

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра «Електричні машини»

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Завідувач кафедри «Електричні машини» \_\_\_\_\_ Володимир МІЛИХ  
(підпис)

«22» вересня 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ**

рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

галузь знань – 14 Електрична інженерія

спеціальність – 141 Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка

освітня програма – Електромеханіка

вид дисципліни – професійна підготовка

форма навчання – денна

Харків – 2021 рік



## **МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Метою** навчальної дисципліни є підготовка бакалаврів за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, що передбачає формування бази теоретичних і практичних знань майбутніх спеціалістів в області виготовлення, монтажу, експлуатації електричних машин (ЕМ), методів і засобів вимірювання параметрів ЕМ як в процесі виробництва, так і в процесі експлуатації. Знати принцип дії та основні характеристики ЕМ; вибирати необхідні ЕМ для електрообладнання промислових підприємств, проводити перевірку їхньої працездатності, знати як проводити пуск, гальмування, регулювання і реверс ЕМ.

**Компетентності.** Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики та електромеханіки з застосуванням теорій ЕМ, використовувати базові знання з фізики, математики та електротехніки для вирішення практичних задач в галузі ЕМ; використовувати знання з метрології та електричних вимірювань, теорії автоматичного керування, релейного захисту та автоматизації для вирішення задач оптимізації та керування ЕМ; використовувати знання з теорії ЕМ для вирішення практичних завдань в галузі електроенергетики та електромеханіки; дотримуватись при проектуванні ЕМ стандартів, норм і технічних умов; використовувати сучасні методи розрахунку та аналізу роботи ЕМ; визначати оптимальні та енергоефективні режими роботи ЕМ. Вміти дотримуватись вимог правил техніки безпеки і охорони праці у практичній діяльності. Здатність до вивчення та аналізу науково-технічної інформації в галузі ЕМ, вміти порівнювати характеристики ЕМ, забезпечувати оптимальні, енергоефективні та економічні режими роботи електричних машин, знати особливості експлуатації та виконання пуско-налагоджувальних робіт для ЕМ різних типів і різної потужності. Знати конструкцію, принцип дії ЕМ і трансформаторів, знати вимоги щодо особливостей пуску та регулювання частоти обертання ЕМ, вміти здійснювати вибір ЕМ і трансформаторів для підприємств або електростанції, знати та вміти аналізувати характеристики, недоліки і перспективи розвитку ЕМ.

ЗК-1-ЗК3, ЗК-5, ПК-1, ПК-5-ПК-8, ПК-10-ПК-13, ПКс6-1, ПКс6-2, ПКс6-5

**Результати навчання.** Студент повинен знати призначення, типи, області використання трансформаторів та ЕМ. Мати фундаментальні теоретичні та практичні знання в галузі електромашинобудування, вміти проводити експериментальні дослідження ЕМ і трансформаторів, розробляти програму досліджень ЕМ та

аналізувати отримані експериментальні данні, представляти їх в графічному, табличному та інших видах, робити висновки що до отриманих параметрів і характеристик ЕМ і трансформаторів. РНп-1, РНп-3, РНп-5, РНп-13, РНс3-1, РНсб-12

### Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Вступ до спеціальності Вища математика Загальна фізика Інформатика, обчислювальна техніка та програмування Теоретична механіка Теоретичні основи електротехніки Електротехнічні матеріали Основи метрології та електричних вимірювань Основи електроніки Теорія автоматичного керування Комп'ютерна графіка Теорія електропривода	Електричні станції Експлуатація та режими роботи електрообладнання електростанцій Міжнародна економіка Електромагнітні перехідні процеси Електротехнічні перехідні процеси Діагностика електротехнічного обладнання енергосистем Виконання дипломних проектів бакалавра та магістра

### ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Залік	Екзамен (семестр)
5	180/6	80	100	48	16	16	РГ	2	-	5

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 44,4 %.

