



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



# Теорія автоматичного керування

### Шифр та назва спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### Освітня програма

Електромеханіка

### Рівень освіти

Бакалавр

### Семестр

5(3)

### Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

### Кафедра

Електричний транспорт та тепловозобудування (125)

### Тип дисципліни

Дисципліна вільного вибору студента профільної підготовки

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Рябов Євген Сергійович

[yevhen.riabov@kpi.edu.ua](mailto:yevhen.riabov@kpi.edu.ua)

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, доцент кафедри "Електричний транспорт та тепловозобудування" НТУ «ХПІ»

Досвід роботи у НТУ "ХПІ" – понад 15 років. Автор та співавтор понад 50 наукових та методичних публікацій. Курси: «Теорія автоматичного керування», «Системи керування рухомим складом залізниць», «Електроприводи електрорухомого складу», «Проектування систем та пристроїв електричного транспорту», «Розрахунки та конструювання рухомого складу залізничного транспорту»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](https://web.kpi.kharkov.ua/ett/sklad/)

<https://web.kpi.kharkov.ua/ett/sklad/>

## Загальна інформація

### Анотація

В рамках курсу розглядаються питання загальних принципів побудови систем автоматичного керування та методів дослідження процесів в цих системах.

### Мета та цілі дисципліни

Мета вивчення дисципліни – теоретично і практично підготувати фахівців спеціальності, які володіють теоретичними знаннями та практичними навичками аналізу і синтезу систем автоматичного керування для рухомого складу залізниць.

## **Формат занять**

Лекції, практичні роботи, лабораторні роботи, самостійна робота, виконання розрахункового завдання. Підсумковий контроль – екзамен.

## **Компетентності**

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).

Здатність використовувати сучасні методи розрахунків, моделювання, проектування та аналізу режимів роботи електричних машин, електричних апаратів, електричного обладнання залізниць та їхніх складових.

Здатність визначати та обґрунтовувати технічні рішення, створювати технологічні процеси, необхідні для виробництва, експлуатації, обслуговування та ремонту електричних машин, електричних апаратів, електричного обладнання залізниць.

Здатність використовувати знання з основ електромеханіки: теорії електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу для вирішення практичних задач в електромеханіці.

Здатність використовувати сучасні методи розрахунків, моделювання та аналізу режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і проектування електромеханічних систем.

Здатність до обґрунтування прийнятих рішень в процесі виконання проектно-конструкторських та дослідницьких робіт з проектування, створення, експлуатації та ремонту електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць в межах свого роду занять на рівні фахівця з кваліфікацією першого циклу вищої освіти.

## **Результати навчання**

Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

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

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

Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність

Уміти визначати принципи побудови та нормального функціонування елементів електроенергетичних, електротехнічних електромеханічних комплексів та систем.

Оцінювати параметри роботи електротехнічного, електроенергетичного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем та розробляти заходи щодо підвищення їх енергоефективності та надійності.

Уміти обґрунтовувати прийняті рішення в процесі виконання проектно-конструкторських та дослідницьких робіт, пов'язаних з проектуванням, створенням, експлуатацією і ремонтом електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць в межах свого роду занять на рівні фахівця з кваліфікацією першого циклу вищої освіти.

Уміти провести відповідні розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць в режимах тяги, вибігу та гальмування.

## **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., лабораторні роботи - 32 год., самостійна робота – 70 год.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Основи електроніки»

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних та лабораторних заняттях використовується проєктний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Тема 1. Основні поняття та визначення.

Поняття про автоматичне регулювання та керування. Основні поняття та визначення теорії автоматичного керування. Вхідні та вихідні змінні. Зворотній зв'язок та його призначення.

#### Тема 2. Принцип побудови автоматичних систем.

Принципи регулювання за відхиленням вихідної координати, за збуренням та комбіноване регулювання. Керуючий автоматичний пристрій та регулятор. Визначення автоматичної системи. Функціональні схеми систем та класифікація основних елементів автоматичних систем за їх призначенням. Мета керування. Показники мети керування та їх аналітичне формулювання. Поняття про алгоритм керування

#### Тема 3. Математичні моделі динаміки автоматичних систем

Типові динамічні ланки. Передатні та частотні функції неперервних типових ланок. Частотні характеристики типових ланок. Передатні функції розімкнутих та замкнених систем. Поняття про частотні характеристики систем. Амплітудно-фазові та логарифмічні частотні характеристики

