



ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>Г «Інженерія, виробництво та будівництво»</i>
Спеціальність	<i>ГЗ «Електрична інженерія»</i>
Освітня програма	<i>СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ (ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEMS ENGINEERING)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана/прискорена</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 години / 4 кредити ECTS (60 годин ауд.: лекції – 30 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні заняття – 14 год, СРС – 78 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ модульна контрольна робота (МКР), розрахунково-графічна робота (РГР)</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>ст. викл. Котлярова Вікторія Володимирівна, 0509952028</i> Практичні: <i>ст. викл. Котлярова Вікторія Володимирівна, 0509952028</i> Лабораторні: <i>ст. викл. Котлярова Вікторія Володимирівна, 0509952028</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Електричні машини» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань Г «Інженерія, виробництво та будівництво» за спеціальністю ГЗ «Електрична інженерія».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей використовувати основні закони електротехніки та електромеханіки при поясненні принципів функціонування електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ); одержання теоретичних і практичних знань процесів електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах та трансформаторах, які є основними джерелами та споживачами електричної енергії в сучасному енергетичному процесі; вміння визначати місце, роль та особливості функціонування окремих класів електромеханічних перетворювачів енергії в структурі загальної енергетичної системи.

Предмет навчальної дисципліни – конструкція, принципи роботи, фізичні явища та процеси в електричних машинах та трансформаторах; типові математичні методи дослідження електричних машин та трансформаторів; основні характеристики електричних машин та трансформаторів.

Програмні результати навчання:

Загальні компетенції:

K07 Здатність працювати в команді

K08 Здатність працювати автономно

Фахові компетентності:

K15 Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

K19 Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування

Програмні результати:

ПРО3. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРО7. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПРО9. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ПРО19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Технічна механіка» та «Теоретичні основи електротехніки». Дисципліна «Електричні машини», використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію електричних машин і трансформаторів. При вивченні конструкції та режимів роботи електричних машин та трансформаторів потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричним вимірюванням. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; передує вивченню дисциплін «Автоматизований електропривід», «Монтаж та експлуатація електротехнічного обладнання», «Електричні системи та мережі», «Споживачі електричної енергії».

3. Зміст навчальної дисципліни

*Дисципліну структурно розподілено на **6 розділів**, а саме:*

- 1. **Вступ до дисципліни „Електричні машини”**, до якого ввійшли питання історії та сучасних наукових тенденцій розвитку електромеханіки, ролі сучасного інженера та науковця в розвитку науки, взаємозв'язку законів природи та суспільства, ролі та значенні електричних машин у сучасній електротехніці, прискоренні науково-технічного прогресу, класифікації електричних машин, номінальних даних електричних машин, матеріалів, які використовують в електромашинобудуванні.*
- 2. **Трансформатори**, до якого ввійшли питання про призначення та класифікацію трансформаторів, основи теорії роботи трансформатора при холостому ході, короткому замиканні та під навантаженням.*
- 3. **Загальні питання теорії машин змінного струму**, до якого ввійшли питання про електромеханічне перетворення енергії в електричних машинах змінного струму, про обмотки ЕМ змінного струму та їх ЕРС, про МРС та магнітні поля обмоток змінного струму.*
- 4. **Асинхронні машини**, до якого ввійшли питання про конструкцію та основи теорії АМ, обертові електромагнітні моменти та механічні характеристики АМ, про однофазні асинхронні двигуни.*
- 5. **Синхронні машини**, до якого ввійшли питання про конструкцію та основи теорії СМ, роботу трифазних СГ при симетричному навантаженні, потужність та електромагнітний момент СМ.*

6. **Машини постійного струму**, до якого ввійшли питання про конструкцію та принцип дії машин постійного струму, роботу МПС при навантаженні, двигуни постійного струму.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Андрієнко В.М., Куєвда В.П. Електричні машини: Навч. Посіб. – К.: НУХТ, 2010. – 366 с. ISBN 978-966-612-090-1.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини». К.: НТУУ«КПІ», 2015. – 60 с.

