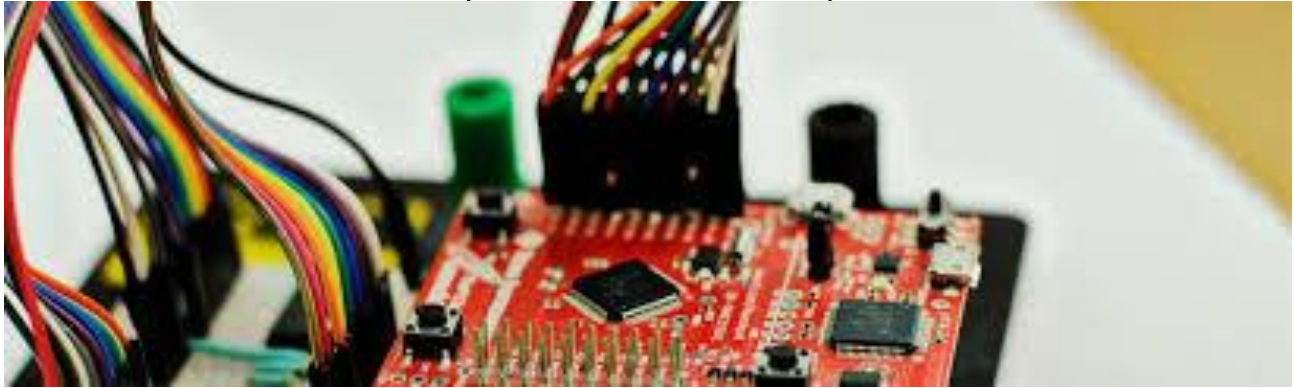


Затверджено на засідання кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
протокол №2 від 28.08.2025р.



Моделювання електромеханічних систем

II семестр 2025/2026 навчальний рік, курс силабус

Рівень вищої освіти – **перший (бакалаврський)**

Галузь знань – **14 «Електрична інженерія», 27 «Транспорт»**

Спеціальність – **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
273 «Залізничний транспорт»**

Освітня програма – **«Електропостачання та ресурсозберігаючі технології»
«Електровози та електропоїзди», «Електричний
транспорт»**

Час та аудиторія проведення занять – **згідно розкладу занять**
<http://rasp.kart.edu.ua>

Команда викладачів:

Лектор:

Маслій Артем Сергійович (кандидат технічних наук, доцент)

Контакти: тел.: +380974137970, e-mail: maslij@kart.edu.ua

Години прийому та консультацій: 11.00-14.00 понеділок

Веб-сторінки курсу:

Веб сторінка курсу: <https://kart.edu.ua/staff/maslij-artem-sergijovich>

Додаткові інформаційні матеріали:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/5000140?tree=CatalogTree,146.html>

Електромеханічна система є невід'ємною частиною багатьох технічних комплексів та автоматизованих систем. Метою більшості промислових установок є той чи інший вплив на навколишні об'єкти. Наприклад, на сировину, щоб отримати готову продукцію. Або на дорогу, щоб перемістити вантаж транспортним засобом. Для підвищення ефективності такого впливу застосовують автоматичні системи. При проектуванні і дослідженні електромеханічних систем використовуються математичні моделі елементів, що входять до них, серед яких головну роль грають моделі електромеханічних пристроїв, які в електромеханічних системах можуть бути присутніми в якості електродвигунів і датчиків (наприклад, тахогенераторів, сельсинів, обертових трансформаторів). Математична модель електромеханічного пристрою в значній мірі визначає вид моделі всієї електромеханічної системи, а також можливий вибір методів її аналізу і синтезу.

