

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ТА
ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Кафедра суднових електроенергетичних систем

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної
роботи



 С.О. Слободян

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні апарати»

Program of the Discipline
ELECTRIC APPLIANCES

рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни

обов'язкова
обов'язкова/вибіркова

мова викладання

українська
українська/англійська

Миколаїв – 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни Електричні апарати є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G Інженерія виробництва та будівництво, спеціальності G3 Електрична інженерія, освітня програма «Електромеханіка та електроенергетика».

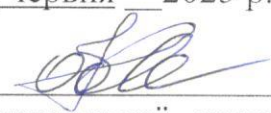
„03” червня 2025 року. - 23 с.

Розробник: Чекунов В.К., старший викладач кафедри СЕЕС.

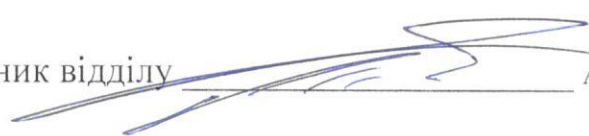
Розробник  Чекунов В.К., старший викладач кафедри СЕЕС
Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні апарати» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Електромеханіка та електроенергетика»,
Волянська Яна Богданівна, професор, доктор технічних наук.

Гарант  Я.Б. Волянська
Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні апарати» розглянуто на засіданні кафедри СЕЕС
Протокол № 11 від «17» червня 2025 р.

В.о. завідувача кафедри  А.В. Обрубов
Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні апарати» розглянуто методичною радою навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки
Протокол № 6 від «18» червня 2025 р.

Голова МР ННІАЕ  Д.О. Жук
Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні апарати» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу  А.В. Лабарткава

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні апарати» затверджена
Навчально-методичною радою НУК
Протокол № 6 від «25» червня 2025 р.

Голова НМР НУК  Сергій СЛОБОДЯН

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	16
7. Форми поточного та підсумкового контролю	16
8. Критерії оцінювання результатів навчання	18
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	22
10. Рекомендовані джерела інформації	22

Вступ

Анотація

Нормальне функціонування електроенергетичних систем можливо тільки при правильному виборі та експлуатації електричних апаратів.

До електричних апаратів відносяться електротехнічні пристрої, за допомогою яких здійснюється комутація, управління, регулювання, контроль і захист електричних ланцюгів і установок, а також управління, контроль і сигналізація при неелектричних процесах.

Електромеханіки повинні добре розбиратися в основах теорії електричних апаратів для швидкого виявлення аварійних режимів. За необхідними параметрами вибирати апарати і налаштовувати їх роботу.

Ключові слова: електричний апарат, захист, електрична дуга, електричні контакти, електродинамічні сили, електромагніт, запобіжник, контактор, автоматичний вимикач.

Abstract

The normal functioning of electrical systems is possible only with the correct selection and operation of electrical devices.

Electrical apparatuses include electrical devices with which switching, control, regulation, monitoring and protection of electrical circuits and installations are carried out, as well as control, monitoring and signaling in non-electrical processes.

Electro-mechanics should be well versed in the basics of the theory of electrical apparatus for the quick identification of emergency vehicles, according to the necessary parameters, select the vehicles and configure their operation.

Keywords: electrical apparatus, protection, electric arc, electrical contacts, electrodynamic forces, electromagnet, fuse, contactor, automatic air circuit breaker.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>G Інженерія виробництво та будівництво</u>	Обов'язкова	Обов'язкова
	Спеціальність: <u>G3 Електрична інженерія</u>		
Модулів – 1	Освітня програма: « <u>Електромеханіка та електроенергетика</u> »	Рік підготовки:	
Змістових модулів –2		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання «Аналіз способів та технічних рішень удосконалення електричних апаратів»		Семестр	
Загальна кількість годин - 150		4-й	4-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5		45 год.	10 год.
		Практичні	
		15 год.	4 год.
		Лабораторні	
	15 год.	4 год.	
	Самостійна робота		
	75 год.	132 год.	
Вид контролю: екзамен			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Електричні апарати» є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- **ЗК8.** Здатність працювати автономно.
- **СК3.** 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.
- **СК5.** Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.
- **СКс11.** Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.
- **СКс12.** Усвідомлення відповідальності та здатність до прийняття рішень у непередбачуваних та аварійних ситуаціях, пов'язаних з експлуатацією електричного та електронного обладнання.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Для засвоєння курсу "Електричні апарати" студент повинен перед тим вивчити такі дисципліни:

