21. Практична робота 3. Розрахунок релейного захисту повітряної лінії 10 кВ		
Тема 6. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	Кількість годин: денна лекції - 2 лаб. – 2 практик. - 2 заочна лекції – 0,3 лаб. – 1 практик. – 0,5	Література: [1-5]	Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
Опис теми	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. Лабораторна робота 6. Підключення та налаштування багатофункціонального аналізатора параметрів електричної мережі DIRIS A40 Практична робота 4. Розрахунок уставок релейного захисту кабельної лінії 10 кВ з відгалуженнями		
Тема 7. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	Кількість годин: денна лекції - 2 лаб. – 2 практик. - 0 заочна лекції – 0 лаб. – 1 практик. - 0	Література: [1-5, 13-23]	Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
Опис теми	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. Лабораторна робота 7. Дослідження функціонування дистанційного релейного захисту ЛЕП 110 кВ при трифазному короткому замиканні		
Тема 8. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів.			
Результати навчання ПР01 ПР02	Кількість годин: денна лекції - 2	Література: [1-5]	Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279

ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	лаб. – 2 практ. - 0 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1 практ. - 0		
Опис теми	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. Лабораторна робота 8. Дослідження функціонування дистанційного релейного захисту ЛЕП 110 кВ при двофазних коротких замиканнях та в ненормальних режимах		
Тема 9. Релейний захист синхронних генераторів			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції - 2 лаб. – 0 практ. - 0 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 0 практ. - 0	Література: [1-5]	Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
Опис теми	Види пошкоджень та особливості режимів роботи генераторів. Поздовжній диференціальний захист генератора. Поперечний диференціальний 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.		
Тема 10. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції - 1 лаб. – 0 практ. - 0 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 0 практ. - 0	Література: [1-5]	Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
Опис теми	Призначення захисту шин. Диференціальний захист шин, підвищення його надійності та чутливості. Схеми диференціального захисту шин. Диференціальний захист шин 110 кВ та вище з гальмуванням. Захист шин 6-10 кВ.		
Тема 11. Релейний захист електродвигунів			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції - 2 лаб. – 0 практ. - 0 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 0 практ. - 0	Література: [1-5, 13-23]	Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279

Опис теми	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.
-----------	--

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ

Денна форма:

Лекції – 8 год.

Лабораторні заняття – 6 год.

Практичні заняття – 2 год.

Самостійна робота – 41 год.

Заочна форма:

Лекції – 0,5 год.

Лабораторні заняття – 2 год.

Практичні заняття – 1 год.

Самостійна робота – 59 год.

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

Засоби навчання: комірka КУ-10С, мікропроцесорний пристрій релейного захисту та автоматики РС83-А2.0, джерело трифазної напруги, регульоване навантаження.

Тема 12. Цифрові пристрої релейного захисту. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
ПРО1	денна	[6-11, 13-23]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
ПРО2	лекції - 2		
ПРО10	лаб. – 0		
ПРО12	практ. - 2		
ПРО16	заочна		
ПРО20	лекції – 0,2		
	лаб. – 0		
	практ. - 1		
Опис теми	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.) Практична робота №5. Розрахунок уставок релейного захисту трансформатора 10/0,4 кВ		

Тема 13. Вимірювальні органи цифрового релейного захисту

Результати навчання	Кількість годин:	Література:	Лінк на MOODLE:
ПРО1	денна	[6-11]	https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279
ПРО2	лекції - 1		
ПРО10	лаб. – 0		

