

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту інноватики,
природокористування та інфраструктури
_____ Василь БРИЧ

«29» _____ 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи
_____ Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«29» _____ 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій
_____ Святослав ПИТЕЛЬ

«29» _____ 2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

«Електричні машини»

ступінь вищої освіти – бакалавр

галузь знань – 14 «Електрична інженерія»

спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

освітньо-професійна програма «Енергетичний аудит»

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	Лабор. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг (год.)	Самост. робота студентів, (год.)	Разом, (год.)	Екзам-ен, (сем.)
Денна	III	5	60	30	30	7	16	157	300	5
Заочна	III	5	8	4	4	-	-	284	300	5

**Тернопіль – ЗУНУ
2025**

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавр галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 10 від 23 червня 2023 р., зі змінами відповідно до рішення Вченої ради ЗУНУ, протокол № 11 від 26 червня 2024 р.

Робочу програму склав доцент кафедри, к.т.н., доцент,
Петро КЛЕНДІЙ

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 26 серпня 2025 р.

В.о. завідувача кафедри,
д.е.н., професор

Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Гарант ОПП
«Енергетичний аудит»,
к.т.н., доцент

Петро КЛЕНДІЙ

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Електричні машини»
Опис дисципліни

Дисципліна – «Електричні машини »	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: - 10	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – нормативна Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів Денна форма навчання – 5	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 3 Денна – 3 заочна – 3 Семестр: Денна – 5 Заочна – 5
Кількість змістових модулів – 4	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: Денна - 60 год. Заочна 8 год. Практичні заняття: Денна - 30 год. Заочна – 4 год. Лабораторні заняття: Денна – 30 год. Заочна – 4 год.
Загальна кількість годин – 300	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Індивідуальна робота: Денна – 7 год. Тренінг: Денна – 16 год. Самостійна робота: Денна – 157 год. Заочна – 284 год.
Тижневих годин денна форма - 10 з них аудиторних:- 5		Вид підсумкового контролю – Екзамен

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни є забезпечити формування у здобувачів вищої освіти ґрунтовних теоретичних знань і практичних умінь щодо будови, принципів дії, електромагнітних процесів, режимів роботи, характеристик, методів розрахунку, вибору, експлуатації та діагностики електричних машин (трансформаторів, машин постійного та змінного струму), необхідних для професійної діяльності фахівців у галузі електричної інженерії, з урахуванням вимог енергоефективності, надійності, безпеки та сучасних технологій.

Завдання дисципліни є формування системи:

- знань основних положень теорії електричних машин;
- вмінь творчого вирішення питань проектування, експлуатації і ремонту електричних машин;

– навичок проведення досліджень та випробувань.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні **знати**:

- загальні питання процесів електромеханічного перетворення енергії;
- конструктивне виконання, параметри, фізичні явища та процеси в електричних машинах і трансформаторах та експлуатаційні вимоги до них;
- принципи дії електричних машин і трансформаторів та вплив параметрів машин на їх електричні показники;
- властивості і основні характеристики електричних машин і трансформаторів;
- методи експериментального визначення параметрів машин, тенденції розвитку електричних машин.

вміти:

- здійснювати підключення, пуск та регулювання вихідних параметрів електричних машин;
- проводити дослідження для визначення параметрів електричних машин.

Перелік компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни

Дисципліна формує такі фахові компетентності:

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K07. Здатність працювати в команді.

K15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни «Електричні машини» доцільне після оволодіння студентами знаннями з таких дисциплін як: «Вища математика», «Інженерна механіка», «Теоретичні основи електротехніки», «Електротехнічні матеріали», «Силова електроніка та перетворювальна техніка».

Програмні результати навчання

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

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

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

ПР20. Володіти сучасними методами проведення енергетичного аудиту електроенергетичних об'єктів, аналізу енерговитрат, оцінювання ефективності споживання енергетичних ресурсів.

ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ «Електричні машини»

Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму.

Тема 1. Загальні питання електричних машин .

Структура курсу “Електричні машини” і порядок його вивчення. Науково-технічні передумови виникнення і розвитку електричних машин. Роль електричних машин в електрифікації національної економіки. Сучасні досягнення та перспективи розвитку електричних машин. Основні визначення і класифікація електричних машин.

Тема 2. Будова і принцип дії машини постійного струму.

Основні фізичні закони, що використовуються при розгляді принципу дії та перетворення енергії в електричних машинах. Будова і принцип дії колекторної машини постійного струму. Принцип роботи в режимі двигуна і генератора. Колекторні уніполярні машини. Електрорушійна сила (ЕРС) обмотки якоря та її пульсація.

Тема 3. Обмотки якоря машин постійного струму.

Основні елементи обмоток. Прості петльові та хвильові обмотки: розрахункові формули, принцип виконання розгортки обмоток. Поняття про складні обмотки.

Тема 4. Реакція якоря в машинах постійного струму.

Геометрична і фізична нейтралі. Реакція якоря в машинах постійного струму. Вплив реакції якоря на роботу машини постійного струму та методи її компенсації.

Тема 5. Комутація струму якоря машини постійного струму.

Комутація струму якоря. Фізична суть комутаційного процесу, основні рівняння комутації. Прямолінійна, прискорена та сповільнена комутація. Способи покращення комутації.

Тема 6. Генератори постійного струму і їх характеристики.

Генератори постійного струму. Генератор незалежного збудження та його характеристики. Принцип самозбудження генератора. Характеристики генератора паралельного, послідовного і змішаного збудження.

Тема 7. Двигуни постійного струму.

Двигуни постійного струму. Способи пуску і регулювання частоти обертання. Робочі і механічні характеристики двигунів паралельного, послідовного і змішаного збудження. Гальмівні режими машин постійного струму. Серії машин постійного струму.

Тема 8. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму.

Втрати потужності в електричних машинах постійного струму. Поняття коефіцієнта корисної дії електричних машин постійного струму. Умови

досягнення максимального значення коефіцієнта корисної дії машини постійного струму.

Тема 9. Мікромашини постійного струму.

Особливості, призначення, класифікація та сфера застосування мікромашин. Виконавчі двигуни постійного струму з барабанним, порожнистим та дисковим якорем. Полісне і якісне керування. Безконтактний двигун постійного струму.

