



ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність ("Electromechanical Automation Systems, Electric Drive and Electromobility")
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	II курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР/РГР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=7191382c-0458-4517-ae27-f1f45591bf71
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Гайденко Юрій Антонович, 0675061948 Лабораторні: ст.викл. Дубчак Євген Михайлович, 0992231107 асист. Ігнатюк Євген Станіславович, 0971125679 асист. Вишневський Олексій Володимирович, 0633650996
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=565

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Електричні машини» складено відповідно до освітньої програми підготовки бакалавра «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

Загальні компетентності: Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу (K01); здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (K02); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (K05); здатність працювати в команді (K07); здатність працювати автономно;

Фахові компетентності: Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки (K12); Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та

автоматизованого електроприводу (K13); Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу (K15); Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування (K19).

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:

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.

ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки

ПР19. 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», «Теоретична 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, основам метрології та електричним вимірюванням. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; передує вивченню дисциплін «Теорія електроприводу», «Теорія автоматичного керування», «Електропровід машин і устаткування», «Електромобільність».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **7 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, класифікацію та конструкцію трансформаторів, основи теорії роботи трансформатора при холостому ході, короткому замиканні та під навантаженням.
- 3. Загальні питання теорії машин змінного струму**, до якого ввійшли питання електромеханічне перетворення енергії в електричних машинах змінного струму, про

обмотки ЕМ змінного струму, їх ЕРС та МРС, а також про магнітні поля обмоток змінного струму.

4. **Асинхронні машини**, до якого ввійшли питання про різновиди конструкції та основи теорії АМ, рівняння МРС та напруг АМ, схеми заміщення АМ, енергетичні діаграми, обертові електромагнітні моменти та механічні характеристики. Крім того, розглянуті спеціальні типи АМ зокрема однофазні асинхронні двигуни та трифазні АД, що працюють в однофазному режимі.
5. **Синхронні машини (СМ)**, до якого ввійшли питання про конструкцію та основи теорії СМ, роботу трифазних СГ при симетричному навантаженні, потужність та електромагнітний момент СМ. Також розглянуті СД зі збудженням від постійних магнітів.
6. **Машини постійного струму (МПС)**, до якого ввійшли питання про конструкцію, принцип дії та фізичні процеси в машинах постійного струму, різні способи збудження МПС, роботу МПС при навантаженні, зовнішні, регульовальні та навантажувальні характеристики МПС, двигуни постійного струму (ДПС).
7. **Спеціальні електричні машини**, до якого увійшли питання про конструкцію, принцип дії та основні характеристики таких електричних машин як: синхронні реактивні двигуни, вентильно-реактивні двигуни, тахогенератори постійного струму, виконавчі двигуни постійного струму, універсальні колекторні двигуни.

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. Васьковський Ю.М., Гайдено Ю.А., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами: Навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (Гриф університету № 6; дата 12.06.2017) К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. – 193 с. ISBN 978-966-622-269-8;
3. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник /В. М. Безрученко, В. К. Варченко, В. В. Чумак. - Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. - 252 с. – ISBN 966-8471-00-8.
4. Остащевський М. О., Юр'єва О. Ю. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник Харків : ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.
5. Електричні машини: Лабораторні роботи [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. Гайдено, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 - 69 с.; Url: ; Ухвалено методичною радою; Протокол № 7; Дата 29.03.2018
6. 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. Гайдено, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 - 75 с.; Url: ; Ухвалено методичною радою; Протокол №7; Дата 29.03.2018
7. Дистанційний курс «Електричні машини <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188>

Додаткові:

8. Яцун М.А. Електричні машини. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 464 с.

9. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина III. Асинхронні машини: навчальний посібник / В. В. Грабко, М. П. Розводюк, С. М. Левицький. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 197 с
10. *Electrical Machines* <https://books.google.com.ua/books?id=FLgMygrZDgEC&hl=uk&source=gbs>.
11. https://books.google.com.ua/books?id=SPFKDwAAQBAJ&hl=uk&source=gbs_book_similarbooks

