



українська інженерно-педагогічна академія

**факультет енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації
енергетичних процесів**

кафедра фізики, електротехніки та електроенергетики

Релейний захист та автоматизація енергосистем

(силабус курсу)

Харків 2020

Кафедра	Кафедра Фізики, електротехніки і електроенергетики Department of Physics, electrical engineering and power engineering http://peeuepa.mozello.com/
Назва навчальної дисципліни	Релейний захист та автоматизація енергосистем Relay capture and automation of power systems Навчальна дисципліна ведеться українською мовою
Рівень вищої освіти	Бакалавр
Викладач (-і)	- к.т.н., доцент Артем Чернюк Артем (лекційні, практичні та лабораторні заняття) посилання на профайл викладача: http://peeuepa.mozello.com/sklad-kafedri/zav-kafedroju-chernjuk-am/ контактний телефон: 0661843000; електронна пошта: archer.uipa@gmail.com - к.т.н., доцент Павло Буданов (лекційні заняття, практичні та лабораторні заняття); посилання на профайл викладача: http://peeuepa.mozello.com/sklad-kafedri/budanov-pf/; контактний телефон: 0962170001; електронна пошта: pavelfeofanovich@ukr.net.
Сторінка дисципліни в системі дистанційної освіти УІПА	http://do.uipa.edu.ua/
Консультації	Очні консультації к.т.н., доцента Артема Чернюка, щочетверга 16⁰⁰-17⁰⁰ в ауд. 8/1; к.т.н., доцента Павла Буданова, щопонеділка та щосередини 12⁰⁰-14⁰⁰ в ауд. 111/1 Он лайн- консультації: Усі запитання можна надсилати на електронну пошту к.т.н., доцента Павла Буданова та доц. Артема Чернюка, вказану в цьому силабусі.

Коротка анотація до курсу - Дисципліна «Релейний захист та автоматизація енергосистем» забезпечує формування у фахівців комплексу професійних знань щодо принципів релейного захисту та автоматики ліній електричних систем, узгодження дії захисту та автоматики, призначення окремих пристроїв захисту та автоматизації для забезпечення безперервного живлення споживачів електроенергією. Оволодіння методами розрахунку параметрів спрацьовування струмових, струмових направлених, диференційного та дистанційного захистів із застосування мікропроцесорних систем є невід'ємним елементом підготовки висококваліфікованих спеціалістів. Навчальна програма розрахована на студентів, які навчаються за освітньо-кваліфікаційними програмами підготовки бакалаврів. Програма побудована за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу у вищих навчальних закладах, рекомендованої Європейською Кредитнотрансферною системою (ECTS).

Оволодіння матеріалом курсу дозволить:

- мати здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики;
- мати усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування;
- мати здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

2. Мета та завдання (цілі) курсу - Формування теоретичної бази та практичних навичок, майбутніх фахівців зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, з питань проектування, монтажу та експлуатації систем релейного захисту енергооб'єктів та систем автоматизації енергетичних систем.

Завдання вивчення дисципліни: Сформувані теоретичні знання в галузі систем релейного захисту енергооб'єктів та систем автоматики електроенергетичних систем, вміння проводити необхідні інженерні розрахунки вказаних систем, вміння обирати необхідних тип систем релейного захисту відповідно до умов роботи енергооб'єкту.

3. Формат навчальної дисципліни - *Змішаний (blended)*

4. Результати навчання

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
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.	ПР02.1: знати призначення та принцип дії основних типів релейного захисту призначення та принцип дії основних систем автоматизації енергетичних систем; ПР02.2: знати конструкцію і принцип дії елементної бази релейного захисту і автоматизації характерні зміни параметрів режиму і мережі при аварійних режимах особливості сумісної експлуатації різних систем РЗА переваги і недоліки різних типів релейного захисту і автоматики, так і переваги і недоліки різних типів елементної бази релейного захисту і систем автоматизації.
ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.	ПР17.1: вміти визначати необхідність застосування того чи іншого типу релейного захисту відповідно до умов роботи електрообладнання; ПР17.2: вміти розрахувати уставку релейного захисту на підставі вихідних параметрів режиму і мережі; ПР17.3: вміти складати схему релейного захисту на реальній елементній базі визначати придатність елементів релейного захисту до роботи, відповідність їх паспортним даним; ПР17.3: вміти проводити налагодження реле на випробувальному стенді складати схеми автоматичного вводу резерву на базі контакторів та реле напруги.

