

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова  
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра автоматики та електроустаткування

T7628



**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Заступник директора з  
навчальної роботи

к.т.н., проф. Дудченко О.М.

## ***РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ***

**Program of the Discipline**

### **ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ**

**Electric machines**

рівень вищої освіти      *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни          *обов'язкова*

мова викладання        *українська*

**Херсон – 2023**

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійна програма «Експлуатація суднових автоматизованих систем».

«27» серпня 2023 року. – 29 с.

Розробник: Надточій В.А., к.т.н., доцент.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні машини» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми

Гарант освітньо-професійної програми

«Експлуатація суднових автоматизованих систем»

канд. техн. наук, доцент

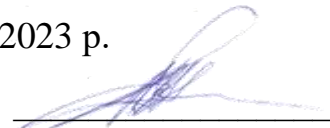


А.В. Надточій

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Електричні машини» розглянуто на засіданні кафедри автоматики та електроустаткування.

Протокол № 01 від «28» серпня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри




А.В. Надточій

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини» затверджена методичною радою ХННІ НУК.

Протокол № 01 від «29» серпня 2023 р.

Голова МР ХННІ НУК



О.М. Дудченко

© ХННІ НУК, 2023 рік

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| 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 дисциплін.....   | 8  |
| 6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування | 17 |
| 7. Форми поточного та підсумкового контролю.....  | 18 |
| 8. Критерії оцінювання результатів навчання .....                                       | 24 |
| 9. Засоби навчання .....  | 24 |
| 10. Рекомендовані джерела інформації .....  | 25 |
| Додаток.....  | 27 |

## ВСТУП

### Анотація

Робочою програмою навчальної дисципліни «Електричні машини» передбачено формування у здобувачів вищої освіти знань та навиків використовувати основні закони електротехніки та електромеханіки при поясненні принципів функціонування електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ); вибирати електричні машини і трансформатори для конкретних умов їх експлуатації; аналізувати фізичні явища та процеси в електричних машинах та трансформаторах; виконувати типові розрахунки параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин і трансформаторів; розробляти та застосовувати методи і основні правила їх експлуатації.

Дисципліна «Електричні машини» носить міждисциплінарний характер, вона забезпечує підготовку здобувачів вищої освіти до вивчення навчальних дисциплін «Моделювання електромеханічних систем», «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи та їх експлуатація».

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

### Annotation

The work program of the study discipline «Electric machines» provides for the formation of higher education students' knowledge and skills to use the basic laws of electrical engineering and electromechanics when explaining the principles of operation of electromechanical energy converters (EMPE); choose electric machines and transformers for specific conditions of their operation; analyze physical phenomena and processes in electrical machines and transformers; perform typical calculations of parameters, characteristics and operating modes of electric machines and transformers; develop and apply methods and basic rules of their operation.

The discipline «Electric machines» is interdisciplinary in nature, it provides training for students of higher education to study the educational disciplines «Modeling of electromechanical systems», «Ship automated electrical power systems and their operation».

**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 – 9  | Галузь знань<br>14 – Електрична інженерія  | Обов'язкова   |                       |
| Модулів – 3   |  | Рік підготовки  |                       |
| Змістових модулів – 7   |  | 3-й   | 3-й                   |
| Електронна адреса на сайті ХННІ НУК:<br><a href="http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/Operation-of-ship-automated-systems-b.html">http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/Operation-of-ship-automated-systems-b.html</a> | Спеціальність<br>141 –<br>«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» | Семестри  |                       |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання<br>- Курсова робота   |  | 5-й, 6-й  | 5-й, 6-й              |
| Загальна кількість годин - 270  | Освітня програма<br>«Експлуатація суднових автоматизованих систем»               | Лекції  |                       |
|   |  | 5, 6 семестр - 60 год.  | 20 год.               |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних:<br>5, 6 семестр – 5;<br><br>самостійної роботи студента:<br>5, 6 семестр – 4.  | Освітній рівень:<br><b>перший<br/>(бакалаврський)</b>                            | Практичні   |                       |
|   |  | 5, 6 семестр - 60 год.  | 18 год.               |
|   |  | Лабораторні   |                       |
|   |  | 5, 6 семестр - 30 год.  | 8 год.                |
|   |  | Самостійна робота   |                       |
|   |  | 5, 6 семестр - 120 год.   | 224 год.              |
|   |  | Індивідуальні завдання: год.  |                       |
|   |  | -   |                       |
|   |  | Види контролю:<br>5, 6 семестр – екзамен,<br>6 семестр – курсова робота |                       |
|   |  | Форма контролю: комбінована<br>(письмовий контроль, тестовий контроль)  |                       |

## **2. Мета вивчення навчальної дисципліни**

Метою вивчення навчальної дисципліни «Електричні машини» є формування у здобувачів вищої освіти відповідно до освітньої програми таких компетентностей:

1) інтегральну компетентність:

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

2) загальні компетентності:

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

3) професійні компетентності:

ФК11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).