Змістовий модуль 2. Трансформатори

Тема 10. Загальні відомості про трансформатори.

Призначення, класифікація і сфера застосування трансформаторів. Будова і принцип дії трансформатора.

Тема 11. Робочий процес трансформатора.

Однофазний трансформатор. Режим холостого ходу, короткого замикання та навантаження. Основні рівняння і векторні діаграми трансформатора. Нагрів та норми нагріву трансформаторів.

Тема 12. Зведений трансформатор.

Зведений трансформатор. Схеми заміщення та їх параметри. Повна і спрощена векторні діаграми трансформатора при різному характері навантаження. Спад напруги в трансформаторі, зовнішня характеристика трансформатора. Втрати потужності в трансформаторі, ККД.

Тема 13. Схеми і групи з'єднань обмоток.

Схеми і групи з'єднання обмоток трифазних трансформаторів. Векторні діаграми напруг трифазних трансформаторів при симетричному і несиметричному навантаженнях. Регулювання напруги. Регулювання напруги під навантаженням

Тема 14. Паралельна робота трансформаторів.

Умови включення трансформаторів на паралельну роботу. Паралельна робота трансформаторів. Несиметричне навантаження трифазного трансформатора за різних схем з'єднання обмоток.

Тема 15. Перехідні процеси в трансформаторах.

Перехідні процеси в трансформаторах при раптовому короткому замиканні та при вмиканні його в мережу.

Тема 16. Спеціальні трансформатори.

Автотрансформатори. Багатообмоткові трансформатори. Спеціальні трансформатори: вимірювальні, зварювальні, для випрямних установок, для зміни числа фаз і частоти струму тощо.

Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини

Тема 17. Загальні питання електричних машин змінного струму.

Будова та принцип дії асинхронних машин. Принцип отримання обертового

магнітного поля трифазної системи струмів. Принцип дії асинхронної машини. Будова та принципи дії синхронної машини

Тема 18. Електрорушійні сили обмоток змінного струму.

Основні характеристики ЕРС змінного струму. ЕРС провідника. ЕРС виткаї зосередженої однофазної обмотки з повним кроком. ЕРС розподіленої обмотки з повним кроком. ЕРС зосередженої обмотки з вкороченим кроком. Загальний вираз ЕРС обмотки машини змінного струму

Тема 19. Обмотки машин змінного струму.

Загальні відомості про обмотки машин змінного струму. Однофазна обмотка Трифазна розподілена обмотка з повним кроком. Двошарова обмотка із вкороченим кроком .

Тема 20. Магніторушійні сили обмоток змінного струму.

МРС фази обмотки. МРС котушок із повним кроком. МРС котушкові групи із повним кроком. МРС фази обмотки. Обертові хвилі МРС. МРС трифазної обмотки за симетричного навантаження. МРС трифазної обмотки за несиметричного навантаження. МРС струмів нульової послідовності. МРС трифазної обмотки за несинусоїдних струмів. МРС білячої клітки.

Тема 21. Асинхронна машина за нерухомого ротора.

Асинхронна машина за нерухомого ротора. Фазорегулятор. Трифазний індукційний регулятор.

Тема 22. Асинхронна машина за обертового ротора.

Зведення робочого процесу асинхронної машини за обертового ротора до робочого процесу за нерухомого ротора. Схеми заміщення асинхронної машини. Г-подібна схема заміщення.

Тема 23. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна та генератора.

Режим двигуна. Режим генератора. Режим противмикання. Режим короткого замикання. Режим АГ в автономному режимі та паралельно з мережею. Енергоефективні електродвигуни.

Тема 24. Обертальні моменти та механічні характеристики асинхронної машини.

Електромагнітний момент і механічна характеристика асинхронного двигуна. Формула Клосса. Механічна характеристика асинхронного двигуна. Процес пуску та усталений режим роботи асинхронного двигуна. Умови стійкої роботи асинхронного двигуна. Перевантажувальна здатність асинхронного двигуна. Кратності пускового моменту та пускового струму.

Тема 25. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів

Прямий пуск. Пуск двигуна при зниженій напрузі. Пуск асинхронного двигуна із фазним ротором. Самозапуск асинхронних двигунів. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Регулювання швидкості зміною первинної частоти . Регулювання швидкості обертання зміною кількості пар полюсів p . Регулювання швидкості зменшенням первинної напруги. Імпульсне регулювання швидкості. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів із фазним ротором. Трифазні асинхронні двигуни з покращеними пусковими характеристиками.

Тема 26. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни.

Пуск та робота асинхронного трифазного двигуна в однофазному режимі. Робота двигуна при зміні напруги живлення за сталої частоти. Несиметричні режими роботи асинхронних двигунів. Однофазний асинхронний двигун.

Двигун із пусковою обмоткою. Асинхронний конденсаторний двигун. Двигун з екранованими полюсами.

Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини

Тема 27. Реакція якоря синхронного генератора.

Поздовжня та поперечна реакція якоря. Магнітні поля та ЕРС поздовжньої та поперечної реакції якоря. Індуктивні опори реакції якоря. Синхронні індуктивні опори. Векторні діаграми синхронного генератора.

Тема 28. Характеристики синхронного генератора

Характеристика холостого ходу. Навантажувальна характеристика. Зовнішня характеристика. Регульовальна характеристика. Характеристика короткого замикання.

Тема 29. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею.

Умови синхронізації синхронних генераторів. Синхронні режими паралельної роботи синхронних машин. Регулювання реактивної потужності. Режим синхронного компенсатора. Регулювання активної потужності. Режими генератора і двигуна. Кутові характеристики потужності синхронних машин. Неявнополюсна машина. Поняття про статичну стійкість. Кутова характеристика реактивної потужності. Синхронізувальна потужність, синхронізувальний момент та статична перевантажувальна здатність синхронних машин. Статична перевантажувальна здатність. Робота синхронної машини за постійної потужності та змінного збудження.

Тема 30. Перехідні процеси в синхронному генераторі.

Перехідні процеси у синхронних машинах. Раптове коротке замикання синхронного генератора. Ударне значення струму короткого замикання.

Тема 31. Синхронні двигуни та компенсатори.

Способи пуску синхронних двигунів. Асинхронний пуск синхронних двигунів. Пуск синхронного двигуна за допомогою допоміжного двигуна. Робочі характеристики синхронного двигуна. Синхронні компенсатори.

