

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Кафедра електричних машин та апаратів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор
з науково-педагогічної
та методичної роботи

_____ Костін В.В.
“ _____ ” _____ 2013 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні машини»
напрямок підготовки 6.050702 «Електромеханіка» (скорочений термін навчання)
за професійним спрямуванням «Електромеханічні системи автоматизації
та електропривод»

Інститут електромеханіки, енергозбереження та систем управління

Робоча програма з дисципліни «Електричні машини» для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» (скорочений термін навчання) за професійним спрямуванням «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

“ ____ ” _____, 2013 року - 13с.

Розробники: В.О. Некрасов професор, к.т.н.,

А.В. Некрасов, доцент, к.т.н.,

Р.М. Донченко, асист.,

В.В. Ромашина, інж. I кат.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри ЕМА

Протокол від. “ ____ ” _____ 2013 року № ____

Завідувач кафедри _____ М.В. Загірняк

“ ____ ” _____ 2013 року

Схвалено методичною радою Інституту електромеханіки, енергозбереження і систем управління

Протокол від. “ ____ ” _____ 20__ року № ____

“ ____ ” _____ 20__ року Голова _____ В.О. Огарь

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 0507 «Електротехніка та електромеханіка»	за вибором	
Модулів – 1	Напрямок підготовки 6.050702 «Електромеханіка» за професійним спрямуванням «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		3-й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахунково-графічна робота		Семестр	
Загальна кількість годин – 108		5-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,33 самостійної роботи студента – 3,67	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Лекції	
		14 год.	
		Практичні	
		14 год.	
		Лабораторні	
		14 год.	–
		Самостійна робота	
		66 год.	
Індивідуальні завдання:			
-			
Вид контролю: диференційний залік			

Примітка.

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

$$\text{для денної форми навчання} - 42/66 = 0.64$$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: отримання теоретичних і практичних знань процесів електромеханічного перетворення енергії, оволодіння знаннями про принципи роботи та побудови електричних машин.

Завдання:

- ознайомлення з конструкцією та галуззю застосування електричних машин;
- вивчення режимів роботи та напрямків розвитку електричних машин постійного струму, асинхронних машин, трансформаторів, синхронних машин.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- принципи дії, конструкції, загальні та спеціальні властивості, характеристики та показники електричних машин постійного та змінного струмів і трансформаторів.

Студент повинен **вміти:**

- досліджувати моделі електричних машин з урахуванням їх ієрархічної структури та оцінюванням меж придатності отриманих результатів, використовувати основні прийоми оброблення експериментальних даних; спланувати і провести експеримент.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Трансформатори, Асинхронні машини.

Тема 1. Вступ до курсу. Однофазні трансформатори. Приведений трансформатор. Трифазні трансформатори.

Предмет вивчення курсу «Електричні машини». Роль і значення електричних машин у сучасній електротехніці та електроенергетиці. Основні види електричних машин, загальні принципи їх конструкцій та принципи дії. Короткий нарис розвитку електромашинобудування. Визначні особистості.

Призначення та область застосування трансформаторів. Основні визначення. Конструкція і принцип дії однофазного трансформатора. Рівняння МРС і ЕРС трансформатора. Формула роботи трансформатора при холостому ході та навантаженні. Холостий хід ідеального однофазного трансформатора. Холостий хід реального однофазного трансформатора. Режим навантаження трансформатора. Векторні діаграми. Групи з'єднань обмоток 1-фазних трансформаторів.

Суть та метод. Т- і Г-подібні схеми заміщення. Векторні діаграми. Зовнішня характеристика трансформатора. Досліди холостого ходу і короткого замикання трансформатора

Явища, що виникають при намагнічуванні трифазних трансформаторів. Втрати і ККД трансформатора. Використання методу симетричних складових для аналізу несиметричних режимів 3-фазних трансформаторів. Групи з'єднань

обмоток 3-фазних трансформаторів. Паралельна робота 3-фазних трансформаторів. Регулювання напруги трансформаторів. Перехідні процеси в трансформаторах.

Тема 2. Спеціальні трансформатори.