- вища математика: математичний аналіз; диференціальне та інтегральне числення; комплексний метод розрахунку;
- теоретичні основи електротехніки: закони повного струму, Ома, Кірхгофа, Максвела, електромагнітної індукції. Методи розрахунку електричних і магнітних ланцюгів – комплексний метод. Розрахунок перехідних процесів в електричних ланцюгах;
- електроматеріалознавство: магнітом'які та магнітотверді матеріали; ізоляційні матеріали, провідникові, напівпровідникові;
- метрологія та електричні вимірювання: методи та способи вимірювання напруги, струму, потужності, електричної енергії; електровимірювальні прилади.

Вхідний контроль знань студентів виконується на лекціях та лабораторних заняттях шляхом опиту студентів щодо вирішення технічних проблем та виявлення їх вміння використовувати теоретично та практично набути поняття.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- **ПРН1.** 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.
- **ПРН 3.** Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
- **ПРН5.** Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
- **ПРНс21.** Виконувати задачі з технічного обслуговування електрообладнання електричних станцій, підстанцій, систем та мереж, систем електропостачання і електромеханічних систем за допомогою відповідних інструкцій та практичних навичок.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Електричні апарати. Основи теорії

Змістовий модуль 1. Магнітні кола. Електромагніти. Електродинамічні сили. Електрична дуга. Теорія нагріву. Контактні з'єднання.

Тема 1. Визначення і класифікація апаратів. Магнітні кола.

Короткий історичний огляд розвитку і сучасного стану електроапаратобудівництва. Визначення і класифікація електричних апаратів. Галузі застосування електричної апаратури і її роль у комплексній автоматизації. Умови роботи електричних апаратів і вимоги, поставлені до них. Шляхи подальшого розвитку і використання електричних апаратів.

Закони магнітних кіл. Розрахунок магнітних кіл при постійному струмі без урахування потоків розсіювання. Розрахунок магнітних кіл при постійному струмі з урахуванням потоків розсіювання

Розрахунок магнітних кіл змінного струму

Тема 2. Електромагніти.

Електромагніти. Визначення та поняття. Класифікація. Статичні тягові характеристики електромагнітів при постійному і змінному струмі.

Електромагніти змінного струму. Динамічні характеристики електромагнітів. Час спрацьовування і час відпускання. Затримання та прискорення дії електромагніта

Постійні магніти. Визначення та поняття. Крива розмагнічування. Магнітна енергія і крива повернення. Поляризовані електромагнітні механізми. Класифікація. Розрахунок МРС котушок поляризованих електромагнітів.

Тема 3. Електродинамічні сили.

Електродинамічні сили. Визначення та поняття. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками круглого перерізу однакової і різної довжини. Електродинамічні сили між паралельними провідниками прямокутного перерізу.

Електродинамічні сили у вітку, між вітками. Електродинамічні сили при змінному струмі в однофазній та трьох фазній системах. Поняття про електродинамічні стійкості апаратів.

Тема 4. Електрична дуга.

Електрична дуга. Електрична дуга постійного струму і умови її гасіння. Статична і динамічна характеристика дуги. Енергія, яка виділяється у дузі при її гасінні.

Особливості горіння і гасіння дуги змінного струму. Засоби гасіння електричної дуги. Механічне розтягнення дуги. Гасіння дуги у магнітному полі у подовжніх щілинах, щільно зачинених камерах, у дугогасильних ґратах. Конструкції основних дугогасильних пристроїв та принцип їх дії.

Тема 5. Теорія нагріву.

Види віддачі тепла нагрітим тілом. Коефіцієнти додаткових витрат. Нагрівання і охолодження струмопроводів у тривалому, короткочасному і повторно-короткочасному режимі роботи. Нагрівання котушок.

Нагрівання струмопроводів при короткому замиканні. Термічна стійкість апаратів. Посередній метод визначення сталого перевищення температури. Гранично припустима температура нагріву струмопроводів і апаратів.

