



**Робоча** програма навчальної дисципліни „Електричні машини” для студентів спеціальності 7.04020301 „Фізика”. – 28 серпня 2013 року. – 10 с.

**Розробники:**

старший викладач кафедри загальної фізики  
та методики викладання фізики,  
канд. фіз.-мат. наук

Кевшин А.Г.

**Рецензент:**

доцент кафедри фізики твердого тіла та  
інформаційно-вимірювальних технологій  
канд. фіз.-мат. наук

Божко В.В.

**Робоча** програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри загальної фізики та методики викладання фізики

протокол № 1 від 11. 09. 2013 р.

Завідувач кафедри: \_\_\_\_\_ (Головіна Н.А.)

**Робоча** програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від 16. 09. 2013 р.

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету \_\_\_\_\_ (Муляр В.П.)

**Робоча** програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною радою університету

протокол № 2 від 16. 10. 2013 р.

## Вступ

У курсі „Електричні машини” на базі фізики, математики теоретичної електротехніки й теоретичної механіки висвітлюються процеси перетворення одних видів енергії в інші й електричної енергії однієї напруги в електричну енергію іншої напруги (генератори, двигуни, трансформатори).

Внаслідок вивчення різних типів електричних машин і трансформаторів студенти повинні знати принцип їх дії і будову, фізичні явища, які протікають в різних режимах роботи, і основні характеристики, а також вміти аналізувати і описувати стаціонарні і перехідні процеси в них.

При вивченні будови і режимів роботи електричних машин необхідні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки і електричних вимірів.

Дисципліна містить у собі теоретичну базу, яка необхідна при засвоєнні прикладних питань надійної роботи, контролю, діагностики та ефективної експлуатації електричних машин.

Викладання курсу „Електричні машини” підпорядковане з’ясуванню проблем, які виникають під час експлуатації ЕМ, розгляду питань модернізації, збірки/розбірки, встановлення технічного діагнозу несправностей.

Викладення дисципліни “Електричні машини” обумовлено необхідністю формування у студентів чіткої системи уявлень про цілісний комплекс проблем, що мають бути вирішені в процесі ефективної роботи з ЕМ.

Курс має на меті:

- а) забезпечити опанування студентами основ сучасної електротехніки і теорії ЕМ;
- б) стати основою для глибокого розуміння студентами технічних застосувань законів електродинаміки, які вивчаються в курсі фізики;
- в) забезпечити вироблення у студентів специфічних електротехнічних умінь та навичок, необхідних для організації лабораторії чи фізичного кабінету в школі, на виробництві, догляду за устаткуванням, для модернізації фізичного експерименту;
- г) розширити політехнічний кругозір майбутнього спеціаліста, підготувати його до проведення й організації гурткової роботи з електротехніки.

Основою лекційного курсу має служити ґрунтовне з’ясування фізичного змісту розглядуваних процесів і явищ в електричних колах, приладах і машинах.

Лекційний матеріал має супроводжуватись розбором прикладів розв’язування задач, постановкою демонстрацій, показом таблиць, відеофільмів.

Лабораторний практикум необхідно організовувати таким чином, щоб при виконанні робіт студенти максимально використовували набуті ними теоретичні знання.

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна
Кількість кредитів 3,5	0402 фізико-математичні науки	нормативна
	7.04020301 фізика	
Модулів 3	фізика	Рік підготовки: 5
Змістових модулів 3		Семестр: 9
ІНДЗ: є		Лекції: 18 год.
Загальна кількість годин 126		Лабораторні: 26 год.
Тижневих годин (для денної форми навчання):	спеціаліст	Самостійна робота: 41 год.
Аудиторних: 2,5 год.		Індивідуальна робота: 41 год.
самостійної роботи: 2 год		Форма контролю: <u>контрольна робота+екзамен</u>
індивідуальної роботи: 2 год		

### Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** вивчення дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок у галузі електричних машин та трансформаторів, їх електричних та механічних властивостей, енергетичних і теплових процесів, що мають місце при їх роботі.

**Завданням** вивчення дисципліни є вироблення вміння оцінювати техніко-економічну ефективність застосування електричних машин, визначати їхні параметри, кваліфіковано формулювати завдання на розробку електричних машин; вироблення уявлення про принципи дії і методи розрахунку електричних машин.

Після вивчення курсу „Електричні машини” студенти:

**повинні знати:**

- принципи генерації, передавання, розподілу й використання електричної енергії; первинні джерела електричної енергії;
- основні характеристики кіл змінного струму; трифазні кола;
- принципи дії електровимірювальних приладів
- принцип дії та будову трансформатора;
- основи роботи машин змінного струму (асинхронна машина, синхронний генератор, колекторна машина);
- принцип дії машин постійного струму.

