

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і мехатроніки

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій



ЗАТВЕРДЖУЮ

М. Максименко О.
«15» *вересня* 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»

(назва навчальної дисципліни)

підготовки

бакалавра

(назва ступеня вищої освіти)

спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Полтава
2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Складена відповідно до ОПП «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Розробник: Шефер О.В., д.т.н., доцент.

Погоджено

Гарант освітньої програми _____ (Галай В.М.)

Керівник групи забезпечення _____ (Галай В.М.)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматичної, електроніки та телекомунікацій

Протокол від « 26 » серпня 2020 року № 1

В.о. завідувача кафедри автоматичної, електроніки та телекомунікацій

_____ (Шефер О.В.)

« 26 » 08 2020 року

Схвалено навчально-методичною комісією навчально-наукового інституту інформаційних технологій і механотроніки

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

Голова навчально-методичної комісії навчально-наукового інституту інформаційних технологій і механотроніки

_____ (Шефер О.В.)

« 27 » 08 2020 року

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни			
		форма навчання денна		форма навчання заочна	
Кількість кредитів – 10	Галузь знань <u>14</u> <u>Електрична інженерія</u>	Обов'язкова			
Загальна кількість годин – 300					
Модулів – 2	Спеціальність <u>141</u> <u>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u>	Рік підготовки:			
Змістових модулів – 4		3-й		3,4-й	
		Семестр			
		5-й	6-й	6-й	7-й
Індивідуальне завдання – курсовий проект «Розрахунок обертового електричного двигуна»	Ступінь вищої освіти <u>бакалавр</u>	Лекції			
		32 год.	32 год.	0 год.	0 год.
		Практичні, семінарські			
		12 год.	12 год.	0 год.	0 год.
		Лабораторні			
		16 год.	16 год.	0 год.	0 год.
		Самостійна робота			
		65 год.	65 год.	150 год.	100 год.
Індивідуальна робота: 50 год.					
Вид контролю: екзамен					

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 120/180

для заочної форми навчання – 0/300

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів знань теорії, законів електричних, магнітних та електромагнітних процесів, що лежать в основі принципу дії електричних машин та здобуття практичних навичок при розв'язуванні фахових задач.

Компетентності за ОПШ:

- K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- K07. Здатність працювати в команді.
- K08. Здатність працювати автономно.
- K09. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.
- K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

Програмні результати навчання за ОПШ:

- 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.
- ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.
- ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
- ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.
- ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Перелік дисциплін, які мають бути вивчені раніше: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки».

4. Очікувані результати навчання з дисципліни

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- будову та принцип дії електричних машин;
- робочі та спеціальні характеристики електричних машин;
- вплив зміни режимів живлення на їх характеристики;
- методи розрахунків режимів роботи електричних машин;
- методики проведення експериментальних досліджень та обробки їх результатів;

вміти:

- розрахувати параметри обмоток електричних машин;
- експериментально та теоретично визначити робочі та механічні характеристики електричних машин та графічно їх зобразити;
- розрахувати необхідні параметри режиму живлення електричних машин для одержання заданих експлуатаційних характеристик;
- робити креслення основних вузлів електричних машин та складальні креслення.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом вивчення навчальної дисципліни.

Мінімальний поріг рівень оцінки варто визначати за допомогою якісних критеріїв і трансформувати в мінімальну позитивну оцінку числової (рейтингової) шкали.

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
60-63	Е	Достатньо	Студент має певні знання матеріалу, передбаченого робочою програмою, володіє основними положеннями на рівні, який визначається як мінімально допустимий. Правила вирішення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	Середній

6. Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- екзамен;
- курсова робота;
- виконання завдань на практичних заняттях;
- виконання завдань на лабораторному обладнанні.

7. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Машини постійного струму (МПС).

Тема 1. Принцип роботи і будова МПС.

Предмет та структура дисципліни. Закон електромагнітної індукції. Правила лівої та правої руки. Будова МПС. Принцип дії МПС.

Тема 2. Обмотки якоря МПС. Вибір обмоток.

Поняття першого, другого, результуючого кроків обмотки. Крок по колектору. Петльова, хвильова, складна петльова, складна хвильова, комбінована обмотки якоря МПС. Вибір обмоток якоря.

Практичне заняття №1.

Тема 3. Електрорушійна сила (ЕРС) і електромагнітний момент МПС.

Поняття коефіцієнта полюсного перекриття. ЕРС та електромагнітний момент МПС. Поняття електромагнітної потужності. Постійні МПС у практичній системі одиниць та в СІ.

Лабораторне заняття №1.

Тема 4. Способи збудження МПС. Рівняння електричної рівноваги та моментів.

