



ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>11 Математика і статистика</i>
Спеціальність	<i>113 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>НАУКА ПРО ДАНІ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекційні та практичні заняття</i>
Мова викладання	<i>Українська, Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., Норкін Володимир Іванович, Vladimir.norkin@gmail.com</i> Практичні / Семінарські/Лабораторні: <i>доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., Норкін Володимир Іванович, Vladimir.norkin@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Google disk</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Теорія автоматичного керування (ТАК) - наукова дисципліна, предметом вивчення якої є системи, які складаються з об'єкта та пристрою керування (автоматичного регулятора) і допоміжних елементів. ТАК виявляє загальні закономірності функціонування, які притаманні автоматичним системам різної природи, і на основі цього розробляє принципи побудови ефективних систем для керування об'єктами різного призначення. При цьому широко використовуються математичні методи – теорія диференціальних рівнянь, теорія функцій комплексної змінної, перетворення Лапласа і Фур'є, матриці і т.д.

Автоматизація виробництва – один з важливих факторів науково-технічного процесу, за рахунок якої відбувається інтенсифікація процесів випуску продукції та зменшення витрат енергетичних та матеріальних ресурсів. В теорії автоматичного керування розглядаються також питання оптимізації технологічних режимів, а також можливості пристосування (адаптації) систем до змінюваних умов роботи.

Теорія автоматичного керування – одна з навчальних дисциплін, яка формує у студентів знання про загальні принципи і процеси функціонування автоматичних систем керування. Мета дисципліни – формування у студентів знань, умінь та навичок з розв'язання задач аналізу та синтезу автоматичних систем керування за умов діяння детермінованих та випадкових збурень.

Теорія автоматичного керування формує здатність розв'язувати професійні задачі проектування автоматичних керувань технічних систем, в тому числі автономних керувань

систем (роботів, дронів) в програмних середовищах математичного моделювання (Matlab, Simulink, Octava, Scilab і м.і.).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вимоги до початку вивчення. Базові знання з дисциплін: математичний аналіз, лінійна алгебра, диференціальні рівняння, теорія функцій комплексної змінної, методи оптимізації, числові методи, алгоритми і системи комп'ютерної математики, програмування.

3. Зміст навчальної дисципліни

. ВСТУП ДО МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ

Предмет і основні поняття класичної теорії керування (ТК). Періоди розвитку ТК. Взаємодія об'єкту і системи керування (СК).

Класифікація систем керування. Властивості СК.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ (ТАК)

Теорія автоматичного керування (ТАК). Основні поняття ТАК.

Лінійні стаціонарні системи. Види рівнянь, що описують системи

Передавальна функція систем. Визначення. Способи підрахунку

Типові ланки і їх передавальна функція. Передавальна функція довільних систем

Перехідна та вагова функції ланок та систем

Складання диференціальних рівнянь типових ланок СК.

Формуючі фільтри

ТЕОРІЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Стійкість лінійних систем керування. Стійкість за Ляпуновим. Типи стійкості

Алгебраїчні критерії стійкості. Критерій Гурвіца.

Критерій стійкості Михайлова, Основний підхід.

Алгебраїчний критерій стійкості Михайлова. Застосування

Частотні критерії стійкості. Основні поняття та методи визначення.

Частотний критерій стійкості Михайлова. Зв'язок з алгебраїчним критерієм

ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Аналіз якості систем керування. Основні поняття та методи

Дискретні СК. Імпульсні системи та огляд методів їх дослідження

Математичний апарат дослідження імпульсних систем.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Конспекти лекцій, підручники та монографії.

1. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. — Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. — 2003. — 250 с.

2. Новицький І.В. Сучасна теорія керування: навч. посіб. / І.В. Новицький, С.А. Ус, м-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. — Дніпро : НГУ, 2017. — 263 с.

3. Пічкур В.В. Лекції з теорії керування. Київ: КНУ ім. Т.Шевченка, 2017. 232 с. http://mss.unicyb.kiev.ua/manuals/Lectons_control_theory.pdf

4. Paluszek M., Thomas S. MATLAB Machine Learning Recipes: A Problem-Solution Approach. 2nd ed. APRESS, 2019.

5. Brian Douglas (2015) - Fundamentals of Control Theory. An Intuitive Approach from the Creator of Control System. Lectures on YouTube. 1 <https://www.youtube.com/user/ControlLectures/featured>