**Повинні вміти:**

- користуватися символічним методом та законами Ома та Кірхгофа, здійснювати вимірювання струмів, напруг, потужностей у трифазних колах;
- користуватися електровимірювальними приладами, знаходити зведену, абсолютну та відносні похибки;
- проводити вимірювання для визначення характеристик трансформаторів;
- вмикати машини змінного струму(асинхронний двигун, синхронний

генератор; машини постійного струму;

- використовувати машини постійного струму для сервісних цілей та у ШФЕ.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться **126 годин / 3,5 кредитів ECTS.**

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Асинхронні машини.**

#### **Тема 1. Режими роботи асинхронної машини. Будова асинхронних двигунів.**

Принцип дії, основні рівняння, режими роботи і формальна аналогія асинхронної машини і трансформатора. Схеми заміщення асинхронної машини. Залежність моменту від ковзання. Способи поліпшення пускових властивостей асинхронної машини.

#### **Тема 2. Магнітне коло асинхронної машини.**

Основні поняття. Розрахунок магнітного кола асинхронного двигуна. Магнітні потоки розсіяння асинхронної машини. Роль зубців осердя у наведенні ЕРС при створенні електромагнітного моменту.

#### **Тема 3. Робочий процес трьохфазного асинхронного двигуна.**

Рівняння напруг асинхронного двигуна. Рівняння МДС та струмів асинхронних двигунів. Зведення параметрів обмоток ротора та векторна діаграма асинхронного двигуна.

#### **Тема 4. Електромагнітний момент та робочі характеристики асинхронного двигуна.**

Втрати та ККД асинхронного двигуна. Електромагнітний момент та механічні характеристики асинхронного двигуна. Механічні характеристики асинхронного двигуна при зміні напруги мережі та активного опору обмотки ротора. Робочі характеристики асинхронного двигуна. Електромагнітні моменти від вищих просторових гармонік магнітного поля асинхронного двигуна.

#### **Тема 5. Дослідне визначення параметрів та розрахунок робочих характеристик асинхронного двигуна.**

Основні поняття. Дослід холостого ходу. Дослід короткого замикання. Кругова діаграма асинхронного двигуна. Побудова робочих характеристик асинхронного двигуна за круговою діаграмою. Аналітичний метод розрахунку робочих характеристик асинхронних двигунів.

#### **Тема 6. Пуск та регулювання частоти обертання трьохфазних асинхронних двигунів.**

Пуск двигунів з фазними ротором. Пуск двигунів з короткозамкненим ротором. Короткозамкнені асинхронні двигуни із покращеними пусковими характеристиками. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів.

### **Змістовий модуль 2. Синхронні машини.**

#### **Тема 7. Способи збудження та будова синхронних машин.**

Принцип дії, схеми збудження, реакція якоря і характеристики синхронної машини.

#### **Тема 8. Магнітне поле та характеристики синхронних генераторів.**

МП синхронної машини. Реакція якоря СМ. Рівняння напруг синхронного генератора. Векторна діаграма СГ. Характеристики СГ. Практична діаграма ЕРС СГ. Втрати та ККД СМ.

#### **Тема 9. Паралельна робота синхронних генераторів.**

Увімкнення генераторів на паралельну роботу. Навантаження генератора, що увімкнений на паралельну роботу. Куткові характеристики СГ. Коливання СГ. Синхронізуюча властивість СМ. u- подібні криві СГ. Перехідні процеси у СГ.

#### **Тема 10. Синхронний двигун та синхронний компенсатор.**

Принцип дії синхронного двигуна (СД). Пуск СД. U-подібні криві та робочі характеристики СД. Синхронний компенсатор.

#### **Тема 11. Синхронні машини спеціального призначення.**

СМ з постійними магнітами. Синхронні реактивні двигуни. Гістерезисні двигуни.

Індукторні СМ.

**Змістовий модуль 3. Колекторні машини.**

**Тема 12. Принцип дії та будова колекторних машин постійного струму (МПС).**

Колекторні двигуни змінного струму: особливості конструкції, принцип роботи, основні характеристики, галузі їх використання, переваги та недоліки.

**Тема 13. Обмотка якоря МПС.**

Петльові обмотки якоря. Хвильові обмотки якоря. ЕРС та ЕММ МПС. Вибір типу обмотки якоря.

**Тема 14. Магнітне поле МПС.**

Реакція якоря МПС. Врахування розмагнічуючого впливу реакції якоря. Усунення впливу реакції якоря. Способи збудження МПС.

**Тема 15. Комутація у МПС.**

Причини, що викликають іскріння на колекторі. Прямолінійна комутація. Криволінійна сповільнена комутація. Засоби покращення комутації. Коловий вгонь вздовж колектора.

**Тема 16. Колекторні генератори постійного струму.**

Генератор незалежного збудження. Генератор паралельного збудження. Генератор змішаного збудження.

