



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Електричні машини

### Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### Освітня програма

Електромеханіка

### Рівень освіти

Бакалавр

### Семестр

3 (прискорена форма навчання), 5

### Інститут

ННІ електроенергетики, електроніки та електромеханіки

### Кафедра

Електричні машини (126)

### Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), обов'язкова

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Шайда Віктор Петрович

[viktor.shaida@khp.edu.ua](mailto:viktor.shaida@khp.edu.ua)

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричних машин

Автор та співавтор понад 75 наукових та методичних публікацій. Викладає дисципліни: Електричні машини, Технологія електромашинобудування, Виробництво електричних машин, Спеціальні конструкції та режими електричних машин, Проектування та технологія виготовлення машин постійного струму.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна вивчає основні типи трансформаторів і електричних машин: їх конструкцію, принципи дії, фізичні явища та процеси в них, характеристики, режими роботи, способи дослідження та керування. Розглядаються галузі застосування електричних машин та основні напрями їх розвитку.

### Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є підготовка бакалаврів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що передбачає формування бази теоретичних знань по сучасним електромеханічним перетворювачам енергії, здобуття практичних умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для розуміння процесів та розв'язання комплексних проблем у галузі електричної інженерії.

### Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен. Студент вважається допущеним до екзамену з навчальної дисципліни за умови повного відпрацювання практичних занять, захисту усіх лабораторних робіт та виконання індивідуального завдання, передбачених навчальною програмою з дисципліни.

## **Компетентності**

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Здатність працювати в команді. Здатність працювати автономно.

Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

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

Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища.

Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

## **Результати навчання**

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

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

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

Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефхівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

Розуміти та демонструвати добру професійну, соціальну та емоційну поведінку, дотримуватись здорового способу життя.

Уміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

Знати особливості фізичних процесів та характеристик, що супроводжують роботу електричних машин, електричних апаратів, електропобутової техніки, електричного обладнання залізниць.

## **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредити ECTS): лекції – 48 год., лабораторні роботи – 16 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 100 год.

## **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Вступ до спеціальності; Вища математика; Фізика; Основи електроенергетики; Теоретичні основи електротехніки (ч.1, ч.2); Основи метрології та електричних вимірювань; Основи електроніки; Технічна механіка.

## **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій, при їх викладанні використовується інформаційно-рецептивний метод та метод проблемного викладу.

На лабораторних та практичних заняттях – репродуктивний та евристичний методи. При виконанні індивідуального завдання застосовуються елементи дослідницького методу.

# Програма навчальної дисципліни

## Теми лекційних занять

### Тема 1. Загальні відомості про електричні машини та трансформатори.

Зміст та структура вивчення дисципліни. Призначення електричних машин (ЕМ) і трансформаторів у сучасному світі. Основні закони електротехніки, на яких базується принцип дії ЕМ: закон електромагнітної індукції та Ампера. Принцип дії елементарних електричного генератора та двигуна. Конструктивна схема обертової ЕМ. Три загальні закони електромеханіки. Класифікація ЕМ.

### Тема 2. Будова та принцип дії трансформаторів.

Призначення, сфери застосування та класифікація трансформаторів. Будова трансформатора. Принцип дії і основні величини, що характеризують роботу трансформатора. ЕРС в обмотках трансформатора і його коефіцієнт трансформації.

### Тема 3. Рівняння електричного і енергетичного стану трансформаторів.

Електромагнітні процеси та рівняння напруг трансформатора в режимі неробочого ходу. Основний магнітний потік та струм неробочого ходу. Режим навантаження трансформатора та рівняння: напруг в обмотках, МРС і струмів обмоток трансформатора. Потужності і втрати потужності трансформатора. Енергетична діаграма трансформатора і його ККД.

### Тема 4. Схема заміщення і експериментальні дослідження трансформаторів.

Зведений трансформатор: визначення, необхідність зведення, умови зведення. Схема заміщення трансформатора і фізичний сенс її елементів. Дослідження трансформатора в режимі неробочого ходу, визначення параметрів трансформатора і побудова характеристик. Дослідження трансформатора в режимі короткого замикання, визначення параметрів трансформатора і побудова характеристик.

