

Затверджено на засіданні кафедри електроенергетики
електротехніки та електромеханіки
протокол №1 від 29.08.2024р.



СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Лекції: за розкладом дистанційно

Аудиторія: дистанційно

Практика: за розкладом дистанційно

Аудиторія: дистанційно

Команда викладачів:

Лектори:
Одегов Микола Миколайович
Яцько Сергій Іванович (<i>запрошений лектор</i>)
Контакти: odegov@kart.edu.ua, jacko@kart.edu.ua
Веб-сторінки курсу:
Веб сторінка курсу: https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3822

Основою приведення в рух будь-якого електротранспорту є його тягові двигуни. Для забезпечення керування швидкістю обертання тягових двигунів, а отже і швидкості руху електротранспорту, розробляються системи керування.

Найперші системи керування, застосовані на електрорухомому складі, були найбільш простими, з реостатно-контакторною системою керування і тяговими двигунами постійного струму. Через високу трудомісткість робіт при обслуговуванні та ремонті, низьку надійність в роботі, високі енерговитрати при пуску, на сьогодні такі системи є морально та технічно застарілими, хоча і досі використовуються на електровозах і електропоїздах в Україні та світі.

Розвиток напівпровідникових технологій дозволив здійснити безступінчасте імпульсне керування і став основою для створення систем автоматичного керування електротранспорту. Електротранспорт з імпульсними системами керування двигунами постійного струму має кращі показники за рівнем енергоспоживання у порівнянні з

реостатно-контакторною системою керування. При цьому залишилися невирішеними проблеми в самому двигуні постійного струму, його колекторно-щіточному вузлі, що стримувало подальший розвиток техніки в даному напрямку.

Рішення по збільшенню потужності, підвищенню надійності роботи, енергоефективності роботи та зменшенню витрат на обслуговування та ремонт було знайдено шляхом застосування асинхронних двигунів у якості тягових. При цьому досить тривалий час не вдавалося досягнути якісних показників роботи рухомого складу з тяговим асинхронним електроприводом саме через відсутність ефективної системи керування. Рішення було знайдене після застосування векторної системи керування. На сьогодні тяговий асинхронний електропривод з векторною системою керування є базовим для застосування на електротранспорті в Україні та світі.

Водночас натеper вже впроваджені та розвиваються інші типи систем керування для рухомого складу, наприклад швидкісного електротранспорту на базі синхронних двигунів з постійними магнітами, автономного транспорту з бортовими накопичувачами енергії, магнітолевітаційного електротранспорту, тощо. Розробка, впровадження та ефективна експлуатація всіх вищеперелічених видів електротранспорту були б неможливими без проектування їхніх систем керування.

Пошук шляхів оптимізації існуючих та розробки нових, найбільш оптимальних систем керування електрорухомим складом продовжується і в наші дні.

Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо вас цікавлять принципи функціонування існуючого, сучасного та перспективного рухомого складу, системи його керування, або Ви бажаєте відчувати на власному досвіді як спроектувати та відлагодити систему керування електротранспорту - Вам потрібно саме це! Від здобувачів очікується: бажання проводити власні дослідження та отримувати нові знання з метою подальшого створення перспективних систем керування електротранспорту.

Половина змісту курсу присвячена теоретичному ознайомленню з існуючим досвідом використання систем керування електротранспорту з двигунами постійного і змінного струму. На практичних заняттях виконується створення імітаційних моделей різних видів систем керування, їх відлагодження з урахуванням реальних параметрів роботи рухомого складу електротранспорту.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з найбільш будь-яких аспектів курсу по електронній пошті, на форумі і особисто - у робочий час.

Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, надає студентам знання про принципи створення систем керування електротранспорту - від найпростіших (реостатноконтакторних, імпульсних, ступінчастих, фазових) до сучасних векторних систем керування, що застосовуються, в тому числі, на найбільш сучасному залізничному транспорті в Україні.