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ
«Електричні машини»
(денна форма навчання)

Тема	кількість, годин в т.ч.						контрольні заходи
	лекції	практичні заняття	лабораторні заняття	індивідуальна робота	тренінг	самостійна робота	
Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму							
Тема 1. Загальні питання електричних машин	2	-	-	1	2	2	Поточне оцінювання
Тема 2. Будова і принцип дії машини постійного струму	2		-			2	Поточне оцінювання
Тема 3. Обмотки якоря машин постійного струму	2	4	-			3	Поточне оцінювання
Тема 4. Реакція якоря в машинах постійного струму	2	-	-			4	Поточне оцінювання
Тема 5. Комутація струму якоря машини постійного струму	2		-		1	4	Поточне оцінювання
Тема 6. Генератори постійного струму і їх характеристики	2	-	4			4	Поточне оцінювання
Тема 7. Двигуни постійного струму	2	2	4	1	2	5	Поточне оцінювання
Тема 8. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму	1	-	-			4	Поточне оцінювання
Тема 9. Мікромашини постійного струму	1		-			6	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 2. Трансформатори							
Тема 10. Загальні відомості про трансформатори	2	4	-	1	2	6	Поточне оцінювання
Тема 11. Робочий процес трансформатора	2		2			6	Поточне оцінювання
Тема 12. Зведений трансформатор	2	2	-			8	Поточне оцінювання
Тема 13. Схеми і групи з'єднань обмоток	2		-			8	Поточне оцінювання
Тема 14. Паралельна робота трансформаторів	2	2	2			6	Поточне оцінювання
Тема 15. Перехідні процеси в трансформаторах	2		-			1	2
Тема 16. Спеціальні трансформатори	2		2	6	Поточне оцінювання		
Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини							
Тема 17. Загальні питання електричних машин змінного струму	2	-	-			4	Поточне оцінювання

Тема 18. Електрорушійні сили обмоток змінного струму	2		-	1	2	4	Поточне оцінювання
Тема 19. Обмотки машин змінного струму	2	4	-			6	Поточне оцінювання
Тема 20. Магніторушійні сили обмоток змінного струму	2	-	-			3	Поточне оцінювання
Тема 21. Асинхронна машина за нерухомого ротора	2		-			4	Поточне оцінювання
Тема 22. Асинхронна машина за обертового ротора	2	-	-			6	Поточне оцінювання
Тема 23. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна	2		-	1	2	4	Поточне оцінювання
Тема 24. Обертальні моменти та механічні характеристики асинхронної машини	2	4	8			5	Поточне оцінювання
Тема 25. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів.	2	-	-		1	6	Поточне оцінювання
Тема 26. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни	2		4			8	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини							
Тема 27. Реакція якоря синхронного генератора	2	2	-	1	1	6	Поточне оцінювання
Тема 28. Характеристики синхронного генератора	2		4			6	Поточне оцінювання
Тема 29. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею	2	2	-		1	6	Поточне оцінювання
Тема 30. Перехідні процеси в синхронному генераторі.	2	-	-			4	Поточне оцінювання
Тема 31. Синхронні двигуни та компенсатори	2	4	-			6	Поточне оцінювання
Разом	60	30	30	7	16	157	

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ
«Електричні машини»
(Заочна форма навчання)

Тема	Кількість, годин, в т.ч.			
	Лекція	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота Студентів
Тема 1. Загальні питання електричних машин	1	-	-	8
Тема 2. Будова і принцип дії машини постійного струму.			-	10
Тема 3. Обмотки якоря машин постійного струму.			-	10
Тема 4. Реакція якоря в машинах постійного струму			-	10
Тема 5. Комутація струму якоря машини постійного струму.	-	1	-	8
Тема 6. Генератори постійного струму і їх характеристики	1		1	10
Тема 7. Двигуни постійного струму			-	10
Тема 8. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму	-		-	10
Тема 9. Мікромашини постійного струму	-	1	-	10
Тема 10. Загальні відомості про трансформатори.			-	8
Тема 11. Робочий процес трансформатора	1		-	10
Тема 12. Зведений трансформатор			-	10
Тема 13. Схеми і групи з'єднань обмоток	-		-	10
Тема 14. Паралельна робота трансформаторів			1	8
Тема 15. Перехідні процеси в трансформаторах.	1		-	10
Тема 16. Спеціальні трансформатори.			-	8
Тема 17. Загальні питання електричних машин змінного струму	-		-	10

Тема 18. Електрорушійні сили обмоток змінного струму.	1	-	-	10
Тема 19. Обмотки машин змінного струму			-	8
Тема 20. Магніторушійні сили обмоток змінного струму			-	10
Тема 21. Асинхронна машина за нерухомого ротора	-	1	-	8
Тема 22. Асинхронна машина за обертового ротора			-	10
Тема 23. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна	1		-	8
Тема 24. Обертальні моменти та механічні характеристики асинхронної машини.			1	10
Тема 25. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів.	1	1	-	8
Тема 26. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни			-	10
Тема 27. Реакція якоря синхронного генератора	1		-	8
Тема 28. Характеристики синхронного генератора			1	8
Тема 29. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею			-	10
Тема 30. Перехідні процеси в синхронному генераторі.	-		-	8
Тема 31. Синхронні двигуни та компенсатори.			-	8
Разом	8	4	4	284

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму

Практичне заняття 1

Тема. Розрахунок параметрів машини постійного струму

Мета: Ознайомлення з конструкцією і принципами роботи електричних машин постійного струму та формування навичок розрахунку основних параметрів генератора і двигуна постійного струму.

Питання для обговорення:

1. Класифікація машин постійного струму та їх призначення.
2. Основні параметри машини постійного струму та їх фізичний зміст.
3. Розрахунок електромагнітного моменту та ЕРС.
4. Визначення магнітного потоку.
5. Вплив схеми збудження на робочі характеристики.

Практичне заняття 2-3

Тема. Побудова двошарової петльової та хвильової обмотки

Мета: Набуття навичок побудови схем петльових та хвильових обмоток якоря машин постійного струму.

Питання для обговорення:

1. Типи обмоток машин постійного струму.
2. Вимоги до побудови петльових і хвильових обмоток.
3. Правила укладання витків і визначення кроків обмотки.
4. Складення таблиць секцій обмотки.
5. Порівняння властивостей хвильових і петльових обмоток.