ФК15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

ФК16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

ФК17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

ФК22\*. Здатність обслуговувати та експлуатувати суднове електроенергетичне, електротехнічне та електромеханічне устаткування і пристрої, використовувати суднові комп'ютери та інформаційні мережі.

ФК 23\*. Розуміння сутності та основ керування судновою електроенергетичною системою, електромеханічними системами автоматизації та електроприводами, застосування енергозберігаючих технологій в електромеханічних системах.

## **3. Передумови для вивчення дисципліни**

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки».

## **4. Очікувані результати навчання**

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів вищої освіти таких результатів навчання:

ПР01. 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.

ПР02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПР03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

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

ПР11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР13. Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.

ПР14. Розуміти принципи європейської демократії та поваги до прав громадян, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР15. Розуміти та демонструвати добру професійну, соціальну та емоційну поведінку, дотримуватись здорового способу життя.

ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування

електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

ПР20\*. Вміти застосовувати на практиці інструментальні засоби для реалізації і модернізації суднових електричних мереж, електромеханічних систем автоматизації та електроприводів підприємств морегосподарського комплексу.

## **5. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1.**

#### **Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії ЕМ.**

**Тема 1. Терміни і визначення, поняття та створення магніторухомої сили (МРС) ЕМ.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

**Тема 2. Особливості створення, розподілу і розрахунку МП ЕМ.**

Обґрунтування способу отримання і гармонійного складу обертової МРС ЕМ з двофазною 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.

Джерела інформації: [1-21].

#### **Змістовий модуль 2. Особливості і характеристики КМПС.**

**Тема 3. Загальні питання теорії КМПС.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

#### **Тема 4. Особливості і характеристики колекторних електрогенераторів.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

#### **Тема 5. Особливості і характеристики колекторних електродвигунів.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

### **Змістовий модуль 3. Особливості і характеристики трансформаторів**

#### **Тема 6. Математична модель, заступна схема і характеристики трансформатора.**

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 чотирьополосника 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.

Джерела інформації: [1-21].

**Тема 7. Трифазні і спеціальні виконання, паралельні, перехідні і несиметричні режими роботи розподільних трансформаторів.**

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

Рівняння електромагнітного процесу, аналіз особливостей три - обмоткового 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.

Джерела інформації: [1-21].

## 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.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

## **Змістовий модуль 5. Особливості і характеристики АМ.**

### **Тема 9. Математична модель, заступні схеми режимів роботи і електромеханічні характеристики АМ.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

### **Тема 10. Особливості режимів роботи, пуск і регулювання АМ.**

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 електромеханічних систем регулювання АД. Робочі і пускові характеристики АД.

Джерела інформації: [1-21].

## **Змістовий модуль 6. Особливості і характеристики СМ.**

### **Тема 11. Особливості параметрів обмотки статора СМ, рівняння і характеристики автономної роботи синхронного генератора.**

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.

Джерела інформації: [1-21].

### **Тема 12. Паралельні і перехідні режими СМ.**

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

Джерела інформації: [1-21].

## **Модуль 3**

### **Змістовий модуль 7. Курсова робота**

Визначення теми курсової роботи та складання плану. Затвердження теми і плану курсової роботи у керівника. Підбір і вивчення рекомендованої літератури. Складання бібліографії. Збір та обробка фактичних і статистичних даних. Класифікація, систематизація та опрацювання даних згідно з послідовністю розділів плану курсової роботи. Проведення розрахунків, обґрунтування пропозицій, побудова таблиць та графіків, формування висновків та здійснення редагування. Написання тексту і оформлення курсової роботи. Захист курсової роботи.

