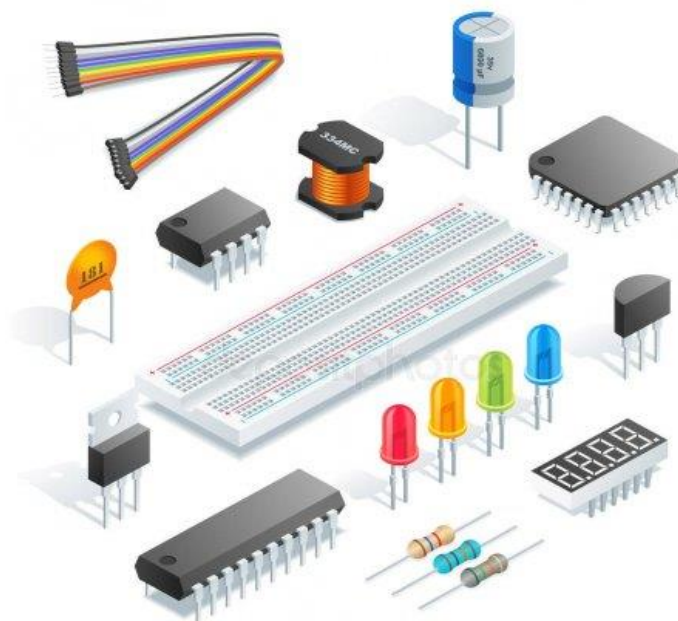


Затверджено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки протокол № 1 від 15.09.2023 р.



ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

I семестр 2023/2024 навчальний рік, курс силабус
Рівень вищої освіти – **перший (бакалаврський)**
Галузь знань – **27 «Транспорт», 14 «Електрична інженерія»**
Спеціальність – **273 «Залізничний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**
Освітня програма – **«Електровози та електропоїзди», «Електричний транспорт», «Електропостачання та ресурсозберігаючі технології»**
Час та аудиторія проведення занять – **згідно розкладу занять**
<http://rasp.kart.edu.ua>

Команда викладачів:

Лектор:

Маслій Артем Сергійович (кандидат технічних наук, доцент)

Веб-сторінка: <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/kolectuv-kafedru-aset-ua?id=2699>

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

Веб-сторінки курсу:

Веб сторінка курсу: <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/perelik-osnovnikh-distsiplin-kafedri-aset-ua?>

Додаткові інформаційні матеріали:

<http://uareferats.com/index.php/book/details/336>

Дисципліна «Теорія автоматичного керування» є однією з базових у навчальних планах ряду бакалаврських програм підготовки студентів багатьох спеціальностей у вищих навчальних закладах України. Особливе значення теорія автоматичного керування має для спеціальностей, які пов'язані з автоматизацією електромеханічних систем та електроприводами. Для цих спеціальностей теорія автоматичного керування становить теоретичну базу багатьох спеціальних

дисциплін: «Теорія електроприводу», «Системи керування електроприводами» та дисциплін з автоматизації технологічних процесів, моделювання електромеханічних систем (<https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/9990173?tree=CatalogTree>). У даному курсі відображено основні питання теорії автоматичного керування, необхідні спеціалістам з автоматизації виробничих процесів, промислових установок, а також систем керування рухомим складом, включаючи електричний транспорт та автономний транспортний засіб. Вивчаючи цей курс, студенти не тільки зрозуміють основоположні принципи роботи сучасних систем автоматичного керування, принцип їх синтезу, а й зрозуміють процеси, які відбуваються в них. Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності студентів:

- 1. Ціннісно-смыслову компетентність** (формування та розширення світогляду студента в процесах, що відбуваються в системах автоматичного керування технічними об'єктами залізничного транспорту, вивчення сучасних підходів до аналізу існуючих і проектування нових систем);
- 2. Соціальну компетентність** (вміння розв'язувати проблеми в різних життєвих ситуаціях, набувати навички взаєморозуміння, визначити особисті ролі в розвитку сучасних систем керування на залізничному транспорті);
- 3. Загальнокультурну компетентність** (розуміння особливостей роботи сучасних систем автоматичного керування, уявлення про перспективи розвитку сучасних систем керування електромеханічними об'єктами в напрямку застосування елементів штучного інтелекту);
- 4. Мотиваційну компетентність** (здатність студента до навчання, винахідливості, набуття особистих практичних здібностей в області сучасних систем керування на залізничному транспорті, набуття навичок адаптуватись та бути мобільним, вміння досягати успіху в житті, робити власний вибір та встановлювати особисті цілі);
- 5. Навчально-пізнавальну компетентність** (правильно використовувати сучасні системи автоматичного регулювання, підвищувати точність їх керування, визначати алгоритми керування та дослідження динамічних властивостей на основі сучасної теорії, формування у студентів системи теоретичних і практичних знань в області створення і функціонування систем автоматичного керування технічними об'єктами, вміння виконувати розрахунки і аналіз параметрів таких систем.);
- 6. Інформаційну компетентність** (розвиток вмінь студента до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору потрібної інформації в області систем керування за допомогою сучасних інформаційних технологій);
- 7. Комунікативну компетентність** (розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом реалізації групових проектів, вміння презентувати власний проект та кваліфіковано вести дискусію у досліджуваній сфері);
- 8. Функціональну компетентність** (вміння студента оперувати знаннями, набути в області систем керуванням в житті та навчанні, використовувати джерела інформації для постійного власного розвитку);
- 9. Компетентність особистісного самовдосконалення** (елементи фізичного, духовного й інтелектуального саморозвитку, емоційної саморегуляції та самопідтримки, постійної жаги до самовдосконалення та самопізнання, шляхом пошуку нетрадиційних підходів до проведення