Змістовий модуль 2. Трансформатори

Практичне заняття 4,5,6

Тема. Розрахунок параметрів трансформатора

Мета: Формування умінь виконувати розрахунок параметрів трансформатора, включаючи номінальні величини, струми обмоток, магнітні втрати й ККД.

Питання для обговорення:

1. Призначення трансформаторів та їх класифікація.
2. Магнітний потік та індукція в осерді трансформатора.
3. Визначення струму холостого ходу та струму короткого замикання.
4. Розрахунок втрат у сталі та міді.
5. Визначення ККД трансформатора.

Практичне заняття 7

Тема. Розрахунок розподілу навантаження при паралельній роботі трансформаторів

Мета: Оволодіння методикою розрахунку умов паралельної роботи трансформаторів та розподілу навантаження між ними.

Питання для обговорення:

1. Умови паралельної роботи трансформаторів.
2. Вимоги до груп з'єднань обмоток.
3. Методи визначення коефіцієнтів участі трансформаторів у навантаженні.
4. Вплив неідентичності параметрів на перерозподіл потужності.
5. Приклади порушень режиму паралельної роботи.

Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини**Практичне заняття 8,9**

Тема. Розрахунок параметрів асинхронного двигуна

Мета: Навчитися виконувати розрахунок основних параметрів асинхронного двигуна, включаючи ковзання, момент, струми та втрати.

Питання для обговорення:

1. Принцип роботи асинхронних двигунів.
2. Походження ковзання і його вплив на момент.
3. Магнітне поле обертання та його характеристики.
4. Визначення механічної та електромеханічної характеристики.
5. Втрати та коефіцієнт корисної дії.

Практичне заняття 10,11

Тема. Побудова схем одношарових та двошарових обмоток статора машин змінного струму.

Мета: Формування практичних вмінь проектування та побудови обмотувальних схем статора асинхронних машин.

Питання для обговорення:

1. Вимоги до обмоток статора асинхронних двигунів.
2. Одношарові та двошарові обмотки – порівняння.
3. Розрахунок кроку обмотки.
4. Побудова схем укладки обмоток.
5. Заповнення таблиць секцій обмотки.

Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини**Практичне заняття 12,13**

Тема. Розрахунок параметрів синхронних електродвигунів

Мета: Оволодіння методами визначення параметрів синхронних електродвигунів та аналізу їх робочих характеристик.

Питання для обговорення:

1. Принцип роботи синхронного двигуна.
2. Утворення синхронного моменту.
3. Розрахунок споживаного струму та потужності.
4. Вплив збудження на робочі характеристики.

Практичне заняття 14,15

Тема. Розрахунок параметрів синхронних генераторів

Мета: Вивчення методики розрахунку синхронних генераторів, їх магнітних і електричних характеристик.

Питання для обговорення:

1. Схема і принцип роботи синхронного генератора.
2. Характеристика холостого ходу і короткого замикання.
3. Методи визначення реактивності.
4. Побудова регулювальних характеристик.
5. Визначення ККД і втрат.

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму

Лабораторна робота 1

Тема. Дослідження генератора постійного струму незалежного збудження

Мета: Проаналізувати робочі характеристики генератора незалежного збудження на основі експериментальних даних.

Лабораторна робота 2

Тема. Дослідження роботи двигуна постійного струму змішаного струму

Мета: Проаналізувати робочі характеристики двигуна змішаного збудження на основі дослідних даних.

Змістовий модуль 2. Трансформатори

Лабораторна робота 3

Тема: Дослідження роботи однофазного трансформатора

Мета: Визначити параметри однофазного трансформатора з дослідів холостого ходу і короткого замикання.

Лабораторна робота 4

Тема: Дослідження паралельної роботи трифазних силових трансформаторів

Мета: Вивчити умови ввімкнення трансформаторів на паралельну роботу

Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини

Лабораторна робота 5

Тема. Дослідження роботи асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором

Мета: Проаналізувати робочі характеристики трифазного двигуна з короткозамкнутим ротором.

Лабораторна робота 6

Тема. Дослідження роботи асинхронного двигуна з фазним ротором

Мета: Визначення впливу опорів в колі ротора на характеристики двигуна з фазним ротором.

Лабораторна робота 7

Тема. Дослідження трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором у режимі однофазного живлення

Мета: Оцінити параметри роботи асинхронного трифазного двигуна в однофазному режимі.

Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини

Лабораторна робота 8

Тема. Дослідження синхронного генератора

Мета: Оволодіти методикою проведення дослідів та навчитися аналізувати властивості генератора за результатами дослідних даних.

ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНІНГУ З ДИСЦИПЛІНИ «Електричні машини»

Тренінг є формою інтерактивного навчання, спрямованого на поєднання теоретичних знань із практичними навичками. Він передбачає виконання завдань, що моделюють професійні ситуації, розвиток умінь працювати в команді, аналізувати проблеми та знаходити технічно обґрунтовані рішення.

Структура проведення тренінгу

Вступна частина – ознайомлення студентів із темою, метою та завданнями заняття.

Організаційна частина – створення робочої атмосфери, визначення правил роботи, використання необхідних матеріалів і ресурсів.

Практична частина – виконання індивідуальних і групових завдань, що стосуються проєктування, аналізу та оптимізації електроприводних систем виробничих машин і механізмів.

Підсумкова частина – обговорення результатів виконаних завдань, формулювання висновків, обмін думками та рекомендаціями щодо удосконалення рішень.

Тренінг сприяє:

- закріпленню та поглибленню знань з теорії та практики автоматизованого електропривода;
- формуванню навичок аналізу та розрахунку параметрів електроприводних систем;
- розвитку здатності застосовувати сучасні методи та інструменти для підвищення енергоефективності та надійності виробничого обладнання;
- підготовці студентів до вирішення комплексних інженерних завдань у майбутній професійній діяльності.

Вимоги до оформлення наскрізного проєкту:

Оформлення результатів наскрізного проєкту здійснюється у письмовій формі та презентації основних положень.

Обсяг роботи – 11-15 сторінок друкованого тексту, включаючи титульну сторінку, зміст, основний текст, список використаної літератури та додатки (за потреби).