5. Обсяг курсу

Види навчальних занять	Кількість годин (кредитів)	Форми поточного та підсумкового контролю
Лекції	46	<i>Опитування</i>
Практичні заняття	10	<i>Результати виконання практичних розрахункових завдань</i>
Лабораторні заняття	20	<i>Захист результатів лабораторних досліджень</i>
Самостійна робота	149	<i>Виконання завдань в системі ДО</i>
Всього	225 (7,5 кредитів)	Підсумковий контроль: залік+ екзамен

6. Ознаки навчальної дисципліни:

Навчальний рік	Курс (рік навчання)	Семестр	Спеціальність (спеціалізація), освітня програма (за необхідністю)	Нормативна / вибіркова
2020/2021	4	8 (весна)	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Нормативна (Н)

7. Пререквізити – засвоєння навчального матеріалу таких дисциплін:

- вступ до фаху;
- системи автоматизованого та комп'ютерного проектування;
- електричні машини і апарати.

8. Постреквізити – результати навчання в подальшому використовуються у засвоєнні таких дисциплін як:

- релейний захист та автоматизація енергосистем;
- енергоефективність та новітні технології в електротехнічних та електроенергетичних системах;

- перетворювальна техніка енергосистем.

9. Технічне й програмне забезпечення та/або обладнання – лабораторні стенди: «Дослідження максимального струмового реле», «Дослідження максимального струмового захисту високовольтної лінії», «Дослідження захисту високовольтного двигуна», «Дослідження чуттєвого захисту від замикань на землю», «Дослідження диференційного захисту трансформатору», «Дослідження захисту від внутрішніх пошкоджень двигунів», «Облік електричної енергії та її крадіжка», «Дослідження режимів роботи автоматизованих систем контролю електроспоживання ЦТ-5000», «Дослідження режимів роботи мікропроцесорної системи АСУ ТП енергоблоку електростанції».

10. Політики курсу - Політика курсу будується на засадах академічної доброчесності

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/npa/5a1fe9d9b7112.pdf>

<https://drive.google.com/file/d/1fyh2uMJczxJ8shq9LYB9Rhs2TFsbT9bF/view>

та у відповідності зі основними напрямками стратегії розвитку академії

<http://www.uipa.edu.ua/ua/general-information/strategiia-rozvytku-uipa>

11. Календарно-тематичний план (схема) навчальної дисципліни

№ тижня	Вид і номер занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
Змістовий модуль № 1.			
1	Лекція 1	Вступ. Загальна характеристика і класифікація реле	2
	Лекція 2	Призначення, будова і принцип дії реле напруги	2
	Самостійна робота 1	Доповнити конспект лекцій	15
2	Лекція 3	Призначення, будова і принцип дії реле часу та проміжних та вказуваних реле	4
	Лекція 4	Вимірювальні трансформатори	2
	Практичне заняття 1	Розрахунок параметрів силових трансформатор	2
	Лабораторна робота 1	Дослідження максимального струмового реле	4
	Самостійна робота 2	Доповнити конспект лекцій	15
3	Лекція 5	Мікропроцесорні багатофункціональні модулі	2
	Лекція 6	Діагностичні ознаки пошкодження ліній електропередач та силових трансформаторів.	2
	Практичне заняття 2	Розрахунок струмів аварійного режиму електричних машин, що обертаються	2
	Самостійна робота 3	Доповнити конспект лекцій	15
4	Лекція 7	Діагностичні ознаки пошкодження електричних машин, що обертаються. Види та діагностичні ознаки перенапруг в енергосистемах	4
	Лекція 8	Особливості побудови захисту при різних режимах роботи нейтралі	2
	Лекція 9	Основи читання електричних схем вторинних мереж	2
	Самостійна робота 4	Доповнити конспект лекцій.	15
5	Лекція 10	Максимальні струмові захисти ліній	4