Курс складається з однієї щотижневої лекції і одного щотижневого практичного заняття. Він супроводжується груповими та індивідуальними заняттями, 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 установи державної та приватної форм власності, проектно-конструкторські підрозділи виробництв, інноваційні підприємства, використання у власних розробках та дослідженнях.

Моделювання електромеханічних систем / схема курсу

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Запрошені лектори	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення в аудиторії	
	Практичні заняття	
	Гурток	
	Індивідуальні консультації	
	Онлайн форум	
	Залік	

Практичні заняття курсу передбачають виконання проектів з розробки заданих систем керування електротранспортом (групи від 3х до 5 осіб). Виконання завдання супроводжується зануренням у суміжні дисципліни, що доповнюють теми, та формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

Ресурси курсу

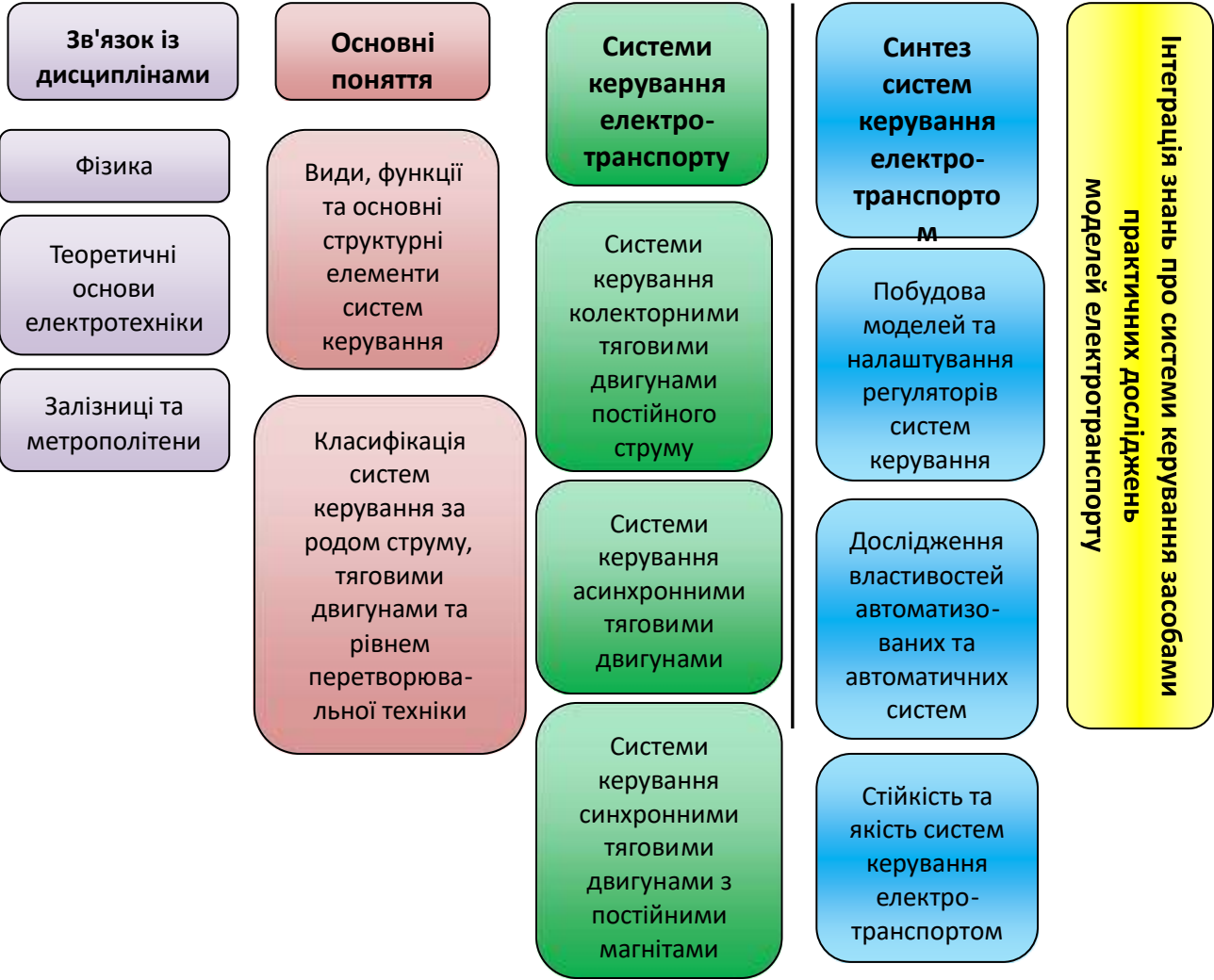
Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3822>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