Форматування тексту:

- шрифт – Times New Roman, розмір 14;
- міжрядковий інтервал – 1,5;
- поля – 2 см з усіх боків;
- абзацний відступ – 1,27 см.

Структура роботи:

Титульна сторінка, що містить назву навчального закладу, кафедри, дисципліни, тему проекту, ПІБ студента, групу, рік виконання.

Зміст, що містить перелік складових частин наскрізного проекту із зазначенням сторінок. Вступ – коротке введення в тему дослідження (1-2 сторінки).

Основна частина, що поділяється на розділи з теоретичним аналізом і практичним дослідженням (7-12 сторінок).

Висновки – узагальнення результатів дослідження та пропозиції (1-2 сторінки).

Список літератури – перелік використаних джерел оформлюється відповідно до ДСТУ 8302:2015.

Додатки – за необхідності включаються графіки, таблиці, діаграми, які не увійшли до основного тексту.

Цитування та посилання: використання посилань на літературні джерела є обов'язковим. Посилання подаються у квадратних дужках із зазначенням номера джерела та сторінки (наприклад, [6, с. 11]).

Завдання за проектами

Завдання 1.

1. Скласти класифікацію електричних машин за призначенням, принципом дії та родом струму.
2. Розрахувати ККД трансформатора за експериментальними даними (P_1 , P_2 , ΔP).
3. Побудувати схему заміщення трансформатора та пояснити значення її параметрів.
4. Розробити пропозиції для підвищення енергоефективності силових трансформаторів.

Завдання 2.

1. Обґрунтувати залежність електромагнітного моменту від ковзання та зробити висновки щодо режимів роботи двигуна.
2. Визначити вплив зміни напруги живлення на робочі характеристики асинхронного двигуна.
3. Обґрунтувати вибір схеми пуску асинхронного двигуна для різних виробничих умов (важкий пуск, легкий пуск, енергозбереження).
4. Визначити критичний момент синхронного двигуна за заданими параметрами.
5. Проаналізувати вплив зміни збудження на роботу синхронного генератора (стійкість, напруга, реакція на навантаження).
6. Розглянути сценарій аварійного режиму роботи синхронної машини (наприклад, втрата збудження) та запропонувати заходи усунення.

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ З ДИСЦИПЛІНИ «Електричні машини»

Для ефективного засвоєння курсу «Електричні машини» студентам необхідно опанувати значний обсяг навчального матеріалу, який неможливо повністю опрацювати лише в межах аудиторних занять. Важливу частину знань студенти отримують у процесі самостійної роботи з навчальною, науковою та методичною літературою, а також з нормативно-правовими та інструктивними матеріалами.

Метою самостійної роботи є формування вмінь:

- опрацьовувати спеціальну літературу;
- застосовувати методики аналізу з конкретних питань курсу;
- поглиблювати знання з теоретичних та прикладних аспектів енергоефективності й енергозбереження;
- формувати навички практичного розв’язання завдань із використанням сучасних методів і засобів автоматизованого електропривода.

Самостійна робота може виконуватися в бібліотеці, навчальних аудиторіях, комп’ютерних класах, а також у домашніх умовах. Вона передбачає:

- опрацювання лекційного матеріалу з кожної теми;
- роботу з навчальною та додатковою літературою;
- виконання теоретичних завдань та аналіз практичних ситуацій.

Відповідно до структури навчального кредиту дисципліни передбачається оцінювання результатів самостійної роботи за підсумками виконання індивідуального проєкту. Проєкт складається із завдань за основними темами курсу та виконується на прикладі конкретного об’єкта (виробничого підприємства, житлового будинку чи квартири). Завдання розв’язуються індивідуально з обов’язковим наведенням розрахунків, висновків і рекомендацій щодо усунення недоліків та вдосконалення роботи електроприводних систем.

Проєкт виконується на аркушах формату А4 та супроводжується презентацією для публічної демонстрації результатів.

Рекомендована послідовність самостійної роботи:

Ознайомлення з робочою програмою дисципліни та методичними вказівками.

Опрацювання конспекту лекцій за темою.

Вивчення відповідних розділів підручників, посібників та додаткових джерел.

Виконання завдань, передбачених проєктом.

Оформлення результатів роботи у письмовому вигляді.

Підготовка презентації для представлення результатів виконаного проєкту.

При виконанні завдання необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Виконаний проєкт слід подати у встановлені терміни.
2. Завдання виконувати у визначеній послідовності.
3. Завдання, в яких вказані лише відповіді без розрахунків і пояснень, вважатимуться не виконаними.
4. До кожного завдання потрібно сформулювати висновки.
5. Роботи, списані частково або повністю, не зараховуватимуться.
6. Проєкт слід відповідно оформити: записи здійснювати охайно, сторінки скріпити і пронумерувати, залишити поля для зауважень рецензента, навести

перелік використаної літератури.

7. Презентація виконується за допомогою пакету програми Power Point (MS OFFICE або інші програми), де графічно слід відобразити і розкрити основні аспекти досліджуваної проблеми і результатів її реалізації (до 20 слайдів).

Підсумкова оцінка за проєктом визначається як сума оцінок за виконання його завдань (за 100-бальною шкалою).

Тематика проєктів:

Проект 1

1. Опрацювати класифікацію електричних машин за принципом дії та призначенням.
2. Розв'язати задачу на визначення параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна.
3. Виконати аналіз магнітних характеристик трансформатора.
4. Виконати міні-проєкт: розрахунок параметрів трансформатора для живлення промислового споживача.

Проект 2

1. Скласти порівняльну таблицю особливостей машин постійного та змінного струму.
2. Обчислити ККД трансформатора за заданими експериментальними даними.
3. Дослідити залежність струму холостого ходу від напруги живлення силового трансформатора.
4. Проаналізувати наслідки роботи електричної машини при перевантаженні.

Проект 3

1. Пояснити фізичну сутність явища електромагнітної індукції у машинах.
2. Виконати розрахунок пускових характеристик двигуна постійного струму.
3. Пояснити, як зміна числа пар полюсів впливає на швидкість асинхронного двигуна.
4. Створити порівняльний огляд сучасних матеріалів для виготовлення осердя трансформатора.