	Лабораторна робота 2	Дослідження максимального струмового захисту високовольтної лінії	4
	Самостійна робота 5	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання в системі ДО	15
Всього за змістовий модуль 1 – 90 год. (лекцій – 26 год., ПЗ – 4 год., ЛР – 8 год., СР – 75 год.)			
Змістовий модуль № 2.			
6	Лекція 11	Удосконалення управління енергетичним господарством та необхідність створення комплексів АСУ	2
	Лекція 12	Наукові методи управління та форма їх реалізації	2
	Практичне заняття 3	Логічні елементи. Побудова логічних схем і таблиць істинності в програмі схемотехнічного моделювання Electronics Workbench	2
	Лабораторна робота 3	Дослідження чуттєвого захисту від замикань на землю із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту	4
	Самостійна робота 5	Доповнити конспект лекцій	15
7	Лекція 13	Опис математичної моделі управляємої системи. Умови екстремальності складної функції	2
	Лекція 14	Системний підхід до постановки задачі оптимізації режиму енергосистеми. Методи програмування	2
	Практичне заняття 4	Логічні елементи. Побудова логічних схем і таблиць істинності в програмі схемотехнічного моделювання Electronics Workbench	2
	Лабораторна робота 4	Дослідження диференційного захисту трансформатору із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту	4
	Самостійна робота 6	Доповнити конспект лекцій	15
8	Лекція 15	Склад, функціональна та технічна структура комплексів АСУ	2
	Лекція 16	Призначення та основні задачі КАСУ, як систем реалізації задачі оптимального управління	2
	Практичне заняття 5	Логічні елементи. Побудова логічних схем і таблиць істинності в програмі схемотехнічного моделювання Electronics Workbench	2

	Самостійна робота 7	Доповнити конспект лекцій	15
9	Лекція 17	Комплекс технічних засобів КАСУ, принципи побудови, диспетчеризація та автоматизація. Державна система приладів	2
	Лекція 18	Комплекс АСУ, як інформаційна система. Елементи теорії інформації. Вимірювання, кодування, збір, передача та обробка інформації	2
	Самостійна робота 8	Доповнити конспект лекцій.	15
10	Лекція 19	АСУ ТП енергоблоками – основні підсистеми АСУ електростанцією	2
	Лекція 20	Автоматизоване управління енергоблоками в пусковому і нормальному режимах роботи	2
	Лабораторна робота 5	Дослідження роботи мікропроцесорних пристроїв релейного захисту	4
	Самостійна робота 8	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання в системі ДО	14
Всього за змістовий модуль 2 – 90 год. (лекцій – 20 год., ПЗ – 6 год., ЛР – 12 год., СР – 74 год.)			
Всього з навчальної дисципліни – 225 год. (лекцій – 46 год., ПЗ – 10 год., ЛР – 20 год., СР – 149 год.)			

12. Система оцінювання та вимоги

Загальна система оцінювання: Навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою.

Залік: Робота здобувача впродовж семестру – 100

Шкала оцінювання з навчальної дисципліни

№	Види робіт здобувача	Оцінка
1.	Робота на лекціях (конспект лекцій)	0-40
2.	Захист лабораторних робіт	0-30
3.	Робота на практичних заняттях	0-30
	Всього за навчальну дисципліну	0-100

Іспит: Робота здобувача впродовж семестру/екзамен (іспит) - 73/27

Шкала оцінювання з навчальної дисципліни

№	Види робіт здобувача	Оцінка
1.	Робота на лекціях (конспект лекцій)	0-30
2.	Захист лабораторних робіт	0-20
3.	Робота на практичних заняттях	0-23
4.	Екзамен	0-27
	Всього за навчальну дисципліну	0-100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Підсумкова оцінка	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен)	Оцінка за національною шкалою (залік)
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано
0 – 34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Умови допуску до підсумкового контролю:

- 1) *Відпрацювання усіх лабораторних робіт;*
- 2) *Виконання практичних завдань не менше, ніж 10 балів з 20 можливих.*
- 3) *Робота здобувача впродовж семестру оцінено не менше, ніж на 15 балів.*

