

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра суднових електроенергетичних систем

T7215



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи
[Signature] С.О. Слободян

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Electric Machines

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський)

тип дисципліни _____ обов'язкова

мова(и) викладання _____ українська

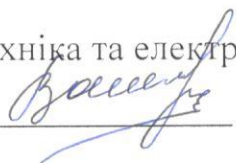
Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань Г «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності G3 «Електрична інженерія», освітня програма «Електротехніка та електротехнології».

"15" червня 2025 року. – 23 с.

Розробник: Ставинський Р.А., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри СЕЕС.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні машини» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Електротехніка та електротехнології»,

 О.Г. Васильєв

Проект робочої програми дисципліни «Електричні машини» розглянуто на засіданні кафедри суднових електроенергетичних систем.

Протокол № 11 від «17» червня 2025 р.

Завідувач кафедри СЕЕС

 А.В. Обрубов

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні машини» 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 машини» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу

 А.В. Лабарткава

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 6 від «25» червня 2025 р.

Голова НМР НУК

 С.О. Слободян

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни	6
6. Засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування	15
7. Форми поточного та підсумкового контролю	15
8. Критерії оцінювання результатів навчання	17
9. Засоби навчання	19
10. Рекомендовані джерела інформації	19
Додатки.....	21

ВСТУП

Анотація

Програма підготовки студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G3 «Електрична інженерія» передбачає тісну взаємодію студентів та випускників з судновими та загальнопромисловими електромеханічними системами, основою яких є електричні машини. Дисципліна "Електричні машини" є невід'ємним складником формування професійної компетентності здобувачів вищої освіти. Програма курсу розрахована на студентів, які раніше вивчали курси фізики та теоретичні основи електротехніки.

Курс електричних машин відноситься до циклу професійної підготовки та входить до нормативних навчальних дисциплін. Він охоплює наступні розділи: загальні питання теорії електричних машин; машини постійного струму; трансформатори; асинхронні машини; синхронні машини.

Ключові слова: електричні машини; електромеханіка; електродвигуни, генератори; трансформатори.

Summary

The training program for students of the first (bachelor's) level of higher education in specialization J5.03 "Operation of ship electrical equipment and automation means" involves close interaction of students and graduates with ship electromechanical systems, the basis of which are electric machines. The discipline "Electric Machines" is an integral part of the formation of professional competence of higher education applicants. The course program is designed for students who have previously studied physics courses and theoretical fundamentals of electrical engineering.

The course of electric machines belongs to the cycle of vocational training and is included in the normative educational disciplines. It covers the following sections: general questions about the theory of electric machines; DC machines; transformers; asynchronous machines; synchronous machines.

Keywords: electric machines; electromechanics; electric motors, generators; transformers.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 11	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»	Обов'язкова	Обов'язкова
Модулів – 3		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 6		3-й	3-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету T7215	Спеціальність G3 «Електрична інженерія» Освітня програма «Електротехніка та електротехнології»	Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: курсовий проект (КП)		5-й, 6-й	5-й, 6-й
		Лекцій	
		60 год.	24 год.
Загальна кількість годин – 330		Практичні, семінарські	
		45 год.	14 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4/5; самостійної роботи студента – 4/9;	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лабораторні	
		30 год.	20 год.
		Самостійна робота	
		180 год.	272 год.
		Індивідуальні завдання	
		90 год.	90 год.
	Вид контролю: 5 – екзамен; 6 – екзамен, захист КП		
Форма контролю: комбінована			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Під час вивчення дисципліни студент повинен оволодіти основами теорії електричних машин (ЕМ), тобто знаннями фізичних властивостей, засобів створення і розподілу у ЕМ магнітного поля (МП) та математичного опису процесів електромеханічного та електромагнітного перетворення енергії, конструктивно-технологічних особливостей та практичних розрахунків електромеханічних та статичних індукційних перетворювачів.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Електричні машини» є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей.

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ФК5. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

ФК7. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення електричних машин є дисципліни: вища математика; фізика; теоретичні основи електротехніки.

4. Очікувані результати навчання

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

ПРН3. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН 7. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПРН 9. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПРН 10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії електричних машин (ЕМ).

Тема 1. Терміни і визначення, конструктивні виконання ЕМ. [2, с. 13 – 28]
Визначення науки „Електромеханіка” і терміну ЕМ, класифікації ЕМ за призначенням, принципом дії, потужністю, частотою обертання. Поняття активної і конструктивної частин та магнітного кола, різновиди магнітних кіл ЕМ.

Поняття і обґрунтування формули МРС ЕМ. Розподіл та гармонічний склад МРС у просторі (робочому зазорі) ЕМ при живленні обмотки постійним і змінним струмом.

