


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Аерокосмічний факультет
Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

УЗГОДЖЕНО
Декан АКФ

 М. Кулик

«29» 03 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи

 А. Полухін

«19» 04 2023 р.



Професор з навчальної роботи
Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
“Електричне обладнання трансформаторних підстанцій ”

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма: «Енергетичний менеджмент»

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Лабораторні	Самостійна робота	ДЗ./ РГР/К	КР / КПр	Форма сем. контролю
								Екзамен
Денна:	7,8	255/8,5	70	58	127	(1) РГР -7с. (1) ДЗ -7с	8	7,8

Індекс № НБ – 1- 141-1/ 22 - 2.1.24

СМЯ НАУ РП 07.01.05-01-2023



Робочу програму дисципліни "Електричне обладнання трансформаторних підстанцій" розроблено на основі освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент», навчальних та робочих навчальних планів № НБ 1-141-1/21, № РБ-1-141-1/22 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня "Бакалавр" за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та відповідних нормативних документів.

Робочу навчальну програму розробили:

к. т. н., доц. кафедри автоматизації

та енергоменеджменту _____

В. Козлов

к. т. н., доц. кафедри автоматизації

та енергоменеджменту _____

Н. Соколова

Робочу програму обговорена та схвалена на засіданні випускової кафедри спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент») - кафедри автоматизації та енергоменеджменту, протокол № 13 від «18» 08 2022 р.

Гарант освітньо-професійної програми _____

Сергій ЄНЧЕВ

Завідувач кафедри _____

В. Захарченко

Робочу програму обговорена та схвалена на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 1 від «08» 08 2022 р.

Голова НМРР _____

К. Балалаєва

Рівень документа – 3б


Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник



ЗМІСТ

	стор.
Вступ	4
1. Пояснювальна записка	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	6
2. Програма навчальної дисципліни	6
2.1. Зміст навчальної дисципліни	6
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля .	6
2.3. Тематичний план	11
2.4. Домашнє завдання , розрахунково-графічна робота	15
2.5. Перелік питань для підготовки до екзамену	16
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни	16
3.1. Методи навчання	16
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	16
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернет	17
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	18

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни " Електричне обладнання трансформаторних підстанцій "	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.01.05 – 01-2023
		Стор.4 із 21	

ВСТУП

Робоча програма (РП) дисципліни «Електричне обладнання трансформаторних підстанцій» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 № 249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни

Місце: дана навчальна дисципліна є однією з провідних в системі підготовки студентів за спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Енергетичний менеджмент», яка формує їх фаховий рівень і надає методологічні основи та практичні навички проведення обслуговування електроенергетичних систем.

Метою навчальної дисципліни є викладання дисципліни є надання студентам знань з теоретичних основ побудови, принципів функціонування і технічної реалізації електричної частина станцій та підстанцій, релейного захисту та автоматизації електричних мереж 6...35 кВ і 0,4 кВ та основних елементів системи електропостачання, уявлення про процеси в системах електропостачання при аварійних режимах.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- оволодіння методами та технологіями проектування та побудови електричної частини трансформаторних підстанцій;
- засвоєння конструктивних особливостей та електричних схем електричної частини сучасних трансформаторних підстанцій;
- дослідження нормальних, ненормальних та аварійних режимів функціонування електричної частини сучасних підстанцій;
- дослідження фізичних явищ при виробництві, передачі, перетворенні, розподілу та споживанні електроенергії;
- оволодіння методами та процесами забезпечення якості електроенергії та надійності функціонування електричної частини підстанцій.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні мати здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики, інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.


Програмні результати:

ПРН для ОПП «Енергетичний менеджмент», ОК 34 - іспит з дисципліни « Електричне обладнання трансформаторних підстанцій»:

ПР1. 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.

ПР2. 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.

ПР5. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки 10 об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни " Електричне обладнання трансформаторних підстанцій "	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.01.05 – 01-2023
		Стор.5 із 21	

ПР8. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

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

ПР11. 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.

ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень. ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР20. Застосовувати знання з навчальних дисциплін природничого та інженерного спрямування на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері енергетичного менеджменту, електричної інженерії (в тому числі на підприємствах авіаційної промисловості).

ПР22. Оволодіння робочими навичками працювати самостійно (кваліфікаційна робота), або в групі (лабораторні роботи, включаючи навички лідерства при їх виконанні), уміння отримати результат у рамках обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та унеможливлення плагіату.