Незалежне, паралельне, послідовне та змішане збудження МПС. Позначення виводів МПС. Перший другий закони Кірхгофа. Поняття статичного, динамічного та моменту неробочого ходу (НХ) МПС.

Практичне заняття №2.

Тема 5. Характеристики двигунів постійного струму (ДПС) та способи регулювання швидкості обертання.

Визначення робочих, механічної та швидкісної характеристик ДПС. Природні та штучні характеристики ДПС. Вплив зміни параметрів живлення ДПС на його характеристики. Прямий, реостатний та пуск шляхом плавного підвищення напруги. Діапазон регулювання частоти обертання. Класифікація способів регулювання частоти обертання ДПС.

Лабораторне заняття №2.

Тема 6. Способи пуску та гальмування ДПС. Перехідний процес при пуску.

Класифікація способів пуску ДПС. Поняття початкового пускового моменту та початкового пускового струму. Умови стійкої роботи ДПС. Класифікація способів гальмування.

Лабораторне заняття №3.

Тема 7. Втрати потужностей та коефіцієнт корисної дії (ККД) МПС.

Енергетична діаграма МПС. Електричні, магнітні, механічні та додаткові втрати потужностей МПС. Визначення ККД для двигунів та генераторів. Залежність ККД від корисної потужності МПС.

Лабораторне заняття №4.

Практичне заняття №3.

Тема 8. Реакція якоря МПС. Способи усунення шкідливого впливу реакції якоря.

Визначення реакції якоря МПС. Геометрична та фізична нейтралі МПС. Шкідливі наслідки реакції якоря. Коловий вогонь на колекторі. Компенсаційна обмотка МПС.

Практичне заняття №4.

Тема 9. Процес комутації, їх види і вплив на роботу ДПС. Способи поліпшення комутації.

Визначення явища комутації. Лінійна, прискорена та сповільнена комутація МПС. Причини появи іскріння під щітками. Додаткові полюси МПС.

Практичне заняття №5

Лабораторне заняття №5.

Змістовий модуль 2. Трансформатори.

Тема 1. Принцип дії і будова однофазного трансформатора. Коефіцієнт трансформації.

Класифікація і позначення трансформаторів. Коефіцієнт заповнення сталі. Амплітудні, середні та діючі значення синусоїдних напруг та струмів. Фазний коефіцієнт трансформації.

Лабораторне заняття №6.

Тема 2. Рівняння електричної рівноваги трансформатора. Приведена схема заміщення трансформатора.

Основний магнітний потік та магнітний потік розсіювання.

Електрорушійна сила в обмотках трансформатора. ЕРС розсіювання в обмотках трансформатора. Схема заміщення та приведена схема заміщення. Зв'язок між параметрами приведеної схеми заміщення трансформатора та реальними параметрами.

Практичне заняття №6.

Тема 3. Досліди неробочого ходу (НХ) і короткого замикання (КЗ) трансформатора.

Спрощення приведеної схеми трансформатора у дослідах НХ та КЗ. Трикутники опорів та напруг. Потужність та струм НХ. Напряга дослідів КЗ. Струм аварійного короткого замикання. Коефіцієнт трансформації за напругою та струмом.

Лабораторне заняття №7.

Тема 4. Трифазні трансформатори. Сполучення обмоток трансформатора

Трансформаторні групи. Плоскі та просторові магнітні кола. Явища при намагнічуванні трансформатора. Поняття про вищі гармоніки струму. Класифікація та позначення сполучень обмоток трифазних трансформаторів. Співвідношення між фазами та лінійними коефіцієнтами трансформації.

Практичне заняття №7.

Тема 5. Спрощена векторна діаграма та зовнішня характеристика (ЗХ) трансформатора.

Визначення зовнішньої характеристики трансформатора. Трикутник напруг дослідів короткого замикання. Коефіцієнт струмового навантаження трансформатора. ЗХ трансформатора при активному, індуктивному та ємнісному навантаженнях.

Практичне заняття №8.

Тема 6. Втрати потужностей та ККД трансформатора. Групи сполучень обмоток.
Енергетична діаграма трансформатора. Види втрат потужностей у трансформаторі.
Визначення ККД за потужністю та похідні групи сполучень обмоток.

Практичне заняття №9.

Тема 7. Паралельна робота трансформаторів. Трансформатори спеціального призначення.

Умови паралельної роботи трансформаторів. Метод симетричних складових. Поняття про струми прямої зворотної та нульової послідовності. Варіанти сполучення обмоток трифазних трансформаторів. Автотрансформатори, триобмоткові та вимірювальні.