Допоміжна література

1. Башняков О.М., Пічкур В.В, *Задача синтезу в теорії керування: Навчальний посібник*, - К.: Вид-во "Сталь", 2012, - 116 с. <http://www.cyb.univ.kiev.ua/library/books/bashniakov-19.pdf>
2. Brian Douglas (2015) - *Fundamentals of Control Theory. An Intuitive Approach from the Creator of Control System. Lectures on YouTube*. 1 <https://www.youtube.com/user/ControlLectures/featured>
3. Мураховський С.А. *Теорія автоматичного керування [електронний ресурс]: лабораторний практикум*. – К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 30 с.
4. *Теорія автоматичного управління. Лабораторний практикум*. – Укладачі: В. В. Скочиляс, О. Л. Ляшук, Тернопіль: ТНТУ, 2011. – 55 с.
5. *Теорія автоматичного керування. Методичні вказівки для проведення лабораторних, практичних занять і самостійного опрацювання матеріалу для студентів денної та заочної форм навчання вищ. навч. закл. залізн. трансп. / С. М. Білан*. - К.: ДЕТУТ, 2010. - 56 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розділ 0. ВСТУП ДО МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ

Тема 1.1. Загальні проблеми управління. Кібернетика: Минуле, сьогодення, майбутнє.

Лекція 1. *Методологія управління. Кібернетика 2.0. Управління системами міждисциплінарної природи. Управління і штучний інтелект.*

Тема 1.2. Математичні моделі керованих систем

Лекція 2. *Предмет, історія, розділи і основні поняття теорії керування. Моделі систем керування: системи «вхід-вихід»; лінійні стаціонарні системи; лінійні дискретні моделі; моделі у вигляді диференціальних рівнянь та систем рівнянь. Види керувань. Зворотній зв'язок. Ітераційні моделі. Керованість. Спостережуваність. Приклади.*

Література: Пічкур (2017, лекція 1), Новицький (2017).

Розділ 1. ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 1.1. Математичні моделі керованих систем

Лекція 3. *Лінійні моделі. Рівняння стану та рівняння виходу. Лінеаризація. Моделі простору станів (ss-моделі). Задачі керованості. Критерії керованості. Спостережуваність в лінійних системах.*

Лекція 4. *Моделі передатних функцій (tf-моделі). Моделі передатних функцій в формі нулів і полюсів (zpk-моделі). Перетворення Лапласа. Перехідна функція (реакція на ступінчатий сигнал). Імпульсна характеристика (вагова функція). Дискретні моделі. Z-Перетворення (дискретне перетворення Лапласа).*

Лекція 5. *Перетворення Фур'є. Реакція системи на періодичний сигнал. Частотні характеристики, амплітудна та фазова характеристики. Діаграми Боде. Логарифмічні амплітудно-фазові частотні характеристики (ЛАФЧХ).*

Лекція 6. *Типові динамічні ланки. Алгебра моделей. Перетворення моделей. Моделі з запізнюванням. Структурні схеми. Моделі сигнальних графів.*

Тема 1.2. Теорія стійкості систем керування

Лекція 7. *Визначення стійкості. Стійкість. Надстійкість (експоненціальна стійкість). Збурення. Проблема стабілізації. Стійкість лінійних систем. Стійкість дискретних лінійних систем. Критерії стійкості у просторі станів. Стійкість лінійних систем за Ляпуновим*

Лекція 8. *Метод функцій Ляпунова. Квадратичні функції Ляпунова. Матричне рівняння Ляпунова.*

Тема 1.3. Керування стійкістю систем керування

Лекція 9. *Аналіз систем керування. Критерії стійкості. Алгебраїчні критерії стійкості. Критерій Гурвіца. Критерій Михайлова.*

Лекція 10. Частотні критерії стійкості. Критерій Найквіста. Частотний критерій стійкості Михайлова (годограф Михайлова). Метод кореневого годографа. Частотні оцінки якості. Запас стійкості. Робастність.

Лекція 11. Аналіз та синтез регуляторів. Аналіз якості систем керування.

Лекція 12. Резервна лекція. Контрольна робота.

ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.

Практ. робота ОПИСАНИЕ СИСТЕМ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ. Лінійні стаціонарні системи. Види рівнянь, що описують системи. Складання диференціальних рівнянь типових ланок СК. Складання диференціальних рівнянь довільних ланок.

Практ. робота ДИНАМИЧЕСКИЕ И ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САУ. Передавальна функція систем. Перехідна та вагова функції систем

Практ. робота УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ. Стійкість лінійних систем керування. Стійкість за Ляпуновим.

Практ. робота АНАЛИЗ И СИНТЕЗ САУ. Метод кореневого годографа.

КОНТРОЛЬНА РОБОТА в аудиторії (повні бали) та домашня контрольна робота (зменшені бали)

ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Оптимізація регуляторів.

Задача автоматичного перехоплення цілі, що втікає.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота полягає в опрацюванні матеріалів лекцій, підготовці до контрольних робіт, а також у виконанні домашніх та лабораторних робіт, програмних проектів та ін., зокрема у вивчення операторів MATLAB та функцій CONTROL SYSTEM TOOLBOX, Simulink та розв'язанні конкретних прикладів задач за допомогою системи MATLAB.