## 5.1. Тематичний план навчальної дисципліни

| Назва змістових модулів і тем дисципліни   | Кількість годин |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
|--|-----------------|----------------------|--------------|------------------|-------------------|-----------|-----------------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Разом           | Денна форма навчання |              |                  |                   | Разом     | Заочна форма навчання |              |                  |                   |
|  |                 | у тому числі         |              |                  |                   |           | у тому числі          |              |                  |                   |
|  |                 | Лекції               | Лабор/робота | Практична робота | Самостійна робота |           | Лекції                | Лабор/робота | Практична робота | Самостійна робота |
| 1  | 2               | 3                    | 4            | 5                | 6                 | 7         | 8                     | 9            | 10               | 11                |
| <b>Модуль 1</b>  |                 |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
| <b>Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії ЕМ</b>  |                 |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
| Тема 1. Терміни і визначення, поняття та створення магніторушійної сили (МРС) ЕМ   | 26              | 5                    | 2            | 4                | 2                 | 27        | 2                     | 1            | 2                | 10                |
| Тема 2. Особливості створення, розподілу і розрахунку МП ЕМ  |                 | 5                    | 2            | 4                | 2                 |           |                       | 1            | 2                | 11                |
| <b>Разом за змістовим модулем 1</b>  | <b>26</b>       | <b>10</b>            | <b>4</b>     | <b>8</b>         | <b>4</b>          | <b>27</b> | <b>2</b>              | <b>2</b>     | <b>2</b>         | <b>21</b>         |
| <b>Змістовий модуль 2. Особливості і характеристики КМПС</b>   |                 |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
| Тема 3. Загальні питання теорії КМПС   | 44              | 5                    | 2            | 4                | 2                 | 41        | 2                     |              | 2                | 10                |
| Тема 4. Особливості і характеристики колекторних електрогенераторів  |                 | 5                    | 3            | 6                | 3                 |           | 2                     | 1            | 2                | 10                |
| Тема 5. Особливості і характеристики колекторних електродвигунів   |                 | 5                    | 2            | 4                | 3                 |           |                       |              | 2                | 10                |
| <b>Разом за змістовим модулем 2</b>  | <b>44</b>       | <b>15</b>            | <b>7</b>     | <b>14</b>        | <b>8</b>          | <b>41</b> | <b>4</b>              | <b>1</b>     | <b>6</b>         | <b>30</b>         |
| <b>Змістовий модуль 3. Особливості і характеристики трансформаторів</b>  |                 |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
| Тема 6. Математична модель, заступна схема і характеристики трансформатора   | 33              | 5                    | 3            | 6                | 2                 | 30        | 2                     |              | 2                | 11                |
| Тема 7. Трифазні і спеціальні виконання, паралельні, перехідні і несиметричні режими роботи розподільних трансформаторів   |                 | 5                    | 3            | 6                | 3                 |           | 2                     | 1            |                  | 12                |
| <b>Разом за змістовим модулем 3</b>  | <b>33</b>       | <b>10</b>            | <b>6</b>     | <b>12</b>        | <b>5</b>          | <b>30</b> | <b>4</b>              | <b>1</b>     | <b>2</b>         | <b>23</b>         |
| <b>Модуль 2</b>  |                 |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
| <b>Змістовий модуль 4. Технічні рішення наближення розподілу МП ЕМ до синусоїди, конструкції і параметри ЕМ змінного струму</b>  |                 |                      |              |                  |                   |           |                       |              |                  |                   |
| Тема 8. Конструкції активної частини, способи і конструкторсько-технологічні рішення поліпшення структур магніторушійних сил, МП та електрорушійних сил, параметри обмоток змінного струму | 17              | 5                    | 3            | 6                | 3                 | 19        | 2                     | 1            | 2                | 14                |
| <b>Разом за змістовим модулем 4</b>  | <b>17</b>       | <b>5</b>             | <b>3</b>     | <b>6</b>         | <b>3</b>          | <b>19</b> | <b>2</b>              | <b>1</b>     | <b>2</b>         | <b>14</b>         |

Продовження таблиці

| 1   | 2          | 3         | 4         | 5         | 6          | 7          | 8         | 9        | 10        | 11         |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Змістовий модуль 5. Особливості і характеристики АМ</b>  |            |           |           |           |            |            |           |          |           |            |
| Тема 9. Математична модель, заступні схеми режимів роботи і електромеханічні характеристики АМ  | 30         | 5         | 3         | 6         | 3          | 30         | 2         |          | 2         | 11         |
| Тема 10. Особливості режимів роботи, пуск і регулювання АМ  |            | 5         | 2         | 4         | 2          |            | 2         | 1        |           | 12         |
| <b>Разом за змістовим модулем 5</b>   | <b>30</b>  | <b>10</b> | <b>5</b>  | <b>10</b> | <b>5</b>   | <b>30</b>  | <b>4</b>  | <b>1</b> | <b>2</b>  | <b>23</b>  |
| <b>Змістовий модуль 6. Особливості і характеристики СМ</b>  |            |           |           |           |            |            |           |          |           |            |
| Тема 11. Особливості параметрів обмотки статора СМ, рівняння і характеристики автономної роботи синхронного генератора  | 30         | 5         | 3         | 6         | 2          | 33         | 2         | 1        | 2         | 11         |
| Тема 12. Паралельні і перехідні режими СМ   |            | 5         | 2         | 4         | 3          |            | 2         | 1        | 2         | 12         |
| <b>Разом за змістовим модулем 6</b>   | <b>30</b>  | <b>10</b> | <b>5</b>  | <b>10</b> | <b>5</b>   | <b>33</b>  | <b>4</b>  | <b>2</b> | <b>4</b>  | <b>23</b>  |
| <b>Модуль 3</b>   |            |           |           |           |            |            |           |          |           |            |
| <b>Змістовий модуль 7. Курсова робота</b>   |            |           |           |           |            |            |           |          |           |            |
| 1. Визначення теми курсової роботи та складання плану. Затвердження теми і плану курсової роботи у керівника  | 10         | -         | -         | -         | 10         | 10         | -         | -        | -         | 10         |
| 2. Підбір і вивчення рекомендованої літератури. Складання бібліографії. Коригування плану курсової роботи   | 20         | -         | -         | -         | 20         | 20         | -         | -        | -         | 20         |
| 3. Збір та обробка фактичних і статистичних даних. Класифікація, систематизація та опрацювання даних згідно з послідовністю розділів плану курсової роботи                        | 20         | -         | -         | -         | 20         | 20         | -         | -        | -         | 20         |
| 4. Проведення розрахунків, обґрунтування пропозицій, побудова таблиць та графіків, формування висновків та здійснення редагування. Уточнення планів з урахуванням матеріалу       | 20         | -         | -         | -         | 20         | 20         | -         | -        | -         | 20         |
| 5. Консультація з питань оформлення курсової роботи. Написання тексту і оформлення курсової роботи. Підготовка до захисту курсової роботи. Консультація з різних загальних питань | 20         | -         | -         | -         | 20         | 20         | -         | -        | -         | 20         |
| 6. Захист курсової роботи   | -          | -         | -         | -         | -          | -          | -         | -        | -         | -          |
| <b>Разом за змістовим модулем 7</b>   | <b>90</b>  | <b>-</b>  | <b>-</b>  | <b>-</b>  | <b>90</b>  | <b>90</b>  | <b>-</b>  | <b>-</b> | <b>-</b>  | <b>90</b>  |
| <b>Усього годин</b>   | <b>270</b> | <b>60</b> | <b>30</b> | <b>60</b> | <b>120</b> | <b>270</b> | <b>20</b> | <b>8</b> | <b>18</b> | <b>224</b> |