### Тема 5. Характеристики трансформаторів.

Режим навантаження і робочі характеристики трансформатора. Зміна напруги трансформатора та його зовнішня характеристика. Розрахункова характеристика ККД трансформатора.

### Тема 6. Будова машини постійного струму і основи принципу дії.

Призначення і області застосування машини постійного струму (МПС). Принцип дії генератора та двигуна постійного струму (ДПС). Отримання ЕРС в обмотці якоря МПС. Отримання електромагнітного моменту в МПС. Будова МПС і призначення елементів її конструкції.

### Тема 7. Отримання основних величин та рівнянь МПС. Реакція якоря і комутація МПС.

Основні рівняння МПС: рівняння напруг та обертових моментів. Потужності, втрати потужності, енергетичні діаграми і ККД МПС. Магнітне поле в МПС. Поняття про реакцію якоря МПС та її негативні наслідки. Способи боротьби з реакцією якоря. Поняття про комутацію в МПС. Причини іскріння в МПС. Засоби поліпшення комутації.

### Тема 8. Генератори постійного струму та їх характеристики.

Способи збудження МПС. Характеристики генератора постійного струму з незалежним збудженням. Умови самозбудження генератора постійного струму з паралельним збудженням і його характеристики. Призначення, будова та принцип дії тахогенератора.

### Тема 9. Аспекти роботи і характеристики ДПС.

Характеристики ДПС, що визначають його властивості. Проблеми пуску і способи пуску ДПС: прямий, реостатний та шляхом плавного підвищення живлячої напруги. Процес саморегулювання ДПС. Характеристики ДПС паралельного та незалежного збудження: електромеханічна, моментна та механічна. Характеристики ДПС послідовного збудження: електромеханічна, моментна та механічна. Робочі характеристики ДПС. Порівняння ДПС паралельного та послідовного збудження.

### Тема 10. Керування двигунами постійного струму.

Спосіб регулювання частоти обертання ДПС шляхом введення реостата до кола якоря. Спосіб регулювання частоти обертання ДПС шляхом змінювання підведеної напруги. Спосіб регулювання частоти обертання ДПС шляхом змінювання струму збудження. Способи гальмування ДПС: рекуперативне, динамічне та електромагнітне. Переваги і недоліки ДПС.

### Тема 11. Конструкція і принцип дії трифазних асинхронних двигунів.

Призначення і області застосування асинхронних машин. Конструкція трифазних асинхронних машин з короткозамкненим та фазним ротором. Принцип дії трифазних асинхронних двигунів (ТАД). Ковзання ротора і відповідні режими роботи ТАД. Достоїнства та недоліки ТАД.

### Тема 12. Основні рівняння і схема заміщення ТАД.

ЕРС в обмотках ТАД. Рівняння напруг, МРС і струмів ТАД. Зведення ротора асинхронної машини до її статора. Схема заміщення ТАД.

### Тема 13. Енергетичні параметри трифазних асинхронних двигунів.

Потужності та втрати потужності в ТАД. Енергетична діаграма і ККД ТАД. Електромагнітний момент ТАД. Механічна характеристика ТАД. Рівняння максимального обертового моменту та основні положення, що слідує з нього.

### Тема 14. Аспекти роботи асинхронних двигунів.

Процес пуску асинхронного двигуна та проблеми пуску. Способи пуску ТАД: прямий, при зниженій напрузі живлення та з включенням реостата в ланцюг ротора. Властивість саморегулювання ТАД та умови стійкої роботи. Робочі характеристики ТАД. Вихідні умови регулювання частоти обертання ТАД.

### Тема 15. Керування асинхронними двигунами.

Регулювання частоти обертання ТАД: введенням додаткового опору до кола ротора, змінюванням підведеної напруги, зміною кількості пар полюсів та змінюванням частоти підведеної напруги. Способи гальмування ТАД: генераторне, динамічне та противмиканням.

