



Релейний захист та автоматизація енергосистем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативні освітні компоненти. Цикл загальної підготовки.</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна) 4 р.н. Очна(денна) прискорена 3 р.н.</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, осінній семестр (для очної форми навчання), III курс, осінній семестр (для очної прискореної форми навчання)</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. доц. Дмитренко Олександр Олексійович, 0672382408 Лабораторний практикум: к.т.н. доц. Дмитренко Олександр Олексійович, 0672382408, Заколюдажний Володимир Васильович, 0505959933</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom https://classroom.google.com/c/MTY3NjcxMjl5NjM2?cjc=qlyla6c https://classroom.google.com/c/MTQ1NDQ5NTk4NjY3?cjc=orsvrm</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Релейний захист та автоматизація енергосистем» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма "Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність".

Метою навчальної дисципліни є формування у слухачів системи здатностей по вибору пристроїв та систем РЗ електричних мереж та енергосистем відповідно їх класу напруги, проектувати пристрої та системи РЗ, що відповідають встановленим вихідним даним, приймати рішення, що відповідають новітнім досягненням рівня науки і техніки в області релейного захисту енергосистем; обґрунтовано вибирати ефективні методи інженерних розрахунків пристроїв та систем РЗ, проводити дослідження на об'єктах (електричних станціях та підстанціях), аналізувати отримані результати.

Предмет навчальної дисципліни – принципи побудови та алгоритми функціонування систем та окремих пристроїв релейного захисту (РЗ) електричних мереж та енергосистем, а саме: напрямлених та ненапрямлених максимальних струмових, дистанційних захистів ліній електропередачі, відсічок за струмом, захистів від замикань на землю електричних мереж різних класів напруги, диференційних захистів силових трансформаторів, генераторів та електродвигунів, техніко-економічні обґрунтування інженерних рішень; сучасні методи аналізу і розрахунку параметрів спрацювання РЗ, проведення досліджень і аналіз отриманих

результатів із використанням сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

K07. Здатність працювати в команді.

K08. Здатність працювати автономно.

K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

K14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

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

Знання і уміння:

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.

ПРО7. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПРО8. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПРО9. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПРО10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

ПРО11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

ПРО17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПРО18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПРО19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини» «Електрична частина станцій і підстанцій», «Електричні мережі та системи». Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для вивчення дисципліни "Релейний захист та автоматизація енергосистем" та подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти іноземною мовою, оскільки значна частина новітніх технологій в області релейного захисту.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 3 розділи, а саме:

1. **Загальні відомості про релейний захист**, в якому розглядаються: призначення, вимоги, загальна структура РЗ, схеми з'єднання трансформаторів струму та напруги, принципи побудови схем оперативного живлення електростанцій та підстанцій.
2. **Релейний захист ліній електропередачі**, в якому розглядаються алгоритми побудови та принципи функціонування пристроїв та систем РЗ ліній електропередачі з відносно селективністю (напрямлених та ненапрямлених максимальних струмових, дистанційних захистів, відсічок за струмом, захистів від замикань на землю електричних мереж різних класів напруги).
3. **Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів, електродвигунів** в якому розглядаються алгоритми побудови та принципи функціонування пристроїв та систем РЗ електричних апаратів та машин, окремих елементів електростанцій, підстанцій.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013.-533 с.
2. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2017.
3. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко ; НТУУ «КПІ».– Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 103 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600>

Додаткові:

4. Релейний захист та автоматизація енергосистем. [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання модульної контрольної робот. Розрахунок параметрів спрацювання захистів за струмом електричних мереж 6 – 35 кВ / НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського»; уклад. О. О. Дмитренко. – Київ : НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського», 2022. – 49 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/9321>
5. Релейний захист та автоматизація енергосистем: Електромеханічні та мікроелектронні пристрої РЗА [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт електромеханічні та мікроелектронні пристрої РЗА / НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського»; уклад. О. О. Дмитренко, В. М. Хлистов, В. В. Заколюдажний. – Київ : НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського», 2022. – 56 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/9331>

6. Релейний захист та автоматизація енергосистем [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Мікропроцесорні пристрої РЗА вітчизняних та закордонних виробників» / НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського»; уклад. О. О. Дмитренко, В. В. Заколюдажний. –Київ : НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського», 2022. – 88 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/9342>
7. Релейний захист та автоматизація енергосистем [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи «Дослідження двоступеневого струмового захисту з незалежною витримкою часу» / НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського»; уклад. О. О. Дмитренко, В. М. Хлистов. – Київ : НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського», 2022. – 14 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/9337>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Розділ 1. Загальні відомості про релейний захист.	
1-2	Місце релейного захисту в загальній системі керування виробництвом та розподілом електричної енергії. Призначення релейного захисту. Основні вимоги до РЗ. Види пошкоджень та ненормальних режимів електричних систем. Літературні джерела: [1, 2]
3.	Загальна структура релейного захисту. Інформація, яка використовується в системах релейного захисту. Датчики інформації в системах релейного захисту. Типи пристроїв РЗ (основні, резервні, по виду селективності). Літературні джерела: [1, 2]
4-5.	Схеми з'єднання трансформаторів струму в трьохфазних системах змінного струму, особливості їх роботи, коефіцієнт схеми. Вимірювальні трансформатори струму, їх параметри. Літературні джерела: [1, 2]
6.	Джерела оперативного живлення елементів структурної схеми релейного захисту. Оперативне живлення від ТВП підстанції. Літературні джерела: [1, 2]
Розділ 2. Релейний захист ліній електропередачі	
7.	Максимальний захист за струмом (МЗС). Принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Типи схем РЗА: структурні, функціональні, принципові сумісні та принципові рознесені схеми. Літературні джерела: [1, 2]
8.	Відсічка за струмом, принцип дії, розрахунок параметрів спрацювання, відмінності від МЗС, призначення. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Сумісне використання відсічки за струмом і МЗС. Літературні джерела: [1, 2]
9-10.	Направлені максимальні захисти за струмом (НМЗС). Принципи дії, забезпечення селективності. Характеристики реле направлення потужності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Літературні джерела: [1, 2]
11.	Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з заземленою нейтраллю. Максимальний захист за струмом нульової послідовності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Розрахунок уставок. Захисти за струмом мереж (ліній) від замикання на землю в мережах з ізольованою та компенсованою