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)
1	<p>Розділ 1. Вступ до дисципліни «Електричні машини» Тема 1. Вступ в електромеханіку. Основні терміни та визначення</p> <ul style="list-style-type: none"> o Загальні поняття та визначення o Принципи електромеханіки o Класифікація електричних машин o Переваги та недоліки електричних машин o Класифікація електричних машин o Матеріали, які використовують в електромашинобудуванні o Номінальні дані електричних машин <p>літературні джерела: [1]с. 5-7; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-2</p>
2	<p>Розділ 2. Трансформатори Тема 2.1. Призначення та принцип роботи трансформатора напруги</p> <ul style="list-style-type: none"> o Призначення та класифікація трансформаторів напруги o Основні номінальні дані трансформаторів o Принцип роботи однофазного трансформатора o Електромагнітні співвідношення трансформатора <p>літературні джерела [1], с. 8-10; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-3</p>
3	<p>Тема 2.2. Конструкція трансформаторів напруги</p> <ul style="list-style-type: none"> o Типи конструкцій магнітопроводів трансформаторів o Типи конструкцій обмоток трансформаторів o Переваги масляного охолодження трансформаторів <p>Тема 2.3. Схеми та групи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів</p> <ul style="list-style-type: none"> o Схеми з'єднань обмоток трифазних трансформаторів o Групи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів o Умови включення трансформаторів на паралельну роботу <p>літературні джерела: [1], с. 11-27; с. 56-60. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 3, 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-3</p>
4	<p>Тема 2.4. Холостий хід трансформатора</p> <ul style="list-style-type: none"> o Робота трансформатора в режимі холостого ходу. Основні величини o Розрахунок магнітного кола трансформатора

	<ul style="list-style-type: none"> o Явища, що виникають при намагнічування магнітопроводу o Вплив схеми з'єднання обмоток на роботу трифазних трансформаторів в режимі Х.Х. <p>літературні джерела [1], с.28-30. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-3</p>
5, 6	<p>Тема 2.5. Основи теорії трансформаторів напруги</p> <ul style="list-style-type: none"> o Рівняння напруг однофазного трансформатора o Рівняння магніторушійних сил трансформатора o Приведення параметрів вторинної обмотки до первинної o Схема заміщення і її параметри o Характеристики холостого ходу та короткого замикання <p>літературні джерела: [1], с.31-46. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 6-8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-3</p>
7	<p>Тема 2.6. Робота трансформатора під навантаженням</p> <ul style="list-style-type: none"> o Векторні діаграми трансформатора o Зміна напруги трансформатора при навантаженні. Зовнішні характеристики o Втрати потужності та ККД трансформатора o Енергетичні діаграми трансформатора <p>літературні джерела: [1], с. 47-52. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 9, 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-3</p>
8	<p>Розділ 3. Загальні питання теорії машин змінного струму</p> <p>Тема 3.1. Загальні питання теорії електричних машин</p> <ul style="list-style-type: none"> o Принцип індукування ЕРС o Принцип утворення електромагнітного моменту o Принцип дії синхронного генератора o Принцип дії асинхронного двигуна <p>літературні джерела: [1], с. 81-86. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 11 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-4</p>
9-10	<p>Тема 3.2. Обмотки статора машин змінного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> o Вимоги до обмоток статора. Основні поняття і терміни обмоток статора o ЕРС котушки o Покращення форми кривої ЕРС котушки. Укорочення кроку. Коефіцієнт укорочення o ЕРС котушкової групи. Коефіцієнт розподілу o ЕРС фази. Обмотковий коефіцієнт o Зубцеві гармоніки ЕРС і боротьба з ними o Основні типи обмоток статора o Побудова трифазної петльової обмотки з укороченим кроком o Кількість витків фази обмотки статора <p>літературні джерела [1], с. 87-103. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 12-14 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-4</p>
11	<p>Тема 3.3. Форми пазів та ізоляція обмоток статора машин змінного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> o Форми пазів статора o Коефіцієнт заповнення пазу провідниками

