



НАЗВА КУРСУ

Теорія автоматичного керування

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський) / Другий (магістерський) / Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>122 Комп'ютерні науки</i>
Освітня програма	<i>Теорія автоматичного керування</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/контрольні роботи,</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, доцент Зеленський Кирило Харитонович, тел. 0971693501, E-mail: zelensky126@ukr.net Практичні: доктор технічних наук, доцент Зеленський Кирило Харитонович, тел. 0971693501, E-mail: zelensky126@ukr.net
Розміщення курсу	<i>Moodle «Теорія автоматичного керування», login: zelensky126</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Мета викладання дисципліни полягає у набутті знань, умінь та навичок з теорії автоматичного керування та загальним питанням управління технічними системами, а саме:

- Принципи функціонування різноманітних систем автоматичного керування;
- Теоретичні основи побудови різних систем автоматичного керування.

У процесі реалізації цієї мети вирішуються задачі:

- Формування знань про принципи побудови автоматичних систем та їхньої класифікації;
- Формування знань про елементи, ланцюги автоматичних систем та їхні характеристики;
- Набуття знань з методів дослідження стійкості та якості функціонування автоматичних систем.

У результаті вивчення дисципліни студент має:

Знати:

- Основні засади теорії управління, моделі і методи дослідження систем автоматичного управління різної природи;
- Мати уявлення про використання основних положень теорії управління у науці і техніці;
- Еквівалентні форми математичного опису САР: різницеві рівняння, дискретні передаточні функції, структурні схеми;

- Методи оцінювання якості САР в усталених і перехідних режимах;
- Статистичні характеристики випадкових процесів.

Уміти:

- Виконувати аналіз і синтез сучасних систем автоматичного керування, виконувати налагодження та обслуговування типових САР;
- Перетворювати математичний опис САР у потрібну форму для аналізу конкретної САР і синтезу системи за заданими вимогами.

Володіти:

- Навичками роботи із програмними засобами проектування систем управління;
- Методами і засобами розробки та оформлення технічної документації;
- Практичними навичками із використання комплексів засобів автоматичного проектування;
- Аналізом і синтезом лінійних САР довільної складності із використанням сучасних аналітичних методів та методом структурного моделювання у програмі Matlab/Simulink

Предметом оволодіння дисципліною є:

- Принципи управління об'єктами;
- Статичні та астатичні САР;
- Методи аналізу якості САР;
- Методи синтезу лінійних автоматичних систем;
- Нелінійні системи;
- Оптимальні, адаптивні та стохастичні САР.

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

Дисципліна належить до нормативної частини циклу професійних дисциплін. Вона базується на результатах навчання, отриманих при вивченні дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Інформатика та інформаційні технології». «Моделювання систем».

На результатах вивчення дисципліни базуються навчальні дисципліни:

«Біомедична кібернетика-1: Методи дослідження складних систем та процесів», «Біомедична кібернетика-2: Методи моделювання складних систем та процесів», «Моделі нелінійної динаміки та нелінійних систем», «Спеціальні розділи аналізу та моделювання складних систем та процесів».

3. Зміст навчальної дисципліни

№	Тема	Зміст теми
1	Основні поняття і визначення теорії управління	Керування, автоматичне керування, об'єкти керування, САР, параметри, що регулюються, впливи, відгук,
2	Загальні поняття про системи керування	Принципи управління і структури систем. Класифікація систем керування. Керування по розімкненому і замкненому циклом. Комбінований принцип керування. Приклади систем управління.
3	Математичні моделі об'єктів і систем. Типові динамічні ланцюги та їхні характеристики	Статичні характеристики САР та їх елементів. Динамічні характеристики. Методи складання диференційних рівнянь САР. Передаточні функції і структурні схеми. Характеристичне рівняння. Часові та частотні характеристики. Типові впливи. Передаточні функції замкнених систем. Передаточні функції системи відносно похибки за збуреного впливу. Правила структурних перетворень. Побудова частотних і перехідних характеристик. Рівняння ланцюгів: підсилюючого, аперіодичного, коливального, диференціюючого, інтегруючого,