Тема 2. Перетворення енергії в ЕМ Особливості створення і розподілу магнітного поля (МП) ЕМ. [1, с. 12 – 17, 215 – 219]

Обґрунтування способу отримання і гармонійного складу обертової МРС ЕМ з двохфазною згуртованою обмоткою. Обґрунтування способу отримання і гармонійного складу обертової МРС ЕМ з трифазною згуртованою обмоткою.

Обґрунтування методу розрахунку МП на основі поняття питомої провідності робочого зазору ЕМ. Аналіз та облік впливу зубчатості активних поверхонь і насичення магнітного кола на структуру та інтенсивність МП. Визначення понять головного МП і МП розсіяння, складові МП розсіяння та параметри ЕМ. Поняття електромагнітних навантажень ЕМ. Обґрунтування зв'язку потужності, електромагнітних навантажень і головних розмірів ЕМ. Метод та порядок розрахунку магнітного кола обертових ЕМ. Метод та порядок розрахунку магнітного кола статичних ЕМ.

Змістовий модуль 2. Колекторні ЕМ постійного струму (КМПС).

Тема 3. Загальні питання теорії КМПС. [1, с. 18 – 69]

Особливості будови колекторних електромашин, призначення і будова колектора, типи та особливості обмоток якоря.

Обґрунтування особливостей розподілу МП збудження, МП якоря і МП режиму навантаження, визначення поняття реакції якоря і аналіз впливу конструктивних чинників на розподіл МП КМПС (компенсаційна обмотка, зсув щіток, нерівномірність зазору).

Обґрунтування формули електрорушійної сили (ЕРС) якоря і електромагнітного моменту (ЕММ) КМПС, зубцеві пульсації ЕРС та послаблення їх впливу. Рівняння, втрати енергії та енергетичні діаграми роботи колекторної ЕМ на режимах генератора і двигуна.

Визначення процесу, обґрунтування та рішення рівняння ЕРС секцій обмотки якоря в режимі комутації. Аналіз варіантів режиму комутації та їх вплив на надійність ЕМ.

Обґрунтування способів та технічних рішень поліпшення умов комутації. Експериментальна перевірка процесу комутації.

Тема 4. Особливості і характеристики колекторних електрогенераторів. [1, с. 69 – 81]

Обґрунтування і аналіз характеристик генератора незалежного збудження. Обґрунтування поняття і використання характеристичного трикутника.

Умови і перехідний процес самозбудження, особливості генераторів з паралельним і послідовним самозбудженням.

Умови стійкої автономної та паралельної роботи генераторів, особливості генераторів змішаного збудження.

Тема 5. Особливості і характеристики колекторних електродвигунів. [1, с. 82 - 95]

Обґрунтування функціональних залежностей швидкісної і механічної характеристик двигунів паралельного, послідовного і змішаного збудження.

Обґрунтування умов стійкої роботи, вигляду графічних залежностей і особливостей робочих характеристик колекторних двигунів постійного струму. Обґрунтування способів пуску колекторних двигунів постійного струму.

Обґрунтування і аналіз способів і границь регулювання частоти обертання колекторних двигунів.

Змістовий модуль 3. Особливості і характеристики трансформаторів.

Тема 6. Математична модель, заступна схема і характеристики трансформатора. [1, с. 105 – 152]

Принцип дії, структурні схеми і конструктивні різновиди магнітопроводів і обмоток одно і трифазних трансформаторів.

Аналіз режимів неробочого руху і навантаження та обґрунтування виразу ЕРС обмотки, рівнянь МРС і струмів електромагнітних кіл трансформатора.

Обґрунтування особливостей гармонічного складу, виразів активної і реактивної складових частин та діючого значення струму неробочого руху.

Система рівнянь трансформатора у диференційній формі та обґрунтування вказаної системи рівнянь в комплексній формі, приведення вторинної обмотки до первинної. Перетворення чотириполосника трансформатора в електричні заступні схеми ідеального і реального трансформатора.

Заступні схеми, параметри і векторні діаграми режимів навантаження, неробочого руху та короткого замикання трансформатора. Експериментальне визначення параметрів заступних схем трансформатора.

Обґрунтування практичної формули зміни вторинної напруги та зовнішніх характеристик трансформатора. Втрати потужності, енергетична діаграма та обґрунтування практичного виразу та умови максимуму коефіцієнту корисної дії трансформатора та інших типів ЕМ.

Схеми і групи з'єднань обмоток, особливості трансформації трифазного струму. Аналіз впливу схеми з'єднань обмотки та конструктивних особливостей магнітопровода на гармонічний склад ЕРС і додаткові втрати трансформатора.

Аналіз умов паралельної роботи трансформаторів і можливих наслідків їх невиконання. Регулювання напруги розподільних трансформаторів.

