Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра № 402
«Космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант ОП
_____ Андрій ПОГУДІН
« » _____2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні станції, мережі і системи»

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітні програми: «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків – 2024 рік

Робоча програма з дисципліни «Електричні станції, мережі і системи» для студентів для студентів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою: «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії».

«____» _____ 2024 р., – ___ с.

Розробник: Шепетов Ю.О., доц. к.402, к.т.н., доцент _____

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії

Протокол № __1__ від «29» __серпня_____ 2024 р.

В.о. завідувача кафедри к.т.н., доцент _____ Шепетов Ю.О.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>Денна форма навчання</td><td>Заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 6,5</td><td rowspan="12">Галузь знань:
14 «Електрична інженерія»

Спеціальність:
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма:
«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Цикл дисциплін вільного вибору студента</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 1</td><td colspan="2">Навчальний рік</td></tr>
<tr><td>Кількість змістових модулів – 2</td><td colspan="2">2024/ 2025</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне завдання: РГР</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 80/195</td><td colspan="2">6-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції 1)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 5
самостійної роботи студента – 5,5</td><td colspan="2">48 годин</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">32 годин</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні 1)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td colspan="2">115 годин</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td colspan="2">модульний контроль, іспит</td></tr>
</table>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 0,8

[1)] Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення – формування системи фахових знань з принципів побудови та функціонування електричних мереж, основних технічних і експлуатаційних характеристик обладнання електроенергетичних систем .

Мета:

Завдання: засвоєння теоретичних знань з принципів побудови та функціонування електричних мереж; практичних вмінь з проведення інженерних розрахунків з вибору устаткування електричних мереж.

Результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

– Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

– Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.ел.

Фахові компетентності (ФК):

– Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини об'єктів нетрадиційної та відновлювальної енергетики.

– Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики на об'єктах нетрадиційної та відновлювальної енергетики.

– Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії на об'єктах нетрадиційної та відновлювальної енергетики.

– Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування об'єктів нетрадиційної та відновлювальної енергетики.

– Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій на об'єктах нетрадиційної та відновлювальної енергетики.

Програмні результати навчання:

– 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.

– 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.

– Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем в відновлювальній енергетиці.

– Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

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

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна базується на знаннях, які отримані при вивченні дисципліни «Фізика», «Електротехніка» та сама є базою для виконання випусної роботи бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль №1

ТЕМА 1. Структура і склад енергетичної галузі України.

Структура і склад енергетичної галузі України. Функції та задачі державного підприємства "Енергоринок". Господарська та оперативна підпорядкованість об'єктів енергетичного виробництва. Структура оперативного керування енергетичним виробництвом. Функції і завдання центральної диспетчерської служби (ЦДС) України. Функції і завдання центрального диспетчерського управління (ЦДУ) Єдиної Енергетичної Системи України (ЄЕСУ). Функції і завдання регіонального диспетчерського управління (ДУ). Функції і завдання диспетчерської служби (ДС) обленерго. Функції і завдання ДС району електричних мереж (РЕМ). Основні типи електростанцій, що використовуються в Україні, їх характеристики. Пайова участь електростанцій різних типів у типовому графіку навантаження енергосистеми України.

ТЕМА 2. Основні складові частини енергетичних систем.

Види електричних схем для електричних систем і мереж. Основні умовні позначки. Типи енергетичних систем. Склад систем. Призначення складових частин. Магістральні мережі. Розподільні мережі. Обладнання мереж. Лінії електропостачання. Перетворюючі підстанції. Зв'язок між системами. Режими роботи енергетичних систем – нормальний, аварійний, післяаварійний. Призначення релейного захисту. Типи нейтралей – глухозаземлена, ізольована, компенсована. Заземлення – робоче та захисне. Принципи роботи ПЗВ, ДГР. Фазова симетрія в мережах. Асиметрія фаз. Наслідки обриву нульового дроту в мережі з глухозаземленої нейтраллю. Заходи для захисту однофазних приймачів від відхилень фазних напруг.

ТЕМА 3. Навантаження електроенергетичних систем.

Типі навантажень та їх особливості – промислова, комунально-побутова, сільськогосподарська. Типові добові та сезонні графіки навантажень. Ремонтна яма. Прогнозування навантажень – довгострокове, середньострокове, оперативне. Керування навантаженням - адміністративне та економічне. Типовий характер навантаження по Україні. Коефіцієнти графікив навантажень. Розрахунок промислових навантажень. Розрахунок комунально-побутових навантажень. Центр навантажень. Втрати електричної енергії.