Примітка: для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання читаються оглядові лекції за темами модулів в обсягах відповідно до таблиці.

## 5.2 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              | 2               | 1            |
| 2            | Характеристики генератора з незалежним збудженням. (Досліди неробочого руху і короткого замикання. Побудова характеристик неробочого руху, короткого замикання та характеристичного трикутника)  | 2               | 1            |
| 3            | Характеристики генератора з незалежним збудженням. (Досліди визначення зовнішньої і регульовальної характеристик. Побудова та порівняння розрахункових і експериментальних зовнішньої, регульовальної та навантажувальної характеристик) | 2               |              |
| 4            | Характеристики генератора паралельного і змішаного збудження. (Випробування та побудова характеристик генератора паралельного збудження)   | 2               | 1            |
| 5            | Характеристики генератора паралельного і змішаного збудження. (Випробування та побудова характеристик генератора змішаного збудження)  | 2               |              |
| 6            | Характеристики двигуна паралельного збудження. (Випробування та побудова характеристик)  | 2               |              |
| 7            | Характеристики двигуна змішаного збудження. (Випробування та побудова характеристик)   | 2               |              |
| 8            | Випробування трифазного двообмоткового трансформатора. (Досліди неробочого руху і короткого замикання. Побудова характеристик неробочого руху, короткого замикання та визначення зміни напруги під навантаженням)                        | 2               | 1            |
| 9            | Випробування трифазного двообмоткового трансформатора. (Дослід навантаження, побудова зовнішньої характеристики, характеристики ККД і векторної діаграми трансформатора)   | 2               |              |
| 10           | Дослідження трифазного АД з короткозамкненим ротором. (Досліди неробочого руху і короткого замикання. Побудова характеристик неробочого руху, короткого замикання та визначення механічних втрат і втрат у сталі).                       | 2               | 1            |
| 11           | Дослідження трифазного АД з короткозамкненим ротором. (Дослід навантаження, визначення та побудова робочих і пускових характеристик АД)  | 2               |              |
| 12           | Дослідження трифазної асинхронної машини з фазним ротором. (Випробування трифазного індукційного регулятора, дослідження режимів неробочого руху і короткого замикання, поділ втрат АМ)  | 2               |              |
| 13           | Характеристики трифазного СГ. (Експериментальне визначення номінального струму збудження, визначення та побудова характеристик неробочого руху, короткого замикання, зовнішньої, регульованої та навантаження).                          | 2               | 1            |
| 14           | Паралельна робота СГ з мережею   | 2               | 1            |
| 15           | Характеристики трифазного СД. (Пуск, визначення $V(U)$ -подібних і робочих характеристик, їх розрахунки і побудова)  | 2               | 1            |
| <b>Разом</b> |  | <b>30</b>       | <b>8</b>     |