ПР12 ПР16 ПР20	<p>практик. - 0</p> <p>заочна</p> <p>лекції – 0</p> <p>лаб. – 0</p> <p>практик. - 0</p>		
Опис теми	<p>Вимірювальні органи однієї електричної величини. Цифрові вимірювальні органи на- прямку потужності. Цифрові дистанційні органи. Трьохфазні дистанційні органи.</p>		
<p>Тема 14. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту.</p>			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	<p>Кількість годин: <i>денна</i></p> <p>лекції - 2</p> <p>лаб. – 3</p> <p>практик. - 0</p> <p><i>заочна</i></p> <p>лекції – 0</p> <p>лаб. – 1</p> <p>практик. - 0</p>	<p>Література: [6-11]</p>	<p>Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279</p>
Опис теми	<p>Рівняння та характеристики цифрових фільтрів. Частотні характеристики. Динамічні ха- рактеристики цифрових вимірювальних органів. Швидкодіючі обчислення векторів на основі фільтрів зі змінними коефіцієнтами. Алгоритми, що використовують критерії ідентифікації сигналів. Вплив режиму електромережі на динамічні властивості релейно- го захисту.</p> <p>Лабораторна робота 9. Підключення мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики PC83-A2.0.</p>		
<p>Тема 15. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження</p>			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	<p>Кількість годин: <i>денна</i></p> <p>лекції - 2</p> <p>лаб. – 3</p> <p>практик. - 0</p> <p><i>заочна</i></p> <p>лекції – 0,3</p> <p>лаб. – 1</p> <p>практик. - 0</p>	<p>Література: [6-11]</p>	<p>Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279</p>
Опис теми	<p>Цифровий максимальний струмовий захист. Струмові захисти на основі вимірювання симетричних складових. Струмові захисти від однофазних замикань на землю в мере- жах 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. Струмо- вий захист та контроль числа ввімкнень електродвигуна.</p> <p>Лабораторна робота 10. Конфігурування та дослідження спрацювання мікропроцесор- ного пристрою релейного захисту та автоматики PC83-A2.0</p>		
<p>Тема 16. Цифрові диференціальні захисти</p>			
Результати навчання ПР01 ПР02 ПР10 ПР12 ПР16 ПР20	<p>Кількість годин: <i>денна</i></p> <p>лекції - 1</p> <p>лаб. – 0</p> <p>практик. - 0</p> <p><i>заочна</i></p> <p>лекції – 0</p> <p>лаб. – 0</p> <p>практик. - 0</p>	<p>Література: [6-11]</p>	<p>Лінк на MOODLE: https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=279</p>
Опис теми	<p>Диференціальні захисти з використанням гальмування порівнювальними струмами. Чутливість та селективність диференціальних захистів з безпосереднім порівнянням</p>		

	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.
Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)	
Освітня компонента спрямована на розвиток таких «м'яких» навичок: аналітичні навички, взаємодія з людьми, гнучкість розуму, комплексне рішення проблем, саморозвиток, здатність до навчання, пошук виходу зі складних ситуацій, оцінювання ризиків та приймання рішень, працелюбність, креативність, навички письмового та усного спілкування, комунікаційні якості.	
Форми та методи навчання	
Лекції читаються з використанням мультимедійного проектора для демонстрації схема релейного захисту, пристроїв захисту, рівнянь, графіків, діаграм, фрагментів програм, структурних схем тощо. Під час лекцій демонструються натурні зразки обладнання (вимірювальні трансформатори струму та напруги, електромеханічні реле, мікропроцесорні пристрої захисту), проводиться дискусійне обговорення проблемних питань. Лабораторні роботи виконуються з використанням лабораторних стендів (дослідження дистанційного релейного захисту) та комп'ютерних моделей релейного захисту (у Simulink). Під час практичних занять використовуються: вимірювальні трансформатори струму 600/5, 300/5, 100/5, цифровий лічильник електроенергії NIK2307 ART T.1600.M2.21, оптоголовка, програмне забезпечення UNIK для програмування лічильників, багатофункціональний аналізатор параметрів електричної мережі DIRIS A40, вимірювальні трансформатори струму 5/5, стенд для створення регульованого навантаження, мікропроцесорний пристрій релейного захисту та автоматики PC83-A2.0 у складі комірки КУ-10С.	
Порядок та критерії оцінювання	
Положення про семестровий поточний та підсумковий контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти http://ep3.nuwm.edu.ua/15311/ . Для визначення рівня засвоєння здобувачами освіти матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань: оцінювання за виконання лабораторних та практичних робіт; опитування при захисті лабораторних та практичних робіт; оцінки за модульні контрольні роботи; підсумковий контроль знань. Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання:	
Вид заняття	Бали
1. Поточна складова оцінювання	
1.1 Робота під час лекцій (14 пар * 0,5 балів).....	7
1.2 Робота під час лаб. занять (13 пар * 0,5 балів).....	6,5
1.3 Захисти звітів з лабораторних робіт:	
1.3.1 №1 "Випробовування однофазного обмежувача потужності OM-611"	4
1.3.2 №2 "Дослідження функціонування реле мінімальної напруги"	4
1.3.3 №3 "Дослідження схем з'єднання вимірювальних трансформаторів струму"	4

