

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



« 31 » _____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. проректора з науково-
педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ



« 31 » _____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій
Святослав ПИГЕЛЬ



« 31 » _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

«Електричні машини та апарати»

ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

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.)	Лаборат. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг і КППЗ (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	III	5	42	28	14	5	11	50	150	5
Заочна	III	5	8	4	-	-	-	138	150	6

Тернопіль – ЗУНУ
2023

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 № 9 від 26 травня 2021 р.

Робочу програму склав доцент кафедри, к.е.н., доцент,
Михайло ФЕДІРКО

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 28 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри,
д.е.н., професор

Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», протокол № 1 від 30 серпня 2023 р.

Керівник групи
забезпечення спеціальності,
д.е.н., професор

Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

Гарант ОПП
«Енергетичний аудит»,
д.е.н., професор

Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

1. СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Електричні машини та апарати»

1. Опис дисципліни

Дисципліна – «Електричні машини та апарати»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: - 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – дисципліна циклу професійної підготовки Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання</i> – 4 <i>Заочна форма навчання</i> -4	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 3 <i>Денна – 3</i> Семестр: <i>Денна – 5</i>
Кількість змістових модулів – 4	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 42 год.</i> <i>Заочна-8</i> Практичні заняття: <i>Денна – 42 год.</i> <i>Заочна-4</i> Лабораторні заняття: <i>Денна – 14 год.</i>
Загальна кількість годин -150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Самостійна робота: <i>Денна – 50,</i> Тренінг: <i>Денна – 11</i> Індивідуальна робота: <i>Денна – 5</i>
Тижневих годин <i>денна форма – 12</i> <i>з них аудиторних:- 8</i>		Вид підсумкового контролю – екзамен

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Мета дисципліни:

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів теоретичних знань та практичних навиків в сфері функціонування електричних машин та апаратів для подальшого їх застосування в електротехнічних системах.

2.2. Завдання дисципліни

Завданнями вивчення дисципліни є освоєння студентами навичок творчого відношення до своєї спеціальності і свідомого застосування на практиці знань з електричних машин та апаратів;

- засвоєння студентами основних фізичних законів і процесів, на яких засновані принципи дії електричних машин та апаратів;
- сприйняття студентами загальних законів пізнання матеріального світу на прикладі розвитку електричних машин, розкриття об'єктивних фізичних законів із'язків між явищами та фактами, проведення аналізу сучасного стану і основних тенденцій розвитку електромашинобудування;
- підготовка студентів до якісного освоєння теорії і практики автоматизованого електроприводу, систем автоматичного управління технологічними процесами в національній економіці;
- отримання теоретичних і практичних знань процесів електромеханічного перетворення енергії.
- оволодіння знаннями про загальні принципи роботи, функціональної та конструкторської побудови.

2.3 Передумови та місце дисципліни у навчальному процесі

Значення дисципліни полягає у застосуванні отриманих студентами знань у практичній роботі.

Дисципліна «Електричні машини та апарати» базується на знаннях дисциплін з: «Фізики», «Вищої математики», «Теоретичних основ електротехніки», «Інженерної графіки», забезпечує вивчення наступних дисциплін: «Теорія електропривода», «Системи керування та автоматизації» та використовується у дипломному проектуванні.

2.4. Дисципліна формує такі фахові компетентності

- здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики фізики та електротехніки
- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми пов'язані з роботою електричних машин апаратів та автоматизованого електроприводу.

2.5 У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

- знати принципи дії, конструкції, загальні та спеціальні властивості, характеристики та показники електричних машин і трансформаторів;
- уміти досліджувати моделі з урахуванням їх ієрархічної структури та оцінкою меж придатності отриманих результатів. Використовувати основні прийоми обробки експериментальних даних;
- уміти визначати принципи побудови та функціональні елементи електричних машин та апаратів;
- уміти оцінювати параметри роботи електричних машин та апаратів;
- уміти виконувати задачі з технічного обслуговування електричних машин та апаратів.

3. Програма навчальної дисципліни “Електричні машини та апарати”

Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму

Тема 1. Загальні питання електричних машин та апаратів

Структура курсу “Електричні машини та апарати” і порядок його вивчення. Соціально- економічні та науково-технічні передумови виникнення і розвитку електричних машин. Роль електричних машин та апаратів в електрифікації народного господарства. Сучасні досягнення та перспективи розвитку електричних машин. Основні визначення і класифікація електричних машин.