### 5.3. Теми практичних занять

| № з/п        | Назва теми   | Кількість годин |              |
|--------------|--|-----------------|--------------|
|              |  | Денна форма     | Заочна форма |
| 1            | Терміни і визначення, поняття та створення магніторушійної сили (МРС) ЕМ   | 4               |              |
| 2            | Особливості створення, розподілу і розрахунку МП ЕМ  | 4               | 2            |
| 3            | Загальні питання теорії КМПС   | 4               | 2            |
| 4            | Особливості і характеристики колекторних електрогенераторів  | 6               | 2            |
| 5            | Особливості і характеристики колекторних електродвигунів   | 4               | 2            |
| 6            | Математична модель, заступна схема і характеристики трансформатора   | 6               | 2            |
| 7            | Трифазні і спеціальні виконання, паралельні, перехідні і несиметричні режими роботи розподільних трансформаторів   | 6               |              |
| 8            | Конструкції активної частини, способи і конструкторсько-технологічні рішення поліпшення структур магніторушійних сил, МП та електрорушійних сил, параметри обмоток змінного струму | 6               | 2            |
| 9            | Математична модель, заступні схеми режимів роботи і електромеханічні характеристики АМ   | 6               |              |
| 10           | Особливості режимів роботи, пуск і регулювання АМ  | 4               | 2            |
| 11           | Особливості параметрів обмотки статора СМ, рівняння і характеристики автономної роботи синхронного генератора  | 6               | 2            |
| 12           | Паралельні і перехідні режими СМ   | 4               | 2            |
| <b>Разом</b> |  | <b>60</b>       | <b>18</b>    |

### 5.4. Розподіл годин самостійної роботи

| № з/п        | Вид роботи                                  | Кількість годин  |             |              |
|--------------|---|--|-------------|--------------|
|              |   | Норматив   | Денна форма | Заочна форма |
| 1            | Підготовка до лекційних занять              | 1-2 год /1 лекцію  |             | 12           |
| 2            | Підготовка до практичних занять             | 1-3 год/1 заняття  |             | 16           |
| 3            | Підготовка до лабораторних занять           | 1-3 год/1 заняття  | 15          | 16           |
| 4            | Підготовка до поточного модульного контролю | підготовка до контрольних заходів – 5 (30) год. на 1 захід | 10          | -            |
| 5            | Підготовка до екзамену                      | мінімум 30 годин на 1 роботу                               | 5           | 30           |
| 6            | Виконання контрольної роботи                | 90 год. на 1 роботу  |             | 60           |
| 7            | Виконання курсової роботи                   |  | 90          | 90           |
| <b>Разом</b> |   |  | <b>120</b>  | <b>224</b>   |

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

В якості методів навчання для всіх видів занять використовується:

– робота з літературою, як опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольно-корекційної функції в умовах формальної освіти;

– пояснення, як словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення.

Для лекційних занять застосовується:

– лекція, як усний виклад навчального матеріалу, що характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;

– ілюстрування, як показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символічному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

– відеометод, як використання відеоматеріалів для активізації наочно чуттєвого сприймання, що забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості.

Для лабораторних занять:

- лабораторна робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом створення програм і отримання результатів роботи програми з використанням комп'ютерів;

- інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки та організацію робочого місця.

Для практичних занять застосовується:

– практична робота, як метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

– звіти з виконання лабораторної роботи та презентації результатів виконаних лабораторних робіт на комп'ютері (або письмовий контроль результатів);

– усні відповіді на практичних заняттях;

– поточний модульний контроль у формі тестування;

– контрольні роботи (для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання);

– курсова робота;

– екзамен.

## **7. Форми поточного та підсумкового контролю**

Досягнення здобувача вищої освіти оцінюються за 100-бальною системою університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів. Право здавати заключний екзамен дається здобувачу вищої освіти, 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.

Поточний контроль проводиться після вивчення кожного з модулів дисципліни. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів

вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань практичних та лабораторних робіт.

Семестровий підсумковий контроль з дисципліни проводиться після закінчення її вивчення у комбінованій формі проведення екзамену (тестування, задача та усна компонента).

При виставленні підсумкової оцінки (балів) з навчального курсу враховуються результати поточного контролю.

Виконання контрольної роботи є обов'язковою умовою для здобувачів вищої освіти, що навчаються за заочною формою. Завдання для контрольних робіт добираються з теоретичних питань і тестів, що охоплюють зміст робочої програми дисципліни.

Виконання курсової роботи є обов'язковою умовою для здобувачів вищої освіти, що навчаються за денною та заочною формою і має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які здобувачі одержують у процесі навчання, а також застосування знань на практиці. Курсова робота виконується самостійно і не входить до тижневого аудиторного навантаження здобувача. Виконання курсової роботи дає змогу здобувачу навчитися самостійно використовувати та узагальнювати теоретичні положення та інформаційні матеріали, формулювати власні погляди стосовно невирішених проблем та обґрунтовувати висновки і пропозиції, спрямовані на розв'язання їх.

Оцінювання курсової роботи проводиться окремо за 100-бальною системою університету.