1.3.4 №4 "Дослідження характеристик вимірювальних трансформаторів струму"....	4
1.3.5 №5 "Підключення, зняття показів та конфігурування за допомогою оптопорта цифрового лічильника електроенергії NIK2307 ARP3 T.1600.M2.21".....	4
1.3.6 №6 "Підключення та налаштування багатофункціонального аналізатора параметрів електричної мережі DIRIS A40".....	4
1.3.7 №7 "Дослідження функціонування дистанційного релейного захисту ЛЕП 110 кВ при трифазному короткому замиканні "	4
1.3.8 №8 "Дослідження функціонування дистанційного релейного захисту ЛЕП 110 кВ при двофазних коротких замиканнях та в ненормальних режимах "	4
1.3.9 №9 "Підключення мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики PC83-A2.0".....	4
1.3.10 №10 " Конфігурування та дослідження спрацювання мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики PC83-A2.0".....	4
1.4 Виконання практичних робіт:	
1.4.1 №1 «Вивчення умовних графічних позначень елементів і пристроїв релейного захисту та автоматики».....	1,3
1.4.1 №2 «Аналіз принципової електричної схеми та дослідження роботи вакуумного вимикача ВРС-10 у складі комірки КУ-10С».....	1,3
1.4.1 №3 «Розрахунок релейного захисту повітряної лінії 10 кВ».....	1,3
1.4.1 №4 «Розрахунок уставок релейного захисту кабельної лінії 10 кВ з відгалуженнями».....	1,3
1.4.1 №5 «Розрахунок уставок релейного захисту трансформатора 10/0,4 кВ».....	1,3
Всього поточна складова оцінювання.....	60
2. Підсумкова складова оцінювання	
2.1. Модульний контроль №1.....	20
2.2. Модульний контроль №2.....	20
Всього підсумкова складова оцінювання.....	40
Разом.....	100

Поєднання навчання та досліджень

У процесі навчання здобувачі вищої освіти залучаються до реалізації наукових досліджень, зокрема за темою "Розробка та дослідження автоматичних та електротехнічних елементів і систем", яка зареєстрована в Українському інституті науково-технічної експертизи та інформації (державний реєстраційний номер 0116U000281). Передбачено можливість участі студентів у роботі наукових конференцій та публікації статей за результатами досліджень.

В освітньому процесі використовуються отримані індивідуальні наукові досягнення лектора з тем «Струмові захисти ліній з одностороннім живленням», «Цифрові пристрої релейного захисту», «Релейний захист електродвигунів», «Дистанційні захисти ЛЕП», які відображені в роботах [13-23].

Інформаційні ресурси

Базова 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. Блиндюк, 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 Яндульський О.С., Дмитренко О.О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем: навч. посіб.; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. К.: НТУУ «КПІ», 2016. 102 с.