Лабораторне заняття №8.

Змістовий модуль 3. Асинхронні машини.

Тема 1. Обмотки машин змінного струму.

Вимоги до обмоток. Зосередженості та розподілені обмотки. Параметри обмоток. Обмотки хвильові концентричні та «перевальцем». Коефіцієнти розподілення, укорочення, скосу. Обмотковий коефіцієнт. Магніторушійна сила обмоток. Обертове магнітне поле. Класи ізоляцій обмоток.

Практичне заняття №10.

Тема 2. Будова та принцип дії асинхронного двигуна (АД).

АД з короткозамкненим ротором. АД з фазним ротором. Закон повного струму. Коефіцієнт Картера. Магнітна характеристика АД. Ковзання АД.

Лабораторне заняття №9.

Тема 3. Рівняння електричної рівноваги та струмів загальмованого АД.

Режим неробочого ходу (НХ) загальмованого АД. Схема заміщення АД. ЕРС обмоток АД. Коефіцієнт трансформації ЕРС. Режим нерухомого АД під навантаженням. Коефіцієнт трансформації струмів.

Практичне заняття №11.

Тема 4. T – подібна приведена схема заміщення.

Умови переходу до приведеної схеми заміщення. Параметри АД з рухомим ротором.

Лабораторне заняття №10.

Тема 5. Γ – подібна приведена схема заміщення АД. Співвідношення параметрів приведеної схеми та реального АД.

Недоліки T – подібної приведеної схеми заміщення АД. Повна та спрощена Γ – подібна приведена схема заміщення. Коефіцієнт приведення опорів. Векторні діаграми АД.

Практичне заняття №12.

Тема 6. Енергетична діаграма АД. Механічна характеристика. Формула Клосса.

Види втрат потужностей в АД. Коефіцієнт корисної дії. Електромагнітний момент АД. Визначення механічної характеристики. Критичне та номінальне ковзання. Максимальний електромагнітний момент. Повна та спрощена формули Клосса. Кратність максимального та початкового пускового моменту. Формула Клосса при зміні напруги живлення АД.

Лабораторне заняття №11.

Тема 7. Вплив напруги, частоти струму статора та опору ротора на механічні характеристики.

Перевантажувальна здатність АД. Крутий, статичний та момент неробочого ходу АД. Умова отримання максимального початкового пускового моменту АД з фазним ротором.

Практичне заняття №13.

Тема 8. Робочі характеристики, способи пуску та гальмування трифазних АД.

Визначення робочих характеристик АД. Колова діаграма АД. Параметри пуску АД. Пуск АД з фазним та короткозамкненим ротором. АД з двоклітковим та глибокопазним ротором. Ефект витіснення струму та його вплив на механічну характеристику.

Лабораторне заняття №12.

Тема 9. Регулювання частоти обертання АД. Закони керування.

Способи регулювання частоти обертання. Керування частотою обертання при постійному моменті АД. Керування при постійній потужності АД. Керування при «вентиляторній» характеристиці.

Тема 10. Однофазні АД. Робота трифазних АД від однофазної мережі.

Прямий та зворотний магнітний потоки у однофазному АД. АД з розчепленою фазою. Конденсаторний АД. Схеми вмикання трифазних АД у однофазну мережу.

Лабораторне заняття №13.

Змістовий модуль 4. Синхронні машини (СМ).

Тема 1. Будова та принцип дії СМ. Реакція якоря.

Явнополюсні та неявнополюсні СМ. Повздовжня d та поперечна q вісі СМ. Контактна, безконтактна автоматична та схема самозбудження синхронного генератора (СГ). Поняття реакції якоря. Метод Блонделя (метод двох реакцій)

Практичне заняття №14.

Тема 2. Рівняння електричної рівноваги та векторні діаграми СМ.

Повздовжні та поперечні складові струму якоря, ЕРС реакції якоря. Коефіцієнти приведення по вісям, коефіцієнти форми поля. Рівняння електричної рівноваги явнополюсних та неявнополюсних СМ. Алгоритм побудови векторних діаграм СМ.

Тема 3. Втрати потужностей та ККД СМ.

Види втрат потужностей СМ. Повна, активна та реактивна потужності СМ. Трикутник потужностей.

Практичне заняття №15.

Тема 4. Паралельна робота СГ. Способи синхронізації СГ.

Умови вмикання СГ на паралельну роботу. Поняття синхронізації СГ. Спосіб точної синхронізації та спосіб синхронізації в режимі двигуна. Лампові та стрілочні синхроскопи.

Тема 5. Електромагнітна потужність, електромагнітний момент та кутова характеристика СГ.