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

## **7.1. Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання**

### **Лабораторна робота**

| Бал | Критерії оцінювання  |
|-----|--|
| 2   | 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. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи. |
| 1,6 | Робота виконана у встановлений термін. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; в цілому правильно складає звіт та робить висновки. Здобувач вищої освіти відмовляється надавати усні запитання.   |
| 1,2 | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складає звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані повні усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.   |
| 0,8 | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.  |
| 0,4 | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Здобувач вищої освіти відмовляється надавати усні запитання.  |
| 0   | Робота не виконувалася   |

## Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань здобувачів вищої освіти у формі тестування (для денної форми навчання)

|                          |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Правильних відповідей, % | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Бал                      | 15  | 13 | 11 | 9  | 7  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  |

### 7.2. Узагальнюючі результати поточного контролю знань здобувачів вищої освіти за модулями та формами навчання

| Форма контролю               | Максимальна кількість балів    |                                 |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|                              | Денна форма                    | Заочна форма                    |
| Виконання лабораторних робіт | 15 роб. × 2 бали =<br>30 балів | 15 роб. × 2 бали =<br>30 балів  |
| Поточний модульний контроль  | 2 МКР × 15 балів =<br>30 балів | -                               |
| Виконання контрольних робіт  | -                              | 2 роб. × 15 балів =<br>30 балів |
| <b>Всього</b>                | <b>60</b>                      | <b>60</b>                       |

### Система нарахування рейтингових балів та критерії оцінювання контрольної роботи (для заочної форми навчання)

| Бал | Критерії оцінювання   |
|-----|---|
| 15  | Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти вільно орієнтується в матеріалах   |
| 10  | Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності   |
| 7   | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності |
| 5   | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки  |
| 0   | Роботу не виконано  |

### Підсумковий контроль знань здобувачів вищої освіти у формі комплексного екзамену

Підсумковий контроль знань здобувачів вищої освіти складається з тестування, усної відповіді на два контрольних питання та задачі.

## Критерії оцінювання тестування здобувачів вищої освіти

|                          |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Правильних відповідей, % | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Бал                      | 10  | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  |

## Критерії оцінювання задачі здобувачів вищої освіти

| Бал | Критерії оцінювання   |
|-----|---|
| 1   | 2   |
| 10  | Рішення представлено повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь правильна  |
| 8   | Рішення представлено у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь правильна  |
| 6   | Рішення представлено повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків                     |
| 4   | Рішення представлено у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків |
| 2   | Рішення представлено неповне, більш ніж наполовину, правильна відповідь відсутня  |
| 0   | Рішення не представлено взагалі або неповне, менш ніж наполовину  |

## Критерії оцінювання усної відповіді здобувачів вищої освіти

| Бал | Критерії оцінювання  |
|-----|--|
| 1   | 2  |
| 10  | Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання  |
| 7   | Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання                       |
| 5   | Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі |
| 3   | Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі        |
| 1   | Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці   |
| 0   | Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню  |

Оцінювання курсової роботи проводиться окремо за 100-бальною системою університету

## Критерії оцінювання курсової роботи

| Параметри оцінювання | Кількість балів | Критерії оцінювання за бальною шкалою  |
|----------------------|-----------------|--|
| 1                    | 2               | 3  |
| Пояснювальна записка | 40              | Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи |
|                      | 35              | Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи            |
|                      | 30              | Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи   |
|                      | 20              | Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації  |
|                      | 15              | Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих   |
|                      | 5               | Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер   |
| Ілюстративна частина | 20              | Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, матеріали ілюстрації підготовлені відповідно до вимог що висуваються  |
|                      | 15              | Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями   |

| 1             | 2  | 3   |
|---------------|----|---|
|               | 10 | Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість  |
|               | 5  | Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали  |
| Захист роботи | 40 | Доповідь логічно побудована, здобувач чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання |
|               | 35 | Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює  |
|               | 30 | Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання  |
|               | 25 | Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи   |
|               | 20 | Здобувач невпорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи  |
|               | 15 | Здобувач невпорядковано викладає основні результати дослідження робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання  |
|               | 10 | Здобувач демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи   |
|               | 5  | Здобувач невпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію  |

## 8. Критерії оцінювання результатів навчання

| № змістового модуля  | Тема            | Денна форма             |                 | Заочна форма            |                 |
|----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
|                      |                 | Вид роботи              | Кількість балів | Вид роботи              | Кількість балів |
| ЗМ 1                 | T1              | Лабораторна робота № 1  | 2               | Лабораторна робота № 1  | 2               |
|                      | T2              | Лабораторна робота № 2  | 2               | Лабораторна робота № 2  | 2               |
| ЗМ 2                 | T3              | Лабораторна робота № 3  | 2               | Лабораторна робота № 3  | 2               |
|                      | T4              | Лабораторна робота № 4  | 2               | Лабораторна робота № 4  | 2               |
|                      | T5              | Лабораторна робота № 5  | 2               | Лабораторна робота № 5  | 2               |
| ЗМ 3                 | T6              | Лабораторна робота № 6  | 2               | Лабораторна робота № 6  | 2               |
|                      | T7              | Лабораторна робота № 7  | 2               | Лабораторна робота № 7  | 2               |
|                      | -               | -                       | -               | Контрольна робота       | 15              |
| ПМК 1                |                 |                         | 15              | -                       | -               |
| ЗМ 4                 | T8              | Лабораторна робота № 8  | 2               | Лабораторна робота № 8  | 2               |
| ЗМ 5                 | T9              | Лабораторна робота № 9  | 2               | Лабораторна робота № 9  | 2               |
|                      | T10             | Лабораторна робота № 10 | 2               | Лабораторна робота № 10 | 2               |
| ЗМ 6                 | T11             | Лабораторна робота № 11 | 2               | Лабораторна робота № 11 | 2               |
|                      | T12             | Лабораторна робота № 12 | 2               | Лабораторна робота № 12 | 2               |
|                      | -               | -                       | -               | Контрольна робота       | 15              |
| ПМК 2                |                 |                         | 15              | -                       | -               |
| Підсумковий контроль | Екзамен, в т.ч. |                         | 40              | Екзамен, в т.ч.         | 40              |
|                      | Тестування      |                         | 10              | Тестування              | 10              |
|                      | Задача          |                         | 10              | Задача                  | 10              |
|                      | Усна відповідь  |                         | 20              | Усна відповідь          | 20              |
| Сума                 |                 |                         | <b>100</b>      |                         | <b>100</b>      |