Тема 7. Трифазні і спеціальні виконання, паралельні, перехідні і несиметричні режими роботи трансформаторів. [1, с. 152 – 208]

Метод розрахунку і аналіз особливостей несиметричних режимів навантаження у залежності від схем з'єднань обмоток.

Рівняння електромагнітного процесу, аналіз особливостей триобмоткового трифазного трансформатора. Рівняння електромагнітного процесу та аналіз особливостей одно і трифазного автотрансформатора.

Атмосферні перенапруги і ємкісний захист трансформатора. Аналіз, рішення рівняння та облік можливих наслідків перехідного процесу короткого замикання трансформатора. Аналіз, рішення рівняння та облік наслідків перехідного процесу включення трансформатора на режим неробочого руху.

Модуль 2

Змістовий модуль 4. Технічні рішення наближення розподілу МП ЕМ до синусоїди, конструкції і параметри ЕМ змінного струму.

Тема 8. Конструкції активної частини, способи і конструкторсько-технологічні рішення поліпшення структур магніторушійних сил, МП та електрорушійних сил, параметри обмоток змінного струму. [1, с. 220 – 276]

Конструктивні різновиди АМ і СМ за типом ротора. Конструктивні і схемотехнічні рішення систем збудження СМ. Обґрунтування способу наближення розподілу МРС і структури ЕРС до синусоїди розподілом обмотки у просторі та зкороченням кроку витків секцій обмотки. Вплив скошу пазів та зсуву секцій магнітопровода на структуру ЕРС. Складові частини виразу обмоткового коефіцієнту.

Різновиди пазів магнітопровода, зубцові гармоніки МРС і ЕРС, аналіз типів і конструктивних особливостей, метод та приклади складання практичних схем розподілених обмоток ЕМ.

Обґрунтування виразів ЕРС витка, котушки, фази обмотки. Обґрунтування виразу головної індуктивності та складові виразу індуктивності розсіяння фази і обмотки ЕМ змінного струму з рівномірним робочим зазором.

Змістовий модуль 5. Особливості і характеристики асинхронних машин (АМ).

Тема 9. Математична модель, заступні схеми режимів роботи і електромеханічні характеристики АМ. [1, с. 277 – 300]

Режими реального і ідеального неробочого руху, принцип дії і режим навантаження АМ. Поняття ковзання і залежність частоти ЕРС і індуктивного опору ротора від ковзання. Рівняння і векторні діаграми МРС і струмів АМ.

Рівняння напруг і ЕРС, векторні діаграми первинного і вторинного електричних кіл АМ. Особливості МП і структури ЕРС ротора, зв'язок ЕРС взаємної індукції з намагнічувальним струмом АМ.

Обґрунтування загального аналітичного виразу електромагнітної потужності і ЕММ ЕМ. Зв'язок електромагнітної потужності АМ і потужності електричних втрат обмотки ротора. Обґрунтування віртуальної заміни обертового ротора АМ нерухомим ротором, приведення параметрів вторинної обмотки до первинної обмотки і перетворення рівняння вторинного кола АМ.

Система рівнянь, обґрунтування Т-подібної заступної схеми АМ. Перетворення Т-подібної схеми в Г-подібну заступну схему. Аналітичне і графічне тлумачення комплексного коефіцієнта перетворення заступної схеми АМ.

Тема 10. Особливості режимів роботи, пуск і регулювання АМ. [1, с. 300 - 351]

Обґрунтування практичного виразу залежностей струму і ЕММ АМ від ковзання і параметрів, електромеханічні характеристики і режими роботи АМ. Визначення особливостей, енергетичні і векторні діаграми роботи АМ в режимах двигуна, генератора і електромагнітного гальма.

Механічна характеристика, стійка робота і показники пускових і навантажувальних властивостей АД. Вплив на механічну характеристику додаткових ЕММ від вищих гармонік МП. Асинхронні і синхронні додаткові ЕММ та вібраційні сили, засоби їх обмеження.

Засоби пуску потужних АД з короткозамкненим і фазним ротором. АД з поліпшеними пусковими характеристиками. Обґрунтування способів плавного і східчастого регулювання частоти обертання АД. Принципові схеми електро-механічних систем регулювання різновидів АД. Робочі і пускові характеристики АД.

Змістовий модуль 6. Особливості і характеристики синхронних машин (СМ).

Тема 11. Особливості конструкції, електромагнітних процесів СМ, математична модель та основні рівняння СМ. Характеристики автономної роботи синхронного генератора. [1, с. 381 – 426]

Конструктивні рішення забезпечення форми кривої МП збудження і ЕРС неробочого руху СМ, обґрунтування виразу магнітного потоку збудження. Характеристика неробочого руху та коефіцієнт розсіяння МП збудження. Обґрунтування методу двох реакцій і понять подовжнього і поперечного струмів статора явнополюсної СМ.