Тема 6. Контактні з'єднання.

Електричні контактні з'єднання. Визначення та поняття. Перехідний опір контакту. Нагрів контактних з'єднань. Конструктивні форми контактних систем. Ерозія та знос контактів. Вібрація контактів. Електродинамічні сили у контактах. Матеріали для контактів.

Змістовий модуль 2. Комутаційно-захисна апаратура. Апаратура управління електроприводами. Статичні апарати.

Тема 7. Комутаційні апарати. Захисні апарати. Комутаційно-захисні апарати.

Комутаційна апаратура. Рубильники і рубящі перемикачі. Технічні характеристики. Пакетні вимикачі і перемикачі. Призначення і класифікація.

Захисна апаратура. Запобіжник. Призначення, класифікація. Плавкі вставки. Типи запобіжників. Конструкція та їх технічні характеристики. Вибір запобіжників.

Тема 8. Опори. Реостати. Контактори. Реле. Комплектні апарати.

Опори. Призначення і класифікація. Елементи і ящики опорів. Типи опорів і їх технічні характеристики. Реостати. Призначення і класифікація. Типи пускових, пускорегулюючих реостатів і регуляторів збудження. Їх технічні характеристики. Схеми включення.

Контролери. Призначення і класифікація. Типи контролерів, їх схеми і технічні характеристики. Контактори. Призначення і класифікація. Серії контакторів постійного і змінного струму. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики.

Реле керування і захисту. Призначення і класифікація. Характеристики і параметри, характеризуючи роботу реле. Електромагнітні реле напруги, проміжні Реле часу. Призначення і класифікація. Електромагнітні, пневматичні, програмні реле часу.

Теплові реле. Призначення і класифікація. Серії теплових реле. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики. Реле, контролюючі неелектричні параметри. Командоапарати. Призначення і класифікація. Типи командоконтролерів, шляхових і кінцевих вимикачів, кнопок керування. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики.

Комплексні апарати і пристрої керування електроприводами. Призначення і класифікація. Магнітний пускач. Серії магнітних пускачів. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики. Комплексні пристрої керування. Типи, схеми включення і технічні характеристики

Тема 9. Магнітні підсилювачі. Реактори. Дроселі.

Однотактні МП з зовнішнім і внутрішнім зворотним зв'язком. Коефіцієнти підсилення і зворотного зв'язку. Статичні характеристики. Серії МП і їх технічні характеристики.

Реактори некеровані і керовані. Дроселі.

Тема 10. Безконтактні електричні апарати

Безконтактні електричні апарати. Напівпровідникові прилади. Прилади безконтактних апаратів на тиристорах

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.		л	п	лаб	с.р.
Модуль 1. Електричні апарати. Основи теорії										
Змістовий модуль 1. Магнітні кола.Електромагніти. Електродинамічні сили. Електрична дуга. Теорія нагріву. Контактні з’єднання.										
Тема 1. Визначення і класифікація апаратів. Магнітні кола.	17	6	2	1	8	15	1			14
Тема 2 Електромагніти.	18	6	2	2	8	17	1	2		14
Тема 3. Електродинамічні сили.	14	4	2	-	8	15	1			14
Тема 4. Електрична дуга.	14	4	2	-	8	15	1			14
Тема 5 Теорія нагріву.	15	4	2	-	9	15	1	2		12
Тема 6 Контактні з’єднання	12	2	-	2	8	13	1			12
Разом за змістовим модулем 1	90	26	10	5	49	90	6	4	-	80
Змістовий модуль 2. Комутаційно-захисна апаратура. Опори. Апаратура управління електроприводами. Статичні апарати.										
Тема 7. Комутаційні апарати. Захисні апарати. Комутаційно-захисні апарати.	18	6	2	2	8	17	1		2	14
Тема 8. Опори. Реостати. Контактори. Реле. Комплексні апарати.	25	10	2	4	9	19	1		2	16
Тема 9. Магнітні підсилювачі. Дроселі Реактори.	10	2	1	2	5	12	1			11
Тема 10. Безконтактні електричні апарати	7	1	-	2	4	12	1			11
Разом за змістовим модулем 2	60	19	5	10	26	60	4	-	4	52
Усього годин	150	45	15	15	75	150	10	4	4	132