3-обмотковий трансформатор; автотрансформатор; трансформатор для електродугового зварювання; вимірювальні трансформатор; трансформатор для перетворення числа фаз; трансформатор як стабілізатор напруги; трансформатор для перетворення частоти, пік-трансформатор, реактори та реактивні котушки.

Тема 3. Асинхронні двигуни. Енергетичні та механічні характеристики АД. Кругова діаграма АД.

Обертове магнітне поле 3-фазної системи струмів. Конструкція і принципи дії АД. Режим холостого ходу (ХХ) та ідеального холостого ходу (ІХХ). Спосіб з'єднання обмоток статора залежно від напруги мережі й номінальної напруги АД.

Залежність частоти, ЕРС і струмів ротора від ковзання при роботі АД. Схеми заміщення АД. Векторні діаграми. Енергетична діаграма, ККД і коефіцієнт потужності АД. Приведення робочого режиму АД з рухомим ротором до нерухомого. Обертний момент АД. Побудова механічних характеристик АД. Стійкі та нестійкі ділянки механічної характеристики АД. Побудова механічних характеристик АД з урахуванням ефекту витіснення струму та кривої намагнічування.

Основні поняття кругової діаграми (КрД). Побудова КрД АД за дослідями ХХ і КЗ. Побудова кола струмів КрД. Застосування КрД для визначення параметрів двигуна: коефіцієнта потужності, ковзання, ККД, пускового моменту, перевантажувальної здатності. Побудова робочих характеристик за КрД.

Тема 4. Пуск АД. Режими роботи АД. Регулювання частоти обертання АД. Обмотки АД.

Пускові якості АД. Пуск АД з контактними кільцями (з фазним ротором). Пуск АД з короткозамкненим ротором: прямий пуск; пуск при зниженій напрузі мережі (переключення з «зірки» на «трикутник»); реакторний пуск; автотрансформаторний пуск. Короткозамкнені АД з поліпшеними пусковими якостями: глибокопазні й двокліткові АД.

Гальмівні режими АД: проти-ввімкнення; динамічне гальмування; рекуперативне гальмування (генераторне, з віддачею енергії в мережу); конденсаторне; двострумове гальмування. Енергетична і векторна діаграми АД. Розподіл втрат в АД.

Електромеханічний та електричний каскади АД з МПС. Регулювання за допомогою перетворювачів частоти: переваги та недоліки.

Основні поняття про обмотки статора АД. 3-фазна 2-шарова обмотка, порядок побудови. Інші види обмоток. Способи з'єднання секційних груп обмоток статора АД.

Тема 5. Робота АД за не номінальних умов. Однофазні АД.

Зміна частоти мережі. Зміна напруги. Перемикання обмоток мало завантажених АД зі схеми «зірка» на схему «трикутник».

Будова і принцип дії 1-фазного АД. Пуск у хід. Векторні діаграми й механічні характеристики. Конденсаторні й універсальні АД: схеми, характеристики.

Тема 6. Спеціальні асинхронні машини.

Індукційний регулятор. Фазорегулятор. Асинхронний перетворювач частоти. Електромагнітна асинхронна муфта. Сельсини, їх конструкція, режими роботи та призначення. Асинхронні виконавчі двигуни. Гістерезисні двигуни. Синхронізовані АД. Асинхронні машини з масивним ротором. Лінійні АД. Магнітогідродинамічні машини змінного струму.

Змістовий модуль 2. Синхронні машини, Машини постійного струму.

Тема 1. Синхронний генератор. Паралельна робота СГ з електромережею.

Конструкція і принцип дії 3-фазного синхронного генератора (СГ): Холостий хід СГ. Робота СГ на автономне навантаження. Зовнішні й регулювальні характеристики СГ. Характеристика короткого замикання СГ. Реакція якоря СГ при різних видах навантаження.

Умови включення СГ на паралельну роботу з електромережею. Регулювання активної та реактивної потужності СГ. Коливання СГ. Синхронізуюча здатність синхронної машини (СМ). Схема та векторна діаграма синхронізації.

Тема 2. Синхронні двигуни.