Математичне моделювання ґрунтується на досягненнях математики - як класичної, так і новітньої комп'ютерної, орієнтованої на виконання обчислень за допомогою сучасних комп'ютерів. Щоб працювати з такою потужною системою математичного моделювання, як Matlab/Simulink, потрібен певний мінімум теоретичних знань з математики, чисельних методів і математичного моделювання. Моделювання можна розглядати як заміщення досліджуваного об'єкта (оригіналу) його умовним чином, описом або іншим об'єктом, що має назву моделі забезпечує адекватну з оригіналом поведінку в рамках деяких припущень і прийнятних похибок. Моделювання зазвичай виконується з метою пізнання властивостей оригіналу, шляхом дослідження його моделі, а не самого об'єкта. Зрозуміло, моделювання виправдано в тому випадку, коли воно простіше створення самого оригіналу або коли останній з якихось причин краще взагалі не створювати. Виключно велика роль моделювання в енергетиці, електротехніці та електромеханіці. Досить сказати, що заміна натурних випробувань моделюванням не тільки економить величезні кошти, але і сприятливо позначається на розумінні процесів і явищ, що досліджуються. А така явища, як аварійні режими, взагалі можуть досліджуватися лише на моделях, оскільки станься вони насправді, це означало б руйнування досліджуваного об'єкта. Розробка різноманітних новітніх технологій (наприклад, систем тягового електроприводу і діагностики рухомого складу, електроенергетичних систем, накопичувачів енергії, сучасних швидкісних електропоїздів, електромобілів та ін.) також стає можливою також завдяки найвишуканішим засобам моделювання. Застосування моделювання важко переоцінити в будь-якій галузі: космонавтиці і авіації, в прогнозі погоди, в розвідці природних ресурсів і т.д. Однак не тільки такі показові приклади демонструють роль математичного і комп'ютерного моделювання. Насправді моделювання навіть найпростіших і широко розповсюджених пристроїв, наприклад роботи зливного бачка в туалеті або електричної праски, веде до величезної економії коштів і поліпшення якості масових виробів.

Існує безліч конкретних цілей моделювання, серед них відзначимо дві цілі узагальнюючого значення:

- вивчення механізму явищ (пізнавальна мета);
- управління об'єктами і системами з метою вироблення по моделі оптимальних керованих впливів і характеристик системи.

В обох випадках модель створюється для визначення і прогнозу характеристик або сигналів об'єкта, що нас цікавлять. Варто зазначити, що мільйони інженерів по всьому світу використовують Matlab/Simulink у якості мови технічних обчислень. Таким чином, сучасне виробництво, випробування, проектування, модернізація та подальша надійна експлуатація немислимі без застосування на всіх етапах життєвого циклу складних технічних об'єктів засобів моделювання.

Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності студентів:

- 1. Ціннісно-смыслову компетентність** (формування та розширення світогляду студента в області електромеханічного перетворення енергії, принципів роботи основних їх складових, використання сучасних програм автоматизованого проектування електромеханічних систем для залізничного транспорту, вміння виконувати розрахунки і аналіз їх параметрів);

- 2. Соціальну компетентність** (вміння розв'язувати проблеми в різних життєвих ситуаціях, набувати навички взаєморозуміння, визначити особисті ролі в розвитку залізничного транспорту);
- 3. Загальнокультурну компетентність** (розуміння особливостей роботи сучасних електромеханічних систем на залізничному транспорті України та за її межами, важливості використання програм для автоматизованого проектування цих систем);
- 4. Навчально-пізнавальну компетентність** (формування у студента зацікавленості про стан та перспективи розвитку електромеханічних систем на залізничному транспорті з метою розвитку креативної складової компетентності; навичок, що дозволяють самостійно і творчо вирішувати завдання автоматизованого їх проектування і дослідження на математичних моделях);
- 5. Мотиваційну компетентність** (здатність студента до навчання, винахідливості, набуття особистих практичних здібностей в області проектування сучасних електромеханічних систем для залізничного транспорту, набуття навичок адаптуватись та бути мобільним, вміння досягати успіху в житті, робити власний вибір та встановлювати особисті цілі);
- 6. Інформаційну компетентність** (розвиток вмінь студента до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору потрібної інформації в області автоматизації проектування електромеханічних систем за допомогою сучасних програм);
- 7. Комунікативну компетентність** (розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом організації процесу автоматизації проектування електромеханічних систем, вміння презентувати власний проект та кваліфіковано вести дискусію у досліджуваній сфері);
- 8. Компетентність особистісного самовдосконалення** (елементи фізичного, духовного й інтелектуального саморозвитку, емоційної саморегуляції та самопідтримки; підтримка постійної жаги до самовдосконалення та самопізнання, шляхом постійного пошуку нетрадиційних підходів до вирішення поставленої задачі).

Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо вас цікавить, як правильно проектувати ту чи іншу електромеханічну систему, які процеси відбуваються в ній, цей курс саме для вас!

Від здобувачів очікується: бажання працювати та навчатись новому. Практично весь змісту курсу присвячений практичним аспектам використання найбільш сучасного програмного середовища для інтерактивного науково-технічного програмування Matlab/Simulink. Паралельно лабораторним заняттям розглядаються теоретичні питання різних підходів до моделювання, видів моделей та ін. Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, на форумі і особисто - у робочий час.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, в чаті курсу (<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=13872>) і особисто - у робочий час.

Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, надає студентам знання про принципи створення імітаційних моделей електромеханічних систем - від

найпростіших базових елементарних одиниць до деталізованих моделей реальних систем, що застосовуються в електроенергетиці, електротехніці, електромеханіці, в тому числі на залізничному транспорті України. Курс складається з однієї лекції на два тижні і лабораторного заняття щотижня. Він супроводжується груповими та індивідуальними заняттями за комп'ютерами, лекційними презентаціями, обговореннями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання при розробці бакалаврської роботи і магістерського проекту, по завершенню навчання при влаштуванні в організації державної та приватної форм власності, проектно-конструкторські підрозділи виробництва, інноваційні підприємства, використання у власних розробках та дослідження.

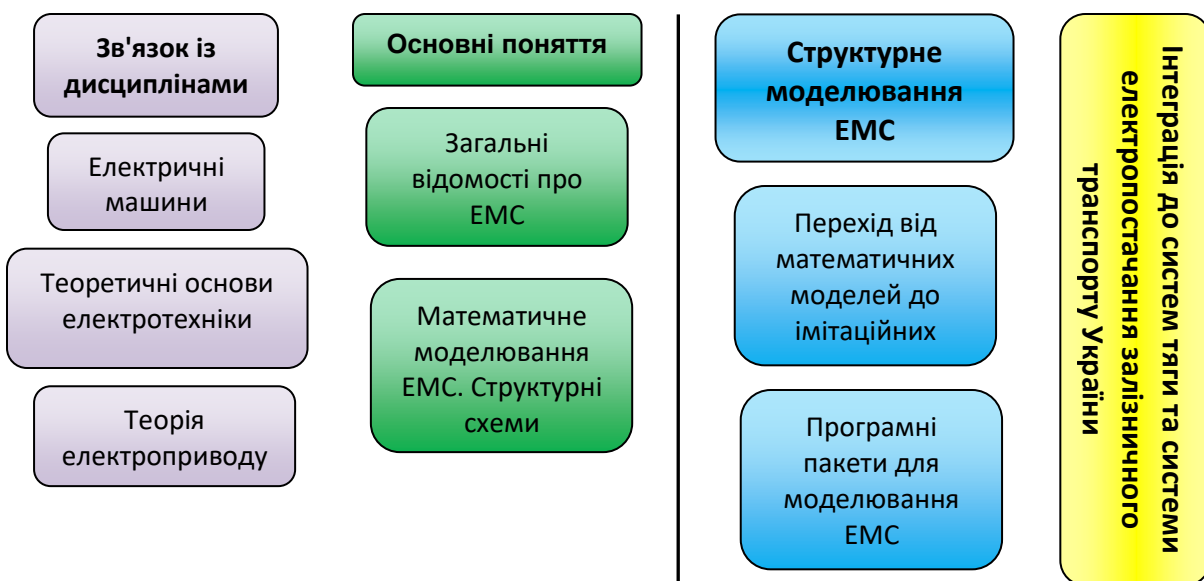
Моделювання електромеханічних систем

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Лабораторні роботи	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення на конференціях	
	Групові завдання	
	Відеоуроки	
	Індивідуальні консультації	
	Чат курсу	
	Залік	