### Тема 16. Однофазний асинхронний двигун.

Області застосування, будова та принцип дії. Недоліки однофазного асинхронного двигуна. Засоби створення пускового моменту. Однофазний асинхронний двигун з пусковою обмоткою. Конденсаторний асинхронний двигун.

### Тема 17. Конструкція і принцип дії синхронних машин.

Призначення і області застосування синхронних машин. Принцип дії синхронної машини (СМ). Конструкція неявнополюсної СМ. Конструкція явнополюсної СМ. Системи збудження СМ. Магнітні поля СМ та види реакції якоря.

### Тема 18. Основні рівняння і енергетичні параметри СМ.

Поняття про магнітні потоки, ЕРС та індуктивні опори синхронної машини. Рівняння напруг неявнополюсного синхронного генератора. Рівняння напруг явнополюсного синхронного генератора. Потужності, втрати потужності і ККД синхронної машини. Електромагнітний момент СМ і рівняння моментів в різних режимах роботи.

### Тема 19. Характеристики і параметри синхронного генератора.

Робота СГ при автономному навантаженні. Характеристика неробочого ходу СГ. Характеристика короткого замикання СГ. Визначення індуктивних опорів за допомогою характеристик СМ. Зовнішня і регульовальна характеристики СГ. Навантажувальна характеристика і реактивний трикутник СГ.

### Тема 20. Синхронні двигуни, основні рівняння та аспекти роботи.

Конструктивні відмінності синхронного двигуна в порівнянні з генератором. Рівняння електричного стану двигуна. Режими роботи синхронного двигуна. Проблеми пуску синхронного двигуна, способи пуску: асинхронний, частотний та за допомогою розгінного двигуна.

### Тема 21. Характеристики синхронних двигунів.

Механічна та робочі характеристики синхронного двигуна. Способи регулювання частоти обертання та способи гальмування синхронних двигунів. Переваги та недоліки синхронних двигунів в порівнянні з асинхронними.

### Тема 22. Сучасні безконтактні електричні машини з постійними магнітами.

Області застосування ЕМ з постійними магнітами. Будова СМ з постійними магнітами. Синхронні двигуни з постійними магнітами. Синхронні генератори з постійними магнітами для енергетичних установок. Крокові двигуни. Двигуни зворотно-поступового руху (лінійні).

## Теми практичних занять

Тема 1. Конструкція магнітопроводів та обмоток трансформаторів.

Тема 2. Розрахунок параметрів та характеристик трансформаторів.

Тема 3. Конструкція машин постійного струму

Тема 4. Розрахунок параметрів і характеристик двигунів постійного струму

Контрольна робота 1

Тема 5. Конструкція асинхронних двигунів.

Тема 6. Розрахунок параметрів і характеристик асинхронних двигунів.

Контрольна робота 2

## Теми лабораторних робіт

Тема 1. Дослідження однофазного трансформатора.

Тема 2. Дослідження генератора постійного струму.

Тема 3. Дослідження двигуна постійного струму при паралельному збудженні. Дослідження двигуна постійного струму послідовного збудження.

Захист лабораторних робіт

Тема 4. Дослідження трифазного асинхронного двигуна з контактними кільцями.

Тема 5. Дослідження характеристик асинхронного двигуна при частотному керуванні.

Тема 6. Дослідження синхронного генератора при автономному навантаженні.

Захист лабораторних робіт

## Самостійна робота

Дисципліна передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання «Розрахунок параметрів та характеристик трансформаторів і електричних машин» за методичними вказівками [9]. Розрахункове завдання оцінюється в 10 балів і входить до екзаменаційної оцінки.

Також на самостійне вивчення виносяться окремі теми:

**Тема 1. Матеріали, що застосовуються в ЕМ і трансформаторах.**

Класифікація матеріалів. Конструктивні матеріали. Активні матеріали: магнітні та провідникові. Ізоляційні матеріали. Постійні магніти.