Векторні діаграми СМ. Пуск у хід СД. Переваги та недоліки. Механічна та регулювальні характеристики. Синхронний компенсатор (СК). Векторна діаграма СК.

Тема 3. Спеціальні синхронні машини.

Спеціальні синхронні машини (ССМ) подвійного живлення. Асинхронізована СМ. Синхронні мікромашини з постійними магнітами. Реактивні СМ. Гістезисні СМ. Редукторні й крокові СМ.

Тема 4. Конструкція та принцип дії МПС. Двигуни постійного струму.

Класифікація МПС за способом з'єднання обмоток якоря та збудження. Генератори постійного струму (ГПС) з незалежним, паралельним (самозбудженням) і змішаним збудженням; їхні характеристики*. ЕРС обмотки якоря МПС. Електромагнітний момент МПС.

Номінальні дані ДПС. ДПС з паралельним збудженням. Їх механічні характеристики. ДПС з послідовним та змішаним збудженням. Їх механічні характеристики. Рівняння електричної рівноваги.

Тема 5. Способи управління ДПС. Магнітне коло МПС. Обмотки ДПС. Комутація МПС. Коефіцієнт корисної дії ДПС.

Способи регулювання частоти обертання ДПС з паралельним збудженням: зміною опору якірного кола; послабленням поля; зміною напруги на ДПС. Схеми установок Г-Д і Т-Д та їх характеристики. Регулювання частоти обертання ДПС з послідовним збудженням.

Магнітне коло МПС при ХХ та його розрахунок. Реакція якоря МПС. Явища, викликані реакцією якоря. Заходи боротьби з реакцією якоря.

Загальні відомості про якірні обмотки МПС. Класифікація обмоток. Умови їх симетрії. ЕРС секцій. Вибір типу обмоток.

Причини іскріння на колекторі. Процес комутації. Способи поліпшення комутації.

Класифікація втрат МПС: механічні, магнітні, електричні. Умови максимуму ККД. Нагрівання та охолодження МПС. Режими роботи МПС: тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний. Тривалість ввімкнення МПС.

Тема 6. Спеціальні МПС.

ГПС з трьома обмотками. Зварювальний ГПС. Електромеханічні підсилювачі потужності. Тахогенератори. МГД-генератори. Виконавчі двигуни. Колекторні машини змінного струму: основні поняття. 1-фазний колекторний двигун послідовного збудження: схеми, векторні діаграми. Репульсивний двигун з двома обмотками на статорі: конструкція, принцип дії, перевага. Репульсійний двигун із однією обмоткою на статорі 3-фазний колекторний двигун; схема, принцип дії, переваги, недоліки. Фазокомпенсатор. Електромашинні перетворювачі двигунно-генераторного типу. Переваги, недоліки. Одноякірні перетворювачі. Схеми, векторні діаграми, переваги перед двигунно-генераторними перетворювачами.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Трансформатори, Асинхронні машини.						
Тема 1. Вступ до курсу. Однофазні трансформатори. Приведений трансформатор. Трифазні трансформатори.	11	2	3	3		3
Тема 2. Спеціальні трансформатори.	3	1	1			1
Тема 3. Асинхронні двигуни. Енергетичні та механічні характеристики АД. Кругова діаграма АД.	12	1	4	4		3
Тема 4. Пуск АД. Режими роботи АД. Регулювання частоти обертання АД. Обмотки АД.	4	1				3
Тема 5. Робота АД за не номінальних умов. Однофазні АД.	3	1				2
Тема 6. Спеціальні асинхронні машини.	2	1				1
Разом за змістовим модулем 1	35	7	7	7		13
Змістовий модуль 2. Синхронні машини, Машини постійного струму.						
Тема 1. Синхронний генератор. Паралельна робота СГ з електромережею.	9	1	3	3		2
Тема 2. Синхронні двигуни.	3	1				2
Тема 3. Спеціальні синхронні машини.	3	1				2
Тема 4. Конструкція та принцип дії МПС. Двигуни постійного струму.	11	1	4	4		2
Тема 5. Способи управління ДПС. Магнітне коло МПС. Обмотки ДПС. Комутація МПС. Коефіцієнт корисної дії ДПС.	5	2				3
Тема 6. Спеціальні МПС.	3	1				2
Разом за змістовим модулем 2	34	7	7	7		13
Усього годин	68	14	14	14		26
Модуль 2						
ІНДЗ						40
Усього годин	108	14	14	14		66