Аналіз розподілу індукції і обґрунтування коефіцієнтів форми МП подовжньої і поперечної реакції якоря. Визначення МП і ЕРС зазору, індуктивних опорів реакції якоря і синхронних індуктивних опорів СМ.

Рівняння напруги і ЕРС, векторні діаграми різновидів СМ. Приведення МРС і струму якоря до обмотки збудження, визначення струму збудження під навантаженням з урахуванням насичення магнітного кола СМ.

Характеристики режиму автономної роботи СМ (зовнішня, регульовальна і навантажувальна). Експериментальне визначення синхронного індуктивного опору і індуктивного опору розсіяння СМ по характеристикам неробочого руху, короткого замикання та навантаження.

Тема 12. Паралельні і перехідні режими СМ. [1, с. 426 – 461]

Умови та способи включення СМ на паралельну роботу, призначення опору погашення МП. Визначення та обґрунтування синхронних режимів та спрощені векторні діаграми паралельної роботи СМ з електроенергетичною системою. Обґрунтування виразів електромагнітної потужності і ЕММ СМ. Кутові характеристики активної і реактивної потужностей СМ. Аналіз переваг і недоліків та обґрунтування векторної діаграми, особливостей і способів пуску СД. Відображення режимів роботи СМ на $V(U)$ -подібних характеристиках.

Перехідні процеси коливань ротора, статична і динамічна стійкість СМ. Особливості роботи СГ при несиметричному навантаженні. Аналіз фізичного процесу і зміни струмів електричних кіл СМ при короткому замиканні. Вигляд варіантів заступної схеми та зміна параметрів у залежності від стадії перехідного процесу короткого замикання СМ.

Конструктивні виконання, нагрів і охолодження, методи теплових розрахунків рухомих і статичних ЕМ. Способи зниження питомої і технологічної

матеріаломісності ЕМ, сучасний стан теорії і практики та напрямки розвитку електромеханіки.

Модуль 3

Індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ): КП на тему: «Проектування електромеханічного перетворювача енергії» – [3] (додаток 1).

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Денна форма						Заочна форма					
	Кількість годин											
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	л		п	лаб	інд	с.р	
Модуль 1 (М1)												
Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії ЕМ												
Тема 1. Терміни і визначення, конструктивні виконання ЕМ.	9	2	1	–	–	6	11	1	–	–	–	10
Тема 2. Перетворення енергії в ЕМ. Особливості створення і розподілу МП ЕМ.	13	2	2	1	–	8	21	1	–	–	–	20
Разом за змістовим модулем 1	22	4	3	1	–	14	32	2	–	–	–	30
Змістовий модуль 2. Колекторні ЕМ постійного струму (КМПС)												
Тема 3. Загальні питання теорії КМПС.	18	4	4	–	–	10	18	2	2	–	–	14
Тема 4. Особливості і характеристики колекторних електрогенераторів.	22	6	2	6	–	8	14	1	1	2	–	10
Тема 5. Особливості і характеристики колекторних електродвигунів.	20	6	2	4	–	8	14	1	1	2	–	10
Разом за змістовим модулем 2	60	16	8	10	–	26	46	4	4	4	–	34
Змістовий модуль 3. Особливості і характеристики трансформаторів												
Тема 6. Математична модель, заступна схема і характеристики трансформатора.	18	6	2	–	–	10	20	2	2	–	–	16

Назви змістових модулів і тем	Денна форма						Заочна форма					
	Кількість годин											
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	л		п	лаб	інд	с.р	
Тема 7. Трифазні і спеціальні виконання, паралельні, перехідні і несиметричні режими роботи трансформаторів.	20	4	2	4	–	10	22	2	–	2	–	18
Разом за змістовим модулем 3	38	10	4	4	–	20	42	4	2	2	–	34
Модуль 2 (М2)												
Змістовий модуль 4. Технічні рішення наближення розподілу МП ЕМ до синусоїди, конструкції і параметри ЕМ змінного струму												
Тема 8. Конструкції активної частини, способи і конструкторсько-технологічні рішення поліпшення структур магніторухливих сил, МП та електрорухливих сил, параметри обмоток.	28	6	6	3	–	13	30	2	4	–	–	24
Разом за змістовим модулем 4	28	6	6	3	–	13	30	2	4	–	–	24
Змістовий модуль 5. Особливості і характеристики АМ												
Тема 9. Математична модель, заступні схеми режимів роботи і електромеханічні характеристики АМ.	26	6	6	4	–	10	25	4	4	2	–	15
Тема 10. Особливості режимів роботи, пуск і регулювання АМ.	20	6	6	2	–	6	21	2	2	2	–	15
Разом за змістовим модулем 5	46	12	12	6	–	16	46	6	6	4	–	30
Змістовий модуль 6. Особливості і характеристики СМ.												
Тема 11. Особливості конструкції, електромагнітних процесів СМ, математична модель та основні рівняння СМ. Характеристики автономної ро-	24	6	6	2	–	10	23	4	2	2	–	15