3. Електричні машини і трансформатори /підручник за заг. Ред. В. І. Мілих. – Х.: ХПІ, 2017. – 452 с.

4. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлев та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.

5. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. – Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>

6. Реуцький М.О., Шиманська А.А. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Електричні машини» // К.: НТУУ «КПІ». – 46 с., 2016 Рекомендовано Вченою радою ФЕА; Протокол № 9 від 25.04.2016

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38785>

7. Дистанційний курс «Електричні машини»:

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565>

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860>

Додаткові інформаційні ресурси:

8. Електричні машини і трансформатори : навч. посібник / М. О. Остафевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. В. І. Мілих. – Харків : ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.

9. Електричні машини: Робочий зошит до виконання лабораторних робіт [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю.А. Гайденко, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 – 75 с.; Ухвалено методичною радою; Протокол №7; Дата 29.03.2018.

10. Яцун М.А. Електричні машини : підручник / М. А. Яцун; МОНМС України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л., 2011. - 461 с. - Бібліогр.: с. 441-444. - укр.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)	30 год.
1	Вступ до дисципліни «Електричні машини». Значення дисципліни “Електричні машини” у підготовці інженерів-електромеханіків. Взаємозв'язок законів природи та суспільства. Роль та значення електричних машин у сучасній електротехніці, прискоренні науково-технічного прогресу. Перспективи розвитку електромашинобудування. Класифікація електричних машин. Номінальні дані електричних машин. Матеріали, які використовують в	2 год.

	електромашинобудуванні. літературні джерела [1]с. 5-7; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 Призначення та класифікація трансформаторів. Основні варіанти конструкції сучасних силових трансформаторів. Конструкція магнітопроводів і обмоток трансформаторів. Схеми та групи з'єднання обмоток. Способи та конструкція систем охолодження трансформаторів. літературні джерела [2], гл. 2, с. 240-260; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	
2	Основи теорії трансформатора. Принцип дії та електричні співвідношення в ідеальному трансформаторі. Рівняння електрорушійних сил. Рівняння намагнічуючих сил. Енергетичні співвідношення в реальному та приведеному трансформаторі. Намагнічування магнітопроводів трансформатора. Рівняння напруг трансформатора. Приведення вторинної обмотки трансформатора до первинної. Система відносних одиниць. Схема заміщення трансформатора і її електромагнітні параметри. літературні джерела [2], Гл.12, с.241-245; [2], Гл.13, с.261-268; [2], Гл.14, с.269-277. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 3, 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
3	Робота трансформатора під навантаженням. Розрахункове визначення параметрів схеми заміщення трансформатора. Урахування втрат в сталі. Режим холостого ходу та короткого замикання. Векторні та енергетичні діаграми трансформатора. Втрати і ККД трансформатора. Змінення напруги трансформатора при навантаженні. Зовнішня характеристика. Паралельна робота трансформаторів. Регулювання напруги трансформатора. літературні джерела [2], Гл.14, с.286-291, [2], Гл.14, с.291-297; [1], Гл.15, с.301-307; [2], Гл.15, с.310-316; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 5-8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 Підготовка до МКР-1 (Тр.)	2 год.
4	Електромеханічне перетворення енергії в ЕМ змінного струму. Загальні принципи роботи та класифікація електричних машин. Основні види електричних машин змінного струму. Обертове електромагнітне поле. Умови електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах. літературні джерела [8]с. 25-32; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
5	Обмотки електричних машин змінного струму та їх ЕРС. ЕРС провідника, витка, котушки та т-фазної обмотки. ЕРС обмотки від вищих гармонік магнітного поля. Способи поліпшення форми кривої ЕРС. Обмотки змінного струму. Одношарові обмотки. Петльові та хвильові двошарові обмотки з цілим та дробним числом пазів на полюс та фазу Гармоніки зубцевого порядку та скос пазів. літературні джерела [2], Гл.20, с.385-402; [2], Гл.21, с.402-429.	2 год.