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
<b>Змістовий модуль № 1 Трансформатори</b>				
1	Л	2	<b>Тема 1.</b> Основні закони електромеханіки. Закон електромагнітної індукції. Закон повного струму. Електротехнічні матеріали, що використовуються в електромашинобудуванні. Класи нагрівостійкості ізоляційних матеріалів. Призначення трансформаторів. Конструкція і принцип дії трансформатора. Класифікація трансформаторів.	1-4
	Л, ЛР	4	<b>Тема 2.</b> Схеми та групи з'єднання обмоток трифазних трансформаторів. Приведений трансформатор. Дослід неробочого ходу трансформатора. Дослід лабораторного короткого замикання трансформатора. Визначення номінальних параметрів трансформатора по результатам дослідів неробочого ходу та лабораторного короткого замикання.	1-4
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 3.</b> Схеми заміщення, рівняння та векторні діаграми трансформатора. Робота трансформатора при номінальному навантаженні. Характеристики трансформатора. Зовнішня характеристика трансформатора. Втрати та ККД трансформатора.	1-5
	Л, ЛР	4	<b>Тема 4.</b> Умови включення трансформаторів на паралельну роботу. Аналіз невиконання однієї з умов включення трансформаторів на паралельну роботу. Перехідні процеси в трансформаторах. Перехідний процес при раптовому короткому замиканні трансформатора. Перенапруга в трансформаторах.	1-5
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 5.</b> Сучасні напрямки вдосконалення трансформаторів. Використання аморфних сталей для осердь трансформаторів. Розвиток систем охолодження трансформаторів (використання елегазів, криогенного охолодження, обмоток з високотемпературних надпровідників). Комплектні трансформаторні підстанції (КТП): комплектування, місце встановлення, забезпечення магнітної сумісності елементів КТП.	
1	2	3	4	5
<b>Змістовий модуль № 2 Загальні питання машин змінного струму</b>				
2	Л, ЛР	4	<b>Тема 6.</b> Поняття «електрична машина». Принцип оборотності електричних машин (ЕМ). Конструкція машин змінного струму. Класифікація електричних машин.	
	Л	2	<b>Тема 7.</b> Обмотки статора машини змінного струму. Отримання обертового магнітного поля. ЕРС та МРС обмоток змінного струму. Вибір кількості пазів статора і ротора. Явище «залипання» магнітного поля	
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 8.</b> Високі гармоніки в струмі статора машини змінного струму. Спектр гармонік. Засоби боротьби (зменшення) високих гармонік в	

			струмі статора машини змінного струму. Скорочення та розподіл обмоток. Обмотковий коефіцієнт.	
<b>Змістовий модуль № 3 Асинхронні машини</b>				
3	Л	2	<b>Тема 14.</b> Конструкція і принцип дії асинхронної машини в генераторному режимі та в режимі двигуна Робота асинхронної машини з нерухомим та рухомих ротором. Рівняння і схема заміщення асинхронного двигуна (АД). Векторні діаграми АД в різних режимах роботи.	1-3,6
	Л, ЛР	2	<b>Тема 9.</b> Втрати та ККД АД. Побудова енергетичної діаграми АД. Електромагнітний момент АД. Робочі характеристики асинхронного двигуна. Регулювання частоти обертання АД. Реверс АД.	
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 10.</b> Пуск АД. Проблеми та шляхи вирішення проблем пуску. Використання скін-ефекту як засіб поліпшення пускових характеристик АД. Глибокопазні та двокліткові АД.	
	Л, ЛР	4	<b>Тема 11.</b> Конструкція фазного ротора АД. Пояснення необхідності використання фазного ротора АД. Розрахунок пускових реостатів АД з фазним ротором в разі обмеження пускових струмів або збільшення пускового моменту.	
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 12.</b> Однофазні АД. Проблеми пуску, схеми та вибір пускових і робочих конденсаторів. Серії АД. Використання міді для обмоток роторів АД. Нові класи ефективності АД (код ІЕ). Система класифікації енергоефективності АД (EFF3, EFF2, EFF1).	
<b>Змістовий модуль № 4. Синхронні машини</b>				
4	Л	2	<b>Тема 13.</b> Конструкція і принцип дії синхронного генератора (СГ). Конструкції роторів синхронних генераторів. Способи збудження синхронних генераторів.	1,2,7
	Л, ЛР	4	<b>Тема 14.</b> Реакція якоря в СГ. Рівняння МРС синхронного генератора. Векторні діаграми синхронних генераторів.	
1	2	3	4	5
4	Л, ПЗ	4	<b>Тема 15.</b> Характеристики синхронного генератора з урахуванням конструкції ротора та різних типів навантаження: неробочого ходу, короткого замикання, зовнішня характеристика, навантажувальна та регульовальна. Кутова характеристика синхронних турбо- та гідрогенераторів.	1-3, 5
	Л	2	<b>Тема 16.</b> U-подібні характеристики СГ. Коливання СГ. Робота СГ з перевантаженням, система автоматичного регулювання збудження (АРЗ).	1-3, 5
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 17.</b> Паралельна робота СГ з мережею. Умови включення СГ на паралельну роботу з мережею при точній та грубій синхронізації. Синхроноскопи. Пуск та зупинка СГ на блоці електростанції (гідро-підйом, вало-поворотний пристрій).	1-3, 5
	Л, ЛР	4	<b>Тема 18.</b> Регулювання активної та реактивної потужності СГ при паралельній роботі. Статична та динамічна стійкість СГ. Раптове КЗ СГ. Підшипникові струми: причини появи, захист СГ від підшипникових струмів.	1-3
	Л	4	<b>Тема 19.</b> Принцип дії синхронного двигуна (СД). Конструкція і принцип дії СД. Проблеми і способи пуску СД. Регулювання частоти обертання СД.	2,5