### Схема оцінювання курсової роботи здобувачів вищої освіти (для денної та заочної форм навчання)

| № модуля     | Параметри оцінювання | Кількість балів |
|--------------|----------------------|-----------------|
| ЗМ 7         | Пояснювальна записка | 40              |
|              | Ілюстративна частина | 20              |
|              | Захист роботи        | 40              |
| <b>Разом</b> |                      | <b>100</b>      |

## 9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, DingTalk, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber, WeChat, Telegram, соціальні мережі тощо).



## 10. Рекомендовані джерела інформації

### Основна література

1. Андрієнко В.М., Куєвда В.П. Електричні машини. Київ: НУХТ, 2010. 366 с.
2. Бардик Є. І. Експлуатація та режими роботи електростанцій: нормальні, допустимі і аномальні режими синхронних генераторів / Є. І. Бардик. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 73 с.
3. Белікова Л.Я., Шевченко В.П. Електричні машини. Одеса: Наука і техніка, 2012. 478 с.
4. Букарос А. Ю., Беліков В. Т., Герєга О. М. Електричні машини: навчальний посібник для курсантів вищих військових навчальних закладів. Частина перша. Одеса, 2021. 102 с.
5. Васьковський Ю.М. , Гайдєнко Ю.А. , Ковалєнко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (Гриф університету № 6; дата 12.06.2017) К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017.– 193 с.
6. Електричні машини : підручник / Б. Т. Кононов, Г. І. Лагутін, О.Б. Котов та ін.; за заг. ред. Б.Т. Кононова. Харків : ХУПС, 2015. 493 с.
7. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник / М.О. Осташєвський, О.Ю. Юр'єва; за ред. д-ра техн. наук, професора В.І. Мілих. Київ: Каравєла, 2018. 452 с.
8. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / Л.Я. Белікова, В. П. Шевченко. О.: Наука і техніка, 2012. 480 с.
9. Електричні машини: навчальний посібник / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабєць, В.П. Довгань. Дніпропетровськ: Видавництво Національного гірничого університету, 2003. 331 с.
10. Загірняк М.В., Нєвзлін Б.І. Електричні машини. Київ: Знання, 2009. 399 с.
11. Кононов Б.Т., Лагутін Г.І., Котов О.Б. Електричні машини. Харків: ХУПС, 2015. 493 с.
12. Лотоцький К.В. Електричні машини і основи електроприводу. К.: Вища школа, 1979. 475 с.
13. Мазурєнко О.Г. Трансформатори та електричні машини. Вінниця: Нова Книга, 2005. 176 с.
14. Розводюк М.П., Блінкін Є.Я. Електричні машини, основи електропривода, електроніка. Вінниця: ВНТУ, 2009. 144 с.
15. 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.
16. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник / В. М. Безрученко, В. К. Варченко, В. В. Чумак. Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. 252 с.

17. Яцун М.А. Електричні машини: Навчальний посібник. 2-ге вид., стереот. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. 440с.

### Допоміжна література

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

### Інформаційні ресурси в Інтернеті

22. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua>.

23. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <http://www.rada.gov.ua>.

24. Офіційний сайт ХННІ НУК. URL: <http://kb.nuos.edu.ua>.