Проект 4

1. Розкрити принцип дії асинхронного двигуна та умови виникнення обертового магнітного поля.
2. Побудувати залежність моменту від ковзання для асинхронного двигуна.
3. Провести експериментальне визначення втрат у трансформаторі.
4. Запропонувати способи зниження втрат у трансформаторах великої потужності.
5. Запропонувати схему модернізації пускової системи асинхронного двигуна для підвищення енергоефективності.

Проект 5

1. Охарактеризувати конструктивні особливості трансформатора та умови його ефективної роботи.
2. Розрахувати параметри регулювання швидкості двигуна постійного струму різними методами.
3. Виконати аналіз впливу навантаження на параметри синхронної машини.
4. Розглянути можливі аварійні режими роботи синхронного генератора та заходи їх запобігання.
5. Підготувати презентацію на тему: «Перспективи використання електричних машин у відновлюваній енергетиці».

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни «Електричні машини» використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- опитування (тестування) у розрізі змістовних модулів;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- оцінювання результатів самостійної роботи студентів;
- інші види індивідуальних і групових завдань;
- екзамен.

Політика щодо оцінювання та відвідування:

Політика щодо граничних термінів і перескладання: Для виконання самостійного завдання і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів відбувається з дозволу керівництва факультету (інституту) за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Списування або обмін у будь якій формі інформацією з іншими студентами а також використання друкованих і електронних джерел інформації (за виключенням дозволених допоміжних матеріалів) під час контрольних заходів та екзаменів заборонене.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

Політика щодо визнання результатів навчання

Відповідно до «Положення про визнання в Західноукраїнському національному університеті результатів попереднього навчання» (https://www.wunu.edu.ua/pdf/pologenya/Polozhennya_ruzult_poper_navch.pdf) здобувачам вищої освіти може бути зараховано результати навчання (неформальної/інформальної освіти, академічної мобільності тощо) на підставі підтвердних документів (сертифікати, довідки, документи про підвищення кваліфікації тощо). Рішення про зарахування здобувачу результатів (певного освітнього компонента в цілому, або ж окремого виду навчальної роботи за таким освітнім компонентом) приймається уповноваженою Комісією з визнання результатів навчання за процедурою, визначеною вищезазначеним положенням.

Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Електричні

машини» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10 %	10 %	10 %	10%	5 %	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середній бал за результатами поточного оцінювання за темами 1-2 змістових модулів	Письмова робота за темами 1-2 змістових модулів (тестові завдання, задачі, ситуаційні завдання)	Середній бал за результатами поточного оцінювання за темами 3-4 змістових модулів	Письмова робота за темами 3-4 змістових модулів (тестові завдання, задачі, ситуаційні завдання)	Оцінка за виконані завдання	Оцінка за виконані завдання	Підсумкове оцінювання: 10 тестів по 3 бали; теоретичні питання 30 балів; 2 задачі по 20 балів

Критерії оцінювання знань

Поточне опитування

Поточне опитування є ключовим інструментом контролю засвоєння матеріалу в межах модуля. Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою, що відображає рівень знань, глибину розуміння та здатність аргументувати.

90–100 балів (відмінно): глибоке й повне володіння матеріалом; відповіді чіткі, аргументовані, охоплюють нюанси теми.

75–89 балів (добре): достатньо повне знання з незначними недоліками; можливі окремі неточності чи недостатня глибина аргументації.

65–74 бали (задовільно): знання поверхневі; студент переказує основний зміст без детального аналізу та прикладів; трапляються помилки в термінах.

60–64 бали (мінімально задовільно): фрагментарні знання; відповіді неповні, без аргументації, з помітними неточностями.

1–59 балів (незадовільно): матеріал не засвоєний; студент не здатен пояснити навіть базові поняття.

Підсумкова оцінка за модуль визначається як середнє арифметичне результатів поточного опитування на всіх заняттях модуля.

Практичні заняття

Практичні задачі та завдання спрямовані на перевірку здатності студентів застосовувати теоретичні знання на практиці.

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою (або масштабується залежно від ваги завдання) з урахуванням правильності виконання, точності розрахунків, аргументації, логічності викладу, рівня самостійності та творчого підходу.

90–100 балів (відмінно): студент вільно володіє матеріалом, демонструє глибоке розуміння економічних і організаційних принципів; завдання виконано

повністю та правильно, з детальними розрахунками, ґрунтовним аналізом і аргументованими висновками; виявлено самостійність та елементи творчого підходу.

75–89 балів (добре): завдання виконано правильно, але з окремими неточностями; студент володіє матеріалом упевнено, проте аналіз обмежений стандартними підходами; можливі дрібні помилки у розрахунках чи недостатня деталізація пояснень.

60–74 бали (задовільно): студент частково володіє матеріалом; завдання виконано поверхнево або з пропуском важливих етапів; розрахунки неповні чи з суттєвими помилками; інтерпретація результатів поверхова, аргументація слабка.

1–59 балів (незадовільно): студент не справився із завданням; відсутнє або неправильне розв'язання, грубі помилки в розрахунках, відсутність аргументованих висновків; немає проявів самостійності чи творчого підходу.

Лабораторні заняття

90–100 балів – відмінний рівень.

Студент демонструє ґрунтовні та системні знання з теми, повністю підготовлений до виконання лабораторної роботи. Завдання виконані самостійно і без помилок, експеримент проведений правильно, обладнання використано коректно. Результати подано у повному обсязі, розрахунки точні, оформлення акуратне. Висновки обґрунтовані, логічні, містять пояснення отриманих даних і пропозиції щодо удосконалення процесів чи обладнання.

75–89 балів – достатній рівень.

Студент володіє матеріалом у повному обсязі, але під час виконання роботи допускає окремі несуттєві неточності. Розрахунки здебільшого правильні, проте є дрібні арифметичні або методичні помилки. Оформлення результатів відповідає вимогам, але може мати окремі недоліки у структурі чи поясненнях. Висновки зроблені, логічні, хоча не завжди достатньо глибокі чи розгорнуті.

60–74 бали – середній рівень.

Студент частково підготовлений, володіє основними поняттями, але має прогалини у знаннях. Виконання роботи потребує допомоги викладача. Допущені методичні та розрахункові помилки, які впливають на якість результатів. Оформлення результатів неповне, відсутні окремі елементи (схеми, таблиці, графіки). Висновки є, але поверхневі, без належного аналізу відхилень чи пояснень.