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, яким чином можливе використання отриманих знань при розробці систем керування для здійснення оновлення та удосконалення рухомого складу в Україні і світі. Приклади питань для обговорення:

- 1) Які серед існуючих найбільш перспективні види електротранспорту та які системи керування здатні забезпечити найбільш ефективне їх використання?
- 2) Як спроектувати та налаштувати оптимальну систему керування, здатну забезпечити стійкість та якісність характеристик роботи електротранспорту?
- 3) Яким чином синтезувати регулятори системи керування електротранспортом? Напрямки застосування класичних та перспективних алгоритмів керування?

4) Якими будуть ваші рекомендації та ваше бачення перспективних напрямків у вирішенні задач розробки керування електротранспортом на основі отриманих знань?

Теми курсу



Лекції та практичні заняття

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

Тиждень	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних занять
1	2	Тема 1. Основні поняття систем керування електротранспорту. Функції систем керування електротранспортом. Реалізація задач керування електротранспортом. Показники якості системи керування електротранспортом.	2	Знайомство з бібліотекою Simulink, основні блоки та математичні операції з ними.

2	2	<u>Тема 2. Класифікація систем керування електротранспортом.</u> Класифікація електротранспорту за родом струму в контактній мережі. Класифікація електротранспорту за тяговими двигунами. Класифікація систем керування	2	Моделювання систем керування за допомогою структурних схем. Моделювання структурною схемою системи керування електротранспортом з
		електротранспортом за типами перетворювачів.		колекторними двигунами постійного струму.
3	6	<u>Тема 3. Системи керування режимами тяги і гальмування електротранспорту постійного струму з колекторними тяговими двигунами.</u> Принципи регулювання швидкості і сили тяги колекторних тягових двигунів постійного струму. Регулювання сили тяги і швидкості електротранспорту за рахунок зміни напруги на тягових електродвигунах. Умови плавного реостатного пуску. Способи перегрупування тягових електродвигунів. Системи керування збудженням тягових електродвигунів. Принципи автоматичного пуску. Умови електричного гальмування. Вимоги до систем електричного гальмування. Рекуперативно-реостатне гальмування.	2	Моделювання режимів руху (тяги, вибігу і гальмування) електротранспорту з колекторними двигунами постійного струму і реостатно-контакторною системою керування. Розробка імпульсної системи керування електричних машин електротранспорту з колекторними двигунами постійного струму.
4	4	<u>Тема 4. Системи керування режимами тяги і гальмування електротранспортом однофазно-постійного струму з статичними перетворювачами.</u> Умови роботи трансформатора в схемах однофазного випрямлення з навантаженням на тяговий електродвигун. Пульсації випрямленого струму і їх вплив на роботу тягових електродвигунів. Амплітудне регулювання зі сторони нижчої напруги трансформатора. Амплітудне регулювання зі сторони вищої напруги трансформатора. Фазове регулювання випрямленої напруги. Безконтактне амплітудно-фазове (зоннофазове) регулювання випрямленої напруги. Зонно-фазове регулювання при рекуперативному гальмуванні.	2	Проектування системи керування електротранспортом змінного струму з ступінчастим регулюванням.
			2	Проектування системи керування електротранспортом змінного струму з фазовим регулюванням. Проектування системи керування електротранспортом змінного струму з зоннофазовим регулюванням.

