

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

"ПОГОДЖЕНО"

В.о. декана інженерно-
енергетичного факультету

Каріне ГОРБУНОВА

" 20 " 06 2022 р.



"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Перший проректор

Дмитро БАБЕНКО

2022р.

РОБОЧА ПРОГРАМА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні машини й апарати»

для здобувачів початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти

(2-го курсу)

на 2022-2023 навчальний рік

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітній ступінь «Молодший бакалавр»

Кваліфікація: молодший бакалавр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Мова навчання – українська мова.

Миколаїв – 2022 рік

ПЕРЕДМОВА

Програма відповідає вимогам Освітньо-професійної програми підготовки здобувачів вищої освіти «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженою Вченою радою Миколаївського національного аграрного університету 23.02.2021 р. (протокол № 7).

Розробник: к.т.н. старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Олександр ЦИГАНОВ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, протокол № 14 від "09" 05 2022 року.

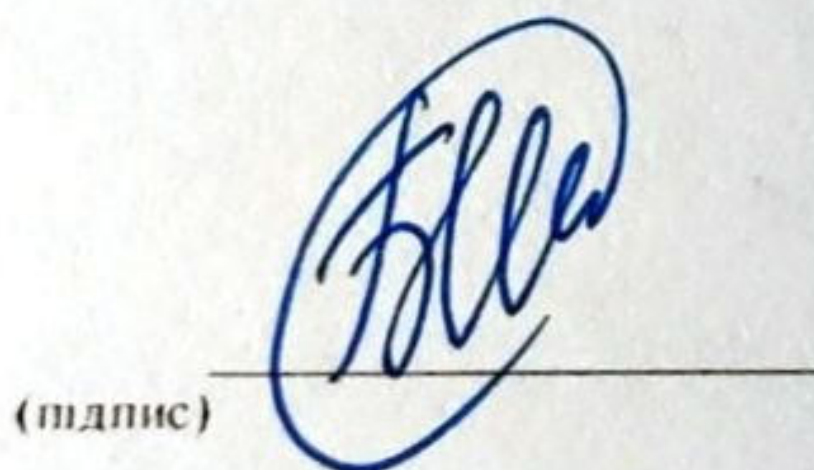
Завідувач кафедри
електроенергетики,
електротехніки та
електромеханіки
д-р техн. наук, проф.



Андрій СТАВИНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, протокол № 10 від "07" 06 2022 року.

Голова науково-методичної
комісії д-р. пед. наук. доцент



Ілона БАЦУРОВСЬКА

1. АНОТАЦІЯ

Електричні машини й апарати – профільююча навчальна дисципліна електротехнічного напрямку. Предметом вивчення цієї дисципліни є устрій, принцип дії, призначення та основні формули для вибору та проектування електричних машин та апаратів.

Задачею вивчення дисципліни "Електричні машини й апарати" є набуття майбутніми інженерами-електроенергетиками необхідних теоретичних і практичних знань з основних електромагнітних законів, що відбуваються в статичних, обертальних електричних машинах й апаратах. Здобувачі вищої освіти вивчають призначення, переваги та сфери застосування кожної електричної машини й апаратів.

Ключові слова: асинхронні машини, синхронні машини, машини постійного струму, статор, ротор, якор, обмотка, обертове магнітне поле, полюси, секції.

ANNOTATION

Electrical machines and devices are a profiling discipline of the electrotechnical direction. The subject of study of this discipline is the structure, principle of operation, purpose and basic formulas for the selection and design of electrical machines and devices.

The task of studying the discipline "Electric machines and devices" is the acquisition by future power engineers of the necessary theoretical and practical knowledge of the basic electromagnetic laws that occur in static, rotating electric machines and devices. Applicants for higher education study the purpose, benefits and applications of each electric machine and apparatus.

Keywords: asynchronous machines, synchronous machines, DC machines, stator, rotor, anchor, winding, rotating magnetic field, poles, sections.

2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Електричні машини й апарати»

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітній ступінь «Молодший бакалавр»

Кваліфікація: молодший бакалавр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Семестр III

Кількість кредитів ECTS 5,0

Кількість змістових модулів 3

Загальна кількість годин 150

Види навчальної діяльності та види навчальних занять, обсяг годин та кредитів:

Лекції 30/1,0 кредитів ECTS

Лабораторні заняття 30/1,0 кредитів ECTS

Практичні заняття 16/0,53 кредитів ECTS

Самостійна робота 74/2,47 кредити ECTS

Форма підсумкова контрольного заходу: III семестр – екзамен.

Дисципліна “Електричні машини й апарати” належить до професійно-орієнтованого циклу програм держстандарту вищої освіти України. Її роль та значення у підготовці фахівців підвищується сучасним періодом розвитку усіх галузей науки та техніки. Він характеризується звичайно широким втіленням в усі сфери діяльності людей нових високих технологій, нової техніки, автоматики, електроніки, керуючих пристроїв з адаптивними параметрами функціонування, використанням систем телемеханіки, обчислювальної техніки, різноманітних систем зв'язку. Звичайно, що електричні машини й апарати мають дуже широку сферу застосування та потребують детального вивчення основних електромагнітних законів що відбуваються в процесі їх роботи. Таке детальне вивчення дозволить в подальшому виконувати вибір необхідного обладнання та проектування електричних машин й апаратів.

Зміни у змістовному наповненні програми. Робоча програма щорічно оновлюється з урахуванням пропозицій усіх груп стейкхолдерів та результатів опитування здобувачів вищої освіти, роботодавців та випускників ОПП 141 «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки». Також робоча програма оновлюється відповідно до робочих навчальних планів підготовки здобувачів вищої освіти Миколаївського національного аграрного університету. Оновлюються теми лекцій відповідно до розвитку досліджень та технічного рівня обладнання, яке стосується даної дисципліни.