**Тема 2. Класифікація ЕМ по зовнішніх факторах.**

Ступень захисту ЕМ, спосіб її охолодження та монтажу. Класифікація та характеристика систем вентиляції ЕМ. Режим роботи ЕМ.

**Тема 3. Спеціальні типи трансформаторів.**

Автотрансформатори. Зварювальні трансформатори. Вимірювальні трансформатори. Пічні трансформатори.

**Тема 4. Обмотки якоря машин постійного струму.**

Конструкція обмотки якоря. Параметри обмотки якоря. Класифікація обмоток якоря та межі їх застосування. Проста петльова обмотка. Проста хвильова обмотка. Комбінована обмотка.

**Тема 5. Універсальні колекторні двигуни (УКД).**

Призначення і області застосування УКД. Конструкція та принцип дії УКД. Порівняння способу живлення УКД. Способи регулювання їх частоти обертання.

Студентам рекомендуються основні та додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення тем, перевірка знань здійснюється проходженням відповідних тестів за кожною темою.

## Література та навчальні матеріали

### Основна література

1. Осташевський М. О. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник. – 2-ге вид., перероблене. / М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. д-ра техн. наук, професора. В. І. Мілих. Київ: Каравела, 2023.
2. Яцун М.А. Електричні машини: підручник / М.А. Яцун. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011.
3. Загірняк М.В. Електричні машини: підручник / М.В. Загірняк, Б.І. Невзлін. – К.: Знання, 2009.
4. Василенко І. І., Широков В. В., Василенко Ю. І. Конструкційні та електротехнічні матеріали: навчальний посібник. – Львів: «Магнолія-2006», 2015.
5. Мілих В.І. Дослідження силових трансформаторів: Лабораторний практикум з курсу «Електричні машини» для студентів електротехнічних спеціальностей / В.І. Мілих, О.Ю. Юр'єва, А.Г. Мірошніченко, В.Д. Юхимчук. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010.
6. Дослідження машин постійного струму: лаб. практикум / В.Д. Юхимчук, М.О. Осташевський, Т.П. Павленко; за ред. В.І. Мілих. - Харків: НТУ «ХПІ», 2008
7. Мілих В.І., Іваненко В.М. Дослідження асинхронних двигунів: лаб. практикум.– Харків: НТУ «ХПІ», 2007.
8. Мілих В.І. Дослідження синхронних машин: лаб. практикум / В.І. Мілих, Б.О. Єгоров, Г.Г. Єгорова, А.Г. Мірошніченко, В.Д. Юхимчук. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010.

9. Розрахунок параметрів та характеристик електричних машин: Методичні вказівки до розрахункового завдання з курсу «Електричні машини» для студентів електротехнічних спеціальностей всіх форм навчання, уклад. В.І. Мілих, Н.В. Полякова; за ред. В.І. Мілих.– Харків: НТУ «ХПІ», 2013.

### Додаткова література

10. Умовні графічні позначення елементів на електротехнічних схемах : методичні вказівки з електротехніки для викладачів і студентів електротехнічних спеціальностей / уклад. В. Д. Юхимчук. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009.

11. Літерні позначення величин та параметрів електричних машин: методичні вказівки до використання в навчальному процесі кафедри «електричні машини» для викладачів і студентів усіх спеціальностей / Укладач В.І. Мілих. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007.

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання на екзамені 30 балів (30%) та поточного оцінювання 70 балів (70%). Екзамен проводиться за екзаменаційними білетами в усній формі. Поточне оцінювання складається з оцінок за контрольні роботи (2 по 15 балів), захисту лабораторних робіт (6 по 5 балів кожна), виконання розрахункового завдання (10 балів).

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

31.08.2023

Завідувач кафедри  
Володимир МІЛИХ

31.08.2023

Гарант ОП  
Олена ЮР'ЄВА