Тема 2. Електричні машини постійного струму

Сфери застосування машин постійного струму. Будова і принцип роботи колекторної машини постійного струму. Способи збудження машин постійного струму. Електромагнітний момент та зворотність електричних машин.

Тема 3. 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 4. Реакція якоря машини постійного струму

Реакція якоря машини постійного струму та її види. Вплив реакції якоря на магнітний потік машини постійного струму. Способи обмеження впливу реакції якоря. Компенсаційна обмотка.

Тема 5. Обмотки якоря машин постійного струму

Призначення, вимоги, класифікація та принцип побудови обмоток якоря машин постійного струму. ЕРС обмотки якоря машини постійного струму

Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму

Комутація струму якоря. Шкала іскріння. Фізична суть процесу комутації. Прямолінійна, сповільнена та прискорена комутація. Засоби покращення комутації. Додаткові полюси.

Тема 7. Генератори постійного струму

Генератори постійного струму. Характеристики генератора незалежного збудження. Процес самозбудження генератора. Характеристики генераторів паралельного, послідовного та змішаного збудження.

Тема 8. Двигуни постійного струму

Двигуни постійного струму. Способи пуску в хід і регулювання частоти обертання. Робочі та механічні характеристики двигунів паралельного, послідовного та змішаного збудження. Гальмівні режими машин постійного струму. Серії машин постійного струму. Електромашинні підсилювачі постійного струму. Квадратична схема.

Змістовий модуль 2. Трансформатори

Тема 9. Основні відомості про трансформатори

Призначення, класифікація та області застосування трансформаторів.

Будова і принцип роботи трансформатора.

Тема 10. Робочий процес трансформатора

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

Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора

Зведений трансформатор. Схеми заміщення трансформатора та їх параметри. Повна і спрощена векторні діаграми трансформатора за різного характеру навантаження. Зміна напруги, ККД та зовнішня характеристика трансформатора. Регулювання напруги трансформаторів.

Тема 12. Трифазний трансформатор

Явища при намагнічуванні однофазних трансформаторів. Явища при намагнічуванні трифазних трансформаторів за різних схем з'єднання обмоток.

Тема 13. Паралельна робота трансформаторів

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

Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах

Перехідні процеси в трансформаторах у разі раптового короткого замикання та у разі вмикання в електричну мережу. Перенапруги в трансформаторах та захист від них.

Тема 15. Різновиди трансформаторів та електричних апаратів для їх комутації

Автотрансформатори. Багатообмоткові трансформатори. Спеціальні трансформатори: вимірвальні, зварювальні та ін. Автоматичні вимикачі та релейно-контакторна апаратура для комутації трансформаторів.

Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини

Тема 16. 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 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму

Основні характеристики ЕРС змінного струму. ЕРС провідника. ЕРС витка і 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 18. 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 19. 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 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора

Єдина серія трифазних асинхронних двигунів 4А. Асинхронні електродвигуни серії АИ. Асинхронна машина за нерухомого ротора. Фазорегулятор. Трифазний індукційний регулятор.

Тема 21. 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 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна

Режим двигуна. Режим генератора. Режим противмикання. Режим короткого замикання

Тема 23. 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 24. Способи пуску та релейно контакторна апаратура для регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів

Прямий пуск. Реакторний пуск. Автотрансформаторний пуск. Пуск перемиканням "зірка → трикутник". 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. Тиристорні блоки управління та частотні перетворювачі. Релейно-контакторна апаратура для управління електроприводами.

Тема 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни

Робота асинхронного двигуна при зміні частоти. 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 26. 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 27. Характеристики синхронного генератора

Характеристика холостого ходу. Навантажувальна характеристика. Зовнішня характеристика. Регулювальна характеристика. Характеристика короткого замикання. Відношення короткого замикання

Тема 28. 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 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі

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

Тема 30. Синхронні двигуни та компенсатори. Електричні апарати для їх комутації

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

4. Структура залікового кредиту дисципліни
«Електричні машини та апарати»
Денна форма навчання