Передбачені неформальні освітні заходи. Здобувачам вищої освіти пропонуються протягом вивчення дисципліни: індивідуальні завдання, участь у студентських конференціях, всеукраїнській олімпіадах та студентських наукових конкурсах, участь у вебінарах та семінарах, участь у відкритих лекціях, які проводять поза межами навчального процесу, участь в дуальній освіті. Здобувач має право самостійно обирати напрям і вид неформальних освітніх заходів. Оцінка їхніх результатів відбувається за наявності документального підтвердження (сертифікат, свідоцтво, скріншот, програма, запрошення тощо). Перезарахування дисципліни або окремих тем відбувається за бажання здобувача на підставі нормативної внутрішньої документації та Положень МНАУ.

Передбачені інформальні освітні заходи. Під час вивчення навчальної дисципліни застосовуються інноваційні педагогічні технології навчання, які включають системний набір прийомів та засобів з організації освітньої діяльності, охоплюють процес навчання від мети до програмних результатів. У освітньому процесі використовується освітня платформа Moodle, яка дозволяє використовувати дистанційні підходи у опанування навчального матеріалу, технології Jitsi Meet, а також презентаційні матеріали та відео лекції.

Можливості набуття програмних результатів в умовах інклюзивної освіти. Вхід факультету облаштовано кнопкою виклику чергового. Є відповідальні особи, які організують освітній процес (декан, заступники декана, куратор).

Можливість дистанційного (або очно-дистанційного) навчання через:

- систему Moodle (<https://moodle.mnau.edu.ua/>) - лекційний матеріал, практичні завдання, напрями наукової та творчої роботи, завдання на самостійне опрацювання);

- платформу онлайн-занять Zoom – для проведення індивідуальних практичних занять, консультацій тощо;
- електронний репозитарій МНАУ – для використання інформаційних матеріалів (<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui>);
- аудіо- та відеоповідомлення з лекційним матеріалом, поясненням особливостей завдань та напрямками їх виконання тощо;
- спілкування через електронну пошту (tsyganov.an@mnau.edu.ua) та телефонний зв'язок;
- залучення до освітньо-наукових заходів в онлайн-режимі;
- індивідуальний підхід до викладення матеріалу навчальної дисципліни;
- можливість залучення до освітнього процесу куратора академічної групи та людини, яка знаходиться поряд з здобувачем вищої освіти з особливими освітніми потребами (батьки, сестра, брат та інших).

Мовна підготовка. Дисципліна викладається українською мовою. Водночас, з кожної теми виділено ключові слова, які здобувачі вивчають англійською мовою. При застосуванні термінів і понять з іноземних джерел інформації, які стосуються тематики даної навчальної дисципліни, пояснення відбувається на іноземній мові та переводиться на державну. Здобувачі вищої освіти мають можливість брати участь та доповідатися у вебінарах та наукових заходах на державній або англійській мові.

Форми навчання. Денна (дистанційна, змішана – за наказом по університету, наприклад у зв'язку із дотриманням карантинних заходів). Освітній процес реалізується у таких формах: навчальні заняття (лекційні заняття, практичні заняття, консультації), індивідуальні завдання, самостійна робота, контрольні заходи.

Методи навчання поділяються на три складові.

- за джерелом знань: виконання індивідуальних завдань, самостійна робота, практичні заняття.
- за характером навчально-пізнавальної діяльності: дискусії, студенські наукові конференції, наукова діяльність (студенські конкурси наукових робіт);
- за дидактичними завданнями: методи організації навчально-пізнавальної діяльності, методи оцінки та перевірки результатів.

3. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни «Електричні машини й апарати» полягає у формуванні у студента системи теоретичних і практичних знань із принципу дії, конструкції та призначенню електричних машин й апаратів. Також важливим є вивчення принципу розрахунку параметрів при виборі електричних машин та апаратів та їх проектування.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- ознайомлення здобувачів вищої освіти з основними типами електричних машин та апаратів;
- вивчення конструктивних особливостей електричних машин та апаратів;
- вивчення принципу дії електричних машин та апаратів;
- вивчення фізичних явищ які відбуваються в електричних машин та апаратів.

У результаті вивчення початкової дисципліни студент повинен: Знати:

- конструктивні особливості існуючих електричних машин та апаратів;
- сфери застосування та особливості роботи існуючих видів електричних машин та апаратів;
- принцип дії та будову електричних машин та апаратів;
- методи вибору електричних машин та апаратів;
- розраховувати та проектувати електричні машини та апарати.

Вміти:

- розрізнити електричні машини змінного та постійного струму;
- вибрати електричні машини та апарати для будь якого електротехнічного устаткування;
- розрахувати електричну машину та апарат.

Предметом дисципліни є конструктивні особливості, принцип дії, призначення та методи вибору електричних машин та апаратів.

Таблиця 1 Компетентності здобувачів вищої освіти

Компетентності	Змістовність
Інтегральні	Здатність розв'язувати складні завдання і проблеми у сфері професійної діяльності з електричної інженерії, а також у процесі досліджень та/або здійснення інновацій, що характеризується невизначеністю умов і вимог агропромислового виробництва
Загальні	ЗК 01. Самостійно визначатись щодо цілей та задач особистої діяльності.
	ЗК 04. Використовувати нові знання та професійні уміння для підвищення ефективності особистої і суспільної діяльності.
	ЗК 05. Оцінювати соціальну значимість пропозицій щодо вдосконалення організації і технології виробництва, впровадження нової техніки.
	ЗК 06. Аналізувати соціально важливі процеси, цивілізовано вирішувати соціальні, виробничі, побутові проблеми, суперечки, протиріччя.
	ЗК 08. Займати активну громадянську позицію.
Фахові	ФК06. Здатність виконувати вибір електротехнологічного обладнання і систем електричного освітлення та опромінення.
	ФК07. Здатність орієнтуватися в технологічних процесах і обладнанні, здійснювати вибір електроустаткування та відповідних систем керування.
	ФК09. Здатність орієнтуватися у виборі заходів з підвищення рівня енергоефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування та визначенні