	дистанційний курс «Електричні машини» лекція 10, 11 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	
6	Магніторушійні сили (МРС) та магнітні поля обмоток змінного струму. МРС одно- та т-фазної обмотки змінного струму. Графічний метод визначення МРС трифазної обмотки. Магнітні поля обмоток змінного струму. Головні індуктивні опори обмоток. Індуктивні опори розсіювання обмоток. літературні джерела [2], Гл.22, с.430-446; [2] Гл.23, с.452-468 дистанційний курс «Електричні машини» лекція 12, 13 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
7	Конструкція та основи теорії асинхронної машини. Основні види конструкції асинхронної машини. Принцип дії АМ. АМ при нерухомому роторі. Зведення робочого процесу АМ з рухомим ротором до робочого процесу при нерухомому роторі. Рівняння МРС та рівняння напруг АМ. Схеми заміщення АМ. Енергетичні діаграми. Енергетичні співвідношення та векторні діаграми АМ. літературні джерела [2], Гл.19, с. 357-359; Гл.24, с.484-488; [2], Гл.24, с.488-499; [2], Гл.24, с.500-509; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 14-16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
8	Обертові електромагнітні моменти та механічні характеристики АМ. Електромагнітний момент АМ. Максимальний та пусковий моменти асинхронного двигуна. Механічні характеристики АМ. Робочі характеристики асинхронного двигуна (АД). Процес пуску асинхронного двигуна та умови його стійкої роботи. Покращення пускових характеристик АД. Асинхронні двигуни з глибокими пазами ротора та з подвійною кліткою ротора. Пуск та регулювання частоти обертання АД з короткозамкненим та фазним ротором. Робота трифазних асинхронних двигунів при ненормальних умовах. літературні джерела: [2] Гл.25, с.509-518; [2], Гл.25, с.518-524; Гл.27, с.551-563; [2], Гл.28, с.563-583; Гл.29, с.594-602 дистанційний курс «Електричні машини» лекція 17-19 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
9	Однофазний асинхронний двигун. Основи теорії та характеристики однофазних асинхронних двигунів. Способи пуску однофазних асинхронних двигунів. літературні джерела: [1], Гл.30, с.602-611; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 20 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 Підготовка до МКР-2 (АМ)	2 год.
10	Конструкція та основи теорії синхронної машини. Конструкція та принцип дії СМ. Явно полюсні та неявно полюсні конструкції СМ. Конструкція гідрогенераторів та турбогенераторів. Синхронні двигуни. Особливості конструкції. Способи пуску синхронних двигунів. Магнітне поле та параметри обмотки збудження СМ. літературні джерела: [2], Гл.32, с.619-651; Гл.37, с.739-747; [2], Гл.32, с.619-627. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 21, 22 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
11	Робота трифазних СГ при симетричному навантаженні. Магнітне поле обмотки якоря СМ. Явище реакції якоря СМ. Фактори, що впливають на	2 год.

	характер реакції якоря. ЕРС повздожньої та поперечної реакції якоря. Індуктивні опори реакції якоря. літературні джерела: [2], Гл.32, с.627-651. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 23 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	
12	Потужність та електромагнітний момент СМ. Потужність, електромагнітний момент та статичне перевантаження СМ. Кутові характеристики активної потужності СМ. Регулювання реактивної потужності СМ. V-подібні характеристики СМ. літературні джерела: [2], Гл.35, с.710-723. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 24 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 Підготовка до МКР-3 (СМ)	2 год.
13	Конструкція та принцип дії машини постійного струму. Призначення, конструкція та області застосування МПС. Конструкція колектору. ЕРС обмотки якоря та електромагнітний момент машин постійного струму. літературні джерела: [2], Гл.1, с.33-39; Гл.4, с.90-93 дистанційний курс «Електричні машини» лекція 25 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
14	Робота МПС при навантаженні. Реакція якоря МПС та її вплив на магнітний потік машини. Компенсаційна обмотка. Комутація МПС. Природа щіткового контакту та причини іскріння. Способи поліпшення комутації. літературні джерела: [1], Гл.5, с.99-110; Гл.6, с.110-141.. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 26 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
15	Двигуни постійного струму. Генератори та двигуни постійного струму. Схеми збудження. Пуск двигунів постійного струму. Робочі та механічні характеристики двигунів постійного струму. Способи регулювання швидкості двигунів з паралельним, послідовним та змішаним збудженням. літературні джерела: [2], Гл.10, с.198-221. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 27 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань	16 год.
1	Конструкція трансформаторів. Обмотки трансформаторів. Електромагнітні процеси в трансформаторах на холостому ході. Розв'язання задач. літературні джерела Розрахунок параметрів схеми заміщення трансформатора. Втрати та коефіцієнт корисної дії трансформаторів. Змінення напруги та зовнішня характеристика трансформатора. Розв'язання задач. літературні джерела [2], с. 244-253; [6], с.5-11; [10], с.8-10; [6], с.11-22; [10], с.11-15; дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 1,2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
2	Паралельна робота трансформаторів. Розподіл навантаження між	2