13. Питання та завдання до екзамену

1. Поясніть, як обираються параметри струмових відсічок.
2. Складіть принципову електричну схему захисту.
3. Поясніть принцип дії струмового трьохступеневого захисту.
4. Поясніть принцип дії струмових відсічок з двобічним живленням.
5. Поясніть принцип дії комбінованого захисту.
6. Наведіть приклади практичних методів розрахунку уставок струмових відсічок основних елементів електричних систем.
7. Опишіть алгоритм функціонування спрямованого струмового захисту в кільцевих мережах з одним джерелом живлення. Напишіть формули для визначення установок захисту.
8. Поясніть як впливає «спрямованість» струмової відсічки на її захистоспроможність.
9. Опишіть принцип дії та параметри трьох ступеневого захисту нульової послідовності.
10. Поясніть принцип побудови струмових захистів в мережах з ізольованою нейтраллю.
11. Поясніть призначення і принцип дії дистанційного захисту. Наведіть основні органи та характеристики витримки часу. Складіть спрощену схему цього захисту.
12. Опишіть засоби виконання диференційних струмових захистів. В чому полягає принцип дії цих захистів? Відповідь обґрунтуйте прикладами.

13. Опишіть призначення, принцип дії, струми небалансу та відбудову від них, параметри послідовного диференційного струмового захисту.
14. Опишіть, яким чином здійснюється відбудова від струмів небалансу за допомогою реле з гальмуванням
15. Поясніть вибір принципів основних захистів трансформаторів.
16. Визначте, від яких пошкоджень та ненормативних режимів захищається електродвигун.
17. Опишіть, як вплине на час спрацьовування збільшення струму понад уставки в обмотці реле РТ-40.
18. Опишіть, як вплине на час спрацьовування збільшення струму понад уставки (залежного елементу) в обмотці реле РТ-80.
19. Опишіть, як вплине на час спрацьовування збільшення струму понад уставки (незалежного елементу) в обмотці реле РТ-80.
20. Поясніть, при якому струмі повинна спрацьовувати відсічення реле РТ-80, якщо на шкалі відсічення цифра 4, а уставка по струму індукційного елемента 5 А.
21. Поясніть, як вплине перехідний опір дуги R_p на довжину зон, що захищаються дистанційних захистів.
22. Визначте, які діапазони регулювання параметрів спрацьовування при послідовному з'єднанні обмоток у реле типу РТ40/10.
23. Опишіть реле, яке призначене для сигналізації спрацьовування захисту електродвигуна від замикання на землю.
24. Визначте, яка з захистів зі східчастими характеристиками витримки часу в загальному випадку має велику довжину першої зони, що захищається.
25. Надайте характеристику діапазонам регулювання параметрів спрацьовування при послідовному з'єднанні обмоток у реле типу РТ40 / 20.
26. Визначте від яких пошкоджень або ненормальних режимів захищається електродвигун.
27. Опишіть діапазони регулювання параметрів спрацьовування при паралельному з'єднанні обмоток у реле типу

РТ40/0.2.

28. Опишіть як впливає використання реле струму зі зниженим коефіцієнтом повернення на обране значення струму спрацьовування захисту максимального струму.
29. Опишіть як впливає використання реле струму зі зниженим коефіцієнтом повернення на чутливість захисту.
30. Складіть та обґрунтуйте схему АСУ ТП енергоблоком з повністю централізованою системою.
31. Проаналізуйте особливості управління технологічними процесами в енергетиці.
32. Визначте загальне завдання автоматизованої системи управління електростанціями.
33. Складіть та обґрунтуйте схему функціональної моделі управління ТЕС і покажіть на ній зв'язки між основними підсистемами забезпечення виробництва.
34. Надайте оцінку системного підходу при створенні, експлуатації і розвитку АСУ ТП АЕС.
35. Складіть та обґрунтуйте схему АСУ ТП енергоблоку з реактором ВВЕР-1000 і поясніть, як відбувається збір і відображення інформації.
36. Визначте вимоги, що пред'являються до АСУ ТП енергоблоками.
37. Обґрунтуйте, чому сучасні АСУ ТЕС і АСУ АЕС мають бути інтегрованими.
38. Складіть та обґрунтуйте організаційно-функціональну структуру АСУ ТП енергоблоком ТЕС і покажіть на ній зв'язки між основними групами.
39. Проаналізуйте склад та функції підсистем інформаційної частини АСУ ТП енергоблоку.
40. Поясніть особливості алгоритмів вирішення завдань в АСУ ТП.
41. Складіть та обґрунтуйте схему інформаційно-алгоритмічної моделі АСУ ТП енергоблоком і надайте оцінку етапів автоматизації системи управління.
42. Проаналізувати склад і функції АСУ ТП з повністю централізованою системою при управлінні технологічними

процесами енергоблоку.