Тема	Кількість, годин, в т.ч.						
	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота	КПЗ і тренінг	Індивідуальна робота студентів	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму							
Тема 1. Загальні питання електричних машин	1	1	-	1		1	Поточне оцінювання
Тема 2. Електричні машини постійного струму	1		-	1	1		Поточне оцінювання
Тема 3. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму	2	1	-	1			Поточне оцінювання
Тема 4. Обмотки якоря машин постійного струму	1	1	1	2		1	Поточне оцінювання
Тема 5 Реакція якоря машини постійного струму	1	1	1	1			Поточне оцінювання
Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму	2	1		2		1	Поточне оцінювання
Тема 7. Генератори постійного струму	1	1	1	1			Поточне оцінювання
Тема 8. Двигуни постійного струму	1	1	1	2			Поточне оцінювання
Змістовий модуль 2. Трансформатори							
Тема 9. Основні відомості про трансформатори	2	1		2	1	1	Поточне оцінювання
Тема 10. Робочий процес трансформатора	1	1		2			Поточне оцінювання
Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора	1	1		2			Поточне оцінювання
Тема 12. Трифазний трансформатор	2	1	1	2			Поточне оцінювання
Тема 13. Паралельна робота трансформаторів	1	1	1	2	1	1	Поточне оцінювання
Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах	1	1		2			Поточне оцінювання
Тема 15. Різновиди трансформаторів	2	1		2		1	Поточне оцінювання
Модульна робота 1							Письмова робота
Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини							
Тема 16. Загальні питання електричних машин змінного струму	1	1		2		1	Поточне оцінювання
Тема 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму	1	1	1	2	1		Поточне оцінювання

Тема 18. Обмотки машин змінного струму	2	1	1	2			Поточне оцінювання
Тема 19. Магніторушійні сили обмоток змінного струму	1	1		2			Поточне оцінювання
Тема 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора	1	1	1	2			Поточне оцінювання
Тема 21. Асинхронна машина за обертового ротора	2	1	1	2		1	Поточне оцінювання
Тема 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна	1	1		2			Поточне оцінювання
Тема 23. Обертальні моменти та механічні характеристики АМ	1	1		2			Поточне оцінювання
Тема 24. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів	2	1		2		1	Поточне оцінювання
Тема 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни	1	1		2			Поточне оцінювання
Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини							
Тема 26. Реакція якоря синхронного генератора	1	1	1	1		1	Поточне оцінювання
Тема 27. Характеристики синхронного генератора	2		1	1			Поточне оцінювання
Тема 28. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею	2		1	1	1		
Тема 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі	2	1	1	2	1	1	Поточне оцінювання
Тема 30. Синхронні двигуни та компенсатори	2	1		1			Поточне оцінювання
Модульна робота 2							Письмова робота
Екзамен							Підсумкове оцінювання
Разом	42	28	14	50	5	11	

Заочна форма навчання

Тема			
	Лекції	Практичні	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму			
Тема 1. Загальні питання електричних машин	1		4
Тема 2. Електричні машини постійного струму			4
Тема 3. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму			4
Тема 4. Обмотки якоря машин постійного струму	1		4
Тема 5 Реакція якоря машини постійного струму			4
Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму			4
Тема 7. Генератори постійного струму			4
Тема 8. Двигуни постійного струму		1	4
Змістовий модуль 2. Трансформатори			
Тема 9. Основні відомості про трансформатори			4
Тема 10. Робочий процес трансформатора			6
Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора			4
Тема 12. Трифазний трансформатор	1		6
Тема 13. Паралельна робота трансформаторів			4
Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах	1		6
Тема 15. Різновиди трансформаторів		1	4
Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини			
Тема 16. Загальні питання електричних машин змінного струму	1		6
Тема 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму			4
Тема 18. Обмотки машин змінного струму			6
Тема 19. Магніторушійні сили обмоток змінного струму			4
Тема 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора			6
Тема 21. Асинхронна машина за обертового ротора	1	1	4
Тема 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна			6
Тема 23. Обертальні моменти та механічні характеристики АМ			4
Тема 24. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів			6

Тема 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни		1	4
Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини			
Тема 26. Реакція якоря синхронного генератора	1		6
Тема 27. Характеристики синхронного генератора			4
Тема 28. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею			4
Тема 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі	1		4
Тема 30. Синхронні двигуни та компенсатори		1	4
Разом	8	4	138

5. Тематика практичних занять

Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму

Тема 1. Загальні питання електричних машин

Структура курсу "Електричні машини та апарати" і порядок його вивчення. Соціально- економічні та науково-технічні передумови виникнення і розвитку електричних машин. Роль електричних машин в електрифікації сільського господарства. Сучасні досягнення та перспективи розвитку електричних машин. Основні визначення і класифікація електричних машин.

Тема 2. Електричні машини постійного струму

Області застосування машин постійного струму. Будова і принцип роботи колекторної машини постійного струму. Способи збудження машин постійного струму. Електромагнітний момент та зворотність електричних машин.