Допоміжна література

- 5 Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов. 4-е изд, перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2006. 639 с.
- 6 Preve C. Protection of electrical networks. GB: Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, 2006. 508 p.
- 7 Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. М.: Энергоатомиздат, 2007. 549.
- 8 Басс Э.И., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 296с.
- 9 Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие для вузов. М.: Изд. дом МЭИ, 2008. 336с.
- 10 Reimert D. Protective relaying for power generation. USA, FL, Boca Raton: CRC Press, 2006. 561p.
- 11 Циглер Г. Цифровая дистанционная защита: принципы и применение. Пер. с англ. Под ред. Дьякова А.Ф. М.: Энергоиздат, 2005. 322с.
- 12 Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І. Перехідні процеси в системах електропостачання. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. 597с.
- 13 Корнійчук Т.С., Василець С.В. Лабораторний стенд для дослідження функціонування мікропроцесорного струмового захисту. Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 10 травня 2019 року. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2019. С. 17-18. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15307/>
- 14 Василець К.С., Василець С.В. Симулятор функціонування дистанційного релейного захисту електромереж. Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень (АКУ-2019). Збірник наукових праць V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів в м. Покровську 21-22 травня 2019 р. Покровськ, ДонНТУ, 2019. С. 66-68.
- 15 Сивокобиленко В.Ф., Василець С.В. Вдосконалення захисту від витоків струму на землю в умовах електромережі дільниці шахти. Гірничі електромеханіка та автоматика: науково-технічний збірник. №91. 2013. С. 3-8.
- 16 Сивокобиленко В.Ф., Василець С.В. Розширення функціональних можливостей захисту від короткого замикання електромережі вугільної шахти. Наукові праці ДонНТУ, серія „Гірничо-електромеханічна”. Вип. 2 (26) 2013, Донецьк, 2013 р. С. 238-248.

- 17 Василець С.В. Впровадження віртуальних лабораторних стендів при вивченні основ релейного захисту та автоматизації електричних систем. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів та студентів «Інформаційно-обчислювальні технології, автоматика та електротехніка (ІТАЕ – 2016)» (м. Рівне, 10-11 листопада 2016 року). С. 263-265.
- 18 Свідоцтво №86855 від 15.03.2019 про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма «DProtect» дослідження функціонування дистанційного релейного захисту» / Василець С.В., Василець К.С.
- 19 Василець С.В., Василець К.С., Шабловська А.Р. Спосіб контролю активного опору ізоляції відгалуження електричної мережі з напівпровідниковим перетворювачем частоти / патент на КМ UA 135438, опубл. 25.06.2019, бюл. №12, заявка u201901598 від 18.02.2019, G01R 27/18 (2006.01), H02H 3/16 (2006.01)
- 20 Василець С.В., Василець К.С., Шабловська А.Р. Спосіб захисту від струму витоку в трифазній електричній мережі з ізолюваною нейтраллю / патент на КМ UA 135662, опубл. 10.07.2019, бюл. №13, заявка u201901244 від 07.02.2019, H02H 3/16 (2006.01), H02H 5/12 (2006.01)
- 21 Сивокобиленко В.Ф., Василець С.В. Спосіб захисту електромережі шахти від короткого замикання / патент на КМ UA 80138, G01R 31/08 (2006.01), заявл. 17.12.2012, u201214419, опубл. 13.05.2013, бюл. №9.
- 22 Сивокобиленко В.Ф., Василець С.В. Спосіб визначення відстані до місця короткого замикання в електромережі вугільної шахти / патент на КМ UA 79147, G01R 31/08 (2006.01), заявл. 02.11.2012, u201212527, опубл. 10.04.2013, Бюл.№ 7
- 23 Сивокобиленко В.Ф., Василець С.В. Спосіб захисту електромережі від короткого замикання / патент на КМ UA 79148, H02H 3/38 (2006.01), заявл. 02.11.2012, u201212528, опубл. 10.04.2013, Бюл.№ 7

Електронний репозиторій НУВГП

- 24 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації електричних систем» для студентів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Василець С.В. Рівне: НУВГП, 2017. 40с. (04-03-190). Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/6154/1/04-03-190.pdf>
- 25 Рудик А. В. Аналіз фільтра Баттерворта у просторі станів для пристроїв цифрового релейного захисту / А. В. Рудик, І. В. Захаревич // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІІРТК-2021). Чотирнадцята Міжнар. наук.-практ. конф., 18-19 травня, 2021 р., Київ : збірка тез. К., 2021. С. 220-222. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/20639/>

Інші ресурси

- 26 Журнал «Технічна електродинаміка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://techned.org.ua/>
- 27 Архів публікацій Східноєвропейського журналу передових технологій / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/issue/archive>
- 28 Цифрова бібліотка факультету електроніки НТТУ «КПІ» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://fel.kpi.ua/>
- 29 Електронний науковий архів НУ «Львівська політехніка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>

Дедлайни та перескладання

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення ди-

сципліни здійснюються згідно з «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП» <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/> . Процедура перездачі модулів здійснюється згідно з: <https://nuwm.edu.ua/struktturni-pidrozdili/navch-nauk-tsentr-nezaleznoho-otsiniuvannia-znan/dokumenti> Оголошення стосовно дедлайнів здачі частин навчальної дисципліни публікуються на сторінці даної дисципліни на платформі MOODLE.