Кут навантаження СГ. Основна та реактивна електромагнітна потужність СГ. Основний та реактивний електромагнітний момент СГ. Критичний кут навантаження СГ. Переважна здатність СГ.

Тема 6. Синхронізувальний момент та коливання ротора СГ при зміні навантаження.

Динамічна стійкість СГ. Питомий синхронізувальний момент СГ при зміні навантаження.

Лабораторне заняття №14.

Тема 7. Робочі характеристики та способи пуску СД.

Лабораторне заняття №15.

Тема 7. Принцип дії, робочі характеристики та способи пуску синхронних двигунів (СД).

Принцип дії СД. Основний та реактивний момент та потужність СД. Коливання ротора СД при зміні навантаження. Визначення робочих характеристик СД. Частотний, асинхронний та пуск СД за допомогою розгінного. Явище Гертеса.

Тема 8. Синхронні машини спеціального призначення.

Електромашинний компенсатор. V – подібна характеристика. Синхронний реактивний двигун. Гістерезисний двигун. Кроковий СД. Синхронний генератор з кіттеподібними полюсами.

Лабораторне заняття №16.

8. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових	Кількість годин	
	денна форма	Заочна форма

модулів і тем	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд.	с.р.		л	п	лаб	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Машини постійного струму (МПС)												
Тема 1. Принцип роботи і будова МПС.	6	2				4	8					8
Тема 2. Обмотки якоря МПС. Вибір обмоток.	9	2	1			6	8					8
Тема 3. Електро-рушійна сила (ЕРС) і електро-магнітний момент МПС.	9	2		1		6	10					10
Тема 4. Способи збудження МПС. Рівняння електричної рівноваги та моментів.	10	2	1	1		6	10					10
Тема 5. Характеристики ДПС та способи регулювання швидкості обертання.	10	2		2		6	10					10
Тема 6. Способи пуску та гальмування ДПС. Перехідний процес при пуску.	11	2	1	2		6	10					10
Тема 7. Втрати потужностей та коефіцієнт корисної дії МПС.	10	2		2		6	10					10
Тема 8. Реакція якоря МПС. Способи усунення шкідливого впливу реакції якоря.	9	2	1			6	10					10
Тема 9. Процес комутації, їх види і вплив на роботу ДПС. Способи поліпшення комутації.	12	2	2	2		6	10					10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разом за змістовим модулем 1	86	18	6	10		52	86					86
Змістовий модуль 2. Трансформатори												

Тема 1. Принцип дії і будова однофазного трансформатора. Коефіцієнт трансформації.	11	2		3		6	9					9
Тема 2. Рівняння електричної рівноваги трансформатора. Приведена схема заміщення трансформатора.	10	2	1			6	9					9
Тема 3. Досліди неробочого ходу і короткого замикання трансформатора.	11	2		3		6	9					9
Тема 4. Трифазні трансформатори. Сполучення обмоток трансформатора. Коефіцієнт трансформації.	9	2	1			6	9					9
Тема 5. Спрощена векторна діаграма та зовнішня характеристика трансформатора.	9	2	1			6	9					9
Тема 6. Втрати потужностей та ККД трансформатора. Групи сполучень трансформатора.	9	2	1			6	9					9
Тема 7. Паралельна робота трансформаторів. Трансформатори спеціального призначення.	8	2				6	10					10
Разом за змістовим модулем 2	66	14	4	6		42	64					64
Разом за I семестр	152	32	10	16		94	150					150
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Асинхронні машини												
Тема 1. Обмотки машин змінного струму.	9	2	2		3	2	8				2	6
Тема 2. Будова та принцип дії асинхронного двигуна(АД).	10	2		2	4	2	9				3	6
Тема 3. Рівняння електричної рівноваги та струмів загальмованого АД.	7	2			3	2	8				2	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 4. Т-подібна приведена схема заміщення.	8	2			4	2	9				3	6