Тема 3. 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 4. Реакція якоря машини постійного струму

Реакція якоря машини постійного струму та її види. Вплив реакції якоря на магнітний потік машини постійного струму. Способи обмеження впливу реакції якоря. Компенсаційна обмотка.

Тема 5. Обмотки якоря машин постійного струму

Призначення, вимоги, класифікація та принцип побудови обмоток якоря машин постійного струму. ЕРС обмотки якоря машини постійного струму

Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму

Комутація струму якоря. Шкала іскріння. Фізична суть процесу комутації. Прямолінійна, сповільнена та прискорена комутація. Засоби покращення комутації. Додаткові полюси.

Тема 7. Генератори постійного струму

Генератори постійного струму. Характеристики генератора незалежного

збудження. Процес самозбудження генератора. Характеристики генераторів паралельного, послідовного та змішаного збудження.

Тема 8. Двигуни постійного струму

Двигуни постійного струму. Способи пуску в хід і регулювання частоти обертання. Робочі та механічні характеристики двигунів паралельного, послідовного та змішаного збудження. Гальмівні режими машин постійного струму. Серії машин постійного струму. Електромашинні підсилювачі постійного струму. Квадратична схема.

Змістовий модуль 2. Трансформатори

Тема 9. Основні відомості про трансформатори

Призначення, класифікація та області застосування трансформаторів. Будова і принцип роботи трансформатора.

Тема 10. Робочий процес трансформатора

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

Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора

Зведений трансформатор. Схеми заміщення трансформатора та їх параметри. Повна і спрощена векторні діаграми трансформатора за різного характеру навантаження. Зміна напруги, ККД та зовнішня характеристика трансформатора. Регулювання напруги трансформаторів.

Тема 12. Трифазний трансформатор

Явища при намагнічуванні однофазних трансформаторів. Явища при намагнічуванні трифазних трансформаторів за різних схем з'єднання обмоток.

Тема 13. Паралельна робота трансформаторів

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

Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах

Перехідні процеси в трансформаторах у разі раптового короткого замикання та у разі вмикання в електричну мережу. Перенапруги в трансформаторах та захист від них.

Тема 15. Різновиди трансформаторів

Автотрансформатори. Багатообмоткові трансформатори. Спеціальні трансформатори: вимірювальні, зварювальні та ін.

Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини

Тема 16. 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 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму

Основні характеристики ЕРС змінного струму. ЕРС провідника. ЕРС витка і 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 18. 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 19. 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 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора

Єдина серія трифазних асинхронних двигунів 4А. Асинхронні електродвигуни серії АИ. Асинхронна машина за нерухомого ротора. Фазорегулятор. Трифазний індукційний регулятор.

Тема 21. 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 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна

Режим двигуна. Режим генератора. Режим противмикання. Режим короткого замикання.

Тема 23. 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 24. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів

Прямий пуск. Реакторний пуск. Автотрансформаторний пуск. Пуск перемиканням "зірка → трикутник". 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 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни

Робота асинхронного двигуна при зміні частоти. 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 26. 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 27. Характеристики синхронного генератора

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

Тема 28. 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 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі

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

Тема 30. 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.

6. Комплексне практичне індивідуальне завдання з дисципліни «Електричні машини та апарати»

Згідно зі структурою навчального кредиту дисципліни «Електричні машини та апарати» передбачається виконання комплексного практичного індивідуального завдання (КПЗ). Захищене і зараховане завдання є допуском студента до здачі іспиту з курсу. КПЗ виконується студентом особисто в окремому робочому зошиті. Мета виконання (КПЗ) – закріплення теоретичних основ принципу дії та режимів роботи електричних машин та апаратів.

КПЗ побудоване у вигляді теоретичних і практичних завдань за основними темами курсу з використанням реальних ситуацій функціонування електричних машин та апаратів. Кожен студент виконує свій варіант завдання.

КПЗ виконується згідно методичних вказівок.