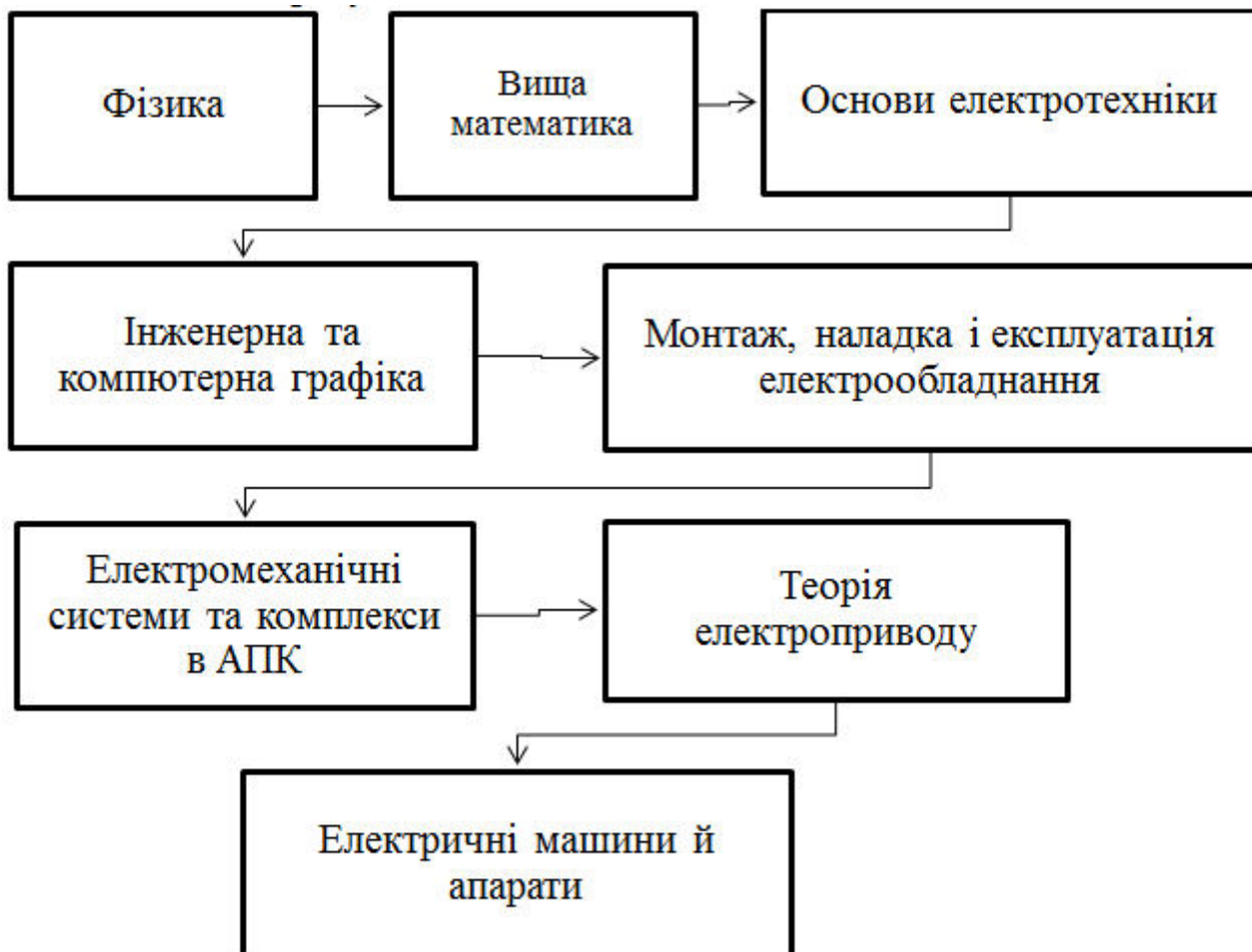
	техніко- економічних показників запропонованих рішень.
	ФК13. Здатність розробляти проекти електричної частини; електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог діючих стандартів.
Програмні результати навчання	ПРН1 Отримувати і застосовувати нові знання, уміння, навички для професійного та особистісного розвитку.
	ПРН 05. Здатність продемонструвати знання та розуміння методологій проектування, відповідних нормативних документів, чинних стандартів і технічних умов.
	ПРН09 Уміти застосовувати основи теорії технічних та природничих наук при вирішенні задач електричної інженерії.
	ПРН 14 Застосовувати набуті знання та уміння при виборі і розрахунку освітлювальних та опромінювальних установок, вирішувати технічні задачі у області застосування електротехнологічних установок.
	ПРН 15 Застосовувати набуті знання щодо технологічних процесів та обладнання об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, здійснювати вибір електроустаткування та відповідних систем керування до нього.
	ПРН 21 Вирішувати спеціалізовані завдання із дотриманням вимог діючої нормативної документації для проектування електричної частини електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.
	ПРН 22. Застосовувати базові знання та практичні навички з технологій у галузі сільськогосподарського виробництва, переробки, зберігання та стандартизації продукції, а також екологічних процесів з метою належного ведення обліку господарських процесів підприємств.

4. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ У СТРУКТУРІ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН



5. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Вказуємо перелік навчальних дисциплін, які мають бути вивчені раніше або перелік раніше досягнутих результатів навчання, які дають можливість розпочати навчання за цією дисципліною:



6. СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «Електричні машини й апарати»

Таблиця 2. Змістовні модулі та їх наповнення

Модулі	Теми
Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії електричних машин (ЕМ)	Тема 1. Вступ. Класифікація електричних машин та їх призначення.
	Тема 2. Трансформатори. Призначення, область застосування, принцип дії.
	Тема 3. Рівняння напруг трансформатора. Рівняння МРС та струмів.
	Тема 4. Трансформатор трифазного струму і схеми з'єднання обмоток.
	Тема 5. Втрати, коефіцієнт корисної дії і регулювання напругитрансформатора.
	Тема 6. Триобмоткові трансформатори.

	Автотрансформатори.
Змістовий модуль 2. Трансформатори	Тема 7. Трансформаторні пристрої спеціального призначення.
	Тема 8. Принцип дії синхронного генератора і асинхронного двигуна.
	Тема 9. Будова статора безколекторних машин. Поняття про обмотки статора.
	Тема 10. ЕРС котушки, котушечної групи. ЕРС обмотки статора
Змістовий модуль 3. Електричні двигуни	Тема 11. Трифазні двошарові обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу.
	Тема 12. Одношарові обмотки статора
	Тема 13. МРС зосереджувальної обмотки статора.
	Тема 14. МРС розподільчої обмотки статора
	Тема 15. МРС трифазної обмотки статора.

7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Відповідно до навчального плану спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» навчальна дисципліна «**Електричні машини й апарати**» вивчається здобувачами вищої освіти протягом 3 семестру (2 курс освітнього ступеня молодший бакалавр). Навчальна дисципліна «**Електричні машини й апарати**» розрахована на 150 годин / 5,0 кредити ЕКТС (3 змістовні модулі), у тому числі теоретичний курс включає: 30,0 годин лекцій / 1.0 кредити ЕКТС, 16 годин практичних занять / 0,53 кредити ЕКТС, 30 годин лабораторних занять / 1.0 кредити ЕКТС, 74 годин самостійної роботи – 60,0 годин / 2,46 кредити ЕКТС.

Таблиця 3 Розподіл освітнього часу за видами занять та контрольні заходи

Змістовні модулі курсу			Теми	Розподіл навчального часу				Термін виконання, тиждень	Терміни контролю заходів
Найменування	Обсяг, кредити	Сума балів		лекції	практичні	лабораторні роботи	самостійна робота		
III Семестр									
Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії електричних машин (ЕМ)	0,17	1 – 1,5	Тема 1. Вступ. Класифікація електричних машин та їх призначення.	2	1	2	5	1	
	0,17	1 – 1,5	Тема 2. Трансформатори. Призначення, область застосування, принцип дії.	2	1	2	5	2	
	0,17	1 – 1,5	Тема 3. Рівняння напруг трансформатора. Рівняння МРС та струмів.	2	1	2	5	3	
	0,17	1 – 1,5	Тема 4. Трансформатор трифазного струму і схеми з'єднання обмоток.	2	1	2	5	4	
	0,17	1 – 1,5	Тема 5. Втрати, коефіцієнт корисної дії і регулювання напруги трансформатора.	2	1	2	5	5	
	0,17	1 – 1,5	Тема 6. Триобмоткові трансформатори. Автотрансформатори.	2	1	2	5	6	
Змістовий модуль 2. Трансформат	0,17	1 – 1,5	Тема 7. Трансформаторні пристрої	2	1	2	5	7	

ори			спеціального призначення.						
	0,17	1 – 1,5	Тема 8. Принцип дії синхронного генератора і асинхронного двигуна.	2	1	2	5	8	
	0,17	1 – 1,5	Тема 9. Будова статора безколекторних машин. Поняття про обмотки статора.	2	1	2	5	9	
	0,17	1 – 1,5	Тема 10. ЕРС котушки, котушечної групи. ЕРС обмотки статора	2	1	2	5	10	Проміжний контроль по завершенню модулю
Змістовий модуль 3. Електричні двигуни	0,17	1 – 1,5	Тема 11. Трифазні двошарові обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу.	2	1	2	5	11	
	0,17	1 – 1,5	Тема 12. Одношарові обмотки статора.	2	1	2	5	12	
	0,17	1 – 1,5	Тема 13. МРС зосереджувальної обмотки статора	2	1	2	5	13	
	0,17	1 – 1,5	Тема 14. МРС розподільчої обмотки статора.	2	1	2	5	14	

	0,17	1 – 1,5	Тема 15. МРС трифазної обмотки статора.	2	2	2	4	15	Проміжний контроль по завершенню модулю
Всього	4,0	36-60		30	16	30	74	x	x

7.1. Загальний розподіл годин і кредитів, склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів

Таблиця 4 Змістовні модулі та розподіл часу

Змістові модулі курсу			Теми	Розподіл навчального часу				Термін виконання, тиж-день	Термін контролю - льного заходу
Найменування	Обсяг, кредит	Сума балів		ЛК	ЛР	ПР	СР		
III Семестр									
Змістовий модуль 1. Загальні питання теорії електричних машин (ЕМ)	1,5	10-20	Тема 1. Вступ. Класифікація електричних машин та їх призначення. Тема 2. Трансформатори. Призначення, область застосування, принцип дії. Тема 3. Рівняння напруг трансформатора. Рівняння МРС та струмів. Тема 4. Трансформатор трифазного струму і схеми з'єднання обмоток. Тема 5. Втрати, коефіцієнт корисної дії і регулювання напруги	12	12	6	30	1 - 6	10

			трансформатора. Тема 6. Триобмоткові трансформатори. Автотрансформатори.						
Змістовий модуль 2. Трансформатори	1,5	11-20	Тема 7. Трансформаторні пристрої спеціального призначення. Тема 8. Принцип дії синхронного генератора і асинхронного двигуна. Тема 9. Будова статора безколекторних машин. Поняття про обмотки статора. Тема 10. ЕРС котушки, котушечної групи. ЕРС обмотки статора.	8	8	4	20	7-10	
Змістовий модуль 3. Електричні двигуни	2	15-20	Тема 11. Трифазні двошарові обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу. Тема 12. Одношарові обмотки статора. Тема 13. МРС зосереджувальної обмотки статора. Тема 14. МРС розподільчої обмотки статора. Тема 15. МРС трифазної обмотки статора.	10	10	6	24	11 - 15	15
Всього	5,0	36-60		30	30	16	74	х	х

7.2. Перелік та короткий зміст тем змістовних модулів

МОДУЛЬ 1.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Й АПАРАТИ

Тема 1. Вступ. Класифікація електричних машин та їх призначення.