	Л	4	<b>Тема 20.</b> Рівняння напруги та векторна діаграма СД. Робочі характеристики СД. U-подібні характеристики СД. Синхронний компенсатор.	2,5
<b>Змістовий модуль № 5 Машини постійного струму.</b>				
5	Л	2	<b>Тема 21.</b> Конструкція та принцип дії машин постійного струму (МПС). Схеми включення обмоток збудження МПС. ЕРС обмотки якоря МПС. Електромагнітний момент МПС.	1-3, 6,7
	Л, ЛР,	4	<b>Тема 22.</b> Комутація в МПС. Засоби поліпшення комутації. Реакція якоря в МПС. Засоби боротьби з дією реакції якоря. Обмотки якоря МПС.	1-4
	Л, ПЗ	4	<b>Тема 23.</b> Принцип дії генератора постійного струму (ГПС). Характеристики ГПС. Основне рівняння ГПС Особливості роботи ГПС паралельного збудження, умови самозбудження.	1-4
	Л	2	<b>Тема 24.</b> Характеристики двигунів постійного струму (ДПС). Основне рівняння ДПС. Проблеми і способи пуску ДПС. Робочі характеристики ДПС з урахуванням схеми включення обмотки збудження. Засоби регулювання частоти обертання двигунів постійного струму. Способи гальмування двигунів постійного струму.	2,4,5
Разом (годин)		80		

### САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	24
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	16
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	10
4	Виконання індивідуального завдання:	50
	Разом	100

### ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

#### «Розрахунок характеристик трансформаторів і електричних машин»

Завдання наведені в методичних вказівках [6]

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	Видача-отримання завдання	1-2
2	Виконання теоретичної і розрахункової частин	3-14
3	Оформлення індивідуального завдання	15
4	Захист індивідуального завдання	16

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Використовуються різні методи навчання, що використовують на лекційних, лабораторних та практичних заняттях відповідно до змісту робочої програми та з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні дисципліни (активні форми проведення занять, методи взаємодії між викладачем та студентами): лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, лабораторні та практичні заняття, інженерний семінар, співбесіда, консультація.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль реалізується у формі опитування на лекціях та консультаціях, при проведенні вхідного контролю та контролю виконання індивідуального завдання (РГ), при проведенні контрольних (модульних) робіт. Контроль вивчення розділів робочої програми, розділів, що освоюються під час самостійної роботи студента, проводиться шляхом перевірки конспектів та написання контрольної роботи. Семестровий контроль – екзамен (по екзаменаційних білетах), відповідно до навчального плану, з урахуванням результатів поточної успішності, в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, в терміни, що встановлені навчальним планом.

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності студента

Робота (активність) на лекціях	Практичні/лабораторні заняття	Виконання індивідуального завдання	Співбесіди по темам самостійної роботи студента	Екзамен	Сума
5	10/10	40	5	30	100

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
74 ... 81	C	
64 ... 73	D	
60 ... 63	E	задовільно
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Складові частини комплексу навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни: план лекцій, методичне забезпечення до лабораторних робіт, курсової роботи та



інші методичні матеріали оприлюднені на офіційному сайті університету <http://web.kpi.kharkov.ua/el mash/pro-kafedru/>

1. Конспект лекцій з дисципліни «Електричні машини».
2. Білети вхідного та проміжного контролю, екзаменаційні білети.
3. Експозиційні стенди, плакати.
4. Зразки та моделі електричних машин, трансформаторів та їх складових.
5. Мультимедійний проектор, файли презентацій.

6. **Розрахунок характеристик трансформаторів і електричних машин.** Контрольні питання, розрахункові завдання і методичні вказівки з дисципліни «Електричні машини» спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /уклад. В.В. Шевченко, А.В. Єгоров – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 32 с.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова література

1. Міліх В. І., Шавьолкін О. О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник / За ред. В. І. Міліх. – Київ: «Каравела», 2007. – 688 с.
2. Токарев Б. Ф. Электрические машины. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
3. Вольдек А. И. Электрические машины. - Ленинград: Энергия. - 1979. – 816 с.
4. Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учебник для вузов. - СПб: Питер, 2008. - 320 с.
5. Кацман М. М. Электрические машины. - Москва: Высшая школа, 1990. – 427 с.
6. **Розрахунок характеристик трансформаторів і електричних машин.** Контрольні питання, розрахункові завдання і методичні вказівки з дисципліни «Електричні машини» спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /уклад. В.В. Шевченко, А.В. Єгоров – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 32 с.

### Допоміжна література

7. Міліх В.І. Літерні позначення величин та параметрів електричних машин. - Харків, НТУ «ХП». – 2007.

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

Складові частини комплексу навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни: план лекцій, методичне забезпечення до практичних та лабораторних робіт, інші методичні матеріали оприлюднені на офіційному сайті університету <http://web.kpi.kharkov.ua/el mash/pro-kafedru/>

1. Электронный учебник "Электрические машины".  
URL: [http://elmech.mpei.ac.ru/em/em/em\\_cont\\_0.htm](http://elmech.mpei.ac.ru/em/em/em_cont_0.htm)
2. Электронный учебник по электрическим машинам. URL: <https://docs.google.com/document/d/1ZIYDydyjCthgz74SB78hGLHm7Kp73BiO3XMxNfOxiwk/edit>
3. Шевченко В.В. Основы электроэнергетики: учеб. пособие / В. В. Шевченко; Нац. техн. ун-т "Харьков. политехн. ин-т". – Харьков: ФОП Панов А. М., 2019. – 338 с.  
URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/42266>