ОК 35 Курсова робота з дисципліни «Електричне обладнання трансформаторних підстанцій»

ПР1. 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.

ПР5. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки 10 об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР8. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

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

ПР11. 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.

ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень. ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР20. Застосовувати знання з навчальних дисциплін природничого та інженерного спрямування на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері енергетичного менеджменту, електричної інженерії (в тому числі на підприємствах авіаційної промисловості).

ПР22. Оволодіння робочими навичками працювати самостійно (кваліфікаційна робота), або в групі (лабораторні роботи, включаючи навички лідерства при їх виконанні), уміння отримати результат у рамках обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та унеможливлення плагіату.

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.



- Інженерні компетентності (ІК) для ОПП «Енергетичний менеджмент»:

Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов

- Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК7. Здатність працювати в команді.

ЗК8. Здатність працювати автономно.

ЗК11. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК12. Здатність планувати та управляти часом.

ЗК13. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

- Фахові компетентності:

ФК2. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

ФК3. 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.

ФК7. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання. ФК8. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища.

ФК10. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК11. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

- Загально-професійні компетенції.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність проведення досліджень на відповідному рівні; здатність генерувати нові ідеї (креативність); вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми; здатність приймати обґрунтовані рішення.

- Спеціалізовано-професійні компетенції:

Здатність аналізувати схемні рішення електричної частини станцій та підстанцій та їх функцій, здатність синтезувати, проектувати, налагоджувати спеціальні вимірювальні та керуючі системи, системи контролю та моніторингу процесів із врахуванням особливостей електроенергетичних комплексів (відповідно до спеціалізації).

1.4. Міждисциплінарні зв'язки.

Навчальна дисципліна «Електричне обладнання трансформаторних підстанцій » базується на знаннях таких дисциплін, як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Електричні системи та мережі», «Прилади обліку електроенергії», «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» та інших.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з п'яти навчальних модулів, а саме:



- навчального модуля №1 «Загальні питання електричних апаратів»;
- навчального модуля №2 «Комутаційні апарати низької та середньої напруги»;
- навчального модуля №3 «Вимірювальні та захисні апарати.»;
- навчального модуля №4 «Конструкції трансформаторних підстанцій»,

кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Окремим п'ятим модулем є курсова робота, яка виконується у восьмому семестрі. Курсова робота є важливою складовою закріплення та поглиблення теоретичних та практичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.

2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля

Модуль №1 «Загальні питання електричних апаратів».

Інтегровані вимоги модуля №1:

Знати:

- основні характеристики електричних апаратів ;
- основні вимоги до матеріалів контактів;
- властивості і основні характеристики дугогасних камер.

Вміти:

- вибирати типи контактів за призначенням;
- використовувати паспортні й експериментальні дані для визначення характеристик .

Тема 1.1. Класифікація електричних засобів підстанцій.

Основні характеристики електричних апаратів (ЕА). Кліматичне виконання, категорії розміщення та захисні оболонки ЕА.

Тема 1.2. Номінальні параметри Основні вимоги до ЕА

Номінальні параметри електричних апаратів (номінальні напруга, струм, частота та температура). Основні вимоги (електродинамічна та термічна стійкість ЕА, надійність та вимоги до конструкції) до електричних апаратів. Матеріали ЕА. Види електричних схем.

Тема 1.3. Електродинамічна стійкість ЕА

Електродинамічні сили в паралельних та перпендикулярних провідниках. Електродинамічні сили кільцевого витка та між витками. Електродинамічна стійкість ЕА.

Тема 1.4. Термічна стійкість ЕА

Джерела тепла в ЕА. Види відведення тепла в ЕА. Нагрівання та охолодження ЕА в різних режимах роботи. Термічна стійкість електричних апаратів.

Тема 1.5. Електричні контакти, визначення, класифікація, опір та контактів.

Визначення та класифікація контактів. Робоча, ефективна та умовна поверхня контакту. Комутуючі, ковзаючі, нерухомі, основні, дугогасильні та допоміжні контакти. Опір контактів. Основні вимоги до матеріалів контактів.

Тема 1.6. Нагрів, матеріали и конструкції контактів.

Електродинамічна сила в контактах. Нагрів, матеріали и конструкції контактів ЕА до 1000 та більше 1000 В.