Розробник:

к.т.н., доцент кафедри

автоматики та електроустаткування



В.А. Надточій

**Питання для модульного контролю знань**

1. Призначення електричних машин і трансформаторів. Класифікація електричних машин.
2. Принципи електромеханіки. Призначення і класифікація трансформаторів.
3. Принцип роботи та електромагнітні співвідношення трансформаторів.
4. Конструкція трансформатора напруги. Види й конструкції магнітопроводу.
5. Схеми і групи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів.
6. Особливості розрахунку магнітного кола трансформатора.
7. Явища, що виникають при намагнічуванні магнітопроводу трансформатора.
8. Вплив схеми з'єднання обмоток на роботу трифазних трансформаторів.
9. Рівняння напруг, магніторушійних сил і струмів трансформатора.
10. Схема заміщення і векторна діаграма трансформатора.
11. Характеристики короткого замикання та холостого ходу трансформатора.
12. Втрати і ККД трансформатора. Енергетична діаграма.
13. Зовнішня характеристика трансформаторів.
14. Умови включення трансформаторів на паралельну роботу.
15. Основні типи обмоток і пазів статора машин змінного струму. Класи ізоляції обмоток статора машин змінного струму.
16. ЕРС котушки обмотки статора машин змінного струму. Способи зменшення вищих гармонік ЕРС.
17. ЕРС катушкової групи обмотки статора машин змінного струму. Коефіцієнт розподілу.
18. ЕРС фази обмоток статора машин змінного струму.
19. Зубцеві гармоніки ЕРС і боротьба з ними.
20. МРС обмоток статора машин змінного струму.
21. Поняття про кругове, еліптичне і пульсуюче магнітне поле машин змінного струму. Умови створення кругового поля.
22. МРС повітряного зазору машини змінного струму. Коефіцієнт повітряного зазору.
23. МРС феромагнітних ділянок машини змінного струму. Коефіцієнт насичення.
24. Конструкція і принцип дії асинхронного двигуна.
25. Режими роботи асинхронної машини.
26. Магнітні потоки та індуктивні опори розсіювання асинхронної машини.
27. Рівняння напруг асинхронного двигуна.
28. Рівняння магніторушійних сил і струмів асинхронного двигуна.

29. Приведення параметрів обмотки ротора до обмотки статора асинхронної машини. Величини параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна.
30. Схема заміщення і векторна діаграма асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (для номінального режиму).
31. Втрати і ККД асинхронного двигуна. Енергетична діаграма.
32. Електромагнітний момент і механічні характеристики асинхронного двигуна.
33. Максимальний та пусковий моменти АД. Критичне ковзання. Формула Клосса.
34. Робочі характеристики асинхронного двигуна.
35. Дослід і характеристики холостого ходу асинхронного двигуна. Схема заміщення АД в режимі холостого ходу.
36. Дослід і характеристики короткого замикання асинхронного двигуна. Схема заміщення АД в режимі короткого замикання.
37. Схема пуску асинхронного конденсаторного двигуна. Робота трифазного асинхронного двигуна від однофазної мережі.
38. Конструкція і принцип дії синхронного генератора.
39. Типи синхронних машин і їх конструктивні відмінності.
40. Проблема пуску синхронних двигунів. Асинхронний метод пуску.
41. Магнітне поле збудження синхронних машин.
42. Реакція якоря синхронних машин.
43. Рівняння напруги синхронних машин. Векторні діаграми синхронного генератора при активно-індуктивному і активно-ємнісному навантаженні.
44. Характеристики короткого замикання і холостого ходу синхронних машин.
45. Зовнішня, регульовальна і навантажувальна характеристики синхронних машин.
46. Кутова характеристика явнополюсних і неявнополюсних синхронних машин.
47. Робочі характеристики синхронних двигунів.
48. U-подібні характеристики синхронних машин.
49. Конструкція, переваги і недоліки машини постійного струму (МПС).
50. Принцип роботи і способи збудження МПС.
51. ЕРС обмотки якоря і рівняння напруг МПС.
52. Електромагнітний момент і механічні характеристики ДПС.
53. Реакція якоря машин постійного струму.
54. Причини збільшення іскріння під щітками та способи поліпшення комутації в МПС.
55. Особливості пуску ДПС.
56. Регулювання швидкості обертання двигуна постійного струму.
57. Режими роботи МПС.
58. Втрати і ККД в МПС.
59. Робочі характеристики ДПС з незалежним і паралельним способом збудження.

60. Характеристики холостого ходу та короткого замикання ГПС з незалежним збудженням. Визначення коефіцієнту насичення. Характеристичний (реактивний) трикутник.

61. Зовнішня характеристика ГПС з незалежним, паралельним, послідовним та змішаним збудженням.

62. Регулювальна характеристика ГПС з незалежним, паралельним та змішаним збудженням (узгодженим та зустрічним).

63. Навантажувальна характеристика ГПС з незалежним та паралельним незалежним, паралельним та змішаним узгодженим збудженням.

64. Процес самозбудження в ГПС з паралельним способом збудження.

65. Конструкція та характеристики вентильно-реактивних двигунів (SRM-двигунів).

66. Тахогенератори постійного струму (конструкція, принцип дії, характеристики).

67. Виконавчі двигуни постійного струму (особливості конструкції, принцип дії, характеристики).

68. Універсальний колекторний двигун (конструкція, принцип дії, часова залежність моменту).

### **Орієнтовна тематика курсових робіт**

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 (регулювальних) характеристик.

9. Розробка збіркового креслення зі специфікацією, креслення електричної схеми і підготовка пояснювальної записки.