**Тема 17. Колекторні двигуни.**

Пуск двигуна. Двигун паралельного збудження. Регулювання частоти обертання двигунів паралельного збудження. Режими роботи МПС. Двигун послідовного збудження. Двигун змішаного збудження.

**Структура навчальної дисципліни**

Структура навчальної дисципліни представляється у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	у тому числі				
		Лек.	Лаб.	Інд.	Сам. роб.	Контр. роб.
1	2	3	5	6	7	8
<b>Змістовий модуль 1. Асинхронні машини.</b>						
Тема 1. Режими роботи асинхронної машини. Будова асинхронних двигунів.	7	1	2	2	2	
Тема 2. Магнітне коло асинхронної машини.	6	1	1	2	2	
Тема 3. Робочий процес трьохфазного асинхронного двигуна.	12	1	2	4	4	1
Тема 4. Електромагнітний момент та робочі характеристики асинхронного двигуна.	6	1	1	2	2	
Тема 5. Дослідне визначення параметрів та розрахунок робочих характеристик асинхронного двигуна.	6	1	1	2	2	
Тема 6. Пуск та регулювання частоти обертання трьохфазних асинхронних двигунів.	8	1	2	2	2	1
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	43	6	9	14	14	
<b>Змістовий модуль 2. Синхронні машини</b>						
Тема 4. Способи збудження та будова синхронних машин.	11	2	2	2	4	1

Тема 8. Магнітне поле та характеристики синхронних генераторів.	9	1	2	4	2	
Тема 9. Паралельна робота синхронних генераторів.	8	1	1	2	4	
Тема 10. Синхронний двигун та синхронний компенсатор.	9	1	2	4	2	
Тема 11. Синхронні машини спеціального призначення.	7	1	2	2	2	
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	43	6	9	14	14	
<b>Змістовий модуль 3. Колекторні машини</b>						
Тема 12. Принцип дії та будова колекторних машин постійного струму (МПС).	7	1	1	2	2	1
Тема 13. Обмотка якоря МПС.	9	1	2	3	3	
Тема 14. Магнітне поле МПС.	7	1	2	2	2	
Тема 15. Комутація у МПС.	6	1	1	2	2	
Тема 16. Колекторні генератори постійного струму.	6	1	1	2	2	
Тема 17. Колекторні двигуни.	6	1	1	2	2	
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	40	6	8	13	13	
<b>Усього годин</b>	130	18	26	41	41	4

### Теми лабораторних занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Дослідження схем прямого та реверсного увімкнення трьохфазного асинхронного двигуна.	4
2	Дослідження роботи трьохфазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором в однофазній мережі змінного струму	4
3	Дослідження трьохфазного асинхронного двигуна з короткозамкненою обмоткою ротора	4
4	Дослідження трифазного кола при вмиканні фаз споживача за схемою зірки й трикутника.	4
5	Випробування трансформатора за методом холостого ходу та короткого замкнення.	4
6	Дослідження асинхронного двигуна за методом безпосереднього навантаження.	4
7	Дослідження синхронного генератора.	2
	<b>Разом</b>	<b>26</b>

### Самостійна робота

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Робочий процес трансформатора. Призначення та області використання трансформатора. Принцип дії трансформаторів. Будова трансформаторів. Рівняння напруг. Рівняння МДС та струмів. Зведення параметрів вторинної обмотки та схема заміщення приведенного трансформатора. Векторна діаграма трансформатора. Трансформування трьохфазного струму та схеми з'єднання обмоток трьохфазних трансформаторів. Явища при	9

	намагнічуванні магнітопроводів трансформаторів. Вплив схеми з'єднання обмоток на роботу трьохфазних трансформаторів у режимі холостого ходу. Дослідне визначення параметрів схеми заміщення трансформаторів. Спрощена векторна діаграма трансформатора. Зовнішня характеристика трансформатора. Втрати та ККД трансформатора. Регулювання напруги трансформаторів.	
2	Групи з'єднання обмоток. Паралельна робота трансформаторів.	8
3	Трьохобмоточні трансформатори та автотрансформатори.	8
4	Перехідні процеси при ввімкненні та при раптовому короткому замиканні трансформаторів.	8
5	Трансформаторні пристрої спеціального призначення. Трансформатори із плавним регулюванням напруги. Трансформатори для випрямляючого устаткування. Трансформатори для автоматичних пристроїв. Трансформатори для дугової електрозварки.	8
	<b>Разом</b>	<b>41</b>

### Індивідуальні завдання

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Проста хвильова обмотка якоря машини постійного струму.	4
2	Проста петльова обмотка якоря машини постійного струму.	4
3	Проста петльова обмотка трифазної машини.	4
4	Розрахунок простої хвильової лівохідної обмотки якоря машини постійного струму.	4
5	Розрахунок простої петльової правохідної обмотки якоря машини постійного струму.	4
6	Розрахунок простої петльової двошарової обмотки статора трифазної машини.	4
7	Розрахунок основних електричних величин електричних машин.	5
8	Розрахунок параметрів холостого ходу і короткого замикання.	4
9	Розрахунок магнітопроводу.	4
10	Розрахунок навантажувальних параметрів.	4
	<b>Разом</b>	<b>41</b>

#### Методи навчання:

інформаційно-рецептивний;  
ілюстративний;  
репродуктивний;  
метод проблемного викладу;  
евристичний.