	<ul style="list-style-type: none"> o Класи нагрівостійкості ізоляції обмоток статора <p>літературні джерела: [4], Розділ 3, с.149-152. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-4</p>
12	<p>Тема 3.4. МРС обмоток статора машин змінного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> o МРС обмотки статора (МРС котушки, МРС котушкової групи, МРС фази) o Графічний аналіз кривої МРС обмотки статора <p>літературні джерела: [1], с.103-107; дистанційний курс «Електричні машини» лекція 16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-4</p>
13	<p>Тема 3.5. Магнітне поле машин змінного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> o Кругове, еліптичне та пульсуюче магнітні поля o Розрахунок магнітного кола неявнополюсної електричної машини o Коефіцієнт магнітного насичення <p>літературні джерела: [1], с.107-114. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-4</p>
14	<p>Розділ 4. Асинхронні машини</p> <p>Тема 4.1. Асинхронні машини. Конструкція і режими роботи</p> <ul style="list-style-type: none"> o Конструкція асинхронних машин (АМ). Схема підключення АМ до мережі o Режими роботи асинхронних машин o Преваги і недоліки асинхронних двигунів <p>літературні джерела: [1], с.118-120. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 18 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-5</p>
15-16	<p>Тема 4.2. Робочий процес трифазного асинхронного двигуна</p> <ul style="list-style-type: none"> o Магнітні потоки і індуктивні опори розсіювання асинхронних машин o Рівняння напруг асинхронного двигуна o Рівняння МРС і струмів асинхронного двигуна o Приведення параметрів обмотки ротора до обмотки статора o Схема заміщення асинхронного двигуна o Векторна діаграма асинхронного двигуна o Втрати в асинхронному двигуні. Енергетична діаграма o Робочі характеристики асинхронного двигуна <p>літературні джерела: [1], с.120-136. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 19-21 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-5</p>
17	<p>Тема 4.3. Механічні характеристики асинхронного двигуна</p> <ul style="list-style-type: none"> o Електромагнітний момент АД o Механічні характеристики АД. Формула Клосса o Вплив параметрів на механічні характеристики АД <p>літературні джерела: [1], с.137-146. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 22 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-5</p>
18	<p>Тема 4.4. Однофазні асинхронні конденсаторні двигуни</p> <ul style="list-style-type: none"> o Конструкція і принцип роботи однофазних АД o Схеми підключення однофазних АД o Трифазні АД, що включені в однофазну мережу

	<p>літературні джерела: [1], с.174-180. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 23 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-5</p>
19	<p>Розділ 5. Синхронні машини Тема 5.1. Синхронні машини. Конструкція і принцип роботи</p> <ul style="list-style-type: none"> o Конструкція синхронних машин (СМ). Схема підключення СМ до мережі o Різновиди синхронних машин o Принцип роботи синхронних машин o Преваги і недоліки синхронних двигунів <p>Тема 5.2. Особливості пуску синхронних двигунів</p> <ul style="list-style-type: none"> o Проблема та способи пуску синхронних двигунів o Асинхронний пуск синхронних двигунів <p>літературні джерела: [1], с.190-195; с.238-239. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 24, 25 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-6</p>
20	<p>Тема 5.3. Магнітне поле синхронних машин</p> <ul style="list-style-type: none"> o Магнітне поле обмотки збудження o Магнітне поле обмотки якоря. Реакція якоря o Параметри якоря СМ в усталеному режимі роботи <p>літературні джерела: [1], с.195-206. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 26 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-6</p>
21	<p>Тема 5.4. Рівняння напруг синхронних машин</p> <ul style="list-style-type: none"> o Рівняння напруг явнополюсних і неявнополюсних СМ o Векторні діаграми синхронних генераторів <p>літературні джерела: [1], с.207-211. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 27 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-6</p>
22	<p>Тема 5.5. Характеристики синхронних машин</p> <ul style="list-style-type: none"> o Куткові характеристики синхронних машин o U-подібні характеристики синхронних машин o Характеристика холостого ходу синхронного генератора (СГ) o Характеристика короткого замикання СГ o Відношення короткого замикання СГ o Зовнішня характеристика СГ o Регульовальна характеристика СГ o Навантажувальна характеристика СГ o Робочі характеристики синхронного двигуна <p>літературні джерела: [1], с.212-217. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 28, 29 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-6</p>
23	<p>Розділ 6. Машини постійного струму Тема 6.1. Машини постійного струму. Конструкція і принцип роботи</p> <ul style="list-style-type: none"> o Конструкція колекторних машин постійного струму o Принцип роботи МПС o Обмотка якоря МПС o Преваги і недоліки двигунів постійного струму <p>літературні джерела: [1], с.272-284. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 30 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-7</p>