	трансформаторами. Розв'язання задач. Модульна контрольна робота (частина 1). літературні джерела [6], с. 22-28; [10], с.20-21; дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 5,6; індивідуальні завдання на МКР ч. I https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 МКР-1 (Тр.)	год.
3	Схеми обмоток машин змінного струму. Побудови варіантів схем обмоток. літературні джерела [6], с. 42-45; дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 7 Розрахунки ЕРС та МРС обмоток машин змінного струму. літературні джерела[6], с.46-49; с.71-77. дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
4	Схеми заміщення та векторні діаграми асинхронної машини. Розв'язання задач. літературні джерела [6], с.82-88; [10], с.74-78.; дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
5	Потужність та втрати в асинхронних машинах. Енергетичні діаграми. літературні джерела [6], с.91-99; [10], с.78-82. дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 РГР	2 год.
6	Електромагнітний момент асинхронної машина. Розв'язання задач. Модульна контрольна робота (частина 2). літературні джерела: [6], с.91-99; [10], с.78-82 дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 11,12; індивідуальні завдання на МКР ч. II https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 МКР-2 (АМ)	2 год.
7	Кутові характеристики та електромагнітний момент синхронної машини. V-подібні характеристики СМ. Розв'язання задач. літературні джерела: [8], с.4-25. дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 13-15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
8	Робота МПС при навантаженні. Двигуни постійного струму. Розв'язання задач. літературні джерела: [8], с.4-25. дистанційний курс «Електричні машини» підбірка задач за темою 16,17 Модульна контрольна робота (частини 3, 4) дистанційний курс «Електричні машини» індивідуальні завдання на МКР ч. III, IV https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860 МКР-3, 4 (СМ+МПС)	2 год.

Лабораторні роботи

№	Короткий зміст лабораторної роботи	14
---	------------------------------------	----