Тема 1.7. Електрична дуга. Вимикаюча здатність ЕА

Фізичні процеси в дуговому проміжку. Вимикаюча здатність ЕА

Тема 1.8. Електрична дуга постійного та змінного струму..

Умови гасіння дуги постійного та змінного струму. Електрична міцність дугового проміжку. Вольт-амперні характеристики дуги постійного та змінного струму.

Тема 1.9. Основні методи та засоби гасіння електричної дуги.

Гасіння електричної дуги з використанням розтягнення, охолодження та обдув дуги. Використання спеціальних середовищ (масло, електричний газ та ін) для гасіння дуги . Гасіння дуги при високому тиску, в вакуумі, в дугогасних решітках та вузьких щілинах. Використання безструмової паузи та бездугова комутація. Вимикаюча здатність ЕА



Модуль №2. Комутаційні апарати низької та середньої напруги

Інтегровані вимоги модуля №2:

Знати:

- класифікацію комутаційних апаратів;
- основні елементи конструкції комутаційних апаратів ;
- силові вимикачі, призначення та їх класифікацію;
- особливості конструкції приводів для комутаційних апаратів .

Вміти:

- вибирати автомати із забезпеченням селективності;
- вибирати силові вимикачі та їх приводи для схем електропостачання.

Тема 2.1. Класифікація комутаційних апаратів.

Класифікація комутаційних апаратів. Категорії застосування. Рубильники та перемикачі.

Тема 2.2. Електричні контактори.

Контактори, призначення, конструкція, електрична схема підключення. Технічні характеристики та вибір контакторів.

Тема 2.3. Магнітні пускачі

Магнітні пускачі та теплові реле, призначення, конструкція, електрична схема підключення. Технічні характеристики та вибір магнітних пускачів.

Тема 2.4. Повітряні автоматичні вимикачі.

Класифікація, основні елементи конструкції (механізм вільного роз'єднання, розчіплювачі, дугогасні пристрої, контактна система) та принцип дії, технічні характеристики.

Тема 2.5. Захисні характеристики повітряних вимикачів.

Захисні характеристики повітряних вимикачів, можливість їх зміни в електронних розчіплювачах. Вибір автоматів, забезпечення селективності.

Тема 2.6. Електричні апарати вище 1000 В. Роз'єднувачі, вимикачі навантаження.

Класифікація електричних апаратів вище 1000 В. Роз'єднувачі, їх призначення, конструкція, принцип дії, технічні характеристики та їх вибір.

Призначення вимикача навантаження, конструкція та принцип дії автогазового та елегазового вимикачів навантаження, їх технічні характеристики та вибір.

Тема 2.7. Силові вимикачі

Силові вимикачі, призначення, класифікація та технічні параметри. Силові вимикачі з малим об'ємом масла, конструкція та принцип дії вимикача ВМП-10, Вакуумні (ВВ/TEL), елегазові, повітряні та електромагнітні силові вимикачі. Конструкції, принцип дії, технічні характеристики та вибір силових вимикачів.

Тема 2.8. Приводи низьковольтних та високовольтних вимикачів

Призначення, класифікація та види приводів. Електрифіковані приводи апаратів до 1000 В. Ручні приводи роз'єднувачів та вимикачів навантаження. Пружинні (ППМ-1) та електромагнітні (ПЕ-11) приводи силових вимикачів. Конструкції, принцип дії та технічні характеристики приводів.

Модуль №3 Вимірювальні та захисні апарати.

Інтегровані вимоги модуля №3:

Знати:

- властивості і основні характеристики трансформаторів;
- конструкцію та принципи дії вимірювальних трансформаторів напруги;
- конструкцію та принципи дії вимірювальних трансформаторів струму;
- конструкції та принцип роботи пристроїв захисного вимкнення

Вміти:

- вибирати трансформатори для конкретних умов використання;



- використовувати паспортні й експериментальні дані для визначення характеристик трансформаторів.

- вибирати плавкі запобіжники, перевірка їх на чутливість та селективність спрацювання.

Тема 3.1. Вимірювальні трансформатори струму (ТС)

Вимірювальні трансформатори струму, призначення, електрична схема підключення, похибки та класи точності, режим холостого ходу. Опір вторинного навантаження, конструкції та маркування ТС.

Тема 3.2 Вимірювальні трансформатори напруги (ТН)

Вимірювальні трансформатори напруги, призначення, електрична схема підключення, похибки та класи точності. Конструкції та маркування ТН. Режими роботи.