Теми лекцій змістових модулів

№ з/п	Назва лекції	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Короткий історичний огляд розвитку і сучасного стану електро-апаратобудівництва. Визначення і класифікація електричних апаратів. Галузі застосування електричної апаратури і її роль у комплексній автоматизації. Умови роботи електричних апаратів і вимоги, поставлені до них. Шляхи подальшого розвитку і використання електричних апаратів	2	1
2	Закони магнітних кіл. Розрахунок магнітних кіл при постійному струмі без урахування потоків розсіювання. Розрахунок магнітних кіл при постійному струмі з урахуванням потоків розсіювання	2	
3	Розрахунок магнітних кіл змінного струму	2	
4	Електромагніти. Визначення та поняття. Класифікація. Статичні тягові характеристики електромагнітів при постійному і змінному струмі	2	1
5	Електромагніти змінного струму. Динамічні характеристики електромагнітів. Час спрацьовування і час відпускання. Затримання та прискорення дії електромагніта	2	
6	Постійні магніти. Визначення та поняття. Крива розмагнічування. Магнітна енергія і крива повернення. Поляризовані електромагнітні механізми. Класифікація. Розрахунок МРС котушок поляризованих електромагнітів	2	
7	Електродинамічні сили. Визначення та поняття. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками круглого перерізу однакової і різної довжини. Електродинамічні сили між паралельними провідниками прямокутного перерізу	2	1
8	Електродинамічні сили у вітку, між вітками. Електродинамічні сили при змінному струмі в однофазній та трьох фазній системах. Поняття про електродинамічні стійкості апаратів	2	
9	Електрична дуга. Електрична дуга постійного струму і умови її гасіння. Статична і динамічна характеристика дуги. Енергія, яка виділяється у дузі при її гасінні	2	1
10	Особливості горіння і гасіння дуги змінного струму. Засоби гасіння електричної дуги. Механічне розтягнення дуги. Гасіння дуги у магнітному полі у подовжніх щілинах, щільно зачинених камерах, у дугогасильних ґратах. Конструкції основних дугогасильних пристроїв та принцип їх дії	2	
11	Види віддачі тепла нагрітим тілом. Коефіцієнти додаткових витрат. Нагрівання і охолодження струмопроводів у тривалому, короткочасному і повторно-короткочасному режимі роботи. Нагрівання котушок	2	1
12	Нагрівання струмопроводів при короткому замиканні. Термічна стійкість апаратів. Посередній метод визначення сталого перевищення температури. Гранично припустима температура нагріву струмопроводів і апаратів	2	