з/п		год.
1	ВСТУПНЕ ЗАНЯТТЯ Ознайомлення з технікою безпеки в лабораторії електричних машин, з правилами підготовки до виконання, виконання та захисту лабораторних робіт; розподіл студентської групи на робочі бригади. дистанційний курс «Електричні машини» лабораторні роботи https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	2 год.
2	ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО ДВОХОБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА (Лабораторна робота №1) Мета роботи – ознайомитися з конструкцією трансформатора, визначити параметри і характеристики силового трансформатора за даними досліджень неробочого ходу (НХ) і короткого замикання (КЗ). Програма проведення і опрацювання результатів досліджень: 1. Зробити зовнішній огляд Т, записати заводські дані та виконати ескіз його магнітної системи. 2. Виміряти мегомметром опір ізоляції між обмотками і на корпус, а також опір ізоляції стяжних болтів на корпус. 3. Виміряти омичний опір обмоток трансформатора і привести опір до температури. 4. Зібрати схему. Зняти і побудувати характеристики НХ. Визначити: струм НХ у відсотках від номінального струму і параметри. Знайти коефіцієнт трансформації. Визначити кількість витків первинної і вторинної обмоток трансформатора. 5. Зібрати схему, подаючи напругу на обмотку ВН та закоротивши обмотку НН, зняти і побудувати характеристики КЗ. За даними дослідів визначити параметри, напругу КЗ і її складові. 6. Визначити індукцію в стержні і ярмі. Користуючись значенням втрат НХ (при номінальній напрузі), розрахувати питомі втрати в сталі трансформатора. 7. Розрахувати і побудувати залежність ККД від коефіцієнта навантаження для двох значень коефіцієнта потужності. 8. За параметрами КЗ визначити зміни вторинної напруги при різних значеннях коефіцієнта навантаження для двох значень $\cos \phi_2$. Побудувати зовнішні характеристики для двох значень $\cos \phi_2$. Література: [2], с.9-16 дистанційний курс «Електричні машини» лабораторні роботи https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	3 год.
3	ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ДВОХОБМОТКОВИХ ТРИФАЗНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ (Лабораторна робота №2) Мета роботи – вивчити поняття групи з'єднання обмоток трансформатора /методики експериментального визначення групи/; правила вмикання і роботи при паралельному з'єднанні трансформаторів. Програма проведення і опрацювання результатів досліджень: 1. Ознайомитися з досліджуваними трансформаторами і записати до протоколу випробувань паспортні дані із заводських щитків. 2. Визначити групу з'єднання обмоток трансформатора при з'єднанні вторинної обмотки в «зірку» і «трикутник». 3. Зміною схеми з'єднання, маркування початків і кінців та перестановкою маркувань затискачів вторинної обмотки по колу одержати групи 8; 6; 2; 5; 11. Побудувати векторні діаграми лінійних ЕРС для вказаних груп з'єднання обмоток. 4. Зібрати схему трансформаторів і перевірити дотримання умов вмикання у паралельну роботу двох трансформаторів. 5. Зняти і побудувати зовнішні характеристики кожного трансформатора та трансформаторів, що працюють паралельно для двох випадків: а) при однакових напругах КЗ; б) при різних напругах КЗ. Література: [2], с.16-23	3 год.

	дистанційний курс «Електричні машини» лабораторні роботи https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	
4	ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ФАЗНИМ РОТОРОМ (Лабораторна робота №4) Мета роботи – провести дослідження, одержати параметри і характеристики асинхронного двигуна з фазним ротором. Програма проведення досліджень: 1. Ознайомитись з випробуванням агрегатом. Записати дані заводського щитка асинхронного двигуна і допоміжної машини. 2. Виміряти омичні опори обмоток статора і ротора асинхронного двигуна. Записати температуру навколишнього середовища. 3. Зібрати схему, записати дані вимірювальних приладів і іншої апаратури, що використовується під час роботи. 4. Визначити коефіцієнт трансформації. 5. Зняти характеристики неробочого ходу (НХ). 6. Зняти характеристики короткого замикання (КЗ). 7. Зняти робочі характеристики. Література: [2], с.29-40 дистанційний курс «Електричні машини» лабораторні роботи https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	3 год.
5	ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ У РЕЖИМАХ ДВИГУНА ТА ГЕНЕРАТОРА (Лабораторна робота №5) Мета роботи – провести дослідження, одержати параметри і характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Програма проведення досліджень: 1. Ознайомитись з випробуванням агрегатом. Записати дані заводського щитка асинхронної та допоміжної машин. 2. Виміряти омичні опори обмотки статора. Виміряти температуру навколишнього середовища. 3. Зібрати схему для проведення випробувань. Записати дані вимірювальних приладів і іншої апаратури, яка використовується у схемі. 4. Зняти характеристику НХ у режимі двигуна. 5. Зняти робочі характеристики асинхронної машини для режимів двигуна і генератора. Література: [2], с.41-47 дистанційний курс «Електричні машини» лабораторні роботи https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860	3 год.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	15
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях	14
3	Розв'язання задач	15
4	Виконання розрахунково-графічної роботи	14
5	Підготовка до МКР	4
6	Підготовка до екзамену	16
Всього:		78