Основні завдання самостійних занять: закріплення студентами на практиці знань, здобутих ними під час лекцій.

Види самостійної роботи:

виконання лабораторних робіт;

виконання практичних завдань самостійної домашньої роботи з тематики курсу;

реферування науково-технічної літератури з тематики курсу;

написання реферату;

виконання програмних проектів з тематики курсу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В разі об'єктивної неможливості бути присутнім на більшості лекцій, наприклад, в разі паралельного навчання за кордоном або повної зайнятості на роботі, студент повинен виконати контрольні, домашні та лабораторні роботи, або програмний проект за тематикою дисципліни у встановлені строки. У разі запізнення зі здачею робіт можуть бути нараховані штрафні бали. Звіти з виконаних робіт надсилаються викладачу засобами електронного зв'язку (Slack, e-mail).

Вимоги до рефератів

- 1) Тема повинна бути узгоджена з викладачем (за e-mail).
- 2) Реферат повинен бути на українській або англійській мові.
- 3) Об'єм 15-30 стор.

- 4) Структура реферату: Титульний лист, зміст, текст, висновки, список джерел.
- 5) Теж саме стосується структури презентації.
- 6) Список використаних джерел є обов'язковим (в тому числі і в презентації).
- 7) В тексті повинні бути посилання на джерела.
- 8) Складні доповіді можуть готуватися командою з 2-3 студентів.
- 9) За гарну та ясну доповідь – до 20 балів (за «прості» доповіді - на всіх, за «складні» - кожному).
- 10) Доповідь оголошується завчасно. Презентація попередньо виставляється у Slack (або інший доступний депозитарій). На одній парі може бути декілька доповідей.

Вимоги до лабораторних робіт та учбових програмних проектів

- 1) Результати роботи повинні бути оформлені у вигляд короткого звіту (на українській або англійській мові).
- 2) Структура звіту: титульний лист (назва, автори, і т.і.), анотація, теоретичні відомості, завдання, метод(и) вирішення, результати (проілюстровані), висновки, посилання, додатки (лістинг і т.і.).
- 3) Можливий варіант звіту у вигляді короткої презентації (з тією же структурою, що у п.2).

Вимоги до дослідницьких програмних проектів

- 1) Тема проекту має бути обґрунтована та узгоджена з викладачем.
- 2) Проект має програмно реалізувати деяку модель (явища, об'єкту, системи) типу «вхід-вихід» з поясненням, що є входом, а що є виходом програми.
- 3) Інший формат проекту (не «вхід-вихід») має бути дуже добре обґрунтований.
- 4) Проект повинен вирішувати проблему ідентифікації параметрів моделі.
- 5) Проект повинен вирішувати або задачу симуляції деякого явища (об'єкту, системи), або задачу підтримки рішень відносно об'єкту або системи.
- 6) Програмна реалізація повинна включати дружній інтерфейс.
- 7) Бажано, щоб програма була закінченим продуктом, тобто працювала незалежно від системи програмування (stand-alone application, або в браузері).
- 8) Повинен бути опис програми (help) із зазначенням авторів проекту та їх ролей у реалізації.
- 9) Код повинен бути відкритим, а програма – у вільному доступі.
- 10) Команда може включати не більше трьох учасників.
- 11) Результати роботи повинні бути оформлені у вигляд короткого звіту (на українській або англійській мові).
- 12) Структура звіту: титульний лист (назва, автори, і т.і.), анотація, теоретичні відомості, завдання, метод(и) вирішення, результати (проілюстровані), висновки, посилання, додатки.
- 13) Повинна бути підготована презентація за проектом.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: МКР, письмовий тест, колоквіум (до 15 балів).

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік (до 25 балів).

Умови допуску до семестрового контролю: виконання контрольних робіт (до 15 балів), зарахування домашніх та лабораторних робіт (в сумі до 60 балів), семестровий рейтинг для допуску до заліку - більше 40 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Короткий перелік питань, які виносяться на колоквіум (додаток 1 до силябусу);*
- *Розширений перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток 2 до силябусу);*
- *можливо зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (теорія оптимізації, дослідження операцій, теорія керування, теорія автоматичного регулювання);*
- *можливо зарахування рефератів з теорії та застосувань теорії автоматичного керування;*

Робочу програму навчальної дисципліни (силябус):

Складено: професор, доктор фіз.-мат. наук, с.н.с. Норкін Володимир Іванович

Ухвалено кафедрою прикладної математики (протокол № 7 від 09.02.2022).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 6 від 25.03.2022).