Тема 3.3 З'єднання ТС та ТН та їх вибір

Схеми з'єднання ТС (з одним ТС, «зірка» та «неповна зірка»), основні технічні характеристики та вибір ТС. Схеми з'єднання ТН, (з одним однофазним ТН, двома та трьома однофазними ТН), основні технічні характеристики та вибір ТН.

Тема 3.4. Плавкі запобіжники

Плавкі запобіжники до 1000 та вище 1000 В, призначення, переваги та недоліки плавких запобіжників, технічні параметри, захисні характеристики, похибки спрацювання, перспективи вдосконалення та їх вибір.

Тема 3.5. Конструкції плавких запобіжників

Конструкції плавких запобіжників до 1000 и вище 1000 В. Умови вибору плавких запобіжників, перевірка їх на чутливість та селективність спрацювання. Перспективи вдосконалення плавких запобіжників.

Тема 3.6. Пристрої захисного вимкнення (ПЗВ).

Пристрої захисного вимкнення, призначення та принцип дії ПЗВ. Конструкція, технічні характеристики та схеми підключення ПЗВ в колах 0,4 кВ. Диференційні автомати.

Тема 3.7. Обмежувачі перенапруги та струмообмежувальні реактори.

Обмежувачі перенапруги, призначення, принцип дії, конструкція, технічні характеристики. Струмообмежувальні реактори, призначення, принцип дії, конструкція, технічні характеристики.

Модуль №4. Конструкції трансформаторних підстанцій

Інтегровані вимоги модуля №4:

Знати:

- класифікацію та основні вимоги до розподільчих пристроїв;
- шинні конструкції, призначення, форми шин та їх виконання;
- комплектні розподільчі пристрої 6 – 35 кВ, схеми первинних з'єднань.
- вимоги до структури електричної частини підстанцій які живлять електропримачі різних категорій,
 - основні умови вибору електричних апаратів 6-35 та 0,4 кВ,
 - призначення та методика розрахунку засобів заземлювання та захисту від блискавок.

Вміти:

- працювати із нормативними документами технічної експлуатації електрообладнання трансформаторних підстанцій;
 - вибирати та компонувати РП 0,4 кВ та РП 6 – 35 кВ .
 - самостійно розробляти структурні та принципові електричні схеми підстанцій,
 - вибирати електричні апараті 6-35 та 0,4 кВ,
- розраховувати засоби заземлювання та захисту від блискавок.

Тема 4.1. Класифікація та основні вимоги до розподільчих пристроїв (РП)

Відкриті (ВРП), закриті (ЗРП) та комплектні (КРП) 6-10 і 0,4 кВ. Основні вимоги до РП 6-10. Мінімальні відстані від струмоведучих частин до заземлених елементів ЗРП.

Тема 4.2. Шинні конструкції



Шинні конструкції, призначення, форми шин та їх виконання, матеріали шин та пофарбування шин, способи з'єднання шин.

Тема 4.3. Ізолятори

Ізолятори, призначення та класифікація. Прохідні ізолятори, призначення, маркування та конструкція. Опорні ізолятори, призначення, маркування та конструкція.

Тема 4.4. Вибір елементів шинних конструкцій

Вибір перетину збірних шин. Електродинамічні сили в збірних шинах, перевірка збірних шин на електродинамічну стійкість. Нагрів збірних шин, перевірка шин на термічну стійкість. Вибір опорних та прохідних ізоляторів.

Тема 4.5. Схеми електричних з'єднаній ТП 6 - 35 кВ

Електроприймачі різних категорій. Варіанти з'єднань для збірних шин РП 6 – 35 кВ, схеми електричних з'єднань 6 – 35 кВ.

Тема 4.6. Схеми електричних з'єднаній РП 0,4 кВ

Варіанти з'єднань для збірних шин РП 0,4 кВ, типові варіанти виконання схем електропостачання електроприймачів різних категорій .

Тема 4.7. Електричні схеми власних потреб ТП

Електроприймачі власних потреб трансформаторних підстанцій. Вторинні кола електропостачання трансформаторних підстанцій. Джерела постійного та змінного струму електропостачання для власних потреб трансформаторних підстанцій.

Тема 4.8. Комплектні розподільчі пристрої 6-35 кВ

Комплектні розподільчі пристрої 6 – 35 кВ, схеми первинних з'єднань КРП, вибір та компоновка РП 6 – 35 кВ. Вітчизняні виробники комплектних розподільчих пристроїв 6 – 35 кВ, основні технічні характеристики.