Назви змістових модулів і тем	Денна форма						Заочна форма					
	Кількість годин											
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	л		п	лаб	інд	с.р	
боти синхронного ге- нератора.												
Тема 12. Синхронні двигуни. Паралельні і перехідні режими СМ.	22	6	6	4	–	6	21	2	2	2	–	15
Разом за змістовим модулем 6	46	12	12	6	–	16	44	6	4	4	–	30
Модуль 3 (М3)												
ІНДЗ (КР) Виконання, консуль- тування, захист курсо- вої роботи	90	–	–	–	–	90	90	–	–	–	–	90
Усього годин	330	60	45	30	–	195	330	24	20	14	–	272

Тут і далі: заняття лекційні – л, практичні – п, лабораторні – лаб, індивідуальні – інд і самостійна робота – с.р.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Схеми активної частини ЕМ. Перетворення енергії.	3	
2	Короткі теоретичні відомості та основні рівняння колекторних машин постійного струму.	2	
3	Якірні обмотки машин постійного струму.	2	2
4	Параметри і характеристики генераторів постійного струму.	2	1
5	Параметри і характеристики двигунів постійного струму.	2	1
6	Короткі теоретичні відомості та основні показники трансформаторів.	2	1
7	Параметри і характеристики трансформаторів.	2	1
8	Основні показники ЕМ змінного струму.	2	2
9	Статорні обмотки машин змінного струму.	4	2
10	Параметри і характеристики АД з короткозамкненим ротором.	4	2
11	Параметри і характеристики АД з фазним ротором	4	2
12	Пуск та регулювання частоти обертання АД.	4	2
13	Параметри і особливості автономного навантаження СМ.	6	2
14	Характеристики паралельної роботи СГ.	2	1
15	Характеристики синхронного двигуна (СД).	4	1
	Разом	45	20

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Ознайомлення з загальною конструкцією та особливостями активної і конструктивної частин ЕМ на спеціалізованих плакатах і стендах лабораторії ЕМ. Інструктаж з техніки безпеки та охорони праці під час роботи в лабораторії	3	
2	Характеристики генератора з незалежним збудженням.	2	1
3	Характеристики генератора паралельного і змішаного збудження.	2	1
4	Характеристики двигуна паралельного збудження.	4	2
5	Випробування трифазного двообмоткового трансформатора.	4	2
6	Дослідження трифазного АД з короткозамкненим ротором.	3	2
7	Дослідження трифазної асинхронної машини з фазним ротором.	4	2
8	Характеристики трифазного СГ.	4	2
9	Паралельна робота СГ з мережею.	2	
10	Характеристики трифазного СД.	2	2
	Разом	30	14

Самостійна робота

Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних занять; самостійне поглиблення знання за темами дисципліни; підготовку та оформлення лабораторних робіт; підготовку до поточних модульних контролів; підготовку до екзамену. Також до самостійної роботи відносяться підготовка до поточних лабораторних робіт і виконання індивідуального завдання – курсового проекту (КП), для виконання якого передбачено 90 год.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Загальні питання теорії ЕМ.	14	30
2	Особливості і характеристики КМПС.	26	34
3	Особливості і характеристики трансформаторів .	20	34
4	Технічні рішення наближення розподілу МП ЕМ до синусоїди, конструкції і параметри ЕМ змінного струму.	13	24
5	Особливості і характеристики АМ.	16	30
6	Особливості і характеристики СМ.	16	30
	Разом	105	182

Індивідуальне науково дослідне завдання

Індивідуальним завданням є курсовий проект (КП), який спрямовано на формування практичних навичок проектування рухомих електромеханічних

пристроїв та аналізу залежності їх енергетичних та масовартісних показників від електромагнітних навантажень та конструктивних чинників.

Основою для КП є лекційний матеріал та матеріал лабораторних робіт.

Виконання КП – це технічний текст з розрахунками й ілюстраціями, що оформлюється згідно з вимогами ЄСКД й іншими нормативними документами.

Зміст КП полягає у розрахунку і конструюванні (збіркове креслення) та складанні електричної схеми обмотки статора (якоря) електромеханічного перетворювача (трифазний трансформатор, трифазний асинхронний двигун)

Бланк завдання на КП подано у додатку 1.

№ з/п	Назва теми
1	Аналіз технічного завдання, вибір розрахункових коефіцієнтів і електромагнітних навантажень.
2	Розрахунок головних розмірів і обмоткових даних.
3	Розрахунок геометричних співвідношень елементів магнітопроводу.
4	Розрахунок магнітного кола і намагнічувального струму.
5	Розрахунок втрат режиму неробочого руху.
6	Розрахунок активних і індуктивних параметрів.
7	Розрахунок робочих (зовнішніх) характеристик.
8	Розрахунок пускових (регульовальних) характеристик.
9	Розробка збіркового креслення зі специфікацією, креслення електричної схеми і підготовка пояснювальної записки.

6. Засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання можуть бути:

- усні відповіді;
- звіти з лабораторних робіт;
- контрольні роботи;
- екзаменаційна робота;
- курсовий проект.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточного контролю у вигляді модульної контрольної роботи, перевірки результатів роботи на лабораторних заняттях та підсумкового контролю у формі екзамену. Питома вага екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час

роботи на семінарських заняттях та набутих практичних навичок під час виконання завдань лабораторних робіт.

Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за поточний модульний контроль у формі тестування – до 20 балів, результатів роботи на лабораторних заняттях – до 40 балів та екзамену – до 40 балів.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Право здавати заключний екзамен дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного екзамену набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Якщо студент не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до КЗ і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок виконання додаткового завдання для самостійного виконання.

Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, складає підсумковий семестровий екзамен (проводиться у письмовій формі в екзаменаційну сесію), до якого він допускається після виконання всіх передбачених елементів модулів, результатом якого є отримання необхідної мінімальної суми 60 балів.

Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів та їх оцінювання

Виконання практичного завдання, лабораторної роботи за темою наукового дослідження	Критерії оцінювання
5	Завдання правильне, повне, логічне, містить аналіз, систематизацію, узагальнення і аргументовані висновки.
4	Завдання в цілому правильне, достатньо повне та логічне, але має деякі помилки та неточності у висновках.
3	Завдання частково правильне, але містить неточності і недостатньо обґрунтовані висновки.
0	Завдання не виконане або містить значну кількість суттєвих помилок.

Контрольна робота	Критерії оцінювання
5	Відповідь змістовна. Студент відтворює основні поняття і весь необхідний графічний матеріал. Формули в роботі наводяться з виводом.

4	Студент відтворює всі поняття і формули, а також весь необхідний графічний матеріал.
3	Студент відтворює всі поняття, але з помилками в формулах та необхідному графічному матеріалі.
2	Студент відтворює лише основні поняття з помилками.
1	Студент відтворює лише основні поняття з великою кількістю помилок.
0	Робота не виконувалася.

Екзамен	Критерії оцінювання
40	Відповідь логічно побудована, здобувач чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання: два запитання з 1-го модулю, два запитання з 2-го модулю.
35	Здобувач спроможний чітко та стисло відповідати на поставлені запитання, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
30	Здобувач спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, належно обґрунтовує матеріал, але допускає неточності у відповідях.
25	Здобувач спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, але допускає суттєві неточності у відповідях, не завжди належно обґрунтовує відповіді.
20	Здобувач невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію.
15	Здобувач невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, робить спроби аргументувати свою позицію, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді.
10	Здобувач демонструє задовільні знання з поставлених запитань, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання, та належно обґрунтувати свою відповідь.
5	Здобувач невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, не спроможний дати відповідь на додаткові запитання, відстоювати свою позицію.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Модуль 1

	Денне відділення	Заочне відділення
--	------------------	-------------------

		5-й семестр		5-й семестр	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	T1	Практична робота № 1	5	Практична робота № 1	5
	T2	Лабораторна робота № 1	5	Лабораторна робота № 1	5
ЗМ2	T3	Практична робота № 2	5	Практична робота № 2	5
	T4	Лабораторна робота № 2	5	Лабораторна робота № 2	5
		Практична робота № 3	5	Практична робота № 3	5
	T5	Лабораторна робота № 3	5	Лабораторна робота № 3	5
		Практична робота № 4	5	Практична робота № 4	5
ПМК		Контрольна робота	5	Контрольна робота	5
ЗМ3	T6	Лабораторна робота № 4	5	Лабораторна робота № 4	5
		Практична робота № 5	5	Практична робота № 5	5
	T7	Лабораторна робота № 5	5	Лабораторна робота № 5	5
		Практична робота № 6	5	Практична робота № 6	5
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Разом			100		100

Модуль 2

		Денне відділення 6-й семестр		Заочне відділення 6-й семестр	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ4	T8	Лабораторна робота № 1	5	Лабораторна робота № 1	5
		Практична робота № 1	5	Практична робота № 1	5
ЗМ5	T9	Лабораторна робота № 2	5	Лабораторна робота № 2	5
		Практ. роботи № 2, 3	10	Практ. роботи № 2, 3	10
	T10	Лабораторна робота № 3 Практична робота № 4	5 5	Лабораторна робота № 3 Практична робота № 4	5 5
ПМК		Контрольна робота	5	Контрольна робота	5
ЗМ6	T11	Лабораторна робота № 4 Практична робота № 5	5 5	Лабораторна робота № 4 Практична робота № 5	5 5
		Лабораторна робота № 5 Практична робота № 6	5 5	Лабораторна робота № 5 Практична робота № 6	5 5
	T12	Лабораторна робота № 5 Практична робота № 6	5 5	Лабораторна робота № 5 Практична робота № 6	5 5
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Разом			100		100