Тема 5. Г – подібна приведена схема заміщення АД. Співвідношення приведених та реальних параметрів АД.	9	2	2		3	2	8				2	6
Тема 6. Енергетична діаграма АД. Механічна характеристика. Формула Клосса.	12	2	4	2	4	2	9				3	6
Тема 7. Вплив напруги, частоти струму та опору ротора на механічні характеристики.	7	2			3	2	8				2	6
Тема 8. Робочі характеристики та способи пуску трифазних АД	11	2		3	4	2	9				3	6
Тема 9. Регулювання швидкості обертання АД. Закони керування.	9	2	2		3	2	8				2	6
Тема 10. Однофазні АД. Робота трифазних АД від однофазної мережі.	11	2		3	4	2	9				3	6
Разом за змістовим модулем 3	95	20	10	10	35	20	85				25	60
Змістовий модуль 4. Синхронні машини												
Тема 1. Будова та принцип дії СМ. Реакція якоря.	8	2	1		3	2	8				3	5
Тема 2. Рівняння електричної рівноваги та векторні діаграми СМ.	7	1		1	3	2	8				3	5
Тема 3. Втрати потужностей та ККД СМ.	8	1	2		3	2	8				3	5
Тема 4. Паралельна робота синхронних генераторів(СГ). Способи синхронізації СГ.	7	1		1	3	2	8				3	5
Тема 5. Електромагнітна потужність, момент та кутова характеристика СМ.	8	1		2	3	2	8				3	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 6. Синхронізуючий момент та коливання ротора СМ	6	2		2		2	5					5

при зміні навантаження.												
Тема 7. Робочі характеристики та способи пуску СД.	5	2	1			2	5					5
Тема 8. Синхронні машини спеціального призначення.	4	2				2	5					5
Разом за змістовим модулем 4	53	12	4	6	15	16	65				25	40
Разом за II семестр	148	32	14	16	50	36	150				50	100
Усього годин	300	64	24	32	50	130	150				50	100

9. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для заочної форми
	Семінарські заняття не передбачені		

10. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для заочної форми
1	2	3	4
1.	Розрахунок та побудова петльових і хвильових обмоток МПС. Кроки обмоток, крок по колектору. Складні петльові та хвильові обмотки. Комбінована обмотка.	1	
2.	Розрахунок параметрів МПС з паралельним збудженням. Особливості паралельного збудження МПС. Перший та другий закони Кірхгофа.	1	
3.	Розрахунок та побудова механічних (МХ) та швидкісних (ШХ) характеристик МПС. Вивід формул для МХ та ШХ. Поняття частоти обертання неробочого ходу та зниження частоти обертання під навантаженням.	1	
4.	Обчислення параметрів ДПС за заданим режимом. Знаходження частоти обертання та крутного моменту МПС при зміні напруги живлення, магнітного потоку та опору пускового реостату. Способи пуску та гальмування ДПС. Перехідний процес при пуску.	2	
5.	Розрахунок режимів ДПС за заданими параметрами. Розрахунок напруги живлення, магнітного потоку та опору пускового реостату для заданої частоти обертання та крутного моменту. Контрольна робота за змістовим модулем 1.	1	
1	2	3	4
6.	Розрахунок параметрів одно- та трифазних трансформаторів.	1	

	Знаходження кількості витків обмоток. Розрахунок номінальних напруг, струмів та потужностей.		
7.	Розрахунок параметрів приведенної схеми за дослідями НХ, КЗ. Знаходження активних та індуктивних опорів розсіювання реального трансформатора та приведенної схеми за дослідями НХ, КЗ.	1	
8.	Розрахунок ККД трансформатора. Обчислення та побудова залежностей η (β) та знаходження оптимального струмового навантаження.	1	
9.	Розрахунок та побудова зовнішньої характеристики (ЗХ). Обчислення ЗХ трансформатора та знаходження номінального падіння напруги під впливом навантаження.	1	
10.	Розрахунок та побудова розгорнутих схем обмоток машин змінного струму. Обчислення кроків обмоток. Знаходження коефіцієнтів розподілення, вкорочення кроку, скосу та обмоткового коефіцієнту. Видача завдання на курсовий проект.	2	
11.	Обчислення параметрів і характеристик АД за Г- подібною схемою заміщення. Знаходження номінального та критичного ковзання, номінального та максимального моменту, номіналах струмів АД.	2	
12.	Розрахунок та побудова механічних характеристик (МХ) АД. Обчислення МХ АД за формулою Клосса. Енергетична діаграма АД. Вплив напруги, частоти струму та опору ротора на МХ АД.	2	
13.	Обчислення параметрів АД при зміні режиму живлення. Знаходження частоти обертання n та крутного моменту M АД при зміні напруги живлення та частоти струму. Знаходження напруги та частоти струму мережі для отримання заданих значень n , M . Контрольна робота за змістовим модулем 3.	4	
14.	Розрахунок характеристик трифазних синхронних генераторів (СГ). Обчислення та побудова кутових та V -подібних характеристик СГ. Побудова векторних діаграм.	2	
15.	Розрахунок параметрів і характеристик синхронних двигунів (СД). Обчислення та побудова кутових характеристик СД при зміні режиму живлення. Побудова векторних діаграм.	2	
	Разом	24	-

11. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин для денної форми	Кількість годин для заочної форми
1.	Дослідження ДПС із паралельним збудженням. Отримання робочих та механічних характеристик експериментальним шляхом на лабораторній установці.	2	
2.	Випробування ГПС із паралельним збудженням. Експериментальне зняття характеристики неробочого ходу, зовнішньої та регульованої характеристик. Обчислення відносної зміни напруги ГПС при зміні навантаження.	2	
3.	Захист лабораторної роботи №1 та №2.	2	
4.	Розрахунок та побудова механічних характеристик (МХ) ДПС. Аналітичне отримання МХ ДПС при зміні напруги живлення, магнітного потоку та опору пускового реостату.	2	
5.	Тестовий контроль знань змістового модуля №1.	2	
6.	Дослідження однофазного трансформатора. Експериментальне отримання робочих характеристик трансформатора на лабораторній установці. Захист лабораторної роботи №3.	4	
7.	Заліковий тестовий контроль знань змістових модулів №1 та №2.	2	
8.	Дослідження трифазного АД з короткозамкненим ротором. Експериментальне вимірювання робочих характеристик АД на лабораторній установці.	2	
9.	Дослідження трифазного АД з короткозамкненим ротором в однофазному режимі. Експериментальне вимірювання робочих характеристик трифазного АД в однофазному режимі на лабораторній установці.	2	
10.	Дослідження асинхронного двигуна з фазним ротором. Експериментальне вимірювання робочих характеристик АД та початкових пускових струмів при різних значеннях опору пускового реостату.	2	
11.	Захист лабораторних робіт №4, №5 та №6.	2	
12.	Тестовий контроль знань змістового модуля №3.	2	
13.	Дослідження трифазного синхронного генератора (СГ). Експериментальне вимірювання характеристики неробочого ходу, зовнішньої та V-подібної характеристик СГ. Експериментальна реалізація способу точної синхронізації СГ із мережею.	2	
14.	Дослідження трифазного синхронного генератора. Захист лабораторної роботи №7	2	
15.	Дослідження трифазного синхронного двигуна. Експериментальне вимірювання V-подібної та робочих характеристик синхронного двигуна. Захист лабораторної роботи №8.	2	
16.	Захист курсового проекту.	2	
	Разом	30	-

Метою самостійної роботи студентів є додаткове вивчення основ теорії, будови, принципу дії та експлуатаційних можливостей електричних машин які не охоплені лекційним курсом дисципліни, а також засвоєння та закріплення методів розрахунку режимів та параметрів електричних машин. Студент повинен уміти користуватись науково-технічною літературою, державними та міжнародними стандартами, а також самостійно використовувати навички та вміння, одержані при вивченні дисципліни.

Види самостійної роботи студента:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до практичних занять;
- підготовка до лабораторних занять;
- опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;
- підготовка до виконання модульної контрольної роботи (тестування);
- відвідування консультацій (згідно графіку консультацій кафедри);
- підготовка до складання екзамену за контрольними тестами.

Питання для самостійного вивчення студентами

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Вирівнюючі з'єднання обмоток якоря МПС	2	6
2.	Складні петльові обмотки	4	6
3.	Складні хвильові обмотки	4	6
4.	Змішана обмотка	2	6
5.	Магнітне коло МПС та його розрахунок	4	4
6.	Марки щіток ППС та їх параметри	4	6
7.	Полярність ввімкнення додаткових полюсів ДПС та ГПС	2	6
8.	Характеристики ГПС із паралельним, послідовним та змішаним збудженням	4	6
9.	Способи побудови механічних характеристик ДПС	4	6
10.	Автомобільний генератор	4	6
11.	Зварювальний генератор	2	6
12.	Електромашинний підсилювач із поперечним полем	4	6
13.	Уніполярна машина	2	6
14.	Класифікація трансформаторів	2	6
15.	Позначення трансформаторів	2	6
16.	Побудова векторних діаграм трансформаторів при різних навантаженнях	4	6
17.	Конструкція трифазних трансформаторів	2	6
18.	Аналогія між рівнями електростатики та магнітостатики	2	6
19.	Явища при намагнічуванні трансформатора	4	6
20.	Компенсаційна обмотка та її призначення	4	4
21.	Перехідний процес при раптовому КЗ у вторинній обмотці	2	6
22.	Перехідний процес ненавантаженого трансформатора при вмиканні в мережу	4	6
23.	Грозостійкі трансформатори	4	4
24.	Опис несиметричного режиму роботи трансформатора методом симетричних складових	4	6
25.	Варіанти вмикань трифазних трансформаторів	2	4