24	<p>Тема 6.2. Електромагнітні співвідношення і комутація в МПС</p> <ul style="list-style-type: none"> o ЕРС обмотки якоря МПС o Рівняння напруг МПС o Електромагнітний момент МПС o Реакція якоря в МПС o Способи поліпшення комутації в МПС <p>Тема 6.3. Способи збудження та робочий режим МПС</p> <ul style="list-style-type: none"> o Способи збудження МПС o Режими роботи МПС o Втрати і ККД в МПС <p>літературні джерела: [1], с.293-313; с.314-315. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 31, 32 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-7</p>
25	<p>Тема 6.4. Двигуни постійного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> o Основні рівняння ДПС o Частота обертання і механічні характеристики ДПС o Робочі характеристики ДПС з незалежним і паралельним збудженням o Особливості пуску ДПС o Регулювання швидкості обертання ДПС <p>літературні джерела: [1], с.326-343. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 33 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-7</p>
26	<p>Тема 6.5. Генератори постійного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> o Характеристика холостого ходу ГПС o Характеристика короткого замикання ГПС o Характеристичний (реактивний) трикутник ГПС o Навантажувальна характеристика ГПС o Зовнішня характеристика ГПС o Регульовальна характеристика ГПС o Процес самозбудження в ГПС з паралельним способом збудження <p>літературні джерела: [1], с.314-323. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 34, 35 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-7</p>
27	<p>Розділ 7. Спеціальні електричні машини</p> <p>Тема 7. Спеціальні електричні машини. Принцип роботи і характеристики</p> <ul style="list-style-type: none"> o Вентильно-реактивні двигуни (SRM-двигуни) o Тахогенератори постійного струму o Виконавчі двигуни постійного струму o Універсальні колекторні двигуни <p>літературні джерела: [1], с.324-325; с.344-351. дистанційний курс «Електричні машини» лекція 36 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188#section-8</p>

Практичні заняття

Практичні заняття навчальним планом не передбачені.

Лабораторні роботи

№ з/п	Короткий зміст лабораторної роботи
----------	------------------------------------

1	<p style="text-align: center;">ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО ДВОХОБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА (Лабораторна робота №1)</p> <p>Мета роботи – ознайомитися з конструкцією трансформатора, визначити параметри і характеристики силового трансформатора за даними досліджень неробочого ходу (НХ) і короткого замикання (КЗ).</p> <p>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</p> <p>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 досліду 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 $\cos \phi_2$.</p> <p>Література: [5], с.8-15 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
2	<p style="text-align: center;">ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ДВОХОБМОТКОВИХ ТРИФАЗНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ (Лабораторна робота №2)</p> <p>Мета роботи – вивчити поняття та оволодіти методикою експериментального визначення групи з'єднання обмоток трансформатора; вивчити правила вмикання і роботи при паралельному з'єднанні трансформаторів.</p> <p>Програма проведення і опрацювання результатів досліджень:</p> <p>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.</p> <p>Література: [5], с.16-22 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
3	<p style="text-align: center;">ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ФАЗНИМ РОТОРОМ (Лабораторна робота №3)</p> <p>Мета роботи – провести дослід, одержати параметри і характеристики асинхронного двигуна з фазним ротором.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <p>1. Ознайомитись з випробуваним агрегатом. Записати дані заводського щитка</p>

	<p>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.</p> <p>Література: [5], с.23-33 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
4	<p style="text-align: center;">ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ В РЕЖИМАХ ДВИГУНА ТА ГЕНЕРАТОРА (Лабораторна робота №4)</p> <p>Мета роботи – провести дослідження, одержати параметри і характеристики асинхронної машини з короткозамкненим ротором в режимах двигуна та генератора.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <p>1. Ознайомитися з випробуванним 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.</p> <p>Література: [2], с.34-41 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
5	<p style="text-align: center;">ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ (Лабораторна робота №5)</p> <p>Мета роботи – експериментально визначити основні експлуатаційні характеристики синхронного генератора (СГ), що працює в автономному режимі; вивчити вплив реакції якоря і характеру навантаження; ознайомитись з основними методами регулювання синхронного генератора в автономному режимі роботи.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <p>1. Ознайомитися з даними заводських щитків СГ і привідного двигуна постійного струму (ДПС) досліджуваного агрегату і записати їх в робочий зошит. 2. Визначити на стенді місцеположення вимірювальних приладів, навантаження, пускового і регулювальних реостатів, що відносяться до даної схеми; переписати дані вимірювальних приладів з вказівкою цін поділок шкали кожного вимірювального приладу. 3. Зібрати схему для проведення випробувань. Записати дані вимірювальних приладів і іншої апаратури, яка використовується у схемі. 4. Зняти і побудувати характеристику холостого ходу СГ. 5. Зняти і побудувати характеристику короткого замикання СГ. 6. Зняти і побудувати зовнішні характеристики СГ: а) при чисто активному навантаженні ; б) при індуктивному навантаженні. 7. Зняти і побудувати регулювальні характеристики СГ: а) при чисто активному навантаженні; б) при індуктивному навантаженні. 8. Зняти і побудувати індукційну навантажувальну характеристику СГ. 9. За даними дослідів побудувати характеристичний трикутник.</p> <p>Література: [2], с.42-49 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
6	ВИПРОБУВАННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА

	<p style="text-align: center;">(Лабораторна робота №6)</p> <p>Мета роботи – дослідити і вивчити основні властивості синхронного двигуна (СД), зокрема метод асинхронного пуску, робочі характеристики, а також методи регулювання реактивної потужності.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ознайомитися з даними заводських щитків СД і навантажуючого генератора постійного струму (ГПС) досліджуваного агрегату і записати їх в робочий зошит. 2. Визначити на стенді місцеположення вимірювальних приладів, навантаження, пускового і регулювальних реостатів, що відносяться до даної схеми; переписати дані вимірювальних приладів з вказівкою цін поділок шкали кожного вимірювального приладу. 3. Зібрати схему для проведення випробувань. Записати дані вимірювальних приладів і іншої апаратури, яка використовується у схемі. 4. Провести асинхронний пуск синхронного двигуна. 5. Зняти і побудувати V-подібні характеристики синхронного двигуна при постійній корисній потужності. 6. Зняти і побудувати робочі характеристики синхронного двигуна. <p>Література: [2], с.50-56 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
7	<p style="text-align: center;">ВИПРОБУВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З НЕЗАЛЕЖНИМ ЗБУДЖЕННЯМ (Лабораторна робота №7)</p> <p>Мета роботи – ознайомитися з конструкцією машини постійного струму, дослідити робочі властивості генератора постійного струму (ГПС) з незалежним збудженням.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ознайомитися з даними заводських щитків генератора постійного струму (ГПС) і привідного двигуна досліджуваного агрегату і записати їх в робочий зошит. 2. Визначити на стенді місцеположення вимірювальних приладів, навантаження, пускового і регулювальних реостатів, що відносяться до даної схеми; переписати дані вимірювальних приладів з вказівкою цін поділок шкали кожного вимірювального приладу. 3. Зібрати схему для проведення випробувань. Записати дані вимірювальних приладів і іншої апаратури, яка використовується у схемі. 4. Зняти і побудувати характеристику холостого ходу. 5. Зняти і побудувати характеристику короткого замикання. 6. За характеристиками холостого ходу і короткого замикання побудувати характеристичний трикутник. 7. Зняти і побудувати зовнішні характеристики при: а) на пониження напруги; б) на підвищення напруги. 8. Зняти і побудувати регулювальну характеристику. 9. Зняти і побудувати навантажувальні характеристики. <p>Література: [2], с.57-62 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>
8	<p style="text-align: center;">ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПАРАЛЕЛЬНОГО І ЗМІШАНОГО ЗБУДЖЕННЯ (Лабораторна робота №8)</p> <p>Мета роботи – дослідити робочі властивості двигуна постійного струму (ДПС) з паралельним і із змішаним збудженням.</p> <p>Програма проведення досліджень:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ознайомитися з даними заводських щитків двигуна постійного струму (ДПС) і навантажувального генератора досліджуваного агрегату і записати їх в робочий зошит. 2. Визначити на стенді місцеположення вимірювальних приладів, навантаження, пускового і регулювальних реостатів, що відносяться до даної схеми; переписати дані вимірювальних приладів з вказівкою цін поділок шкали кожного