13	Електричні контактні з'єднання. Визначення та поняття. Перехідний опір контакту. Нагрів контактних з'єднань. Конструктивні форми контактних систем. Ерозія та знос контактів. Вібрація контактів. Електродинамічні сили у контактах. Матеріали для контактів	2	
14	Комутаційна апаратура. Рубильники і рубящі перемикачі. Технічні характеристики. Paketні вимикачі і перемикачі. Призначення і класифікація	2	
15	Захисна апаратура. Запобіжник. Призначення, класифікація. Плавкі вставки. Типи запобіжників. Конструкція та їх технічні характеристики. Вибір запобіжників.	2	1
16	Автоматичні повітряні вимикачі. Призначення і класифікація. Конструктивні елементи автоматів. Серії автоматичних вимикачів, та їх технічні характеристики. Вибір автоматів	2	1
17	Опори. Призначення і класифікація. Елементи і ящики опорів. Типи опорів і їх технічні характеристики. Реостати. Призначення і класифікація. Типи пускових, пускорегулюючих реостатів і регуляторів збудження. Їх технічні характеристики. Схеми включення.	2	
18	Контролери. Призначення і класифікація. Типи контролерів, їх схеми і технічні характеристики. Контактори. Призначення і класифікація. Серії контакторів постійного і змінного струму. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики.	2	1
19	Реле керування і захисту. Призначення і класифікація. Характеристики і параметри, характеризуючи роботу реле. Електромагнітні реле напруги, проміжні Реле часу. Призначення і класифікація. Електромагнітні, пневматичні, програмні реле часу	2	
20	Теплові реле. Призначення і класифікація. Серії теплових реле. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики. Реле, контролюючі неелектричні параметри. Командоапарати. Призначення і класифікація. Типи командоконтролерів, шляхових і кінцевих вимикачів, кнопок керування. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики	2	
21	Комплексні апарати і пристрої керування електроприводами. Призначення і класифікація. Магнітний пускач. Серії магнітних пускачів. Їх конструкція, схеми включення і технічні характеристики. Комплексні пристрої керування. Типи, схеми включення і технічні характеристики	2	
22	Магнітні підсилювачі. Призначення і класифікація. Принцип роботи магнітного підсилювача (МП). Схеми включення робочих обмоток і керування. Конструктивні варіанти магнітних підсилювачів. Фізичні процеси в ідеальному МП. Коефіцієнти підсилення. Інерційність МП. Постійна часу. Добротність. Однотактні МП. Обмотки зміщення	1	1
23	Однотактні МП з зовнішнім і внутрішнім зворотним зв'язком. Коефіцієнти підсилення і зворотного зв'язку. Статичні характеристики. Серії МП і їх технічні характеристики. Реактори некеровані і керовані. Дроселі.	1	
24	Безконтактні електричні апарати. Напівпровідникові прилади. Прилади безконтактних апаратів на тиристорах	1	1
Разом		45	10

** За заочною формою проводяться оглядові лекції*

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Розрахунок магнітних кіл	2	
2	Електромагніти. Тягове зусилля.	2	2
3	Практичні розрахунки електродинамічних сил	2	
4	Розрахунок нагріву струмопроводів	2	2
5	Розрахунки умов гасіння дуги	2	
6	Вибір автоматичних повітряних вимикачів і запобіжників	2	
7	Вибір апаратів управління електроприводами	2	
8	Схеми включення електричних апаратів	1	
	Разом	15	4

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Дослідження реле зворотної потужності. *	2	
2	Дослідження автоматичного повітряного вимикача.	2	2
3	Дослідження електромагнітного і пневматичного реле часу.	2	
4	Дослідження контактора постійного струму.	2	
5	Дослідження магнітного пускача змінного струму.	2	2
6	Дослідження нереверсивного магнітного підсилювача з зовнішнім зворотнім зв'язком.	2	
7	Дослідження нереверсивного магнітного підсилювача з внутрішнім зворотнім зв'язком.	2	
8	Реостат постійного струму.	2	
9	Пристрій захисного відключення.	2	
10	Програмні реле SIMENS LOGO	2	
11	Підсумкове заняття. Захист лабораторних робіт	1	
	Разом	15	4

* - загальна кількість лабораторних робіт за семестр до 7.

Самостійна робота

Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних занять; самостійне поглиблення знання за темами дисципліни; підготовку та оформлення лабораторних робіт; підготовку до трьох поточних модульних контролів; підготовку до екзамену.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – **0,5 год/1 год. занять (1 година на 1 лекцію);**
- підготовка до практичних занять – **1-2 год/1 заняття;**
- підготовка до лабораторних робіт – **2-3 год/1 робота;**
- підготовка до екзамену – (15-30) год. на 1 захід.

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	23	104
2	Підготовка до лабораторних робіт	16	4
3	Підготовка до практичних робіт	16	4
4	Підготовка до екзамену	20	20
	Разом	75	132

Індивідуальні завдання

Теми рефератів та їх зміст

Теми рефератів даються кожному студенту по всіх темах, що вивчаються, дисципліни. Теми рефератів деталізуються по конкретних групах апаратів, що вивчаються, наприклад, “Магнітні пускачи. Типи, характеристики, Особливості використання “. В рефераті повинні бути висвітлені наступні питання:

- Загальна характеристика апаратів. Їх області використання.
- Фірми, які виготовляють апарати. Приклади апаратів, що виготовляються різними фірмами.
- Характеристики і параметри апаратів. Порівняння характеристик апаратів різних фірм.
- Схеми включення апаратів і режими роботи.
- Особливості вибору апаратів.