Тема 4.9. Комплектні розподільчі пристрої 0,4 кВ

Комплектні розподільчі пристрої 0,4 кВ Схеми первинних з'єднань РП 0,4 кВ, вибір та компоновка РП 0,4 кВ. Вітчизняні виробники комплектних розподільчих пристроїв 0,4 кВ, основні технічні характеристики.

Тема 4.10. Технічна експлуатація електрообладнання ТП

Нормативні документи по технічною експлуатації електрообладнання ТП.

Модуль №5. «Курсова робота»

«Проектування електричної частини трансформаторної підстанції »

Курсова робота (КР) з дисципліни виконується у восьмому семестрі, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння всього навчального матеріалу дисципліни в області проектування електричної частині трансформаторних підстанцій.

Конкретна мета КР міститься у обґрунтовані та розробці структурної та принципової електричної схеми підстанції, РУ 6-35 та 0,4 кВ, вибору всіх електричних апаратів та засобів вимірювання.

КР є важливою складовою закріплення та поглиблення теоретичних та практичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни.



2.3. Тематичний план.

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС	Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 семестр									
Модуль №1 «Загальні питання електричних апаратів»									
1.1	Класифікація електричних засобів підстанцій. Основні характеристики електричних апаратів (ЕА). Кліматичне виконання, категорії розміщення та захисні оболонки ЕА.	4	2		2				
1.2	Номинальні параметри Основні вимоги до ЕА Номинальні параметри електричних апаратів (номинальні напруга, струм, частота та температура). Основні вимоги (електродинамічна та термічна стійкість ЕА, надійність та вимоги до конструкції) до електричних апаратів. Матеріали ЕА. Види електричних схем	7	2	2	3				
1.3	Електродинамічна стійкість ЕА Електродинамічні сили в паралельних та перпендикулярних провідниках. Електродинамічні сили кільцевого витка та між витками. Електродинамічна стійкість ЕА.	4	2	2					
1.4	Термічна стійкість ЕА Джерела тепла в ЕА. Види відведення тепла в ЕА. Нагрівання та охолодження ЕА в різних режимах роботи. Термічна стійкість електричних апаратів.	5	2	2	1				
1.5	Електричні контакти, визначення, класифікація, опір та контактів. Визначення та класифікація контактів. Робоча, ефективна та умовна поверхня контакту. Комутуючі, ковзаючі, нерухомі, основні, дугогасильні та допоміжні контакти. Опір контактів. Основні вимоги до матеріалів контактів.	7	2	2	3				
1.6	Нагрів, матеріали и конструкції контактів. Електродинамічна сила в контактах. Нагрів, матеріали та конструкції контактів ЕА до 1000 та більше 1000 В.	7	2	2	3				
1.7	Електрична дуга постійного та змінного струму. Вимикаюча здатність ЕА Фізичні процеси в дуговому проміжку. Вимикаюча здатність ЕА. Умови гасіння дуги постійного та змінного струму. Електрична міцність дугового проміжку.	5	2	2	1				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Вольт-амперні характеристики дуги постійного та змінного струму.								
1.8	Основні методи та засоби гасіння електричної дуги. Гасіння електричної дуги з використанням розтягнення, охолодження та обдув дуги. Використання спеціальних середовищ (масло, елегаз та ін) для гасіння дуги . Гасіння дуги при високому тиску, в вакуумі, в дугогасних решітках та вузьких щілинах. Використання безструмової паузи та бездугова комутація. Вимикаюча здатність EA	5	2	2	1				
1.9	Модульна контрольна робота №1	4		2	2				
1.10	Розрахунково-графічна робота	10			10				
Усього за модулем №1		58	16	16	26				
Модуль №2 « Комутаційні апарати низької та середньої напруги»									
2.1	Класифікація комутаційних апаратів. Класифікація комутаційних апаратів. Категорії застосування. Рубильники та перемикачі.	3	2		1				
2.2	Електричні контактори. Контактори, призначення, конструкція, електрична схема підключення. Технічні характеристики та вибір контакторів.	6	2	2	2				
2.3	Магнітні пускачі Магнітні пускачі та теплові реле, призначення, конструкція, електрична схема підключення. Технічні характеристики та вибір магнітних пускачів.	6	2	2	2				
2.4	Повітряні автоматичні вимикачі. Класифікація, основні елементи конструкції (механізм вільного роз'єднання, розчіплювачі, дугогасні пристрої, контактна система) та принцип дії, технічні характеристики.	6	2	2	2				
2.5	Захисні характеристики повітряних вимикачів. Захисні характеристики повітряних вимикачів, можливість їх зміни в електронних розчіплювачах. Вибір автоматів, забезпечення селективності.	6	2	2	2				
2.6	Електричні апарати вище 1000 В. Роз'єднувачі, вимикачі навантаження. Класифікація електричних апаратів вище 1000 В. Роз'єднувачі, їх призначення, конструкція, принцип дії, технічні характеристики та їх вибір. Призначення вимикача навантаження, конструкція та принцип дії автогазового та елегазового вимикачів навантаження, їх технічні характеристики та вибір.	6	2	2	2				
2.7	Силові вимикачі Силові вимикачі, призначення, класифікація та технічні параметри. Силові вимикачі з	6	2	2	2				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	малим об'ємом масла, конструкція та принцип дії вимикача ВМП-10, Вакуумні (ВВ/TEL), елегазові, повітряні та електромагнітні силові вимикачі. Конструкції, принцип дії, технічні характеристики та вибір силових вимикачів.								