**Форма підсумкового контролю успішності навчання** – контрольна робота, іспит.

#### Питання для підготовки до контролю.

1. Історія розвитку електричних машин.
2. Класифікація електричних машин і їх номінальні величини. Матеріали, які застосовуються в електромашинобудуванні.
3. Режими роботи електричної машини. Втрати потужності в електричних машинах.



4. Будова та принцип роботи асинхронної машини.
5. Виникнення обертового магнітного поля в асинхронних машинах.
6. Основні параметри та характеристики трифазного асинхронного електродвигуна.
7. ЕРС в обмотках статора і ротора асинхронного електродвигуна.. Струм ротора.
8. Обертовий момент і робочі характеристики асинхронного двигуна.
9. Пуск трифазних асинхронних двигунів. Запуск асинхронних двигунів з короткозамкненим (к.з.) ротором
10. Пуск трифазних асинхронних двигунів. Запуск асинхронних двигунів з фазним ротором.
11. Однофазні асинхронні двигуни.
12. Різновиди однофазних асинхронних двигунів.
13. Робота трифазного асинхронного двигуна від однофазної мережі.
14. Синхронні машини та їх будова.
15. Синхронні генератори та принцип їх дії.
16. Синхронні двигуни та принцип їх дії.
17. Будова машини постійного струму.
18. Принцип дії генератора постійного струму.
19. Класифікація генераторів постійного струму за способом збудження.
20. Принцип дії двигуна постійного струму.
21. Електромагнітний момент машини постійного струму.
22. Будова та принцип дії трифазного трансформатора.
23. З'єднання обмоток трифазних трансформаторів. Види груп з'єднань обмоток трансформатора.
24. Автотрансформатори та принцип їх дії.

**Методи та засоби діагностики успішності навчання:** комплект тестових екзаменаційних білетів, індивідуальних завдань та перелік питань з лабораторних робіт, контрольна робота, іспит.

#### **Розподіл балів, які отримують студенти**

При оцінюванні знань і умінь студентів використовуються такі форми організації поточного та підсумкового контролю: виконання індивідуальних завдань та лабораторних робіт, написання модульних контрольних робіт.

Після завершення вивчення матеріалу кожного із змістових модулів проводиться модульна контрольна робота у вигляді комп'ютерного тестування (20 балів). Вона передбачає перевірку теоретичних знань студентів, які вони отримали під час лекцій та самостійного опрацювання матеріалу.

#### **Розподіл балів за видами робіт**

Поточний контроль (макс = 40 балів)				Модульний контроль (макс = 60 балів)			Загальна кількість балів
Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3				
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	ІНДЗ	МКР 1	МКР 2	МКР 3	
10	10	10	10	20	20	20	100

#### **Список джерел**

1. Брускин Д. Э. Электрические машины: в 2 ч. / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. – М. : Высш. шк., 1987. – 335 с.

2. Вольдек А. И. Электрические машины / А. И. Вольдек. – М. : Энергия, 1978. – 830 с.
3. Кацман М. М. Электрические машины / М. М. Кацман. – М. : Высш. шк., 1990. – 462 с.
4. Малинівський С. М. Загальна електротехніка / С. М. Малинівський. – Львів : Ви-во Львівської політехніки, 2001. – 596 с.
5. Метельський В.П. Електричні машини та мікро машини / В. П. Метельский. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2005. – 600 с.
6. Сергеенков Б. М. Электрические машины / Б. М. Сергеенков, В. М. Киселев, Н. А. Акимова. – М. : Высш. шк., 1989. – 352 с.
7. Токарев Б. Ф. Электрические машины / Б. Ф. Токарев. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
8. Шевченко В. П. Електричні машини. Ч. 1. Машини постійного струму / В. П. Шевченко, Л. Я. Белікова. – О. : ОДПУ, 2000. – 120 с.
9. Шевченко В. П. Трансформатори: навч. посіб. / В. П. Шевченко, Л. Я. Белікова. – О. : Наука і техніка, 2001. – 129 с.
10. Шевченко В. П. Машини змінного струму: навч. посіб. / В. П. Шевченко, Л. Я. Белікова. – О. : Наука і техніка, 2005. – 270 с.
11. Яцун М. А. Електричні машини / М. А. Яцун. – Львів : Ви-во Львівської політехніки, 2011. – 464 с.