43. Складіть та обґрунтуйте схему АСУ ТП управління потужністю блокової ТЕС (“РУМБ”) і поясніть послідовність процесу визначення робочих енергетичних характеристик енергоблоку.

44. Проаналізуйте склад та функції АСУ ТП з частково централізованою системою при управлінні технологічними процесами енергоблоку.

45. Поясніть які підсистеми АСУ ТП функціонують у реальному часі.

46. Складіть та обґрунтуйте схему обчислювальної системи (“Комплекс - 4”) і покажіть на ній зв'язки між основними підсистемами (інформаційною, обчислювальною та ін.).

47. Поясніть, які підсистеми АСУ ТП працюють у пакетному режимі.

48. Проаналізуйте склад та функції АСУ ТП з децентралізованою системою при управлінні технологічними процесами енергоблоку.

49. Складіть та обґрунтуйте схему програмного забезпечення УОС типу “Комплекс-титан 2” і поясніть на схемі, як відбувається обслуговування даних з об'єкту.

50. Проаналізуйте основні функції управління виробництвом в автоматизованому режимі.

51. Визначте мету автоматизації оперативно-диспетчерського управління.

52. Поясніть суть вибору критерію оптимального управління енергоблоком.

53. Складіть та обґрунтуйте структурну схему УОС типу “Комплекс-титан 2” , а також і поясніть як відбувається вироблення і видача команд управління.

54. Проаналізуйте перспективи розвитку і вдосконалення АСУ ТП.

55. Надайте оцінку діагностування енергоустаткування АСУ ТП ТЕС і АЕС та визначте способи діагностики.

56. Поясніть сутність системного підходу при створенні, експлуатації і розвитку АСУ ТП.

57. Складіть та обґрунтуйте функціональну схему автоматизованої системи комплексної технічної діагностики (АСКТД) і поясніть, як вирішуються завдання діагностування енергоблоку.
58. Поясніть, у чому полягає основне завдання оптимізації внутрішньо блокових технологічних процесів.
59. Складіть та обґрунтуйте схему системи управління енергоблоком. Поясніть на схемі чим встановлюється нормальний експлуатаційний режим.
60. Складіть та обґрунтуйте схему розрахунку і аналізу ТЕП енергоблоку.

14. Рекомендована література та інформаційні ресурси

Основна (базова) література

1. Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов И. Г. Автоматизовані системи керування технологічними процесами в енергетиці. Харків 2001р. 392с.
2. Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов И. Г. Автоматизовані системи керування енергогенеруючими установками електростанцій. Харків 2000р. 448с.
3. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов по спец. "Электроснабжение"/ В. А. Андреев. - 3-е изд., перераб. и доп.. - М : Высш. шк., 1991. - 496 с.
4. Електричні системи. Автоматизовані системи керування режимами енергосистем. Підручники (під ред. В.А.Веникова). М, ВШ, 1979м, 448с.
5. Віників В. А., Журавльов В. Г., Філіппова Т. А. Оптимізація режимів електростанцій і енергосистем. М, ЭАИ, 1981м, 464с.

Додаткова (допоміжна) література

1. Синьков В.М. та ін. «Оптимізація режимів енергосистем». Київ, ВІД, 1973, 328с.
2. Стефани Е.П. «Основи побудови АСУ ТП» М, ЭАИ, 1974м, 318с.
3. Глушков В.М. «Введення в АСУ», Київ, «Техніка», 1974, 318с.
4. «Концепція побудови і реконструкції АСУ енергопостачальних компаній (ГАЭК) в умовах переходу енергетики України до ринкових відносин». Київ, Міністерство енергетики й електрифікації України, 29.08.1996р.
5. В.С. Самсонов «Автоматизовані системи керування в енергетику» М, ВШ, 1990м, 212с.
6. В.А.Забеталов і ін. «Автоматизовані системи диспетчерського керування в енергосистемах» М, ЭАИ, 1984м, 264с.

Інформаційні ресурси

1. <http://do.uipa.edu.ua/>

Зміст силабусу відповідає робочій програмі навчальної дисципліни.

Завідувач кафедри _____ к.т.н., доцент Артем Чернюк