#### Тема 4. Стійкість лінійних неперервних автоматичних систем

Основні поняття та визначення стійкості автоматичних систем. Зв'язок стійкості з коренями характеристичного рівняння замкнутої системи. Алгебраїчні критерії стійкості Рауса та Гурвіца. Критерій Михайлова. Метод D-розбиття за одним параметром та визначення критичного параметру підсилення системи. Вплив параметрів на стійкість автоматичних систем. Критерій Найквіста. Визначення запасів стійкості системи. Оцінка стійкості систем за логарифмічними частотними характеристиками

#### Тема 5. Показники якості перехідних процесів. Синтез коригувальних пристроїв

Показники якості перехідних процесів при впливі ступінчатої вхідної дії: час перехідного процесу, коливання, перегулювання, характер перехідного процесу. Типові коригувальні пристрої та їх реалізація. Місце включення коригувальних пристроїв. Розрахунок типу та параметрів коригувальних пристроїв. Синтез послідовних коригувальних пристроїв за логарифмічними частотними характеристиками. Основні закони регулювання та типові регулятори. Визначення параметрів регуляторів за умови мінімуму узагальнених інтегральних оцінок

#### Тема 6. Випадкові процеси у лінійних автоматичних системах

Випадковий процес. Математичне сподівання та кореляційна функція випадкового процесу. Стационарний випадковий процес. Визначення характеристик випадкового процесу з досліду. Поняття про спектральну щільність стационарного випадкового процесу та її зв'язок із кореляційною функцією, «Білий шум». Проходження випадкового сигналу через лінійну систему.

#### Тема 7. Загальна характеристика нелінійних систем. Математичні моделі нелінійних систем.

Визначення та класифікація нелінійних систем. Типові нелінійні елементи, їх характеристики та математичні моделі. Нелінійні системи з лінеаризованими і суттєво нелійними елементами. Задачі та особливості дослідження нелінійних систем. Нелінійні диференційні та диференційно-різницеви рівняння і особливості динаміки нелінійних систем. Математична модель нелінійних систем в формі рівнянь стану. Структурні схеми нелінійних систем та їх перетворення.

#### Тема 8. Аналіз динаміки нелінійних систем.

Методи дослідження та розрахунків нелінійних систем. Поняття про стійкість нелінійних систем. Методи О.М. Ляпунова. Дослідження абсолютної стійкості нелінійних систем. Автоколивання. Метод гармонічної лінеаризації. Частотні характеристики нелінійних систем. Логарифмічні характеристики нелінійних систем

### Тема 9. Корекція нелінійних систем

Задачі та способи корекції нелінійних систем. Методи розрахунку коригувальних пристроїв нелінійних систем.

### Тема 10. Випадкові процеси у нелінійних системах автоматичного керування

Проходження випадкового сигналу через нелінійний елемент. Статична лінеаризація нелінійних елементів. Оцінка точності нелінійних систем при впливі випадкових дій.

### Тема 11. Теорія лінійних імпульсних автоматичних систем

Загальна характеристика імпульсних систем. Визначення та класифікація імпульсних систем. Імпульсні системи з одним та декількома імпульсними елементами. Імпульсні системи з амплітудноімпульсною, широтно-імпульсною, кодоімпульсною та комбінованою модуляцією. Задачі дослідження імпульсних систем.

### Тема 12. Математичні моделі імпульсних систем. Аналіз динаміки лінійних імпульсних систем

Особливості дослідження динаміки імпульсних систем. Диференційно-різницеві стани. Особливості математичних моделей імпульсних елементів, дискретних пристроїв та екстраполяторів. Передатні функції імпульсних систем. Стійкість дискретних систем. Поняття стійкості. Необхідна та достатня умови стійкості цифрових систем. Критерії стійкості імпульсних систем. Алгебраїчні критерії стійкості та особливості їх застосування.

### Тема 13. Оцінка стійкості імпульсних систем

Оцінка стійкості цифрових систем за логарифмічними псевдо-частотними частотними характеристиками. Запаси стійкості. Застосування ЕОМ для дослідження стійкості та побудови областей стійкості цифрових систем

### Тема 14. Основи теорії цифрових систем автоматичного керування

Квантування за рівнем. Квантування за часом. Умови не спотворення інформації при квантуванні за часом. Побудова дискретної математичної моделі об'єкта керування за відомою неперервною моделлю. Передавальна функція приведенного дискретного об'єкта керування. Стійкість цифрових систем автоматичного керування.