ТЕМА 4.Лінії електричних передач.

Кабельні та повітряні дінії електропередач (ЛЕП). Історія. Номінали напруги. Основні конструктивні характеристики повітряних ЛЕП, кабельних ЛЕП. ЛЕП постійного струму. Основні принципи вибору перерізу ЛЕП – забезпечення струму аварійного режиму, економічної щільності струму, припустимих втрат напруги. Обслуговування магістральних ЛЕП. Віди розрахунків ЛЕП – по припустимому струму нагріву, по припустимим втратам напруги, по надійності спрацьовування захисту, по економічній щільності струму. Річні втрати електроенергії в ЛЕП. Наведені витрати електроенергії.

ТЕМА 5. Експлуатація розподільних мереж.

Топологія розподільних мереж. Категорії споживачів з вимог забезпечення надійності електропостачання. Основні типи схем розподільних мереж, їх достоїнства і недоліки, рекомендовані випадки застосування - радіальна, петльова, двопроменева одностороння, двопроменева двостороння схем. Коротке

замкнення. Розрахунок мереж на стійкість до короткого замкнення. Розрахунок мережи з двобічним живленням.

Змістовний модуль №2

ТЕМА 6. Трансформатори.

Типі електричних трансформаторів, що використовуються в електричних системах, їх призначення та застосування. Позначення трансформаторів. Температурні умови роботи трансформаторів. Фактори, що визначають ресурс трансформаторів. Відносний термін служби. Розрахунок припустимих систематичних навантажень. Розрахунок припустимих аварійних перевантажень. Припустиме перезбудження трансформаторів. Групи з'єднань обмоток. Трансформатори струму. Трансформатори напруги.

ТЕМА 7. Комутаційні апарати.

Типі електричних комутаційних апаратів, що використовуються в електричних системах, їх призначення та застосування. Вимикачи масляні, маломасліня, повітряні, електромагнітні, елегазові, вакуумні – пристрій та галузі застосування. Роз'єднувачи – пристрій та галузі застосування. Вибір комутаційних апаратів – по номінальної напрузі, по припустимому струму, по стійкості к струма КЗ.

ТЕМА 8. Електричні підстанції.

Головні схеми розподільчих пристроїв та галузі їх застосування. Конструктивні принципи компонування електричних підстанцій. Вибір експлуатаційної схеми ПС.

ТЕМА 9. Компенсація реактивних струмів в мережах.

Необхідність компенцації реактивних струмів. Способи підвищення коефіцієнта потужності – організаційні та технічні. Засоби компенсації реактивних струмів. Розрахунок потрібних засобів компенсації.

ТЕМА 10. Надійність роботи електричних мереж. Організація і порядок переключень в електроустановках 0.4 - 10 кВ розподільних мереж.

Оперативний стан устаткування. – робота, ремонт, резерв. Критерії поточного оперативного стану для різних типів обладнання. Зміна оперативного стану обладнання. Оперативне керування і оперативне відання. Розпорядження про перемикання. Бланки перемикань – призначення, склад, порядок складення. Порядок дій персоналу під час перемикань. Оперативна дисципліна. Оперативні дії. Виконання перемикань в електроустановках 0.4-10 кВ. Послідовність основних операцій з комутаційними апаратами і перевірочних дій при включенні і відключенні електричних ланцюгів. Приклад навчальної оперативної схеми розподільної мережі, розробка порядку переключень і бланка переключень для навчальної схеми. Телемеханіка і зв'язок у розподільних мережах. Типи можливих системних аварій в електричних мережах. Роль людського фактора в експлуатації об'єктів енергетичного виробництва. Автоматики та релейних захист.

ТЕМА 11. Якість електричної енергії.