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок схем однофазних та трифазних трансформаторів	6
2	Розрахунок схем асинхронних та синхронних двигунів	4
3	Розрахунок машин постійного струму	4

5. Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження однофазного трансформатора.	3
2	Дослідження асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.	3
3	Дослідження трифазного синхронного генератора.	4
4	Дослідження генератора постійного струму незалежного збудження.	4

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Холостий хід реального однофазного трансформатора. Режим навантаження трансформатора. Векторні діаграми.	2
2	Пік-трансформатор, реактори та реактивні котушки.	1
3	Основні поняття кругової діаграми (КрД). Побудова КрД АД за даними ХХ і КЗ. Побудова кола струмів КрД. Застосування КрД для визначення параметрів двигуна: коефіцієнта потужності, ковзання, ККД, пускового моменту, перевантажувальної здатності. Побудова робочих характеристик за КрД.	2
4	Електромеханічний та електричний каскади АД з МПС. Регулювання за допомогою перетворювачів частоти: переваги та недоліки.	2
5	Будова і принцип дії 1-фазного АД. Пуск у хід. Векторні діаграми й механічні характеристики. Конденсаторні й універсальні АД: схеми, характеристики.	2
6	Гістерезисні двигуни. Синхронізовані АД. Асинхронні машини з масивним ротором. Лінійні АД. Магнітогідродинамічні машини змінного струму.	1
7	Умови включення СГ на паралельну роботу з	2

	електромережею. Регулювання активної та реактивної потужності СГ. Коливання СГ. Синхронізуюча здатність синхронної машини (СМ). Схема та векторна діаграма синхронізації.	
8	Синхронний компенсатор (СК). Векторна діаграма СК.	2
9	Реактивні СМ. Гістезисні СМ. Редукторні й крокові СМ.	2
10	ЕРС обмотки якоря МПС. Електромагнітний момент МПС. Рівняння електричної рівноваги.	2
11	Класифікація втрат МПС: механічні, магнітні, електричні. Умови максимуму ККД. Нагрівання та охолодження МПС. Режими роботи МПС: тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний. Тривалість ввімкнення МПС.	2
12	Репульсійний двигун із однією обмоткою на статорі 3-фазний колекторний двигун; схема, принцип дії, переваги, недоліки. Фазокомпенсатор. Електромашинні перетворювачі двигунно-генераторного типу. Переваги, недоліки. Одноякірні перетворювачі. Схеми, векторні діаграми, переваги перед двигунно-генераторними перетворювачами.	2
13	Підготовка до лабораторних робіт згідно з переліком тем лабораторних робіт	4
	Разом	26

7. Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічна робота

8. Методи навчання

Лекції, лабораторні роботи, консультації, індивідуальна робота.

9. Методи контролю

4 тестові завдання

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота											Сума	
Змістовий модуль №1						Змістовий модуль № 2						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	
15	5	10	10	5	5	10	5	5	10	15	15	100

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. Технічне забезпечення

№ пор.	Назва технічних засобів і наочного приладдя	Кількість примірників
	Технічні засоби	
1	Комп'ютер. Програма розрахунку для ДПС, АД з короткозамкненим ротором і трансформатора.	8
2	Лабораторні стенди до лабораторних робіт	8
	Наочні посібники	
3	Зразки електричних машин та елементів їх конструкції	15
4	Плакати.	19

12. Рекомендована література

Базова

1. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для ВУЗов.-М.: Энергоатомиздат, 1986.- 306 с: ил.
2. Брускин Д.Э. и др.-Электрические машины: В 2-х Ч.Ч.1.: Учеб. для электромехн. спец. ВУЗов.- 2-е изд. перераб. и доп./ Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов М.: Высш. шк., 1987.- 319 с: ил.
3. Брускин Д.Э. и др.-Электрические машины: В 2-х Ч.Ч.2.: Учеб. для электротехн. спец. ВУЗов.- 2-е изд. перераб. и доп./ Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов М.: Высш. шк., 1987.- 325 с: ил.