5	6	<u>Тема 5. Системи керування електротранспортом з тяговими асинхронними двигунами.</u> Порівняння показників асинхронних і колекторних тягових двигунів. Характеристики асинхронних тягових двигунів при частотному регулюванні. Структурні схеми силових кіл електротранспорту з тяговим асинхронним електроприводом. Робота асинхронного тягового двигуна з інвертором напруги. Чотириквadrантний перетворювач. Принципи керування електротранспортом з асинхронними тяговими двигунами.	2	Проектування систем керування електротранспорту з тяговим асинхронним електроприводом і 180градусною модуляцією.
			2	Проектування скалярної системи керування електротранспорту з тяговим асинхронним електроприводом.
			2	Проектування векторної системи керування електротранспорту з тяговим асинхронним електроприводом.
6	4	<u>Тема 6. Системи керування електротранспортом з синхронними двигунами з постійними магнітами.</u> Основи теорії синхронного двигуна з постійними магнітами. Режими роботи і характеристики. Схема силових кіл і система	2	Проектування системи керування чотириквadrантним перетворювачем.
		керування. Перспективи застосування синхронних двигунів з постійними магнітами.		Проектування системи керування електротранспорту з синхронними двигунами з постійними магнітами PMSM.
7	4	<u>Тема 7. Синтез систем автоматичного керування електротранспортом.</u> Загальна характеристика задач синтезу, принципи корекції. Методи синтезу систем керування. Особливості синтезу регуляторів для систем автоматичного керування електротранспорту.	2	Поняття передавальної функції. Синтез регуляторів в системах керування, Прегулятор, параметри перехідних функцій.
			2	Автоматичні системи керування електротранспортом.
8	2	<u>Тема 8. Стійкість і якість систем керування електротранспорту.</u> Поняття про стійкість і критерії стійкості. Критерії якості процесів регулювання. Точність роботи систем автоматичного керування.	2	Принципи проектування інтелектуальних систем керування електротранспортом на основі алгоритмів штучного інтелекту.

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 (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 9 варіантів тем для створення власного проекту впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **20 балів до поточного модульного контролю**. За вчасне та частково вірне виконання – від 15 до 25 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.

№ з/п	Назва теми
1	Критерії оптимізації режимів руху електротранспорту.
2	Структурне моделювання систем керування електротранспортом.
3	Натурні об'єкти і фізичні аналоги структурних блоків систем керування.
4	Моделювання лінійних, нелінійних та дискретних систем.
5	Порівняльні характеристики систем керування електротранспортом.
6	Рівні автоматизації систем керування електротранспортом.
7	Надійність систем керування електротранспортом.
8	Електричні апарати, їх класифікація і загальні технічні вимоги.
9	Допоміжні кола електричного рухомого складу.

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 2 бали. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Ступінь залученості:

Мета участі в курсі – залучити студентів до дискусії, розширити можливості навчання для себе та навчитись орієнтуватись в системах керування електротранспортом. Участь

буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Практичні заняття:

Оцінюються за відвідуваннями (до 3 балів), ступенем залученості (до 7 балів) та захистом виконаного завдання (до 5 балів). Ступінь залученості визначається участю у процесі виконання робіт. **Максимальна сума становить 30 балів.**

Модульне тестування:

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (15 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2,5 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.

Команда викладачів:

Одєгов Микола Миколайович (<http://kart.edu.ua/staff/vashhenko-jaroslav-vasilovich>) – лектор з моделювання електромеханічних систем в УкрДУЗТ.

Яцько Сергій Іванович (<http://kart.edu.ua/staff/jacko-sergij-ivanovich>) – доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки УкрДУЗТ. У Кандидат технічних наук з 1991 року. Дисертацію захистив у спеціалізованій вченій раді при Луганському машинобудівному інституті за спеціальністю «Рухомий склад залізниць та тяга поїздів». Напрямок наукової діяльності: підвищення ефективності систем електричної тяги. Науковий керівник галузевої науково – дослідної лабораторії електричного моторвагонного рухомого складу.

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним.

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: <https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3822>