Показники якості електроенергії. Нормально- та максимально припустимі показники. Відхилення частоти – причини та наслідки. Відхилення напруги – причини та наслідки. Вплив відхилень напруги на роботу електроприймачів – лампи накалювання, люмінесцентні лампи, асинхронні двигуни, електропечі. Контроль напруги. Перекручування форми кривих напруг і струму.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1.					
ТЕМА 1. Структура і склад енергетичної галузі України.	2	2			
ТЕМА 2. Основні складові частини енергетичних систем.	18	4	4		15
ТЕМА 3. Навантаження електроенергетичних систем.	22	8	4		15
ТЕМА 4.Лінії електричних передач.	27	6	6		15
ТЕМА 5. Експлуатація розподільних мереж.	31	10	6		15
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 1	102	30	22		60
Змістовний модуль 2.					
ТЕМА 6. Трансформатори.	28	4	4		10
ТЕМА 7. Комутаційні апарати.	12	2			10
ТЕМА 8. Електричні підстанції.	14	4			10
ТЕМА 9. Компенсація реактивних струмів в мережах.	12	2			10
ТЕМА 10. Надійність роботи електричних мереж. Організація і порядок переключень в електроустановках 0.4 - 10 кВ розподільних мереж.	18	4	4		10
ТЕМА 11. Якість електричної енергії.	7	2			5
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	93	18	10		55
Усього годин	195	48	32		115

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Змістовний модуль 1	
1.	Визначення струмів нульової, прямої та зворотної послідовності в мережі з глухозаземленою нейтраллю при обриві нульового дроту	4
2.	Розрахунок навантажень промислового підприємства	2
3.	Розрахунок навантажень в мережі 0.4 кВ	2
4.	Розрахунок мережі 0.4 кВ	2
5.	Економічна щільність струму	2
6.	Розрахунок мережі з двобічним живленням	2
7.	Розрахунок навантажень в мережі 10 кВ	6
	Змістовний модуль 2	
1.	Розрахунок нормально припустимого навантаження трансформатора	4
2.	Складання оперативних схем мережі 0.4 кВ.	2
3.	Складання порядку переключень в мережі.	2
	Разом	28

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Змістовний модуль 1	
1.	Основні складові частини енергетичних систем.	15
2.	Навантаження електроенергетичних систем.	15
3.	Лінії електричних передач.	15
4.	Експлуатація розподільних мереж.	15
	Змістовний модуль 1	
1.	Трансформатори.	15
2.	Комутаційні апарати.	15
3.	Надійність роботи електричних мереж. Організація і порядок переключень в електроустановках 0.4 - 10 кВ розподільних мереж.	15
	Разом	105

9. Індивідуальні завдання

Різні варіанти початкових даних під час виконання практичних завдань.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних робіт, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Перевірка практичних завдань, РР, іспит.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	3...5	7	21...35
Модульний контроль	15…25	1	15…25
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	3	9...15
Модульний контроль	15…25	1	15…25
Усього за семестр			**60…100**

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та практичного завдання. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне теоретичне питання – 30 балів, за виконання практичного завдання – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Структура і склад енергетичної галузі України. Функції та задачі державного підприємства “Енергоринок”. Основні типи електростанцій, що використовуються в Україні, їх характеристики. Пайова участь електростанцій різних типів у типовому графіку навантаження енергосистеми України. Види електричних схем для електричних систем і мереж та основні умовні позначки. На них Склад електричних систем. Типи нейтралей – глухозаземлена, ізольована, компенсована. Принципи роботи ПЗВ, ДГР. Фазова симетрія в мережах. Типі навантажень та їх особливості – промислова, комунально-побутова, сільськогосподарська. Коефіцієнти графікив навантажень. Розрахунок промислових навантажень. Розрахунок комунально-побутових навантажень.