2.8	Приводи низьковольтних та високовольтних вимикачів Призначення, класифікація та види приводів. Електрифіковані приводи апаратів до 1000 В.	6	2	2	2				
2.9	Ручні приводи роз'єднувачів та вимикачів навантаження. Пружинні (ППМ-1) та електромагнітні (ПЕ-11) приводи силових вимикачів. Конструкції, принцип дії та технічні характеристики приводів.	6	2	2	2				
2.10	<i>Модульна контрольна робота №2</i>	3		2	1				
2.11	<i>Домашнє завдання</i>	8			8				
	Усього за модулем №2	62	18	18	26				
	Усього за семестр	120	34	34	52				
8 семестр									
Модуль № 3 «Вимірювальні та захисні апарати»									
3.1	Вимірювальні трансформаторі струму (ТС). Вимірювальні трансформатори струму, призначення, електрична схема підключення, похибки та класи точності, режим холостого ходу. Опір вторинного навантаження, конструкції та маркірування ТС.	7	2	2	3				
3.2	Вимірювальні трансформаторі напругі (ТН). Вимірювальні трансформатори напруги, призначення, електрична схема підключення, похибки та класи точності. Конструкції та маркування ТН. Режими роботи.	7	2	2	3				
3.3	З'єднання ТС та ТН та їх вибір Схеми з'єднання ТС (з одним ТС, «зірка» та «неповна зірка»), основні технічні характеристики та вибір ТС. Схеми з'єднання ТН, (з одним однофазним ТН, двома та трьома однофазними ТН), основні технічні характеристики та вибір ТН.	8	2	2	4				
3.4	Плавкі запобіжники. Плавкі запобіжники до 1000 та вище 1000 В, призначення, переваги та недоліки плавких запобіжників, технічні параметри, захисні характеристики, похибки спрацювання, перспективи вдосконалення та їх вибір.	8	2	2	4				
3.5	Конструкції плавких запобіжників Конструкції плавких запобіжників до 1000 и вище 1000 В. Умови вибору плавких запобіжників, перевірка їх на чутливість та селективність спрацювання. Перспективи	8	2	2	4				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	вдосконалення плавких запобіжників.								
3.6	Пристрої захисного вимкнення (ПЗВ). Пристрої захисного вимкнення, призначення та принцип дії ПЗВ.	8	2	2	4				
3.7	Конструкція, технічні характеристики та схеми підключення ПЗВ в колах 0,4 кВ. Диференційні автомати.	8	2	2	4				
3.8	Обмежувачі перенапруги та струмообмежувальні реактори. Обмежувачі перенапруги, призначення, принцип дії, конструкція, технічні характеристики.	7	2	2	3				
3.9	Струмообмежувальні реактори, призначення, принцип дії, конструкція, технічні характеристики.	5	2		3				
3.10	Модульна контрольна робота №3	4		2	2				
3.11	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-				
Усього за модулем №3		70	18	18	34				
Модуль №4 «Конструкції трансформаторних підстанцій»									
4.1	Класифікація та основні вимоги до розподільчих пристроїв (РП) Відкриті (ВРП), закриті (ЗРП) та комплектні (КРП) 6-10 і 0,4 кВ. Основні вимоги до РП 6-10. Мінімальні відстані від струмоведучих частин до заземлених елементів ЗРП.	7	2	2	3				
4.2	Шинні конструкції. Шинні конструкції, призначення, форми шин та їх виконання, матеріали шин та пофарбування шин, способи з'єднання шин.	7	2	2	3				
4.3	Ізолятори. Ізолятори, призначення та класифікація. Прокідні ізолятори, призначення, маркування та конструкція. Опорні ізолятори, призначення, маркування та конструкція.	7	2	2	3				
4.4	Вибір елементів шинних конструкцій Вибір перетину збірних шин. Електродинамічні сили в збірних шинах, повірка збірних шин на електродинамічну стійкість. Нагрів збірних шин, повірка шин на термічну стійкість. Вибір опорних та прохідних ізоляторів.	7	2	2	3				
4.5	Схеми електричних з'єднаній ТП 6 - 35 кВ. Електроприймачі різних категорій. Варіанти з'єднань для збірних шин РП 6 – 35 кВ, схеми електричних з'єднань 6 – 35 кВ.	7	2	2	3				
4.6	Схеми електричних з'єднаній РП 0,4 кВ. Варіанти з'єднань для збірних шин РП 0,4 кВ, типові варіанти виконання схем електропостачання електроприймачів різних категорій .	8	2	2	4				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.7	Електричні схеми власних потреб ТП. Електроприймачі власних потреб трансформаторних підстанцій. Вторинні кола електропостачання трансформаторних підстанцій. Джерела постійного та змінного струму електропостачання для власних потреб трансформаторних підстанцій.	7	2	2	3				
4.8	Комплектні розподільчі пристрої 6-35 кВ. Комплектні розподільчі пристрої 6 – 35 кВ, схеми первинних з'єднань КРП, вибір та компоновка РП 6 – 35 кВ. Вітчизняні виробники комплектних розподільчих пристроїв 6 – 35 кВ, основні технічні характеристики. Технічна експлуатація електрообладнання ТП. Нормативні документи по технічною експлуатації електрообладнання ТП.	5	2		3				
4.9	<i>Модульна контрольна робота №4</i>	4		2	2				
Усього за модулем №4		59	16	16	27				
Усього за семестр		120	34	34	52				
Модуль №5 «Курсова робота»									
5.1	Проектування електричної частини трансформаторної підстанції	30			30				
Усього за модулем №5		30			30				
Усього за навчальною дисципліною		270	68	68	134				