Ресурси курсу

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення в аудиторії. Під час обговорення пропонується критично поміркувати над тим, як чином можливе використання моделювання при розробці систем електропостачання та ресурсозберігаючих технологій для покращення структури енергетичних системи в Україні та світі та як пристосовувати підходи, що вивчаються, до потреб залізничного транспорту. Приклади питань для обговорення: 1) Які потенційні економічні та технічні наслідки використання моделювання при розробці моделей електропостачання та ресурсозберігаючих технологій? 2) Які програмні додатки та методи моделювання дозволяють пришвидшити проектування та розробку технічних систем? Як це впливає на кінцевий результат та адекватність моделі? 3) Яким чином покращити енергоефективність і надійність електропостачання та ресурсозберігаючих технологій методами моделювання? Які економічні та соціальні наслідки будуть шляхом застосування прийнятих рішень? 4) Якими будуть ваші рекомендації та ваше бачення застосування моделювання при проектуванні систем електропостачання та ресурсозберігаючих технологій?

Теми курсу



Лекції та практичні заняття

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних та лабораторних занять
21	2	Тема 1. Загальні відомості про ЕМС Задачі аналізу ЕМС. Класифікація електромеханічних пристроїв.	2	ЛР-1 Знайомство з пакетом Matlab.
22	2	Тема 2. Механічна частина ЕМС Загальні положення з механіки. Закони Ньютона для поступального і обертального руху. Механічні передавальні пристрої (редуктори).	2	ЛР-1 Знайомство з пакетом Matlab.
23	2	Тема 2. Механічна частина ЕМС Кінематичні та розрахункові схеми. Математичний опис механіки.	2	ЛР-2 Математичне моделювання механічної частини ЕМС.
24	2	Тема 1. Загальні відомості про ЕМС Електричні машини постійного струму. Фізичний принцип роботи. Механічні характеристики двигунів.	2	ЛР-4 Математичне моделювання механічної частини ЕМС в середовищі Matlab
25	2	Тема 1. Загальні відомості про ЕМС Електричні машини змінного струму. Фізичний принцип роботи. Механічні характеристики двигунів.	2	ЛР-5 Математичне моделювання механічної частини ЕМС в середовищі Matlab
26	2	Тема 1. Загальні відомості про ЕМС Механічні характеристики асинхронних двигунів.	2	ЛР-6 Математичне моделювання напівпровідникових елементів в середовищі Matlab
27	2	Тема 2. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.1) Група рівнянь для моделювання електричних машин.	2	ЛР-7 Математичне моделювання двохмасової системи в середовищі Matlab
Модульний контроль №1				
28	2	Тема 2. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах	2	ЛР-8 Математичне моделювання тримасової

		(ч.1) Математичне моделювання машини постійного струму в середовищі Matlab.		системи в середовищі Matlab
29	2	Тема 2. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.1) Математичне моделювання асинхронних двигунів в середовищі Matlab.	2	ПР-9 Математичне моделювання машини постійного струму в середовищі Matlab.
30	2	Тема 2. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.1) Математичне моделювання синхронних двигунів в середовищі Matlab.	2	ПР-10 Математичне моделювання асинхронних двигунів в середовищі Matlab.
31	2	Тема 3. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.2) Розрахунок магнітного поля методом кінцевих елементів за допомогою програмного комплексу FEMM.	2	ПР-11 Математичне моделювання синхронних двигунів в середовищі Matlab.
32	2	Тема 3. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.2) Розрахунок магнітного поля методом кінцевих елементів за допомогою програмного комплексу FEMM.	2	ПР-12 Розрахунок магнітного поля лінійних електро механічних перетворювачів енергії.
33	2	Тема 3. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.2) Математичне моделювання вентильно-індукторних електродвигунів в середовищі Matlab.	2	ПР-13 Розрахунок магнітного поля вентильно-індукторного двигуна за допомогою програмного комплексу FEMM.
34	2	Тема 3. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.2) Математичне моделювання лінійних електродвигунів в середовищі Matlab.	2	ПР-14 Математичне моделювання вентильно-індукторних електродвигунів в середовищі Matlab.
35	2	Тема 3. Проектування ЕМС в спеціалізованих програмних пакетах (ч.2) Проектування ЕМС за допомогою програми AutoCad.	2	ПР-15 Математичне моделювання лінійних електродвигунів в середовищі Matlab.
Модульний контроль №2				
Залік с дисципліни				

Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
ВІДМІННО – 5	Відмінно – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	Дуже добре – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	Добре – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	Задовільно - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік чи іспит (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

Завдання на самостійну роботу:

- Студентам пропонується обрати один з 5 варіантів тем для створення власного проєкту впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **20 балів до поточного модульного контролю**. За вчасне та частково вірне виконання – від 10 до 20 балів. За невиконане завдання бали не нараховуються. Необхідний обсяг виконання завдання складає 50% на перший модульний контроль і 100% на другий модульний контроль. Перебіг поточного виконання завдання та питання для обговорення надсилаються на e-mail викладача або перевіряються ним особисто.
- Студенти мають прорецензувати одну роботу іншого студента або групи впродовж семестру на заняттях та висловити свої критичні зауваження.

	Теми проєктів
1	Основні поняття математичного та імітаційного моделювання.
2	Імітаційне моделювання електромеханічних систем
3	Структурне моделювання електроенергетичних систем
4	Налаштування моделей складних електроенергетичних систем
5	Принцип побудови імітаційних моделей ЕМС в середовищі Matlab.

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. За відвідування кожної лекції нараховується 1 бал. **Максимальна кількість становить 15 балів.**

Ступінь залученості:

Мета участі в курсі – залучити вас до дискусії, розширити можливості навчання для себе та своїх однолітків та дати вам ще один спосіб перевірити свої погляди на питання проектування електромеханічних систем. Участь буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. Ми намагаємося надати всім студентам рівні та справедливі можливості для підвищення власної залученості. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Практичні заняття:

Оцінюються за відвідуваннями (до 5 балів), ступенем залученості (до 5 балів) та стислою презентацією виконаного завдання (до 5 балів). Ступінь залученості визначається участю у роботі дискусійного клубу з питань сучасних електромеханічних систем. **Максимальна сума становить 15 балів.**

Модульне тестування:

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (20 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2 бали). **Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.**

Залік:

- Студент отримує залік за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання викладача.

Екскурсії

Впродовж семестру запланована екскурсія на підприємство ПрАТ «Елакс».

За результатами екскурсій студенту пропонується зробити коротку презентацію (до 10 слайдів), яка буде оцінюватися додатковими балами (за потреби). **Максимальна кількість становить 5 додаткових балів за презентацію.**

Результати навчання

В результаті вивчення курсу «Моделювання електромеханічних систем» здобувач вищої освіти буде:

1. Мати досить глибокі знання і уявлення в області електромеханічного перетворення енергії та управління процесами такого перетворення, вивчення більш широкого і складного кола питань проектування електромеханічних систем.
2. Мати розуміння, як правильно використовувати сучасні програми для проектування електромеханічних систем, знати принципи роботи основних їх складових, вміти виконувати розрахунки і їх аналіз.
3. Вміти застосовувати отримані знання та проводити порівняльний аналіз роботи електромеханічних систем з використанням спеціалізованого програмного

забезпечення, вибирати оптимальні варіанти для отримання якості та надійності роботи обладнання.

4. Мати уявлення про перспективи розвитку сучасних методів автоматизації проектування електромеханічних систем.

5. Вміти виконувати математичне моделювання електромеханічних систем; розв'язувати задачі аналізу та синтезу, знати організацію процесу автоматизації процесу проектування електромеханічних систем, принципи побудови, структуру та технічні засоби систем автоматизованого проектування з використанням сучасних програм.

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням <http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>.

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

Інтеграція студентів із обмеженими можливостями

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>