7. Самостійна робота

№ з\п	Назва теми
1.	Нагрівання та охолодження електричних машин. Основні номінальні режими роботи електричних машин
2.	Методи визначення коефіцієнту корисної дії машини постійного струму, умови його максимуму
3.	Магнітне коло машини постійного струму та методи його розрахунку
4.	Магнітне поле та магніторушійні сили повітряного зазору та зубцової зони машини постійного струму. Повна магніторушійна сила та магнітна характеристика машини постійного струму
5.	Комутація струму якоря. Електрорушійні сили у секції, яка комутується. Способи покращання комутації
6.	Паралельна робота генераторів постійного струму
7.	Двигуни постійного струму паралельного, послідовного та змішаного збудження
8.	Конструкція магнітопроводів та обмоток трансформаторів
9.	Елементи конструкції та способи охолодження трансформаторів
10.	Визначення групи з'єднання обмоток трансформаторів
11.	Явища при намагнічуванні магнітопроводів трансформаторів
12.	Схеми заміщення трансформатора та способи визначення їх параметрів
13.	Повна та спрощена векторна діаграма трансформатора за різного характеру навантаження
14.	Регулювання напруги трансформаторів
15.	Несиметричне навантаження трансформаторів
16.	Принцип утворення обертового магнітного поля трифазною системою струмів
17.	Властивості асинхронних двигунів з короткозамкненим та фазним ротором
18.	Режими роботи, енергетичні співвідношення та векторні діаграми асинхронної машини
19.	Електромагнітні моменти від вищих гармонік магнітного поля
20.	Гістерезисний, вихровий та реактивний моменти
21.	Робочі характеристики асинхронного двигуна
22.	Робота трифазного асинхронного двигуна за однофазного живлення
23.	Регулювання швидкості обертання асинхронних двигунів зміною частоти напруги живлення
24.	Асинхронні двигуни із витісненням струму в обмотці ротора
25.	Будова і принцип дії синхронного генератора і синхронного двигуна

26.	Реакція якоря синхронного генератора за різного характеру Навантаження
27.	Втрати потужності, енергетична діаграма та ККД синхронного Генератора
28.	Регулювання активної і реактивної потужності синхронного генератора в умовах паралельної роботи з мережею
29.	Особливості, переваги та недоліки синхронного двигуна
30.	Робота синхронної машини і режимі компенсатора

8. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

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

- поточне оцінювання (опитування, тестування, виконання лабораторних завдань, доповіді, реферати);
- проміжне модульне оцінювання;
- оцінювання результатів виконання КПЗ;
- підсумкове оцінювання (екзамен).

Політика оцінювання

Політика щодо граничних термінів і перескладання: Для виконання індивідуальних завдань 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: Письмові роботи підлягають перевірці на наявність плагіату та допускаються до захисту з коректними текстовими запозиченнями. Використання друкованих і електронних джерел інформації 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.

Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Електричні машини та апарати» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів (екзамен) %:

Заліковий модуль 1	Заліковий модуль 2	Заліковий модуль 3 (КПЗ і Тренінг)	Заліковий модуль 4 (екзамен)	Разом
20%	20%	20%	40%	100%
1. Усне опитування на заняттях: 15 тем по 2 бали	1. Усне опитування на заняттях: 15 тем по 2 бала – мах	1. Підготовка КПЗ – мах 40 балів. 2. Захист КПЗ –	1. Тестові завдання (10 тестів по 3 бали) – мах 30 балів. 2. Теоретичне питання	

– мах 30 бали. 2. Письмова робота – мах 70 балів.	30 балів. 2. Письмова робота – мах 70 балів.	мах 40 балів. 3. Участь у тренінгах – мах 20 балів.	– мах 30 балів. 3. Задачі (2 задачі по 20 балів) мах 40 балів.	
--	---	--	--	--

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)

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

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор	1-30
2.	Екран проєкційний	1-30
	Комп'ютеризована аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-30
3.	Базове програмне забезпечення: ОС Windows 10 – згідно ліцензії Microsoft IT Academy та Microsoft DreamSpark for Students. Стандартне програмне забезпечення базових інформаційних технологій: MS Office (Excel), телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox, ZOOM, MOODLE, Viber)	1-30
4.	Лабораторне обладнання	1-30

10. Рекомендована література

– основна:

1. Заблодський М.М. Електричні машини змінного струму: навчальний посібник / М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко, В.В. Васюк. К.: ЦП «Компрінт», 2018. 514 с.
2. Чуєнко Р.М. Електричні машини: навчальний посібник. К.: ЦП «Компрінт», 2015. 436 с.
3. Яцун М.А. Електричні машини: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 464 с.
4. Загірняк М.В. Електричні машини: підручник. К.: Знання, 2009. 399 с.
5. Чуєнко М.О. Електричні машини: тексти лекцій з дисципліни «Електричні машини» / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2012. – 436 с.
6. Белікова Л.Я. Електричні машини: навчальний посібник для студентів вищих навч. закладів. О.: Наука і техніка, 2012. 480 с.