2.4. Домашнє завдання та РГР


Домашнє завдання на тему «Розрахунок параметрів трансформаторної підстанції» виконується на основі навчального матеріалу другого модулю.

Мета роботи: надбання практичних навичок розрахунку основних параметрів силового трансформатора.

Для успішного виконання домашнього завдання студент повинен знати теорію трансформатора, вміти проводити розрахунок використовуючи результати дослідів холостого ходу та короткого змінного струму.

Виконання, оформлення та захист домашнього завдання здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій.

Час, потрібний для виконання домашнього завдання, – до 8 годин самостійної роботи.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни " Електричне обладнання трансформаторних підстанцій "	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.01.05 – 01-2023
		Стор.16 із 21	

Розрахунково-графічна робота на тему «Вибір електрообладнання для трансформаторної підстанції» виконується на основі навчального матеріалу першого модулю.

Мета роботи: надбання практичних навичок щодо вибору електричних апаратів за відповідними параметрами .

Для успішного виконання домашнього завдання студент повинен знати вміти проводити розрахунок та користуватись спеціальною довідковою літературою .

Виконання, оформлення та захист РГР здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій.

Час, потрібний для виконання домашнього завдання, – до 8 годин самостійної роботи.

2.5. Перелік питань для підготовки до екзамену

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену, розробляються провідними викладачами та затверджуються протоколом засідання кафедри та доводяться до відома студентів.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання: лекції, лабораторні заняття, самостійна робота.

3.2. Рекомендована література

Базова

3.2.1. Козлов В. Д., Захарченко В. П., Тачиніна О. М. Електрична частина станцій та підстанцій. Підручник - К.: НАУ 2018, 312 с.

3.2.2. Козлов В. Д., Мазур Т. А., Соколова Н. П. Електрична частина станцій та підстанцій. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту-К.:НАУ 2017,32с.

3.2.3. Козлов В.Д., Єнчев С.В. Електричні апарати. Лабораторний практикум. – К НАУ 2008, 44 с.