Ознайомлення з призначенням електричних машин; вивчення основних поняття; фізичний зміст деяких законів і явищ, які лежать в основі принципу дії електричних машин; вивчення класифікації електричних машин.

Тема 2. Трансформатори. Призначення, область застосування, принцип дії.

Набуття студентами знань з принципу дії трансформаторів, їх конструкції та області застосування.

Тема 3. Рівняння напруг трансформатора. Рівняння МРС та струмів.

Рівняння напруг для первинного та вторинного кала трансформатора; рівняння МРС та струмів трансформатора.

Тема 4. Трансформатор трифазного струму і схеми з'єднання обмоток.

Ознайомлення з принципом роботи трансформатора трифазного струму, зі схемами з'єднання його обмоток та умовними позначеннями виводів обмоток.

Тема 5. Втрати, коефіцієнт корисної дії і регулювання напруги трансформатора.

Ознайомлення з видами втрат енергії в трансформаторі, коефіцієнтом корисної дії та з методами регулювання напруги.

Тема 6. Триобмоткові трансформатори. Автотрансформатори.

Ознайомитися з основними рівняннями, особливостями роботи триобмоткових трансформаторів та автотрансформаторів.

МОДУЛЬ 2.

ТРАНСФОРМАТОРИ

Тема 7. Трансформаторні пристрої спеціального призначення.

Ознайомлення з видами трансформаторних пристроїв спеціального призначення.

Тема 8. Принцип дії синхронного генератора і асинхронного двигуна.

Ознайомлення з принципом дії синхронного генератора та асинхронного двигуна.

Тема 9. Будова статора безколекторних машин. Поняття про обмотки статора.

Ознайомитися з будовою статора безколекторних машин та з будовою багатофазних обмоток статора.

Тема 10. ЕРС котушки, котушечної групи. ЕРС обмотки статора.

Ознайомитися з формулами для визначення ЕРС котушки, котушечної групи та ЕРС обмотки статора.

МОДУЛЬ 3.

ЕЛЕКТРИЧНІ ДВИГУНИ

Тема 11. Трифазні двошарові обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу.

Ознайомитися із застосуванням трифазних двошарових обмоток з дробовим числом пазів на полюс і фазу та визначити число пазів статора.

Тема 12. Одношарові обмотки статора.

Ознайомитися з видами обмоток статора.

Тема 13. МРС зосереджувальної обмотки статора.

Вивести формулу для розрахунку МРС зосереджувальної обмотки статора.

Тема 14. МРС розподільчої обмотки статора.

Вивести формулу для розрахунку МРС розподільчої обмотки статора.

Тема 15. МРС трифазної обмотки статора.

Ознайомитися з принципом отримання обертової МРС та вивести формулу для розрахунку МРС трифазної обмотки статора.

7.3. Перелік та план лекцій

МОДУЛЬ 1.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Й АПАРАТИ

Лекція 1. Вступ. Класифікація електричних машин та їх призначення.

План лекції

1. Призначення електричних машин та трансформаторів.
2. Електричні машини – електромеханічні перетворювачі енергії.
3. Класифікація електричних машин.

Лекція 2. Трансформатори. Призначення, область застосування, принцип дії.

План лекції

1. Область застосування трансформаторів.
2. Призначення трансформаторів.
3. Принцип дії трансформаторів.

Лекція 3 Рівняння напруг трансформатора. Рівняння МРС та струмів.

План лекції

1. Рівняння напруг для первинного кола трансформатора.
2. Рівняння напруг для вторинного кола трансформатора.
3. Рівняння МРС та струмів трансформатора.

Лекція 4. Трансформатор трифазного струму і схеми з'єднання обмоток.

План лекції

1. Загальні поняття
2. Схеми з'єднання обмоток трифазних трансформаторів
3. Умовні позначення виводів обмоток трифазних трансформаторів

Лекція 5. Втрати, коефіцієнт корисної дії і регулювання напруги трансформатора.

План лекції

1. Види втрат енергії в трансформаторі
2. Коефіцієнт корисної дії трансформатора
3. Регулювання напруги трансформаторів

Лекція 6. Триобмоткові трансформатори. Автотрансформатори.

План лекції

1. Основні рівняння, особливості роботи та область застосування триобмоткових трансформаторів
2. Принцип роботи понижуючого автотрансформатора
3. Переваги автотрансформаторів

МОДУЛЬ 2. ТРАНСФОРМАТОРИ

Лекція 7. Трансформаторні пристрої спеціального призначення.

План лекції

1. Основні поняття
2. Трансформатор з рухомою вторинною обмоткою та однофазний трансформатор з підмагнічуючим шунтом
3. Трансформатор з рухомим сердечником

Лекція 8. Принцип дії синхронного генератора і асинхронного двигуна.

План лекції

1. Принцип дії синхронного генератора.
2. Визначення ЕРС обмотки статора синхронного генератора.
3. Принцип дії асинхронного двигуна.