26.	Способи регулювання напруги трансформатора під навантаженням	4	6
27.	Конструктивне виконання обмоток статора електричних машин змінного струму	4	6
28.	Магніторушійна сила обмоток статора.	4	6
29.	Утворення обертового магнітного поля статора. Кругове та еліптичне обертове магнітне поле	2	6
30.	Розрахунок магнітного кола асинхронного двигуна та магнітна характеристика	2	4
31.	Визначення коефіцієнта при переході від Т – подібної приведенної схеми заміщення АД до Г - подібної	4	6
32.	Векторні діаграми АД в режимі двигуна та в генераторному режимі	4	5
33.	Колова діаграма АД для визначення робочих характеристик	4	5
34.	Вплив поверхневого ефекту та насичення сталі АД на параметри приведенної схеми	2	5
35.	Побудова векторних діаграм синхронних машин у режимі перезбудження та недозбудження	4	5
36.	Характеристики синхронних генераторів	2	5
37.	Динамічна стійкість та синхронізувальний момент СМ	2	5
38.	V – подібна характеристика СМ	4	4
39.	Коливання ротора СМ при зміні навантаження та шляхи їх зменшення	2	5
40.	Ефект Гергеса при пуску СД	4	4
41.	Крокові та гістерезисні синхронні двигуни	4	5
48.	Разом	130	250

13. Індивідуальні завдання Виконання курсового проекту.

Загальний обсяг часу на виконання курсового проекту складає 50 годин. За цей час студент виконує обов'язкове завдання, яке має за мету навчити студентів застосовувати здобуті знання при розв'язуванні конкретної технічної задачі по розрахунку обертового електричного двигуна.

Курсовий проект виконується на основі індивідуальних завдань. Вихідні дані для курсового проекту призначаються викладачем із методичних видань.

Теми курсового проекту:

1. Розрахунок двигуна постійного струму з паралельним збудженням;
2. Розрахунок двигуна постійного струму з послідовним збудженням;
3. Розрахунок асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Обсяг курсового проекту:

1. Розрахунково-пояснювальна записка 25-30 сторінок формату А4;
2. Креслення на аркушах формату А1-1шт, формату А4, А3-5шт.

Розподіл аркушів:

- 1 аркуш формату А1-загальний вигляд двигуна з повздовжнім та поперечним розтинми.

- Формату А4, А3: схема електричної обмотки, паз статора, паз ротора, кругова діаграма, робочі та механічні характеристики, магнітна система двигуна.

Більш конкретні вимоги до пояснювальної записки та графічної частини курсового проекту викладені у методичних виданнях.

14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні і наочні використовуються під час лекцій та інструктажів, практичні при проведенні лабораторних та практичних занять.

Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь, пояснення та наочні методи; ілюстрація, демонстрація.

Перед проведенням лабораторних занять викладачами проводяться інструктажі: вступні, поточні, підсумкові.

Під час проведення лабораторних та практичних занять застосовуються наочні спостереження та словесні бесіди: вступні, поточні, репродуктивні, евристичні, підсумкові; студентами виконуються вправи; тренувальні, творчі, усні, практичні, технічні.

15. Методи контролю

При організації навчання за кредитно-модульною системою для визначення рівня знань студентів застосовується процедура формування підсумкової оцінки навчальної дисципліни за двома складовими – результатами поточної навчальної діяльності та результатами діагностики якості знань при складанні екзамену.

Поточний контроль успішності засвоєннями студентами навчального матеріалу може здійснюватися шляхом опитування й оцінювання знань студентів під час практичних та лабораторних занять, оцінювання виконання студентами самостійної роботи та індивідуальних завдань, проміжного тестування або в ході індивідуальних співбесід зі студентами під час консультацій. Модульний контроль є частиною поточного контролю і має на меті перевірку засвоєння студентом певної сукупності знань та вмінь, що формують відповідний модуль. Він реалізується шляхом проведення спеціальних контрольних заходів, проводиться наприкінці кожного змістового модулю за рахунок аудиторних занять, під час групових консультацій або ж за рахунок часу, відведеного на самостійну роботу студентів. На підставі результатів модульного контролю здійснюється міжсесійний контроль (атестація).

Підсумковий контроль здійснюється у формі семестрового екзамену. Він є відображенням рівня опрацювання студентом теоретичного та практичного матеріалу. Підсумковий контроль відображає результат накопичення студентом балів (від 1 до 100 балів) в процесі навчальної діяльності. Загальна підсумкова оцінка з навчальної дисципліни виводиться з суми балів за поточну успішність та за складання екзамену.