	<i>нейтралями. Основні вимоги до захисту. Принципи виконання захистів від замикання на землю в мережах з малими струмами замикання на землю. Трансформатор струму нульової послідовності. Схеми реалізації, переваги та недоліки. Літературні джерела: [1, 2]</i>
12.	<i>Дистанційні захисти. Принцип дії. Розрахунок параметрів спрацювання, побудова карти селективності. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Літературні джерела: [1, 2]</i>
13-14.	<i>Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи силових трансформаторів і автотрансформаторів. Особливості захисту силових трансформаторів. Відсічка за струмом для захисту силових трансформаторів. Принцип дії. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Поздовжній диференційний захист для захисту силових трансформаторів. Диференційний захист з гальмівною характеристикою. Принцип дії. Схеми реалізації, переваги та недоліки, область використання. Літературні джерела: [1, 2]</i>
15-16.	<i>Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи синхронних генераторів. Захист від міжфазних КЗ в обмотці статора генератора (принцип дії, схема виконання, особливості). Захист генератора від пошкоджень обмотки статора на землю (принцип дії, схема виконання, переваги, недоліки, область використання). Літературні джерела: [1, 2]</i>
17.	<i>Види пошкоджень і ненормальних режимів роботи електродвигунів. Захист від міжфазних КЗ в обмотці статора двигунів до 5000 кВт (принцип дії, схема виконання, особливості). Захист від міжфазних КЗ в обмотці статора двигунів понад 5000 кВт (принцип дії, схема виконання, особливості). Захист від замикань обмотки статора на землю, подвійних замикань на землю (принцип дії, схема виконання, розрахунок уставок, переваги, недоліки). Літературні джерела: [1, 2]</i>
18.	<i>МКР</i>

*Практичні заняття
(відсутні)*

Лабораторні заняття

<i>№ з/п</i>	<i>Назва лабораторної роботи</i>	<i>Кількість ауд. годин</i>
1	<i>Дослідження схем з'єднання вторинних обмоток трансформаторів струму та реле Літературні джерела: [5]</i>	2
2	<i>Дослідження електромагнітних реле струму, напруги, часу та проміжних Літературні джерела: [5]</i>	2
3	<i>Дослідження індукційного реле струму Літературні джерела: [5]</i>	2
4	<i>Дослідження реле направлення потужності Літературні джерела: [5]</i>	2
5	<i>Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики МРЗС-05-01 Літературні джерела: [6]</i>	2
6	<i>Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики УЗА-10В Літературні джерела: [6]</i>	2
7	<i>Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики 7UT513</i>	2

	<i>Літературні джерела: [6]</i>	
8	<i>Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту REF-615 Літературні джерела: [6]</i>	2
9	<i>Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту REM-630 Літературні джерела: [6]</i>	2
	ЗАГАЛОМ	18

6. Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-3, 5, 6]</i>	26
2	<i>Виконання ДКР Літературні джерела: [7]</i>	5
3	<i>Підготовка до МКР Літературні джерела: [4]</i>	5
4	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
	<i>Загалом</i>	<i>66</i>

7. Політика та контроль Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, виконання домашньої та модульної контрольної робіт;*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- правила захисту індивідуальних завдань: захист домашньої контрольної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки ДКР (за умови дотримання календарного плану виконання ДКР);*
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання ДКР.*
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання ДКР передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з даної дисципліни.*

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах, тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: МКР, ДКР, здача лабораторних робіт.

Календарний контроль: провадиться одного разу в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за ДКР, виконані та захищені всі лабораторні роботи, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання домашньої контрольної роботи (ДКР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Виконання та захист лабораторних робіт	ДКР	МКР	Rc	Рекз	R
27	8	25	60	40	100

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 3,0.

Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – 3.0 бали * 9 = 27.0 балів.

Критерії оцінювання

- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень –2;
- повна відповідь на питання за темою лабораторної роботи – 1;

Індивідуальне семестрове завдання (ДКР)

Згідно з навчальним планом кожен студент виконує домашню контрольну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання ДКР – 8,0.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання, повна відповідь на питання за темою ДКР – 8,0 балів;
- є окремі несуттєві помилки – 5...7,8 балів;
- робота неповна, є окремі суттєві помилки – 3,0...4,8 балів;
- робота виконана невірно – 0 балів;
- на виконання ДКР відводять 4 тижні з моменту видачі завдання; здача ДКР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -0,2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з чотирьох практичних задач.

Ваговий бал задач №№ 2, 3 – 8.

Ваговий бал задачі № 1 – 4.

Ваговий бал задачі № 4 – 6.

Максимальний бал за МКР – 25.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 * R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) * R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ балів.

Рейтинг екзамену $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1 - Загальні відомості про релейний захист.

1 - Релейний захист ліній електропередач.

2 - Релейний захист силових трансформаторів, синхронних генераторів і електродвигунів.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем, к.т.н. Дмитренко О.О.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 26.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 16.06.2022р.)