Лекція 9. Будова статора безколекторних машин. Поняття про обмотки статора.

План лекції

1. Будова статора безколекторної машини змінного струму
2. Вимоги щодо обмоток статора
3. Будова багатофазної обмотки статора

Лекція 10. ЕРС котушки, котушечної групи. ЕРС обмотки статора.

План лекції

1. Електрорушійна сила котушки
2. Електрорушійна сила котушечної групи
3. Електрорушійна сила обмотки статора

МОДУЛЬ 3. ЕЛЕКТРИЧНІ ДВИГУНИ

Лекція 11. Трифазні двошарові обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу.

План лекції

1. Основні поняття
2. Визначення числа пазів статора

Лекція 12. Одношарові обмотки статора.

План лекції

1. Трифазна обмотка.
2. Однофазна обмотка.

Лекція 13. МРС зосереджувальної обмотки статора.

План лекції

1. Загальні поняття
2. Гармонійний ряд МРС

Лекція 14. МРС розподільчої обмотки статора.

План лекції

1. Загальні поняття.
2. Визначення формули МРС розподільчої обмотки статора.

Лекція 15. МРС трифазної обмотки статора.

План лекції

1. Принцип отримання обертаємої МРС
2. Визначення формули МРС трифазної обмотки статора.

7.4. Перелік та план практичних занять

Таблиця 5. Перелік тем практичних занять

Модуль 1.	б	х
Практична робота №1 Розрахунок перетину струмопровідної шини до автоматичного вимикача постійного струму	2	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Практична робота №2 Вибір типу магнітного пускача для пуску короткозамкненого асинхронного електродвигуна серії 4А	2	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Практична робота №3 Вибір плавкого запобіжника для захисти асинхронного двигуна від дії короткого замикання	1	х
Практична робота №4 Визначити струми спрацьовування й відпускання, а також коефіцієнт повернення нейтрального екранованого герконового реле	1	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Модуль 2.	4	

Практична робота №5 Визначення опіру і навантажувальної здатності резистора при тривалому режимі роботи	2	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Практична робота №6 Розрахунок опору електричних контактів	2	х
Модуль 3.	6	
Практична робота №7 Розрахунок та вибір теплового реле для захисту двигуна	2	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Практична робота №8 Визначення значення електромагнітної сили, що діє у прямокутному розщепленому зазорі електромагніта	2	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Практична робота №9 Розрахунок котушки електромагніту постійного струму	1	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Практична робота №10 Розрахунок обмотки електромагніту змінного струму	1	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Разом по дисципліні	16	х

7.5 Теми, форма контролю та перевірки завдань, які винесені на самостійне обов'язкове опрацювання

Самостійна робота здобувачів вищої освіти містить у собі, вивчення теоретичного курсу за конспектом лекцій та поглиблена переробка матеріалу за рекомендованими темами.

Обсяг самостійної роботи – 60 годин – передбачено та узгоджено з годинами, що виділяються деканатом факультету з сумарного бюджету часу здобувача вищої освіти.

Робота здобувачів вищої освіти над теоретичним курсом перевіряється за рахунок тестів, при виконанні та захисту лабораторних робіт, а також на консультаціях.

Здобувачі вищої освіти, які не виявляють активності у самостійній роботі, викликаються на консультації, запрошуються на засідання кафедри, їх прізвища повідомляються у деканат факультету.

Також самостійна робота здобувача включає: опанування навчального

матеріалу, проведення наукових досліджень, підготовку наукових публікацій, матеріалів для участі в студентських наукових конференціях.

Таблиця 6. Теми для самостійної роботи

Назва змістового модуля/тема	Обсяг годин	Завдання
Модуль 1.	30	х
1. Призначення електричних машин і трансформаторів 2. Електричні машини - електромеханічні перетворювачі енергії 3. Класифікація електричних машин	10	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
1. Область застосування, принцип дії 2. Призначення трансформаторів 3. Принцип дії трансформаторів 4. Рівняння напруг для первинного кола трансформатора.	10	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
1. Рівняння напруг для вторинного кола трансформатора 2. Рівняння МРС та струмів трансформатора 3. Схеми з'єднання обмоток трифазних трансформаторів	10	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
Модуль 2.	20	х
1. Умовні позначення виводів обмоток трифазних трансформаторів 2. Види втрат енергії в трансформаторі 3. Коефіцієнт корисної дії трансформатора	10	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.

Назва змістового модуля/тема	Обсяг годин	Завдання
1. Регулювання напруги трансформаторів 2. Основні рівняння, особливості роботи та область застосування триобмоткових трансформаторів 3. Принцип роботи понижуючого автотрансформатора	5	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
1. Переваги автотрансформаторів 2. Основні поняття 3. Трансформатор з рухомою вторинною обмоткою та однофазний трансформатор з підмагнічуючим шунтом 4. Трансформатор з рухомим сердечником	5	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
Модуль 3.	24	х
1. Принцип дії синхронного генератора 2. Визначення ЕРС обмотки статора синхронного генератора 3. Принцип дії асинхронного двигуна 4. Будова статора безколекторної машини змінного струму 5. Вимоги щодо обмоток статора	5	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
1. Будова багатофазної обмотки статора 2. Електрорушійна сила котушки 3. Електрорушійна сила котушечної групи	5	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.