досліджень, включаючи проведення порівняльного аналізу та самостійного прийняття рішень).

Чому ви маєте обрати цей курс?

Автоматичні системи регулювання та керування є невід'ємною частиною сучасних електронних, електричних, механічних пристроїв та систем. При незадовільній роботі систем керування придатність до експлуатації сучасних технічних пристроїв втрачається. Кожен кваліфікований спеціаліст повинен володіти знаннями та навиками контролю і корекції систем керування, розуміти процеси, які в них проходять, законів керування, принципів побудови й функціонування систем керування, методів їх дослідження та влаштування. Саме ці питання вивчає «Теорія автоматичного керування», а спеціаліст в даній області завжди затребуваний!

Від здобувачів очікується: правильне використання сучасних систем автоматичного регулювання, підвищення точності їх керування, визначення алгоритмів керування та дослідження динамічних властивостей на основі сучасної теорії, створення систем автоматичного керування технічними об'єктами, вміння виконувати розрахунки і аналіз параметрів таких систем.

Матеріал викладено в такій послідовності: розглядаються загальні принципи побудови систем автоматичного керування і регулювання, типові динамічні ланки та їхні характеристики, математичний опис систем керування (у вигляді диференціального рівняння відповідного порядку та структурних схем), методи визначення статичних і динамічних характеристик систем, а також питання стійкості. Особливу увагу приділено аналізу якості систем в усталених і перехідних режимах та методам її підвищення, розглядаються способи синтезу та підвищення точності систем керування. Також стисло висвітлено суть ряду нових наукових напрямів: методи фаззи-логіки, нейронних сіток, генетичних алгоритмів. До кожної теми буде розглянуто приклади розв'язування різних задач з конкретних електромеханічних систем автоматичного керування або їхніх окремих елементів.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, на форумі (<http://controlsystem.forumotion.me/>) і особисто - у робочий час.

Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, дає студентам глибоке розуміння процесів, які відбуваються в системах керування, уміння правильно налаштовувати системи автоматичного керування в залежності від технологічного процесу та зовнішніх збурень.

Курс складається з 1,5 лекції на тиждень, одного практичного заняття раз у два тижні (перший семестр) і однієї лабораторної роботи раз у два тижні. Він супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та груповими завданнями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання для аналізу, синтезу та моделювання систем автоматичного керування, вирішувати практичні завдання протягом обговорень в аудиторії та розробляти перспективні мікропроцесорні системою керування. В рамках курсу передбачається присутність запрошених працівників з підприємств (**головний інженер проектів ПрАТ «Елакс»**) та проведення екскурсії на підприємства, що займаються проектуванням таких систем.

Теорія автоматичного керування / схема курсу

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Практичні заняття	
	Лабораторні роботи	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення в аудиторії	
	Групові завдання	
	Екскурсії	
	Індивідуальні консультації	
	Онлайн форум (http://controlsystem.forumotion.me/)	
	Іспит	

Практичні заняття курсу передбачають виконання групових проектів на базі круглого столу. Круглий стіл - один з найбільш ефективних способів для обговорення гострих, складних і актуальних на поточний момент питань в будь-якій професійній сфері, обміну досвідом та творчих ініціатив. Така форма занять дозволяє краще засвоїти матеріал, знайти необхідні рішення в процесі ефективного діалогу на тему перспективних систем керування (групи від 5 до 7 осіб) та більш раціонально підійти до розробки презентації, щодо шляхів вирішення поставлених завдань в кінці курсу. Проект фіналізується короткою доповіддю. Виконання завдання супроводжується зануренням у суміжні дисципліни, що доповнюють теми, та формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

На лабораторних заняттях застосовується технологія, коли окремі підгрупи студентів збирають схему лабораторної установки або її математичну модель на комп'ютері і проводять дослідження роботи систем керування з використанням сучасної перетворювальної та мікропроцесорної техніки, а також елементів математичного моделювання.

Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua/mat-po-fak-ua/mat-fak-meh-ua>) включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету у розділі «**дистанційне навчання**» поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення в аудиторії. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку наступної лекції. Під час обговорення ми запропонуємо вам критично поміркувати над тим, як правильно налаштовувати мікропроцесорну систему керування з заданим технологічним процесом та як використовувати сучасні системи керування на залізничному транспорті. Ви повинні бути готовими до дискусій та мозкових штурмів – ми хочемо знати, що ви думаєте!

Приклади питань для обговорення доступні на слайдах відповідних презентацій. Ось деякі з них:

- 1) Система керування на базі нечіткої логіки. Навіщо потрібні такі системи?
- 2) Які наслідки чекає суспільство у разі впровадження штучного інтелекту?
- 3) Які переваги та недоліки систем підлеглого керування?
- 4) Яка різниця між мікропроцесором та мікроконтролером?
- 5) Коли доцільно застосовувати нейронні мережі?

Додаткові відеоматеріали можна знайти на нашому Telegram каналі https://t.me/the_control_systems

ControlSystem - це онлайн-форум для цього курсу. Тут студенти можуть задавати питання, а також обговорювати і аналізувати теми перспективних систем керування поза лекціями. Студенти можуть задавати питання про матеріал курсу, індивідуальні завдання щодо застосування таких систем на залізничному транспорті і отримувати швидкі відповіді від викладачів. Студентам пропонується відповісти на питання ваших однолітків теж! **ControlSystem** також є місцем, де студенти і викладачі можуть публікувати «новини у сфері новітніх систем автоматичного керування», для обміну думками та інформацією.

Щоб зареєструватися, виберіть вкладку «форуми» в www.kart.edu.ua, потім оберіть **ControlSystem** та «приєднатися як студент» (<http://controlsystem.forumotion.me/>)

Теми курсу



Лекції, практичні заняття та лабораторні роботи

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних та лабораторних занять
1	2	Тема 1. Математичний опис лінійних систем автоматичного керування. Поняття про автоматичне регулювання. Загальна функціональна схема САР.	2	ПР-1. Видача завдання до курсової роботи.
1	2	Тема 1. Математичний опис лінійних систем автоматичного керування. Класифікація САР по способу впливу на об'єкт регулювання, по величині похибки, по характеру керуючого діяння, по характеру сигналів, що передаються.		
2	2	Тема 1. Математичний опис лінійних систем автоматичного керування. Типові діяння в системах автоматичного регулювання. Основні задачі теорії автоматичного керування.	2	ЛР-1. Дослідження часових характеристик лінійних ланок.
3	2	Тема 1. Математичний опис лінійних систем автоматичного керування. Основні прийоми спрощення структурних схем.	2	ПР-2. Розрахунок передавальної функції обмотки збудження.
3	2	Тема 1. Математичний опис лінійних систем автоматичного керування. Лінійаризація нелінійних рівнянь системи автоматичного регулювання.		
4	2	Тема 2. Типові динамічні ланки. Основні елементарні динамічні ланки. Математичний опис елементарних ланок.	2	ЛР-1. Дослідження часових характеристик лінійних ланок.
5	2	Тема 2. Типові динамічні ланки. Принцип побудови динамічних ланок на операційних підсилювачах.	3	ПР-3. Розрахунки регулювальної характеристики керованого випрямляча.
5	2	Тема 3. Частотні характеристики систем автоматичного керування. Основні поняття про частотні характеристики.		
6	2	Тема 3. Частотні характеристики систем автоматичного керування. Амплітудно-частотні (АЧХ) та фазо-частотні (ФЧХ) характеристики динамічних ланок.	2	ЛР-2. Дослідження частотних характеристик лінійних ланок.
7	2	Тема 3. Частотні характеристики систем автоматичного керування. Амплітудно-частотні (АЧХ) та фазо-частотні (ФЧХ) характеристики динамічних ланок.	2	ПР-4. Розрахунок коефіцієнта підсилення датчика струму.
7	2	Тема 3. Частотні характеристики систем автоматичного керування. Логарифмічні частотні характеристики		