- допоміжна:

1. Чуєнко Р.М. Електричні машини: навчальний посібник / Р.М. Чуєнко. К.: Видавництво "Компрінт", 2017. - 462 с.
2. Чуєнко М.О. Практикум з електричних машин: навчальний посібник / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко, О.В. Санченко. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. – 320 с.
3. Чуєнко Р.М. Електричні машини: лабораторний практикум з електричних машин. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. 255 с.
4. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина I. Машини постійного струму : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2005. 86 с.
5. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина IV. Трансформатори: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2008. 219 с.
6. Смуригін В.М. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Електричні машини». Частина 1: трансформатори і машини постійного струму. [Смуригін В.М., Галько С.В., Бородин Є.В., Ковальов О.В.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2009. 149 с.
7. Чуєнко М.О. Електричні машини: лабораторний практикум з електричних машин змінного струму. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2010. 127 с.
8. Чуєнко М.О. Енергетичні засоби в АПК (Електричні машини). Лабораторний практикум / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко, А.Г. Кушніренко. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2009. 275 с.
9. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина I. Машини постійного струму : електронний навчальний посібник [Електронний ресурс]. В. В. Грабко, М. П. Розводюк, І. В. Грабенко.
10. Герман-Галкин С.Г. Электрические машины: лабораторные работы на ПК: учебное пособие для студ. вузов. Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2003. 256 с.

Директивні і нормативні матеріали:

1. ДСТУ 2286-93 (IEC 60050-411:1973, NEQ) Машини електричні обертові. Терміни та визначення
2. ДСТУ 2818-94 (ГОСТ 30149-95, IDT) Машини електричні обертові. Позначення літерні і одиниці вимірювань
3. ДСТУ 3398-96 (ГОСТ 30458-97, IDT) Машини електричні обертові. Ізоляція. Норми та методи випробувань
4. ДСТУ 3595-97 (IEC 60335-1:1991, NEQ) Електроприводи змінного струму загального призначення. Загальні технічні вимоги
5. ДСТУ 3638-97 Електроприводи асинхронні побутові. Загальні технічні умови
6. ДСТУ 3788-98 Обертові електричні машини. Елементи конструкційні, магнітні та електричні. Терміни та визначення

7. ДСТУ 3804-98 Обертові електричні машини. Система охолодження, види захисту від зовнішнього середовища, випробування та експлуатація. Термінита визначення
8. ДСТУ 3827-98 Обертові електричні машини. Характеристики машин. Терміни та визначення
9. ДСТУ 3886-99 Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу та вибору
10. ДСТУ ІЕС 61800-2:2008 (ІЕС 61800-2:1998, IDT) Системи силового електроприводу з регульованою швидкістю.

Інтернет-ресурси:

1. Електрична машина. Вікіпедія <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
2. Харківський електромеханічний завод <https://khemz.kharkov.com/>
3. Полтавський електромеханічний завод <http://www.elmotor.com.ua/>
4. Новокаховський електромеханічний завод <http://nkmez.com.ua/>
5. Державне підприємство "Харківський електромеханічний завод" <http://www.khemz.kharkov.com>
6. Богодухівський електромеханічний завод <https://bemz-ltd.all.biz/>
7. Смілянський електромеханічний завод <http://www.semez.info/>
8. Компанія «ДНЕПРОРЕСУРС» <https://elmo.ua/>
9. Компанія "ABB" <https://new.abb.com/ua/>
10. Компанія "Шнайдер Електрик" <https://www.se.com>
11. ГП «Укрметртестстандарт» www.ukrcsm.kiev.ua/
12. Держгірпромнагляд України www.dnopr.gov.ua/
13. Електролабораторія в Україні - Flagma <https://flagma.ua/elektrolaboratoriya-so254592-1.html>
14. Електролабораторія ЕТЛ-10 (кабельная мобильная лаборатория ... titan-t.km.ua/etl10.php
15. Укрэлектроапарат www.uea.com.ua/
16. УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ, ПАТ (м. Хмельницький) — сайт, контакти
... www.ua-region.com.ua > Бізнес-каталог
17. Корпорация АСКО-УКРЕМ www.acko.ua/
18. ПАО "Уманского завода "Мегомметр" www.megommetr.com/
19. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України pre.kmu.gov.ua/
20. Харьковэнергоприбор. Официальный сайт - <http://www.kep.ua/>