35–59 балів – низький рівень.

Студент демонструє поверхневі знання, не здатний самостійно організувати виконання лабораторної роботи. Допущені суттєві помилки у підключенні та використанні обладнання, розрахунках та оформленні результатів. Робота виконана неповністю або фрагментарно. Висновки формальні, без аналізу й пояснень.

1–34 бали – незадовільний рівень.

Студент не підготовлений до роботи, демонструє відсутність необхідних знань і навичок. Лабораторна робота не виконана або виконана з грубими помилками, що робить результати непридатними для аналізу..

Тренінг

Оцінювання результатів тренінгу здійснюється за 100-бальною шкалою, де враховується рівень володіння матеріалом, якість виконання завдань, аргументованість рішень та креативність мислення.

90–100 балів (відмінно): студент демонструє повне володіння матеріалом і його ефективне застосування; завдання виконано без помилок, із логічними поясненнями та глибоким аналізом; проявлено високий рівень самостійності та творчості.

75–89 балів (добре): завдання виконано правильно, але з незначними недоліками; студент достатньо володіє матеріалом, проте аналіз і аргументація обмежені; можливі окремі неточності; креативність проявляється частково.

65–74 бали (задовільно): студент виконав завдання на базовому рівні; знання поверхневі, пояснення неповні; допущено суттєві неточності; творчий підхід проявляється лише в окремих моментах.

60–64 бали (мінімально допустимий рівень): завдання виконано частково; знання фрагментарні; відсутня аргументація та обґрунтування; робота містить значні помилки й не має творчих елементів.

1–59 балів (незадовільно): студент не виконав або неправильно виконав завдання; не застосував теоретичні знання; не брав участі у колективних формах роботи; робота не відповідає вимогам.

Підсумкова оцінка за тренінг визначається сумою балів за окремі елементи: викладення теоретичних питань – до 10 балів за кожне; розв'язання практичних задач – до 20 балів за кожну правильно виконану задачу.

Самостійна робота

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою, де враховується якість виконання завдань, рівень засвоєння матеріалу, глибина опрацювання та креативність підходу.

90–100 балів (відмінно): завдання виконані в повному обсязі, робота структурована й оформлена відповідно до вимог; студент глибоко опанував матеріал, залучає додаткові джерела, демонструє власний аналіз та оригінальні ідеї.

75–89 балів (добре): робота якісна та відповідає основним вимогам, але містить дрібні недоліки; студент добре володіє матеріалом, проте аналіз обмежений стандартними підходами, творчі елементи менш виражені.

60–74 бали (задовільно): завдання виконано частково; знання поверхневі, аргументація слабка, структура й оформлення неповні; допускаються суттєві помилки, творчий підхід проявляється лише фрагментарно.

1–59 балів (незадовільно): робота не відповідає вимогам; студент не демонструє належного рівня підготовки, власних висновків чи ідей; завдання виконані мінімально або з грубими помилками.

Підсумкова оцінка визначається як сума балів за окремі елементи: викладення теоретичних питань – до 10 балів за кожне; розв'язання практичних задач – до 20 балів за кожну правильно виконану задачу.

Модульна робота та екзамен

Модульна робота – проміжний контроль, а екзамен є формою підсумкового контролю, спрямованими на оцінку рівня засвоєння студентом теоретичних знань та практичних навичок у межах навчального модуля або курсу. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка формується як сума балів за виконання таких видів завдань: тестів, практичних задач і теоретичних питань.

Структура екзаменаційного білета:

Тести – 10 запитань $\times$ 3 бали = максимум 30 балів.

Практичні задачі – 2 задачі $\times$ 20 балів = максимум 40 балів.

Теоретичні питання – 3 питання $\times$ 10 балів = максимум 30 балів.

1. Тести (максимум 30 балів)

Оцінювання проводиться за принципом «правильна/неправильна відповідь».

3 бали – правильна відповідь, яка повністю відповідає змісту запитання.

0 балів – неправильна або часткова відповідь, а також відсутність відповіді.

2. Практичні задачі (максимум 40 балів)

Практичні задачі перевіряють уміння студента застосовувати теоретичні знання для розв'язання прикладних завдань, інтерпретації результатів та демонстрації самостійності.

15–20 балів:

- повне володіння матеріалом;
- коректне та повне розв'язання із чітким поясненням етапів;
- логічна інтерпретація отриманих результатів у контексті теорії;
- виражена самостійність та оригінальність підходу.

5–14 балів:

- базове володіння матеріалом, але з неточностями у застосуванні;
- часткове розв'язання або наявність несуттєвих помилок;
- поверхневе пояснення ходу роботи та обмежений зв'язок із теорією;
- інтерпретація результатів спрощена та неповна;
- збережена самостійність, але рівень аналізу обмежений.

1–4 бали:

- лише фрагментарні знання матеріалу;
- суттєві помилки у розв'язанні, що роблять його некоректним;
- відсутність аргументованого пояснення та інтерпретації результатів;
- критичні недоліки, що свідчать про нерозуміння теоретичної бази.

3. Теоретичні питання (максимум 30 балів)

Теоретичні питання спрямовані на перевірку глибини знань, уміння аналізувати, робити висновки та аргументувати позицію.

5–10 балів:

- повне та всебічне володіння матеріалом;
- логічний, структурований і аргументований виклад;
- використання прикладів, міжтематичних зв'язків та додаткових джерел;
- критичне осмислення та власний аналіз.

1–4 бали:

- знання лише основних положень теми;
- фрагментарний, поверхневий виклад;

- наявність суттєвих неточностей чи помилок у термінах;
- нечіткі або неповні пояснення при уточнювальних запитаннях.

Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)
85–89	Добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	Задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор.	1-31
2.	Екран проєкційний.	1-31
3	Комп'ютеризована аудиторія (персональні комп'ютери).	1-31
4	Телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox).	1-31
5	Комунікаційна навчальна платформа Moodle для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-31
6	Комунікаційне програмне забезпечення Zoom для проведення занять в режимі on-line (за необхідності)	1-31
7	Програмне забезпечення: ОС Windows	1-31
8	Програмне забезпечення базових інформаційних технологій: MS Office (Word, Excel, PowerPoint, Microsoft Visio)	1-31

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Кевшин А. Г., Федосов С. А, Галян В. В. Електричні машини : конспект лекцій. Луцьк, 2020. 62 с.
2. Баран П.М., Кідиба В.П. Основи релейного захисту та автоматики електроенергетичних систем : практикум. Львів : Львівська політехніка, 2023. 116 с.
3. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода : навч. посіб. Київ : Кондор, 2025. 408 с.
4. Коновал В.С., Пастух О.Р. Комп'ютерний аналіз режимів електроенергетичних систем: практикум. Львів : Львівська політехніка, 2023. 144 с.
5. Краснянський М.Ю. Енергозбереження : навч. посіб. Київ : Кондор, 2025. 135 с.
6. Лавріненко Ю.М., Савченко П.І., Синявський О.Ю. [та ін.]. Основи електропривода : підручник. Київ : Ліра-К, 2021. 524 с.
7. Левченко О.Г., Денисюк С.П., Каштанов С.Ф. Електробезпека в енергетиці : навч. посіб. Київ : Каравела, 2023. 280 с.
8. Маліновський А.А., Музичак А.З., Турковський В.Г. Ефективні технології енерговикористання : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2022. 348 с.
9. Мілих В.І., Шавьолкін О.О. ; за ред. В.І. Мілих. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : підручник. 4-те вид., переробл. Київ : Каравела, 2023. 688 с.
10. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка : теорія і практикум : підручник. Київ : Каравела, 2023. 440 с.
11. Сегеда М. С., Олійник М. Й., Лисяк В. Г. ; за заг. ред. М. С. Сегеди. Режимы систем пересилання та споживання електричної енергії : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2021. 304 с.
12. Хай М.В., Бурштинський М.В., Харчишин Б.М. Електричні апарати. Низьковольтна апаратура розподілу, керування та захисту. Загальний курс : підручник. Львів : Львівська політехніка, 2021. 480 с.
13. Енергоефективна водонасосна установка на основі частотно-регульованого електропривода П. Клендій, Л. Колодійчук, О.Дудар .Електронний фаховий журнал «Енергетика і автоматика»., м. Київ – №2-2021.с 81-96 _
<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/energiya2021.02.081>
14. Construction of the Automatic Control System of a Single-Screw Extruder Zablodskiy, M., Klendiy, P., Shvorov, S., Dudar, O. *Problems of the Regional Energetics*.2024. № 4 (64).P34–48
https://journal.ie.asm.md/assets/files/04_04_64_2024.pdf (Scopus)
15. Effect on the Process of Biomethanogenesis of Pre-Treatment of Wheat Straw by the High Intensity High-Frequency Electromagnetic Field Zablodskiy, M., Klendiy, P., Dudar, O., *PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE* 1(65)2025 P 34-48
https://journal.ie.asm.md/assets/files/03_01_65_2025.pdf

16. PREPARATION OF WHEAT STRAW FOR FERMENTATION UNDER THE INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF A TESLA TRANSFORMER Klendiy P. Електронний фаховий журнал. Енергетика і автоматика.2025.№1.С 81-96.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/30063>. (фахове видання)

17. MODELING OF AN ENERGY EFFICIENT FAN INSTALLATION BASED ON AN ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVE WITH A FUZZY LOGIC REGULATOR P.B. Klendiy, M.M. Fedirko, V.G. Kamyshlov, V.G. Podobaylo , O.P Dudar Електронний фаховий журнал. Енергетика і автоматика.2025.№4.С 74-88
<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/51909>

18. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТОДІВ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ П. Б. Клендій, М.М. Федірко, В.Г. Камишлов, О.П. Дудар, Електронний фаховий журнал. Енергетика і автоматика.2025.№5.С XX

19. Клендій П, Федоров О. Дослідження моделі асинхронного двигуна електропривода норії в ППП «MATLAB» «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. М. Харків: ТОВ «ПромАрт», 2021.. С162-163

20. Клендій П., Станинець В. Комп'ютерне моделювання двигуна постійного струму незалежного збудження в середовищі SIMULINK «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Мелітополь: ФО-П Однорог Т.В., 2021. С. 213-214

21. Клендій П., Коробко М. Вейвлет – перетворення в задачі контролю режиму роботи у асинхронного двигуна «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Мелітополь: ФО-П Однорог Т.В., 2021. С. 197-198

22. Діагностика стану електродвигунів на основі спектрального аналізу спектрів модуля векторів парку струму і напруги. Клендій Петро, Корніцький Андрій. «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвячені 125-річчю НУБіП України (26 квітня 2023 року). Запоріжжя: ФО-П Однорог Т.В., 2023. С 163-164

23. Динамічна модель асинхронного короткозамкненого електродвигуна. Клендій Петро, Тишик Микола. Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції.(18 жовтня 2023 року) Запоріжжя: ФО-П Однорог Т.В., 2023. С. 230-231

24. Аналіз асинхронного двигуна електровентилятора зерносушильного агрегату в ANSYS MAXWELL RMXprt. Клендій Петро, Хорощук Ярослав. «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 65-річчю ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» (10 квітня 2024 року). Запоріжжя: ФО-П Однорог Т.В., 2024. С 98-99.

25. Діагностика стану електродвигунів на основі спектрального аналізу. Клендій Петро, Хорощук Святослав. «Сталий розвиток аграрної сфери:

інженерно-економічне забезпечення», матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 65-річчю ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» (10 квітня 2024 року). Запоріжжя: ФО-П Однорог Т.В., 2023. С 100- 101.

Інтернет-ресурси

26. Електрична машина. Вікіпедія <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
27. Харківський електромеханічний завод <https://khemz.kharkov.com/>
28. Полтавський електромеханічний завод <http://www.elmotor.com.ua/>
29. Державне підприємство “Харківський електромеханічний завод”
30. <http://www.khemz.kharkov.com>
31. Богодухівський електромеханічний завод <https://bemz-ltd.all.biz/>
32. Смілянський електромеханічний завод <http://www.semz.info/>
33. Компанія «ДНІПРОРЕСУРС» <https://elmo.ua/uk/>
34. Компанія “ABB” <https://new.abb.com/ua/>
35. Компанія “Шнайдер Електрик” <https://www.se.com>
36. ГП «Укрметртестстандарт» www.ukrcsm.kiev.ua/