		(ЛЧХ), асимптотична ЛАХ.		
Модульний контроль №1				
8	2	Тема 4. Критерії стійкості лінійних систем автоматичного регулювання. Поняття про стійкість лінійних систем.	2	ЛР-2. Дослідження частотних характеристик лінійних ланок.
9	2	Тема 4. Критерії стійкості лінійних систем автоматичного регулювання. Алгебраїчні критерії стійкості. Критерій Рауса-Гурвіца.	2	ЛР-5. Розрахунок частотних характеристик.
9	2	Тема 4. Критерії стійкості лінійних систем автоматичного регулювання. Частотні критерії стійкості. Критерій стійкості Михайлова.		
10	2	Тема 4. Критерії стійкості лінійних систем автоматичного регулювання. Критерій стійкості Найквіста.	2	ЛР-2. Дослідження частотних характеристик лінійних ланок.
11	2	Тема 5. Оцінка якості регулювання. Основні показники, що характеризують якість систем регулювання.	2	ЛР-6. Синтез передавальної функції та електричної схеми регулятора.
11	2	Тема 6. Синтез систем автоматичного керування. Методи синтезу лінійних систем.		
12	2	Тема 6. Синтез систем автоматичного керування. Побудова бажаної ЛАХ та корегуючої ланки. Частотні області бажаної ЛАХ.	2	ЛР-3. Дослідження стійкості лінійних неперервних систем.
13	2	Тема 7. Корекція систем автоматичного керування (ч.1). Послідовна і паралельна корекція. Синтез коригуючи пристроїв.	2	ЛР-7. Аналіз сталого та перехідного процесів системи регулювання.
13	2	Тема 7. Корекція систем автоматичного керування (ч.1). Основні типи лінійних регуляторів. Показники якості роботи регуляторів.		
14	2	Тема 7. Корекція систем автоматичного керування (ч.2). Налаштування контуру системи автоматичного керування на модульний оптимум.	2	ЛР-3. Дослідження стійкості лінійних неперервних систем
15	2	Тема 7. Корекція систем автоматичного керування (ч.2). Налаштування контуру системи автоматичного керування на симетричний оптимум.	2	ЛР-8. Математичне моделювання перехідних процесів.
15	2	Тема 7. Корекція систем автоматичного керування (ч.2). Система підлеглого керування приводом постійного струму.		
Модульний контроль №2				
Іспит				

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 8 варіантів тем для створення власного проекту впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **15 балів до поточного модульного контролю**. За вчасне та частково вірне виконання – від 10 до 15 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. Для студентів в другому семестрі передбачено виконання курсової роботи.

	Теми проектів
1	Розгляд систем керування двигунами постійного струму
2	Розгляд систем керування асинхронними двигунами
3	Розгляд систем керування вентильними та синхронними двигунами
4	Розгляд систем керування на основі мікропроцесорів
5	Нетрадиційні регулятори. Нечітка логіка.
6	Нетрадиційні регулятори. Нейронні мережі
7	Моделювання системи підлеглого керування приводу постійного струму на базі Matlab
8	Принцип побудови імітаційних моделей динамічних ланок в Matlab

- Студенти можуть прорецензувати одну роботу іншого студента або групи впродовж семестру на онлайн форумі (<http://controlsystem.forumotion.me/>) або очно та висловити свої критичні зауваження. **Максимальна кількість за рецензування становить 5 додаткових балів.**

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 сума 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 застосування сучасних систем керування. 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 кількість становить 10 балів.**

Лабораторні роботи:

Оцінюються за виконанням (до 5 балів), ступенем залученості (до 7 балів) та своєчасним захистом (до 5 балів). Ступінь залученості визначається активністю, різноманіттям ідей та дискусій при виконанні лабораторної роботи. **Максимальна сума становить 17 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.**

Іспит:

- Студент отримує іспит 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 екзаменаційний бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на іспиті, відповівши на питання викладача.

Екскурсії

Впродовж семестру заплановані 2 екскурсії на підприємства, зокрема:

- відвідування електровозного депо «Харків-Головне»
- відвідування ПрАТ «Елакс».

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

Результати навчання

В результаті вивчення курсу «Теорія електроприводу» здобувач вищої освіти буде:

1. Правильно використовувати сучасні системи автоматичного регулювання, підвищувати точність їх керування, визначати алгоритми керування та досліджувати динамічні властивості на основі сучасної теорії.

2. Мати теоретичні і практичні знання в області створення і правильного функціонування систем автоматичного керування, вміти виконувати розрахунки і аналіз параметрів таких систем.

3. Знати особливості умови, режими роботи та задачі, що вирішуються за допомогою автоматичних систем керування, принципи та методи побудови автоматичних систем керування, методи проведення досліджень включаючи проведення порівняльного аналізу та прийняття рішень.

4. Мати уявлення перспективи розвитку сучасних систем керування електромеханічними об'єктами, що застосовуються, як на транспорті, так і в промисловості.

5. Вміти виконувати математичне описання систем автоматичного керування, правильно застосовувати отримані знання та проводити порівняльний аналіз основних характеристик систем керування, вибирати оптимальні варіанти для забезпечення якості та надійності їх роботи.

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 консультиватися 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/>