### Тема 15. Оцінка якості цифрових систем автоматичного керування

Оцінка якості цифрових систем автоматичного керування за видом перехідного процесу. Стандартні форми перехідних процесів.

### Тема 16. Багатовимірні системи. Оптимальні системи. Адаптивні системи

Метод змінних стану. Завдання оптимального керування. Динамічне програмування. Аналітичне конструювання оптимальних регуляторів. Загальні відомості про адаптивні системи керування. Системи екстремального керування. Адаптивні спостерігачі.

## Теми практичних занять

Тема 1. Структурні схеми систем автоматичного керування. Типові динамічні ланки та їх характеристики

Тема 2. Алгебраїчні критерії стійкості лінійних систем. Частотні критерії стійкості лінійних систем

Тема 3. Синтез коригувальних ланок

Тема 4. Математичні моделі нелінійних систем

Тема 5. Математичні моделі імпульсних систем

Тема 6. Оцінка стійкості імпульсних систем

Тема 7. Цифрові системи автоматичного керування

Тема 8. Багатовимірні системи. Оптимальні системи. Адаптивні системи

## Теми лабораторних робіт

Тема 1. Моделювання систем автоматичного керування

Тема 2. Моделювання типових ланок

Тема 3. Визначення часових характеристик систем автоматичного керування

Тема 4. Визначення частотних характеристик систем автоматичного керування

Тема 5. Визначення стійкості систем автоматичного керування

Тема 6. Визначення параметрів коригувальних ланок систем автоматичного керування

Тема 7. Моделювання та дослідження нелінійних систем автоматичного керування

Тема 8. Моделювання та дослідження типових нелінійностей

Тема 9. Моделювання та дослідження імпульсних систем автоматичного керування

Тема 10. Визначення характеристик імпульсних систем автоматичного керування

Тема 11. Моделювання цифрових систем автоматичного керування

Тема 12. Визначення характеристик цифрових систем автоматичного керування

Тема 13. Визначення параметрів регулятора цифрової системи автоматичного керування

Тема 14. Моделювання адаптивної системи автоматичного керування

Тема 15. Дослідження системи екстремального керування

Тема 16. Дослідження багатовимірних систем

## Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуального завдання у розрахункового завдання. Студентам також рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення та аналізу

## Література та навчальні матеріали

«Основна література»

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і дог. — К.: Либідь, 2007. — 656 с
2. Александров Є. Є. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Том 1. Теорія автоматичного керування / Є. Є. Александров, Є. П. Козлов, Б. І. Кузнецов. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 496 с.
3. Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: Навч. посіб. / —К.: НУХТ, 2014. — 274 с.
4. Хісматулін В. Ш., Сосунов О. О., Сотник В. О. Теорія оптимальних систем автоматичного керування: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 229 с.
5. Основи теорії цифрових систем автоматичного керування: LTI моделі для систем SISO та MIMO [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С.О. Кравчук, О. І. Лисенко, В. С. Явіся, В. І. Новіков. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 196 с.

6. Аналіз, синтез і проектування цифрових систем керування : навч. посібник / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева; Харків. нац. ун-т міськ.госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 150 с.

7. Лазарєв Ю. Ф. Л17 Моделювання динамічних систем у Matlab. Електронний навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2011. – 421 с

«Додаткова література»

1. Бахрушин В.Є. Теорія керування : навч. посіб. / В.Є. Бахрушин, Т.Ю. Огаренко. – Запоріжжя : КПУ, 2014. – 224 с.

2. Теорія автоматичного керування : Навчальний посібник / Гоголюк П. Ф., Гречин Т. М. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. - 280 с.

3. Гурко О.Г., Єрьоменко І.Ф. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрьоменко. – Харків: ХНАДУ, 2011. - 286 с.

4. MATLAB. URL: <https://www.mathworks.com/>

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді іспиту (40%) та поточного оцінювання (60%).

Екзамен: усна відповідь.

Поточне оцінювання: 2 модульні тести та розрахункове завдання (по 20%).

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри  
Борис ЛЮБАРСЬКИЙ

Дата погодження, підпис

Гарант ОП  
Олена ЮР'ЄВА