Модуль 3

Курсовий проект (6-й семестр)

Денна і заочна форми навчання

Розподіл максимально можливої кількості балів

За виконання курсової роботи		Захист курсowego проекту	Сума
Розрахунково- пояснювальна записка	Графічна (ілюстративна) частина		
35	15	50	100

Якість виконання курсової роботи оцінюється наступним чином:

Складові курсового проекту	Бали залікові	
	min	max
Розрахунково-пояснювальна записка, зокрема:	20	35
- повнота, чіткість і ясність оформлення текстів та їх відповідність вимогам ДСТУ;	2	3
- правильність обґрунтування початкових даних і прийнятих рішень;	3	7
- коректність розрахунків;	8	13
- рівень самостійності, повнота та правильність усунення зауважень керівника курсової роботи;	7	12
Практична (ілюстративна) частина, зокрема:	10	15
- акуратність, грамотність і повнота зображення;	5	8
- оригінальність подання інформації.	5	7
Разом	30	50

Захист курсової роботи оцінюється таким чином (бали залікові):

100 % правильних відповідей – 50 балів; 80 % правильних відповідей – 40 балів; 60 % правильних відповідей – 30 балів.

9. Засоби навчання

лабораторне обладнання;
графічні засоби;
проекційна апаратура.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Белікова Л. Я. Електричні машини: Навчальний посібник для студ. вищ. навч. закладів /Л. Я. Белікова, В. П. Шевченко. – О.: Наука і техніка, 2012.– 480 с.

2. Яцун М.А. Електричні машини: Навчальний посібник.–2-ге вид. / М.А. Яцун. –Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004.–440с.
3. Проектування електричних машин: Навчальний посібник / Д.В. Ципленков, О.Б Іванов, О.В. Бобров, В.В. Кузнецов, В.В. Артемчук, М.О. Баб'як ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2020. – 408 с.
4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з електричних машин: у 3 ч.–ч.1. Електричні машини постійного струму і трансформатори / О.Ю. Кімстач, О.П. Коновалов, А.А. Ставинський; під ред.. А.А.Ставинського. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. –44 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з електричних машин: у 3 ч.–ч.2. Електричні машини змінного струму / О.Ю. Кімстач, А.А.Ставинський, В.К. Чекунов; під ред. А.А.Ставинського.–Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 36 с.
6. Ставинський Р.А. Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Електричні машини”: у 2 ч.–ч.1. Електричні машини постійного струму і трансформатори / Р.А. Ставинський. –Миколаїв: НУК, 2007.–32 с.
7. Ставинський Р.А. Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Електричні машини”: у 2 ч.–ч.2. Машини змінного струму / Р.А. Ставинський. – Миколаїв: НУК, 2007.–20 с.

Додаткові джерела інформації

8. Ставинський А.А. Розрахунок трифазних трансформаторів з просторовим магнітопроводом: Навчальний посібник / А.А. Ставинський, Р.А. Ставинський, О.О. Плахтир. – Миколаїв: НУК, 2004. –106 с.
9. Метельський В.П. Електричні машини та мікромашини / В.П. Метельський. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001. – 600 с.

Інформаційні ресурси

10. Періодичний науково-практичний журнал „Електротехніка і електромеханіка”. ISSN2074–227X [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kpi.kharkiv.edu/eie/>.
11. Періодичний науково-технічний журнал „Технічна електродинаміка”.ISSN1607–7970 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.techined.org.ua>.
12. Періодичний науково-технічний журнал „Електротехнічні та комп'ютерні системи”. ISSN2221–3805 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.etks.opu.ua.
13. Google Scholar або Google Академія: пошукова система і некомерційна бібліометрична база даних, що індексує наукові публікації та наводить дані про їх цитування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scholar.google.com.ua/>.
14. Портал полегшення процедури оформлення наукових джерел відповідно до вимог Вищої атестаційної комісії (ВАК) України та проходження нормоконт-

ролю при написанні публікацій, курсових, дипломних, дисертацій та інших наукових робіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.vak.org.ua.

15. Законодавство України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rada.kiev.ua>; <http://www.nau.kiev.ua>; <http://www.liga.kiev.ua>.

16. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua>.

17. Національна парламентська бібліотека України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nplu.kiev.ua>.

Міністерство освіти і науки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
НН Інститут автоматики та електротехніки

Кафедра суднових електроенергетичних систем

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ (КП)

з дисципліни

"Електричні машини"

Тема: «Проектування електромеханічного перетворювача енергії»

Дані для виконання КП: Номінальна потужність конання.