Назва змістового модуля/тема	Обсяг годин	Завдання
1. Електрорушійна сила обмотки статора 2. Основні поняття 3. Визначення числа пазів статора 4. Трифазна обмотка 5. Однофазна обмотка 6. Гармонійний ряд МРС	7	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
1. Визначення формули МРС розподільчої обмотки статора 2. Принцип отримання обертаємої МРС 3. Визначення формули МРС трифазної обмотки статора	7	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
Разом	74	x

Таблиця 7. Форма перевірки та оцінювання завдань самостійної роботи

№	Модулі*	Кількість заходів	Оцінка в балах		Сума балів	
			min	max	min	max
1.	Самостійна та індивідуальна робота, есе, виступи-доповіді на студентських наукових конференціях МНАУ.	3	1,0	3,0	3,0	9,0
	змістовний модуль перший	1	1,0	3,0	1,0	3,0
	змістовний модуль другий	1	1,0	3,0	1,0	3,0
	змістовний модуль третій	1	1,0	3,0	1,0	3,0
	Разом за змістовними модулями (семестр)	x	x	x	3,0	9,0
Разом					3,0	9,0

7.6. Наукова робота здобувачів вищої освіти

Під час вивчення навчальної дисципліни «Електричні машини й апарати» здобувачі вищої освіти мають можливість прийняти участь у неформальних освітніх заходах та підготувати тез наукові доповіді, щодо обраної тематики

дослідження на студентських науково-теоретичних конференціях які проводять на базі університету:

- Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології»;
- Студентська науково-теоретична конференція «Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу країни»;
- Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку».

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підготовку індивідуальних робіт у вигляді тез доповідей щодо досліджуваних питань. За результатами наукової роботи та участі у студентських науково-теоретичних конференціях готуються збірки тез доповідей, які представлено на сайті університету.

7.7 Питання для підсумкового контролю знань здобувачів вищої освіти

1. Призначення електричних машин і трансформаторів
2. Електричні машини - електромеханічні перетворювачі енергії
3. Класифікація електричних машин
4. Область застосування, принцип дії
5. Призначення трансформаторів
6. Принцип дії трансформаторів
7. Рівняння напруг для первинного кола трансформатора
8. Рівняння напруг для вторинного кола трансформатора
9. Рівняння МРС та струмів трансформатора
10. Схеми з'єднання обмоток трифазних трансформаторів
11. Умовні позначення виводів обмоток трифазних трансформаторів
12. Види втрат енергії в трансформаторі
13. Коефіцієнт корисної дії трансформатора
14. Регулювання напруги трансформаторів
15. Основні рівняння, особливості роботи та область застосування триобмоткових трансформаторів
16. Принцип роботи понижуючого автотрансформатора
17. Переваги автотрансформаторів
18. Основні поняття
19. Трансформатор з рухомою вторинною обмоткою та однофазний трансформатор з підмагнічуючим шунтом
20. Трансформатор з рухомим сердечником
21. Принцип дії синхронного генератора
22. Визначення ЕРС обмотки статора синхронного генератора
23. Принцип дії асинхронного двигуна
24. Будова статора безколекторної машини змінного струму
25. Вимоги щодо обмоток статора
26. Будова багатофазної обмотки статора
27. Електрорушійна сила котушки
28. Електрорушійна сила котушечної групи
29. Електрорушійна сила обмотки статора
30. Основні поняття

31. Визначення числа пазів статора
32. Трифазна обмотка
33. Однофазна обмотка
34. Гармонійний ряд МРС
35. Визначення формули МРС розподільчої обмотки статора
36. Принцип отримання обертаємої МРС
37. Визначення формули МРС трифазної обмотки статора

8. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ, КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗНАТЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти під час семінарських і практичних занять та виконання самостійних завдань проводиться за такими критеріями:

- 1) обсяг володіння та розуміння навчального матеріалу;
- 2) вільне, самостійне та аргументоване викладання теоретичного матеріалу та його пояснення під час усних виступів і письмових відповідей на питання;
- 3) здатність до аналізу самостійно вивченого матеріалу;
- 4) розуміння, ступінь засвоєння, та використання професійної та наукової термінології;
- 5) вчасна здача та оформлення звітів з практичних робіт.

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти за дисципліни «Технологія електромонтажних робіт» за якою відповідно до навчальних планів передбачено іспит, здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю знань.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння навчального матеріалу, забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і студентом у формі усного опитування, письмового експрес-контролю, комп'ютерного тестування, вироблення навичок проведення розрахункових завдань, умінь працювати в команді, умінь опрацьовувати тексти, здатність осмислити теми чи розділу, умінь публічно чи письмово представити певний матеріал (презентацію) тощо.

Завданням підсумкового контролю є перевірка розуміння здобувачем вищої освіти програмного матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, умінь сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни та виконувати індивідуально-дослідницьку роботу за проблемою, що розглядається в дисципліні.

З навчальної дисципліни «Електричні машини й апарати», оцінювання рівня знань здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю, завдання поточного контролю оцінюються в 60 балів, а завдання, що виконується на підсумковий контроль – 40 балів.

Таблиця 7 Форма поточного та підсумкового контролю знань

№	Змістові модулі	Кількість	Оцінка в балах	Сума балів
---	-----------------	-----------	----------------	------------

		заходів	min	max	min	max
	Змістовий модуль 1.					
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	2,7	4	8	12
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	3	1	3
	Разом за змістовним модулем 1	x	x	x	12	20
	Змістовий модуль 2.					
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	2,7	4	8	12
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	3	1	3
	Разом за змістовним модулем 2	x	x	x	12	20
	Змістовий модуль 3.					
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	2,7	4	8	12
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	3	1	3
	Разом за змістовним модулем 3	x	x	x	12	20
	Разом за семестр				36	60
	Екзаменаційна робота				24	40

Підсумковий контроль знань здійснюється шляхом складання письмового іспиту. До іспиту допускається здобувач вищої освіти, який виконав всю форму поточного контролю знань (див. табл. 7).