Як індивідуальне завдання для самостійного вивчення даються такі питання розділів:

- Шляхи подальшого розвитку і використання електричних апаратів.
- Затримання та прискорення дії електромагніта
- Електродинамічні сили у вітку, між вітками.
- Нагрівання котушок.
- Посередній метод визначення сталого перевищення температури.
- Електромагнітні реле напруги, проміжні.
- Реле, контролюючі неелектричні параметри.
- Командоапарати.
- Двотактні магнітні підсилювачі. Схема включення на постійному і змінному струмі.

- Робота магнітного підсилювача у релейному режимі.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання можуть бути:

- екзамени;
- стандартизовані тести;
- практичні роботи;
- завдання на лабораторному обладнанні.

Важливою особливістю вивчення матеріалу є обов'язкова і строга послідовність, оскільки теоретичний матеріал викладається в постійному розвитку і тісному взаємозв'язку з попередніми розділами і темами. Обов'язковою умовою також повинно бути постійне закріплення теоретичного матеріалу при виконанні і захисті лабораторних робіт.

З метою роз'яснювання найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання індивідуального завдання слід проводити групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час проведення контрольних заходів рівень засвоєння матеріалу змістового модуля оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи (МКР) та захисту лабораторних робіт.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати від 60 балів. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Питома вага заключного іспиту в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний іспит дається студенту, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного іспиту набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному/лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на семінарських заняттях та

набутих практичних навичок під час виконання завдань лабораторних/практичних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Лабораторна робота	Критерії оцінювання
3	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
2,5	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
1,5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 18 балів (6 роботи по 3 балів)</i>

Практичні роботи	Критерії оцінювання
3	Робота виконана у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
3,5	Робота виконана самостійно з порушенням встановлених термінів. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент наводить потрібні формули. Розв'язує задачу користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки
1	Студент складає скорочену умову задачі, робить обчислення лише за готовою формулою.
0	Студент не розв'язує задачі.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 18 балів (6 робіт по 3 балів).</i>

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Кількість балів	12	10,8	9,6	8,4	7,2	6,0	4,8	3,6	2,4	1,2
Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 24 бала (2 теста по 12 балів).										

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	Т1-Т6	Практичні роботи №1-4	12	Практичні роботи №2,4	6
		Лабораторні роботи №1-2	6	Лабораторні роботи №1-3	
ЗМ2	Т7-Т10	Практичні роботи № 5-6	6	Практичні роботи	
		Лабораторні роботи №3-6	12	Лабораторні роботи №2,5	6
ЗМ1	Т1-Т6	Тестування	12	Тестування	20
ЗМ2	Т7-Т10	Тестування	12	Тестування	20
		Екзамен	40	Екзамен	40
ПМК		Виконання домашньої контрольної роботи	-	Виконання домашньої контрольної роботи	8
Сума			100		100

Критерії оцінювання екзамену

Екзамен проводиться згідно з білетами.

Склад одного білета: 3 теоретичних питання та 1 практичне завдання

Бали за відповідь на 1 питання білета	Критерій оцінювання
10	Студент вільно володіє матеріалом, знає будову та принцип роботи типових систем цифрового та дискретного керування устаткуванням, вміє провести вибір та розрахунки елементів, скласти функціональну та принципову схеми, блок-схеми алгоритмів та фрагменти програм керування.
8	студент знає принцип роботи типових систем керування, орієнтується у конструкції їх елементів, вміє провести розрахунки елементів, скласти функціональну та принципову схеми системи керування, блок-схеми алгоритмів її роботи

5	студент має уявлення про принципи роботи найбільш розповсюджених цифрових та дискретних систем керування устаткуванням, орієнтується в конструкції елементів систем керування, вміє скласти функціональну схему, вибрати склад обладнання для заданої системи керування
0	студент має знання та вміння нижче визначеного рівня

Питання для поточного та підсумкового контролю

Змістовний модуль 1.