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до НОД/761/25 від 19.09.2025 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Виконання МКР, РГР та відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни «Електричні машини», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електричні машини»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, РГР, розв'язання задач

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, МКР, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Відповідно до норм Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського оцінювання результатів навчання здобувачів здійснюється на основі рейтингової системи. В основу РСО здобувачів покладено поопераційний контроль за визначеними критеріями і накопичення рейтингових балів за різнобічну навчально-пізнавальну та практичну діяльність здобувачів у процесі опанування дисципліни «Електричні машини».

Семестровий контроль з навчальної дисципліни «Електричні машини» передбачено у формі заліку, тому РСО розроблено за типом РСО-2, що в свою чергу включає дві складові: стартову – оцінювання результатів навчання за підсумками заходів поточного контролю впродовж семестру та підсумкову – оцінювання результатів семестрового контролю.

Інформування здобувачів про всі отримані рейтингові бали за результатами заходів поточного контролю, а також про кількість рейтингових балів наприкінці вивчення дисципліни «Електричні машини» здійснюється шляхом регулярного заповнення модуля «Поточний контроль» в автоматизованій інформаційній системі «Електронний кампус».

За виконання творчих робіт з навчальної дисципліни «Електричні машини» (наприклад, участь у олімпіадах, у факультетських та інститутських наукових конференціях, конкурсах наукових робіт, підготовка оглядів наукових праць чи наукових публікацій тощо) можуть нараховуватися заохочувальні бали, які не входять до загальної шкали оцінювання. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів, при цьому загальний рейтинговий бал здобувача не може перевищувати 100 балів.

Оцінювання результатів навчання (компетентностей) здобувачів здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою (Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою). Результати оцінювання вносяться до відомості семестрового контролю або, за потреби, відмітки: «не з'явився», «не допущено», «усунено» (Таблиця відміток у відомості семестрового контролю).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Рейтингова оцінка здобувача (бали)	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей (результатів навчання)
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Таблиця відміток у відомості семестрового контролю

Не допущено	Невиконання умов допуску до семестрового контролю
Усунено	Порушення принципів академічної добросовісності або морально- етичних норм поведінки
Не з'явився	Здобувач, був допущений, але не з'явився на залік

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів (R_c), отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання та захист чотирьох лабораторних робіт;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання чотирьох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Розв'язання задач	Лаб. роботи	РГР	МКР	Рекз	R
3	4	12	11	20	50	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0,2 балів * 15 = 3 бали.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 0,18... 0,2;
- частково правильні відповіді на запитання, наявність незначних помилок – 0,12...0,17.
- незадовільна відповідь на запитання. У відповіді розкривається менше 60% потрібної, правильної інформації та зроблені значні помилки. Кількість балів за таку відповідь дорівнює – 0.

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 0,5.

Максимальна кількість балів на практичних заняттях – 0,5 балів * 8 = 4 бали.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задач, вільне володіння темою заняття – 0,48...0,5;
- розв'язання задач за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0,3...0,47;
- неправильне розв'язання задач, плагіат, порушення правил академічної доброчесності. Кількість балів за розв'язання такої дорівнює – 0.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $3 \times 4 = 12$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 2,8...3 бали;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2,1...2,7 балів;
- суттєві помилки в експериментальних даних, але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – 1,8 ... 2 балів;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 11.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 10,8...11 балів;
- розрахунок неточний, є окремі несуттєві помилки – 8,7...10,7 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 6,6...8,6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;

На виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з чотирьох частин: "Трансформатори", "Асинхронні машини", „Синхронні машини” та „Машини постійного струму” відповідно. Завдання кожної контрольної роботи складається з двох задач.

Ваговий бал кожної частини МКР – 5.