Центр навантажень. Втрати електричної енергії. Основні конструктивні характеристики повітряних ЛЕП, кабельних ЛЕП. Основні принципи вибору перерізу ЛЕП – забезпечення струму аварійного режиму, економічної щільності струму, припустимих втрат напруги. Віди розрахунків ЛЕП – по припустимому струму нагріву, по припустимим втратам напруги, по надійності спрацьовування захисту, по економічній щільності струму. Річні втрати електроенергії в ЛЕП. Наведені витрати електроенергії. Топологія розподільних мереж. Категорії споживачів з вимог забезпечення надійності електропостачання. Основні типи схем розподільних мереж, їх достоїнства і недоліки, рекомендовані випадки застосування - радіальна, петльова, двопроменева одностороння, двопроменева двостороння схеми. Коротке замкнення. Розрахунок мереж на стійкість до короткого замкнення. Розрахунок мережи з двобічним живленням. Типі електричних трансформаторів, що використовуються в електричних системах, їх призначення та застосування. Позначення трансформаторів. Температурні умови роботи трансформаторів. Фактори, що визначають ресурс трансформаторів. Відносний термін служби. Розрахунок припустимих систематичних навантажень. Розрахунок припустимих аварійних перевантажень. Групи з’єднань обмоток. Трансформатори струму. Трансформатори напруги. Типі електричних комутаційних апаратів, що використовуються в електричних системах, їх призначення та застосування. Вимикачи масляні, маломасліня, повітряні, електромагнітні, елегазові, вакуумні – пристрій та галузі застосування. Роз’єднувачи – пристрій та галузі застосування. Вибір комутаційних апаратів – по номінальної напрузі, по припустимому струму, по стійкості к струма КЗ. Головні схеми розподільчих пристроїв та галузі їх застосування. Конструктивні принципи компонування електричних підстанцій. Вибір експлуатаційної схеми ПС. Необхідність компенцації реактивних струмів. Способи підвищення коефіцієнта потужності – організаційні та технічні. Засоби компенсації реактивних струмів. Розрахунок потрібних засобів компенсації. Надійність роботи електричних мереж. Організація і порядок переключень в електроустановках 0.4 - 10 кВ розподільних мереж. Оперативний стан устаткування. – робота, ремонт, резерв. Критерії поточного оперативного стану для різних типів обладнання. Зміна оперативного стану обладнання. Порядок дій персоналу під час перемикань. Оперативна дисципліна. Оперативні дії. Виконання перемикань в електроустановках 0.4-10 кВ. Послідовність основних операцій з комутаційними апаратами і перевірочних дій при включенні і відключенні електричних ланцюгів. Телемеханіка і зв'язок у розподільних мережах. Типи можливих системних аварій в електричних мережах. Роль людського фактора в експлуатації об’єктів енергетичного виробництва. Автоматики та релейних захист. Показники якості електроенергії. Нормально- та максимально припустимі показники. Відхилення частоти – причини та наслідки. Відхилення напруги – причини та наслідки. Вплив відхилень напруги на роботу електроприймачів – лампи накалювання, люмінесцентні лампи, асинхронні двигуни, електропечі. Контроль напруги. Перекручування форми кривих напруг і струму.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

Визначення струмів нульової, прямої та зворотної послідовності в мережі з глухозаземленою нейтраллю при обриві нульового дроту. Розрахунок навантажень промислового підприємства. Розрахунок навантажень в мережі 0.4

кВ. Розрахунок мережі 0.4 кВ. Розрахнок перерізів ЛЕП за крітерієм м економічної щільності струму. Розрахунок мережі з двобічним живленням. Розрахунок мережі 10 кВ. Розрахунок нормально припустимого навантаження трансформатора. Складання оперативних схем мережі 0.4 кВ. Складання порядку переключень в мережі.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Виказати розуміння базових положень методики виконання розрахунків.

Добре (75 - 89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи та РГР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння більшості всіх положень методики виконання розрахунків.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати якісне розуміння всіх положень методики виконання розрахунків.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Перепечений В.О. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Електричні системи і мережі (для студентів денної та курсів заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ - Х.: ХНУМГ ім. О.М.Бекетова, 2018. – 39 с.
2. Електричні системи та мережі: Лабораторний практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В . Кирик, С.В . Казанський, Т.Л. Кацадзе, О.Б. Бесараб.
3. Силові кабелі. Збірник нормативних документів і методичні вказівки до їх використання при самостійному вивченні курсу «Кабельні та повітряні лінії електропередачі» (для студентів 4 курсу денної й 5 курсу заочної форм навчання напряму 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Є. Д . Дьяков. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 55 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.
2. Конюхова Є. А. Електропостачання об'єктів: Навч. посібник. - К: Видавництво «Майстерність», 2002.-320 з: іл.

Допоміжна

1. Кирик, В. В. Електричні мережі. Підручник [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. В. Кирик ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 5,84 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. - 281 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Держане підпріємство «Енергоринок» [Електронний ресурс] – Режим доступу http://www.er.energy.gov.ua
2. Національна енергетична компанія «Укренерго» [Електронний ресурс] – Режим доступу https://ua.energy
3. Національна комісія з регулювання в енергетиці [Електронний ресурс] – Режим доступу http://www.nerc.gov.ua
4. Сайт «Електричні мережі» [Електронний ресурс] – Режим доступу http://leg.co.ua/
5. Електроний журнал «Я - електрик» [Електронний ресурс] – Режим доступу http://electrolibrary.info/electrik.htm
6. Сайт «Електрик» [Електронний ресурс] – Режим доступу http://www.electrik.org/