4. Проектирование электрических машин. Учебник для ВУЗов. / И.П. Копылов, В.П. Морозкин, Б.К. Клоков, Б.Ф. Токарев: под редакцией И.П. Копылова.- М: Высш. шк., 2002.- 760 с, ил.
5. Конспект лекций по дисциплине "Электрические машины".
6. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Электрические машины".

Допоміжна

1. Электричні машини: підручник/ М.В. Загірняк, Б.І. Невзлін. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – К.: Знання, 2009. – 399с
2. Костенко М.П. Электрические машины, специальная часть. - М.; Д.: Госэнергоиздат, 1949. - 765 с.
3. Хрущов В.В. Электрические микромашины. - Л.: Энергия, 1969. – 123 с.

13. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20.
2. Наукові мережі:
 - <http://usw.com.ua/> - **Ukrainian Scientists Worldwide** (Українські науковці у світі). Мережа для українських науковців та всіх, хто цікавиться наукою в Україні.
 - URAN –Ukrainian Research and Academic Network (www.uran.net.ua).
 - GEANT – загальноєвропейська опорна наукова мережа, є базовою науковою мережею в Європейській інфраструктурі, доповнює і поєднує національні наукові та освітні мережі в різних країнах Європи, об'єднує більше 3 тисяч науково-дослідних і навчальних закладів, 3 мільйони індивідуальних користувачів з 35 країн Європи.
3. Науково-пошукові системи:
 - **Scirus** — універсальна наукова пошукова система. Здійснює повнотекстовий пошук по статтях журналів більшості великих іноземних видавництв (порядку 17 млн. статей), статтям у великих архівах статей і препринтів, науковим ресурсам Internet (більше 250 млн. проіндексованих сторінок).
 - **Google Scholar** — пошукова система по науковій літературі. Включає статті великих наукових видавництв, архіви препринтів, публікації на сайтах університетів, наукових суспільств і інших наукових організацій.
 - **Science Research Portal** — наукова пошукова система, що здійснює повнотекстовий пошук у журналах багатьох великих наукових видавництв, таких як Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis і ін. Шукає статті й документи у відкритих наукових базах даних: Directory of Open Access

Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov і Scientific News.

- [HighWire Press + Medline](#) — велике сховище наукових журналів, що надають безкоштовний повнотекстовий доступ до своїх статей (968 журналів, 1.39 млн. статей). Дана пошукова система дозволяє здійснювати повнотекстовий пошук у цих журналах + пошук в Medline . Безкоштовні статті можна відразу скачати.
- [DOAJ Directory of Open Access Journals](#) — нова система пошуку інформації в наукових виданнях. Директорія журналів у відкритому доступі охоплює безкоштовні, повнотекстові, наукові рецензовані журнали по різних категоріях, на багатьох мовах.
- [Science Research Portal](#) — пошук по журналах видавництва (наприклад, International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Science and Engineering).
- [BASE: Bielefeld Academic Search Engine](#) — одна з найбільших у світі пошукових систем, спеціалізованих на пошуку наукових документів відкритого доступу в Інтернеті. Оператором BASE є бібліотека університету Білефельд (Німеччина).
- [OAIster](#) — зведений каталог мільйонів записів, представляє відкритий доступ до цифрових ресурсів. OAIster «збирає» описову інформацію (метадані) з колекції відкритого доступу по всьому світу, використовуючи [OAI-PMH \(the Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting\)](#).
- [ScientificCommons.org](#) — платформа, яка забезпечує вільний доступ до наукових робіт різноманітної тематики, опублікованих та розташованих в відкритих депозитаріях усього світу. ScientificCommons.org в даний час надає доступ до більш ніж 29 млн. публікацій із 1056 архівів 53 країн світу.
- [WorldWideScience.org](#) — глобальна наукова пошукова система, яка здійснює пошук інформації по національних та міжнародних наукових базах даних та порталах.