Після отримання здобувачем вищої освіти оцінки за поточний контроль знань, за приведеною вище таблицею, проводиться іспит за одним варіантом в письмовій формі. Класична схема завдання: три теоретичні питання, за модулями 1 – 3. Здобувач вищої освіти письмово відповідає на запитання, поставлені в завданні і отримує екзаменаційну оцінку за наступними критеріями:

– Оцінка "5" є найвищим балом. Її ставлять здобувачу вищої освіти за свідому і обґрунтовану відповідь на всі запитання, з якої! видно, що він вміє логічно викладати думку, самостійно користуватися теоретичним матеріалом і підготовлений до застосування набутих занять на практиці, а саме: міцне

засвоєння і вільне користування теоретичним матеріалом при виконанні завдання; вміння самостійно виконувати задачі і вкладатися у відведений час; немає порушень у виборі методів рішення та позначанні величин.

– Оцінка "4" є показником доброї успішності Її ставлять здобувач вищої освіти коли він поглиблено знає матеріал, передбачений робочою програмою з дисципліни, але при вщповці допустив незначні недоліки. Достатньо міцно засвоїв прийоми вирішення задач згідно з завданням. Проявив вміння самостійно їх виконувати при незначній допомозі викладача. Немає порушень у виборі методів рішення та позначанні величин.

– Оцінка "3" є позитивною оцінкою. Її ставлять здобувач вищої освіти, коли він розбирається у вивченому матеріалі і має певну суму знань, умінь та навиків. Нетверде засвоєння деякого теоретичного матеріалу. Мають місце окремі порушення у виборі методів рішення та позначання величин під час вирішення задач. Недостатня самостійність в роботі

– Оцінка "2" - незадовільна . Її ставлять здобувачу вищої освіти, коли він не засвоїв основний матеріал, який вивчався. Низький рівень засвоєння основних прийомів вирішення задач та несамостійність їх виконання.

Таблиця 8. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти, та шкала оцінювання - іспит

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 - 100	A	5 (відмінно)
82 - 89	B	4 (добре)
75 - 81	C	4(добре)
64 - 74	D	3 (задовільно)
60 - 63	E	3 (задовільно)
35 - 59	FX*	не зараховано з можливістю повторного складання 2 (незадовільно)*
0 - 34	F*	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни 2 (незадовільно)*

*Оцінки FX та F у залікову книжку здобувача вищої освіти не виставляється відповідно до Положення про організацію освітнього процесу у МНАУ.

9. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЧЕННЯ, ЯКЕ ПЕРЕДБАЧЕНО НАВЧАЛЬНОЮ ДИСЦИПЛІНОЮ

З метою поширення знань щодо застосування дистанційних технологій у освітньому процесі МНАУ використовується програмний продукт Moodle, який дозволяє значно розширити можливості спілкування усіх учасників освітнього процесу. Платформа Moodle, має доступ до програми Jitsi, яка є комунікаційним клієнтом, що підтримує здійснення голосових викликів, відеодзвінків і обмін миттєвими повідомленнями. Jitsi Meet - це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом для відео конференції.

З сервісних функцій можна відзначити організацію телеконференцій, запис розмов, надання віддаленого доступу до робочого столу, передача файлів, повідомлення про пропущені виклики, імпорт адресної книги Google Contacts, використання фільтрів. Організації відеоконференцій підтримується на базовому рівні. Можливо створювати багатопрокольні телеконференції, в яких можуть брати участь користувачі різних мереж, об'єднати різні дзвінки в телеконференцію.

Під час викладання навчальної дисципліни «Технологія електромонтажних робіт» використовуються усі можливості освітньої платформи Moodle. Проводяться онлайн лекції, захист практичних та лабораторних робіт.

Науково-дослідницька лабораторія кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки: № 302 (60 м²)

Навчальний корпус Інженерно-енергетичного факультету, вул. Крилова 17а.

Спеціальне технічне обладнання:

Монтажний стенд, для практичних та лабораторних робіт – 2 шт.

Комп'ютери на базі процесора Intel Celeron g3900/keyboard+mouse
USB/Монітор/power filter – 3 шт.

Прикладне програмне забезпечення:

Операційна система Windows 7 – 3 од.

Google Chrome

Доступ до мережі Internet.

10. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Базова

1. ПУЕ-2017. правила улаштування електроустановок. Україна, 2017. С. 760.
2. Заблодський М., Чуєнко Р., Васюк В. Лектричні машини (Ч.2 Трансформатори) : навчальний посібник. ЦП «Компринт», 2019. 350 с.
3. Заблодський М., Чуєнко Р., Васюк В. Електричні машини постійного струму : навчальний посібник. ЦП «Компринт», 2017. 390 с.
4. Заблодський М., Чуєнко Р., Васюк В. Електричні машини змінного струму: навчальний посібник. ЦП «Компринт», 2018. 500 с.

Додаткова

1. Вахоніна Л., Содовий О. Електричні апарати - - методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт. 2020.
2. Електричні машини та апарати - методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О. Циганов та ін. 2022.
3. Циганов О., Ставинський Р. Електричні машини - методичні рекомендації для проведення лабораторних робіт. 2017.

11. ДОСТУП ДО МАТЕРІАЛІВ ДИСЦИПЛІНИ

Матеріали з навчальної дисципліни узагальнено у освітній платформі Moodle за посиланням — <https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=3393>

Репозитарій Миколаївського національного аграрного університету за поси-
ланням – Електричні машини та апарати : методичні рекомендації для виконання
практичних робіт здобувачами початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти
ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття
вищої освіти / уклад. Л. В. Вахоніна, О. М. Циганов, В. А. Мардзявко, А. Ю. Ру-
денко. Миколаїв : МНАУ, 2022. 82 с.

<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11537>

Офіційні сайти для збору та обробки інформації (інтернет джерела) -
<https://www.mnau.edu.ua/>

Розробник програми:
к.т.н, старший викладач



циганов

Олександр ЦИГАНОВ
(прізвище та ініціали)