ЗМІСТ І ОБСЯГ КР

Вступ.

1. Аналіз технічного завдання, вибір розрахункових коефіцієнтів і електромагнітних навантажень.
2. Розрахунок головних розмірів і обмоткових даних електричних кіл.
3. Розрахунок геометричних співвідношень елементів магнітопроводу.
4. Розрахунок магнітного кола і намагнічувального струму.
5. Розрахунок втрат режиму неробочого руху.
6. Розрахунок активних і індуктивних параметрів.
7. Розрахунок робочих (зовнішніх) характеристик.
8. Розрахунок пускових (регулювальних) характеристик.

Висновок.

Список використаної літератури.

До пояснювальної записки додаються збіркове креслення загального вигляду (зі специфікацією) електромеханічного перетворювача та схема обмотки статора (якоря).

Загальні вимоги до КР

1. Текст зі змістом курсового проекту – 20..30 сторінок формату А4.
2. Оформлення курсового проекту повинно відповідати вимогам ДСТУ
3. Посилання на використані літературні джерела – обов'язково.

Завдання видано "____" "____" 201__ р.
Плановий термін захисту КП "____" "____" 201__ р.

Виконавець – студент гр. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Консультант _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Приклад двох екзаменаційних білетів

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр.

Напрямок підготовки – "".

Професійне спрямування – "".

Семестр: для денної форми навчання – 5.

Навчальна дисципліна – "Електричні машини"

БІЛЕТ № XX

1. Класифікація електричних машин.
2. Електромагнітний момент та потужність машин постійного струму.
3. Визначення параметрів з трансформатора з досліду неробочого руху.

Затверджено на засіданні кафедри суднових електроенергетичних систем.

Протокол №__ від " __ " _____ 201_ р.

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Екзаменатор

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр.

Напрямок підготовки – "".

Професійне спрямування – "".

Семестр: для денної форми навчання – 6.

Навчальна дисципліна – "Електричні машини "

БІЛЕТ № XX

1. Засоби поліпшення розподілу електромагнітного поля у повітряному проміжку в машинах змінного струму.
2. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів.
3. Рівняння та векторна діаграма явно полюсного синхронного генератора.

Затверджено на засіданні кафедри суднових електроенергетичних систем.

Протокол №__ від " __ " _____ 201_ р.

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Екзаменатор

_____ (підпис)

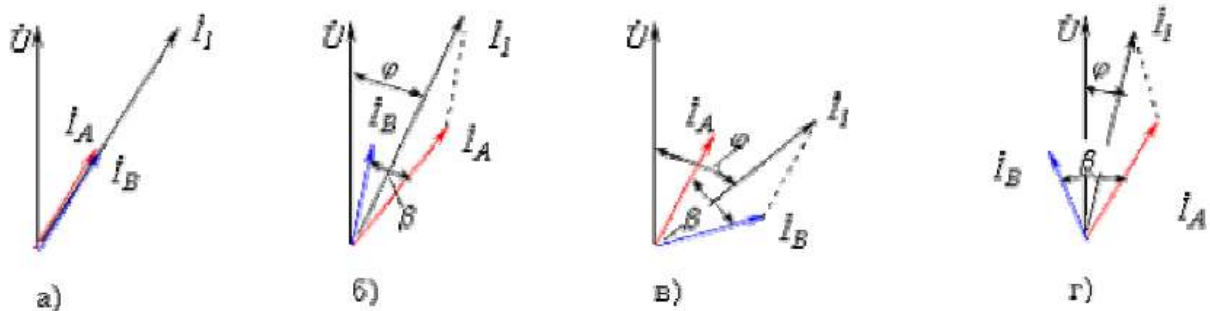
_____ (прізвище та ініціали)

Характерні (як приклад) тести для самоконтролю та поточного контролю

1. Яке рівняння описує реальну вихідну характеристику колекторного тахогенератору?

- (1) $U_{\text{ТГ}} = c_e n \Phi_{\delta} - I_a r_a - \Delta U_{\text{ш}};$
- (2) $U_{\text{ТГ}} = K n;$
- + (3) $U_{\text{ТГ}} = \frac{c_e \Phi_{\delta}}{(1 + r_a / r_H)} n - \frac{\Delta U_{\text{ш}}}{(1 + r_a / r_H)} = K_{\text{ТГ}} n - \Delta n;$
- (4) $U_{\text{ТГ}} = K n + \Delta n.$

2. Яка діаграма струмів двофазного асинхронного двигуна відповідає фазозсувному елементу з активним опором?



- (1) Активному опору зсуву фаз відповідає діаграма а).
- + (2) Активному опору зсуву фаз відповідає діаграма б).
- (3) Активному опору зсуву фаз відповідає діаграма в).
- (4) Активному опору зсуву фаз відповідає діаграма г).

Примітка: Правильна відповідь позначена знаком "+".