16. Розподіл балів, які отримують студенти

Модуль 1

Кількість балів за темами розподіляється таким чином:

Поточне оцінювання, тестування та самостійна й індивідуальна робота															Сума	
Змістовий модуль 1									Змістовий модуль 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	T6		T7
6	6	10	6	8	6	6	8	8	4	8	4	4	8	4	4	100

Модуль 2

Кількість балів за темами розподіляється таким чином:

Поточне оцінювання, тестування та самостійна й індивідуальна робота																		Екзамен	Сума
Змістовий модуль 3										Змістовий модуль 4									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
2	3	3	4	4	4	3	3	2	2	2	3	2	2	4	4	2	1	50	100

Розподіл балів, які отримують студенти за курсовий проект:

За окремими видами робіт кількість балів розподіляється таким чином:

Пояснювальна записка	Креслення	Захист проекту	Сума
до 40	до 30	до 30	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

100-бальна рейтингова система оцінювання	Оцінка за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою для екзамену, диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики
90 – 100	A – відмінно	5 – відмінно
82 – 89	B – дуже добре	4 – добре
74 – 81	C – добре	
64 – 73	D – задовільно	3 – задовільно
60 – 63	E – достатньо	
35 – 59	FX – незадовільно з можливістю повторного складання	2 – незадовільно
0 – 34	F – незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів, із них до 50 балів студент може отримати впродовж семестру, решта 50 балів припадає на підсумковий контроль.

1. Поточний контроль. Бали, отримані впродовж семестру, за видами навчальної діяльності розподіляються наступним чином (розподіл орієнтовний):

- робота на лабораторних та практичних заняттях (відповіді на лабораторних та практичних заняттях, а в разі їх пропусків з поважної причини – індивідуальні співбесіди на консультаціях за темами відповідних занять) – до 50 балів).

Присутність на лекціях, практичних та лабораторних заняттях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов'язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене заняття має бути відпрацьоване впродовж двох наступних тижнів, при тривалій відсутності студента на заняттях з поважної причини встановлюється

індивідуальний графік відпрацювання пропусків, але не пізніше початку екзаменаційної сесії.

Студент, який повністю виконав програму навчальної дисципліни і отримав достатню рейтингову оцінку (не менше 25 балів), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

2. Підсумковий контроль Підсумковим контролем є екзамен. Він здійснюється відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»».

17. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу “Електричні машини” студентів усіх форм навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. – 50 с.
2. Методичні вказівки для практичних занять із дисципліни „Електричні машини” для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. – 57 с.
3. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни „ Електричні машини ” для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. – 52 с.
4. Інструктивно-методичні матеріали для поточного і підсумкового контролю знань.
5. Правила модульно-рейтингового оцінювання знань із навчальної дисципліни.

18. Рекомендована література

Базова

1. Шефер, В.В. Електричні машини: навчальний посібник / В.В. Онушко, О.В. Шефер. – Полтава, ПолтНТУ, 2015. – 536 с.
2. Яцун, М.А. Електричні машини: навч. посібник/ М.А.Яцун. Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. – 400 с.
2. Зягірняк, М.В. Електричні машини: підручник/ М.В.Загірняк, Б.І.Невзлін. – 2- ге вид. переробл. і доп. – К.: Знання, 2009. – 399 с.

Допоміжна

1. Мілих, В.І. Електротехніка та електромеханіка: навчальний посібник/ В.І. Мілих. — К.: Каравела, 2006. – 376 с.
2. Пиотровский, Л. М. Электрические машины / Л.М. Пиотровский.: Энергия, 1972. – 544 с.
3. Гольдберг, О.Д. Проектирование электрических машин / О.Д. Гольдберг, И.С.Свириденко. —М.: Высшая школа, 2006. – 431 с.
4. Брускин, Д.Д. Электрические машины. / Д.Д. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. ч.1. – М.: Высшая школа, 1987. – 320 с., ч.2. – М.: Высшая школа, 1986. –336 с.
5. Кацман, М.М. Расчет и конструирование электрических машин/ М.М. Кацман. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 360 с.

19. Інформаційні ресурси

1. Шефер О.В. Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини» для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / О.В. Шефер – Полтава, 2020. – 20 с. (Електронна версія в електронній бібліотеці НУПП ім. Ю. Кондратюка).
2. Шефер О.В. Програма «Magnit» для розрахунку на ПЕОМ магнітних характеристик двигунів постійного струму / О.В. Шефер. – Полтава, ПолтНТУ, 2015. – 10 с.

3. Шефер О.В. Програма «Test» для підсумкового модульного та поточного контролю знань з дисципліни «Електричні машини» / О.В. Шефер. – Полтава, ПолтНТУ, 2015. – 30 с.
4. Каталог електродвигунів серії АІР. – Режим доступу: https://air.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/