<p>вимірювального приладу. 3. Зібрати схему для проведення випробувань. Записати дані вимірювальних приладів і іншої апаратури, яка використовується у схемі. 4. Зняти і побудувати характеристику холостого ходу. 5. Зняти і побудувати робочі характеристики ДПС: а) по схемі паралельного збудження; б) по схемі змішаного збудження при узгодженому вмиканні обмоток. 6. Зняти і побудувати регульовальну характеристику ДПС.</p> <p>Література: [2], с.63-68 дистанційний курс «Електричні машини» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3188</p>

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	8
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях	32
3	Виконання розрахунково-графічних робіт	15
4	Підготовка до МКР	7
5	Підготовка до екзамену	10

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 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. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- 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 розрахункової роботи (РР) з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РР (за умови дотримання календарного плану виконання РР);
- 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 РР та несвоєчасний захист лабораторних робіт.

- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання РР 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 (PCO)

Поточний контроль: Розрахункова робота, МКР.

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, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

- виконання та захист 8 лабораторних робіт;
- виконання 2 розрахункових робіт (РР) в рамках індивідуального завдання;
- виконання однієї модульної контрольної роботи (МКР).

Лабораторні роботи	Розрахункові роботи	МКР	R _c	R _ε	R
--------------------	---------------------	-----	----------------	----------------	---

40	10	10	60	40	100
----	----	----	----	----	-----

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $5 \times 8 = 40$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – **5 балів**;
- виконання попереднього пункту з такими недоліками як: обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – **4 бали**;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – **2 ... 3 балів**;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – **1 бал**;
- лабораторна робота у цілому незахищена при наявному оформленому протоколі – **0 балів**.

Індивідуальне семестрове завдання (PP)

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за виконання PP – $5 \times 2 = 10$ балів.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – **5 балів**;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – **3...4 балів**;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – **1...2 балів**;
- розрахунок неправильний – **0 балів**;
- на виконання PP відводять 3 тижні з моменту видачі завдання; здача PP після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -1 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 10.

Максимальний бал за МКР – $10 \times 1 = 10$ балів.

Критерії оцінювання

- Повне і точне виконання – **10 балів**.
- Відповіді неточні є окремі несуттєві помилки – **6...9 балів**.
- Відповіді неповні, є окремі суттєві помилки – **1...5 балів**.
- Відповіді неправильні – **0 балів**.

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

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань.

Якщо поточний рейтинг $r_c \geq 0,6R$, тобто **60 балів і більше** – за бажанням студента, рейтинговий бал r_c може бути зарахований автоматично без складання екзамену.

Якщо поточний рейтинг r_c в межах $(0,3 \dots 0,59) \cdot R$, тобто **30 ... 59 балів** – студент обов'язково виконує екзаменаційну роботу.

Максимальна кількість балів екзамену – $R_E = 40$ балів.

Критерії оцінювання екзамену

- повне і правильне виконання завдання; вичерпні і логічні відповіді на всі питання (при необхідності, і на додаткові) – $R_E = 35 \dots 40$ 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 фізичних процесів в об'єктах, які вивчав – $R_E = 25 \dots 34$ балів.
- студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі – $R_E = 15 \dots 24$ 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 – $R_E < 15$ балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем (питань), які виносяться на семестровий контроль

1. Призначення електричних машин і трансформаторів. Класифікація електричних машин.
2. Принципи електромеханіки. Призначення і класифікація трансформаторів.
3. Принцип роботи та електромагнітні співвідношення трансформаторів.
4. Конструкція трансформатора напруги. Види й конструкції магнітопроводу.
5. Схеми і групи з'єднань обмоток трифазних трансформаторів.
6. Особливості розрахунку магнітного кола трансформатора.
7. Явища, що виникають при намагнічуванні магнітопроводу трансформатора.
8. Вплив схеми з'єднання обмоток на роботу трифазних трансформаторів.
9. Рівняння напруг, магніторушійних сил і струмів трансформатора.
10. Схема заміщення і векторна діаграма трансформатора.
11. Характеристики короткого замикання та холостого ходу трансформатора.
12. Втрати і ККД трансформатора. Енергетична діаграма.
13. Зовнішня характеристика трансформаторів.
14. Умови включення трансформаторів на паралельну роботу.
15. Основні типи обмоток і пазів статора машин змінного струму. Класи ізоляції обмоток статора машин змінного струму.
16. ЕРС котушки обмотки статора машин змінного струму. Способи зменшення вищих гармонік ЕРС.
17. ЕРС катушкової групи обмотки статора машин змінного струму. Коефіцієнт розподілу.
18. ЕРС фази обмоток статора машин змінного струму.
19. Зубцеві гармоніки ЕРС і боротьба з ними.
20. МРС обмоток статора машин змінного струму.
21. Поняття про кругове, еліптичне і пульсуюче магнітне поле машин змінного струму. Умови створення кругового поля.
22. МРС повітряного зазору машини змінного струму. Коефіцієнт повітряного зазору.
23. МРС феромагнітних ділянок машини змінного струму. Коефіцієнт насичення.
24. Конструкція і принцип дії асинхронного двигуна.
25. Режим роботи асинхронної машини.
26. Магнітні потоки та індуктивні опори розсіювання асинхронної машини.