Неформальна та інформальна освіта

Можливим є визнання (перезарахування) результатів навчання здобувачів освіти, що набуті за рахунок неформальної та інформальної освіти згідно з відповідним положенням: <https://nuwm.edu.ua/sp/neformalna-osvita>. Наприклад, студенти можуть самотійно проходити онлайн-курси на таких платформах, як Prometheus, Coursera, edEx, edEra, FutureLearn тощо. Знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мають мати зв'язок з очікуваними навчальними результатами даного освітнього компоненту та бути перевірені в підсумковому оцінюванні.

Практики, представники бізнесу, фахівці, залучені до викладання

Консультативну допомогу щодо підготовки лекційного матеріалу надають, а також до читання окремих лекцій залучаються: начальник Служби РЗА ПрАТ «Рівнеобленерго», канд. техн. наук Килимчук Антон Володимирович, інженер-програміст вбудованих систем ТОВ «РЗА СИСТЕМЗ», канд. техн. наук, доцент Ставицький Володимир Миколайович, інженер з випробування вбудованих систем ТОВ «РЗА СИСТЕМЗ» Єшан Руслан Вікторович.

Правила академічної доброчесності

Необхідна інформація стосовно академічної доброчесності, зокрема з питань плагіату, кодексу честі студентів, поведінки в аудиторії та інших наведена у відповідних документах на сторінці Якість освіти сайту НУВГП:

<http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnisti> Не допускається списування при виконанні поточних завдань, а також під час проведення поточного та підсумкового контролю знань – модулів, заліків, екзаменів. У випадку виявлення факту списування, до студентів будуть застосовані санкції у вигляді зниження підсумкової оцінки або ж позбавлення права подальшого виконання завдання. Принципи доброчесності у НУВГП та відповідність показникам забезпечення якості вищої освіти регламентовано НАЗЯВО та положеннями відділу якості освіти НУВГП. Сайт НАЗЯВО: <https://naga.gov.ua/> Відділ якості освіти НУВГП: <https://nuwm.edu.ua/struktturni-pidrozdili/vyo/dokumenti>

Вимоги до відвідування

Студенту не дозволяється пропускати заняття без поважних причин. Пропущенні практичні та лабораторні заняття виконують згідно з графіком відпрацювань або консультацій, які публікуються на сторінці кафедри АЕКІТ: <https://nuwm.edu.ua/nni-akot/kaf-aekit> Пропущений лекційний матеріал опрацьовується самотійно з використанням матеріалів, що наведені на сторінці дисципліни в MOODLE. Студенти можуть використовувати на заняттях

мобільні телефони та ноутбуки, але виключно для навчання.

Оновлення

Щорічно викладач з власної ініціативи оновлює зміст даної навчальної дисципліни на основі наукових досягнень і сучасних практик. Здобувачі вищої освіти також можуть долучатись до процедури оновлення навчальної дисципліни шляхом внесення пропозицій щодо новітніх досягнень в галузі. Така ініціатива може бути підставою для отримання додаткових балів.

Академічна мобільність. Інтернаціоналізація

Процедура визнання результатів навчання, отриманих в інших закладах освіти, зокрема під час академічної мобільності, визначається документами: <https://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-mobilnist>. Міжнародні інформаційні ресурси, які можуть використовувати студенти для вивчення даної дисципліни: **Google Scholar:** <https://scholar.google.com/>; **Elsevier:** <https://www.elsevier.com/>; **Sciencedirect** <https://www.sciencedirect.com/>; **ResearchGate:** <https://www.researchgate.net/>

Лектор: д.т.н., проф.

С.В. Василюк