1. Проаналізувати вимоги, запропоновані до електричних апаратів.
2. Порівняти різні розрахунки магнітних ланцюгів електричних апаратів постійного струму без обліку потоків розсіювання.
3. Порівняти різні методи розрахунку магнітних ланцюгів електричних апаратів постійного струму з обліком потоків розсіювання.
4. Проаналізувати вигляд динамічних характеристик електромагнітів при спрацьовуванні й одержати формулу визначення часу торкання при спрацьовуванні та відпусканні.
5. Порівняти різні методи розрахунку тягового зусилля електромагніта.
6. Проаналізувати вплив насичення магнітного ланцюга на методику розрахунку тягового зусилля електромагніта.
7. Обґрунтувати необхідність коротко замкненого витка на полюсі електромагніта змінного струму.
8. Проаналізувати різні варіанти уповільнення і прискорення дії електромагнітів.
9. Проаналізувати способи зміни коефіцієнта повернення електромагнітних апаратів постійного струму.
10. Показати особливості розрахунку магнітних ланцюгів із постійними магнітами (положення робочої крапки на кривій розмагнічування, енергія, криві повернення, коефіцієнт повернення постійного магніту).
11. Визначити в загальному вигляді залежність струму спрацьовування (у робочій обмотці) поляризованого механізму від величини повітряного зазору.
12. Порівняти різні методи розрахунку тягового зусилля електромагніта.
13. Порівняти методи розрахунку електродинамічних сил.
14. Узагальнити способи визначення електродинамічних сил для рівнобіжних провідників різної довжини.
15. Порівняти результати визначення електродинамічних сил рівнобіжних провідників різної довжини.
16. Порівняти визначення електродинамічних сил для провідників прямокутного перерізу, розташованих горизонтально і вертикально.
17. Порівняти електродинамічні сили, що діють на круглі провідники різних радіусів.

18. Проаналізувати особливості розрахунку електродинамічних сил при короткому замиканні в ланцюгах змінного струму.
19. Визначити максимальне значення сили, що діє при трифазному змінному струмі.
20. Обґрунтувати вибір електричних апаратів із погляду електродинамічної стійкості.
21. Порівняти умови гасіння дуги постійного і змінного струму.
22. Проаналізувати параметри контактного з'єднання контактора постійного струму.
23. Порівняти різні види віддачі тепла нагрітим тілом.
24. Обґрунтувати можливість підвищення струму у провіднику при короткочасному навантаженні в порівнянні з тривалим режимом.
25. Обґрунтувати можливість підвищення струму в провіднику при повторно-короткочасному навантаженні в порівнянні з тривалим режимом.
26. Проаналізувати нагрів провідників (або окремих частин апаратів) при короткому замиканні.
27. Обґрунтувати вибір суднових електричних апаратів із погляду термічної стійкості.
28. Дати оцінку різним виглядам конструкцій рухливих контактів.
29. Визначити вплив матеріалу контакту на величину перехідного опору.
30. Проаналізувати параметри контактного з'єднання контактора постійного струму.

Змістовний модуль 2.

31. Порівняти галузь застосування різних комутаційних апаратів.
32. Проаналізувати галузь застосування автоматичних повітряних вимикачів (автоматів).
33. Порівняти конструкцію окремих вузлів, параметри і характеристики автоматів різних типів.
34. Порівняти параметри і характеристики різних типів автоматів, по яких здійснюється їх вибір.
35. Проаналізувати можливості налагодження автоматичного повітряного вимикача.
36. Обґрунтувати необхідність застосування запобіжників.
37. Порівняти параметри і характеристики запобіжників, по яких здійснюється їхній вибір.
38. Проаналізувати різні способи зниження теплового навантаження на запобіжники.
39. Обґрунтувати вибір апаратів для захисту генераторів змінного струму від переходу їх у руховий режим.
40. Проаналізувати можливості налагодження реле зворотної потужності.
41. Обґрунтувати необхідність витримки часу і зміни витримки часу, уставки на потужність спрацювання реле зворотної потужності.