Максимальний бал за МКР – $5 \cdot 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання

- правильне розв’язання 2 задач – 4,8...5 балів;
- часткове розв’язання задач, наявність незначних помилок – 3,6-4,7 балів;
- правильне розв’язання 1 задачі – 3...3,5 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

У разі необхідності забезпечення дистанційного навчання модульна контрольна робота може бути проведена у вигляді тесту з дистанційного курсу «Основи електромеханіки», розміщеного на навчальній платформі дистанційної освіти Sikorsky Distance.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Заходи поточного контролю відбуваються:

- у синхронному режимі – для заходів, що проводяться під час аудиторного заняття (модульна контрольна робота, експрес-опитування на лекціях, робота на практичних заняттях, тестування);
- в асинхронному режимі – для заходів, що проводяться під час самостійної роботи здобувача (студентам надається можливість розв’язати і надіслати на перевірку задачі, якщо вони не встигли виконати або були відсутні на практичному занятті).

Непроходження заходу поточного контролю в синхронному режимі без поважних причин оцінюється у 0 балів.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 50$ балів.

Рейтинг екзамену $R_z = 48 - 50$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_z = 39 - 47$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об’єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $R_z = 30 - 38$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $R_3 < 30$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Призначення та класифікація трансформаторів.
2. Основні варіанти конструкції сучасних силових трансформаторів. Конструкція магнітопроводів і обмоток трансформаторів.
3. Схеми та групи з'єднання обмоток трансформаторів.
4. Принцип дії та електричні співвідношення в ідеальному трансформаторі.
5. Рівняння електрорушійних сил трансформатора.
6. Рівняння намагнічуючих сил.
7. Приведений трансформатор.
8. Схема заміщення трансформатора.
9. Намагнічуючий струм трансформатора.
10. Струм холостого ходу трансформатора.
11. Втрати холостого ходу трансформатора.
12. Холостий хід трансформатора.
13. Дослід холостого ходу трансформатора.
14. Режим і дослід короткого замикання реального трансформатора.
15. Робота трансформатора під навантаженням.
16. Зміна вторинної напруги трансформатора при навантаженні.
17. Зовнішня характеристика трансформатора.
18. Втрати і коефіцієнт корисної дії трансформатора.
19. Паралельна робота трансформаторів. Умови включення на паралельну роботу.
20. Пояснити, що відбувається при порушенні умов включення трансформаторів на паралельну роботу.
21. Обмотки електричних машин змінного струму.
22. МРС обмоток змінного струму.
23. Обертове магнітне поле.
24. Пульсуюче магнітне поле.
25. Еліптичне магнітне поле.
26. Конструкція асинхронних машин.
27. Принцип роботи АМ.
28. Ковзання.
29. Робота АМ при загальмованому роторі.
30. Робота АМ при обертанні ротора.
31. Векторна діаграма і схема заміщення АД.
32. ККД АД.
33. Втрати і ККД АД.
34. Електромагнітний момент АМ.
35. Максимальний та пусковий моменти асинхронного двигуна.
36. Механічна характеристика АМ.
37. Робочі характеристики АД.
38. Пуск АД з короткозамкненим ротором.
39. Пуск АД з фазним ротором.
40. Однофазні АД.
41. Конструкція та принцип дії СМ.
42. Явнополюсні та неявнополюсні конструкції СМ.

43. Конструкція гідрогенераторів та турбогенераторів.
44. Принцип дії СД.
45. Принцип дії СГ.
46. Явище реакції якоря СМ.
47. Фактори, що впливають на характер реакції якоря.
48. Реакція якоря в явнополюсних СМ.
49. Реакція якоря в неявнополюсних СМ.
50. Потужність, електромагнітний момент та статичне перевантаження СМ.
51. Призначення, конструкція та області застосування МПС.
52. Конструкція та призначення колектору.
53. Схеми збудження ДПС.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у додатку до наказу № НОН/157/2023 від 09.05.2023 р. «Про нову редакцію Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті»

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:

ст. викладачем кафедри електромеханіки ФЕА Котляровою В. В.

Ухвалено кафедрою електромеханіки факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 14 від 02.06.2026 р.)

Погоджено навчально-методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 26.06.2026 р.)