3.2.4. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко/КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с.

3.2.5. Горяжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) / В. М. Горяжа, А. О. Карюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 149 с.

3.2.6. Електричні апарати : навч. посіб. / В. О. Лесько, В. О. Комар, С. В. Кравчук, О. В. Сікорська. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 102 с.

Допоміжна

3.2.7. Бардик, Є.І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання/ Є.І. Бардик, М.П. Лукаш / К.: "Політехніка" НТУУ "КПІ" 2012. 250 с.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни " Електричне обладнання трансформаторних підстанцій "	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.01.05 – 01-2023
			Стор.17 із 21

3.2.8. Костишин, В. С. Електрична частина станцій та підстанцій : навч. посіб./ В.С. Костишин, М.Й. Федорів, Я.В. Бацала. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. - 243 с.

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті

3.3.1. http://www.ncfu.ru/export/uploads/imported-from-le/op/doclinks2015/Annot_ESiP_13.03.02_2015.pdf

3.3.2. <https://dwg.ru/dnl/6172>

3.3.3. https://www.studmed.ru/vasilev-aa-kryuchkov-ip-nayashkova-ef-okolovich-mn-elektricheskaya-chast-stanci-y-i-podstanci-y_455c2683bc4.html



4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи та набутих знань та умінь здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблиця 4.1

Вид навчальної роботи	Мах кількість балів	Вид навчальної роботи	Мах кількість балів
7 семестр			
Модуль № 1 «Силові трансформатори. Спеціальні трансформатори»		Модуль № 2 «Асинхронні машини. Спеціальні асинхронні машини»	
Виконання та захист лабораторних робіт (7 робіт*3 бали)	21	Виконання та захист лабораторних робіт (8 робіт*3 бали)	24
Виконання РГР	9	Домашнє завдання	6
Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше	14	Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше	16
Виконання модульної контрольної роботи №1	10	Виконання модульної контрольної роботи №2	10
Усього за модулем №1	40	Усього за модулем №2	40
Усього за модулями №1, №2			80
Семестровий екзамен			20
Усього за 7 семестр			100
8 семестр			
Модуль № 3 «Синхронні машини. Спеціальні синхронні машини»		Модуль № 4 «Машини постійного струму»	
Виконання та захист лабораторних робіт (6 робіт*4 бали) (2 робіт*3 бали)	30	Виконання та захист лабораторних робіт (6 робіт*4 бали) (1 роб*6 балів)	30
Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше	19	Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше	19
Виконання модульної контрольної роботи №1	10	Виконання модульної контрольної роботи №2	10
Усього за модулем №1	40	Усього за модулем №2	40
Усього за модулями №3, №4			80
Семестровий екзамен			20
Усього за дисципліною			100
Модуль №5 «Курсова робота»			
Вид навчальної роботи		Мах кількість балів	
Виконання курсового проекту		60	
Захист курсового проекту		40	
Виконання та захист курсового проекту		100	



4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (табл. 4.2).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

Таблиця 4.2

Відповідність рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи
в балах оцінкам за національною шкалою

Рейтингова оцінка в балах						Оцінка за національною шкалою
Виконання та захист лабораторних робіт			Виконання ДЗ	Виконання МКР	Виконання РГР	
3	4	6	6	9-10	9	Відмінно
2,5	3	5	5	8	7-8	Добре
2	2,5	4	4	6-7	6	Задовільно
менше 2	менше 2,5	менше 4	менше 4	менше 6	менше 6	Незадовільно

4.4. Підсумкова модульна рейтингова оцінка, отримана студентом за результатами виконання та захисту **курсної роботи** в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до відомості модульного контролю, а також до навчальної картки, залікової книжки та Додатку до диплома, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.5. Сума підсумкової семестрової модульної та **екзаменаційної** рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS (табл.4.3).

4.6. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки студента, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.7. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни визначається як середньоарифметична оцінка з підсумкових семестрових рейтингових оцінок у балах (з цієї дисципліни – за сьомий та восьмий семестри) з наступним її переведенням в оцінки за національною шкалою ECTS.

Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.



Таблиця 4.3

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах
оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)



(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки
1	03.02	19.04.23	Редченко К.В.		

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки
1.	Мазур Тетяна Аркадіївна		19.04.23	

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності
1.	Сокілов К.П.	28.08.2023		прот. # 14 28.08.2023

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				