27. Рівняння напруг асинхронного двигуна.
28. Рівняння магніторушійних сил і струмів асинхронного двигуна.
29. Приведення параметрів обмотки ротора до обмотки статора асинхронної машини. Величини параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна.
30. Схема заміщення і векторна діаграма асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (для номінального режиму).
31. Втрати і ККД асинхронного двигуна. Енергетична діаграма.
32. Електромагнітний момент і механічні характеристики асинхронного двигуна.
33. Максимальний та пусковий моменти АД. Критичне ковзання. Формула Клосса.
34. Робочі характеристики асинхронного двигуна.
35. Дослід і характеристики холостого ходу асинхронного двигуна. Схема заміщення АД в режимі холостого ходу.
36. Дослід і характеристики короткого замикання асинхронного двигуна. Схема заміщення АД в режимі короткого замикання.
37. Схема пуску асинхронного конденсаторного двигуна. Робота трифазного асинхронного двигуна від однофазної мережі.
38. Конструкція і принцип дії синхронного генератора.
39. Типи синхронних машин і їх конструктивні відмінності.
40. Проблема пуску синхронних двигунів. Асинхронний метод пуску.
41. Магнітне поле збудження синхронних машин.
42. Реакція якоря синхронних машин.
43. Рівняння напруги синхронних машин. Векторні діаграми синхронного генератора при активно-індуктивному і активно-ємнісному навантаженні.
44. Характеристики короткого замикання і холостого ходу синхронних машин.
45. Зовнішня, регульовальна і навантажувальна характеристики синхронних машин.
46. Кутова характеристика явнополюсних і неявнополюсних синхронних машин.
47. Робочі характеристики синхронних двигунів.
48. U-подібні характеристики синхронних машин.
49. Конструкція, переваги і недоліки машини постійного струму (МПС).
50. Принцип роботи і способи збудження МПС.
51. ЕРС обмотки якоря і рівняння напруг МПС.
52. Електромагнітний момент і механічні характеристики ДПС .
53. Реакція якоря машин постійного струму.
54. Причини збільшення іскріння під щітками та способи поліпшення комутації в МПС.
55. Особливості пуску ДПС.
56. Регулювання швидкості обертання двигуна постійного струму.
57. Режим роботи МПС.
58. Втрати і ККД в МПС.
59. Робочі характеристики ДПС з незалежним і паралельним способом збудження.
60. Характеристики холостого ходу та короткого замикання ГПС з незалежним збудженням. Визначення коефіцієнту насичення. Характеристичний (реактивний) трикутник.
61. Зовнішня характеристика ГПС з незалежним, паралельним, послідовним та змішаним збудженням.
62. Регульовальна характеристика ГПС з незалежним, паралельним та змішаним збудженням (узгодженим та зустрічним).
63. Навантажувальна характеристика ГПС з незалежним та паралельним незалежним, паралельним та змішаним узгодженим збудженням.
64. Процес самозбудження в ГПС з паралельним способом збудження.
65. Конструкція та характеристики вентильно-реактивних двигунів (SRM-двигунів).
66. Тахогенератори постійного струму (конструкція, принцип дії, характеристики).

67. Виконавчі двигуни постійного струму (особливості конструкції, принцип дії, характеристики).
68. Універсальний колекторний двигун (конструкція, принцип дії, часова залежність моменту).

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., доц. Гайденок Ю. А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 25.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 11 від 23.06.2022 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.