42. Проаналізувати можливості налагодження електромагнітного реле часу.
43. Проаналізувати вигляд тягової характеристики контактора постійного струму й особливості узгодження з протидіючою характеристикою.
44. Порівняти галузь застосування лінійних контакторів і контакторів прискорення.
45. Дати оцінку параметрам і характеристикам резисторів і реостатів, по яких здійснюється їхній вибір.
46. Обґрунтувати особливості схеми включення котушки магнітного пускача, працюючого у важких умовах (із живленням постійним струмом).
47. Проаналізувати режими роботи магнітного пускача.
48. Порівняти особливості конструкції контакторів постійного і змінного струму.
49. Дати оцінку різним режимам роботи пускових реостатів.
50. Проаналізувати різні режими роботи пуско-регулюючих реостатів.
51. Обґрунтувати необхідність налагодження контактора пускового реостата.
52. Обґрунтувати необхідність налагодження максимального реле пускового реостата.
53. Обґрунтувати галузь застосування магнітних пускачів. Дати аналіз конструкції. Скласти схему включення асинхронного двигуна за допомогою магнітного пускача.
54. Проаналізувати способи зміни часу спрацьовування і відпускання електромагнітних апаратів постійного струму.
55. Порівняти різні реле керування і захисту.
56. Обґрунтувати застосування теплових реле. Дати аналіз конструкції.
57. Обґрунтувати галузь застосування реле часу. Дати аналіз конструкції.
58. Дати оцінку впливу величини і напрямки струму в обмотці зсуву на статичну характеристику магнітного підсилювача.
59. Дати оцінку використанню позитивного і негативного зворотного зв'язку у схемі магнітного підсилювача.
60. Порівняти особливості реалізації зовнішнього позитивного і негативного зворотного зв'язку магнітного підсилювача.
61. Проаналізувати вплив знака зворотного зв'язку на характеристику магнітного підсилювача.
62. Проаналізувати вплив зовнішнього зворотного зв'язку на характеристики параметри магнітного підсилювача.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82-89	B
74-81	C
64-73	D
60-63	E
35-59	FX
0-34	F

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

На лекційних заняттях використовуються технічні засоби, а саме: комп'ютер та наочні матеріали.

На практичних та лабораторних заняттях студенти використовують:

1. Спеціалізовані стенди №1, №2 і №3 з конструкцій активної і конструктивної частин електричних апаратів лабораторії ЕА (лаб.№409).
2. Дослідно-навчальні стенди з лабораторних робіт №1 –№10 лабораторії ЕА кафедри СЕЕС (лаб.№409).
3. Спеціалізовані плакати №1–№5 лабораторії ЕА кафедри СЕЕС.
4. Зразки та каталоги існуючих типів контактних і статичних ЕА.
5. Персональні комп'ютери кафедри СЕЕС (лаб.№15).
6. Мультимедійне обладнання кафедри СЕЕС (лаб.№15 або №26).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
2. Електричні апарати. Низьковольтна апаратура розподілу, керування та захисту. Хай М. В., Бурштинський М. В., Харчишин Б. М. Підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. - 480 с
3. Кисельов М. І. Конспект лекцій із дисципліни «Електричні апарати» / М. І. Кисельов, В. М. Фатєєв; Харк. нац. акад. міськ. госп–ва. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 84 с.
4. Електричні апарати / І. Л. Лебединський, І. І. Борзенков. – Суми : Сумський державний університет, 2020.

5. Чекунов В.К. Конспект лекцій з дисципліни «Електричні апарати»:– Миколаїв: ННІАЕ НУК, 2024. – 161 с

Допоміжна література

1. Чекунов В.К. Електричні апарати. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 43 с.

2. Чекунов В.К., Александровський С.Ю., Бандура С.І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Електричні апарати».- Миколаїв: НУК, 2009 – 24 с.

3. Чекунов В.К., Новогрецький С.М. Індивідуальний комплект навчально-методичних матеріалів з дисципліни «Електричні апарати»: Методичні вказівки. – Миколаїв: ІЗДО НУК, 2006. – 61 с.

Інформаційні ресурси

1. Періодичний науково-практичний журнал „Електротехніка і електромеханіка”. ISSN2074–227X (<http://www.kpi.kharkiv.edu/eie/>).

2. Періодичний науково-технічний журнал „Технічна електродинаміка”. ISSN1607–7970 (<http://www.techned.org.ua>).

3. Періодичний науково-технічний журнал „Електротехнічні та комп’ютерні системи”. ISSN2221–3805 (www.etks.opu.ua).