		ланцюгів із запізненням тощо.
4	Стійкість САР. Критерії стійкості, якість САР. Методи оцінювання якості управління.	Поняття стійкості. Алгебраїчні критерії стійкості. Частотні критерії стійкості. Прямі методи оцінювання якості керування. Оцінка перехідного процесу при ступінчатому впливі. Оцінка якості керування при періодичних збуреннях. Кореневий та інтегральний методи оцінки якості САР, Частотні методи оцінки якості.
5	Синтез САР із додаванням коректуючих ланцюгів.	Задачі і методи синтезу лінійних систем. Вибір ланцюгів, що коректують. Пристрої, що коректують: послідовні, паралельні, зі зворотним зв'язком та комбіновані.
6	Задачі оптимального керування об'єктами.	Управління із мінімальною енергією. Задача про управління із мінімальною енергією. Лінійні системи із імпульсним впливом. Задача про оптимальну швидкодію. Постановка основної задачі та її аналіз. Управління із мінімальною силою.
7	Аналітичне конструювання регуляторів.	Постановка задачі. Застосування варіаційного зчислення. Розв'язання задачі синтезу оптимального керування. Задача лінійного оптимального управління. Розв'язання задачі оптимального регулювання. Замкнені регулятори.
8	Стохастичні системи	Перетворення випадкових сигналів лінійними системами. Основні статистичні характеристики сигналу на виході. Взаємні кореляційні функції і спектральні густини. Прогноз і фільтрація у стаціонарних системах. Оптимальні фільтри Калмана—Бьюсі. Рівняння Вінера—Хопфа. Лінійні системи за неповних вимірювань. Оптимальні лінійні регулятори за неповних вимірювань.
9	Адаптивні системи управління	Огляд методів. Ідентифікація об'єктів управління і моделей випадкових процесів. Моделі об'єктів і випадкових процесів. Рекурентний метод найменших квадратів. Ідентифікація динамічного об'єкту моделлю. Узагальнений рекурентний метод найменших квадратів.
10	Ідентифікація у замкненому контурі управління	Параметрична ідентифікація за відсутності збурень. Умови параметричної ідентифіковності. Пряма ідентифікація об'єкту управління. Параметрична ідентифікація при зовнішніх збуреннях.
11	Управління системами із розподіленими параметрами	Задачі управління тепловими процесами. Управляємість. Задачі мінімізації квадратичного функціоналу. Синтез оптимального управління. Постановка задачі.
12	Приклади систем управління	Системи зі зворотним зв'язком. Система управління перевернутим маятником. Змішувачий бак. Многвимірні системи. Стійкість замкнених систем. Імпульсні перехідні функції стаціонарної системи. Система управління антеною.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1. Основна література:

1. Теорія автоматичного керування. Конспект лекцій.
2. Астахова, Н.И. Теория управления: учебник [Текст] / Н. И. Астахова, Г. И. Москвитин; под общ. ред. Н. И. Астаховой, Г. И. Москвитина. – М.: Юрайт, 2016. – 375 с.
3. Балашов, А.П. Основы теории управления: учебное пособие [Текст] / А.П. Балашов – М.: Инфра-М, – 2015. – 288 с.
4. Егоров, А.И. Основы теории управления [Текст] / А.И.Егоров. – М.: Физматлит, – 2007. – 504 с.
5. Ким, Д.П. Теория автоматического управления. Линейные системы: учебник и практикум [Текст] / Д. П. Ким. - 3-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2016. – 311 с.
6. Коновалов, В.И. Идентификация и диагностика систем: Учебное пособие [Текст] / В.И. Коновалов. – Томск, изд. ТПУ, – 2010. – 155 с.

4.2. Додаткова література:

1. Борисевич, А. В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич. - М.: Инфра-М, 2014. - 200 с. - ISBN 978-5-16-101828-6 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=470329>
2. Петраков Ю.В., Драчев О.И. Теория автоматического управления технологическими системами: учебное пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 2008. - 336 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/751/#2>
3. Титаренко Б.П. Исследование систем управления: Учебное пособие / В.В. Мыльник, Б.П. Титаренко. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 238 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=446802>
4. Бурганова, Л.А. Теория управления: Учебное пособие / Л.А. Бурганова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 160 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование). (обложка) ISBN 978-5-16-005576-3. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=359505>
5. Никулин Е. А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем: Учебное пособие / Никулин Е.А. - СПб:БХВ-Петербург, 2015. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=939825>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ лекції	Тема лекції	Тема практичного заняття
1	Керування, автоматичне керування, об'єкти керування, САР, параметри, що регулюються, впливи, відгук	
2	Принципи управління і структури систем. Класифікація систем керування.	Типові динамічні ланцюги
3	Керування по розімкненому і замкненому циклом. Комбінований принцип керування. Приклади систем управління.	Частотні характеристики
3	Статичні характеристики САР та їх елементів. Динамічні характеристики. Методи складання диференціальних рівнянь САР.	Складання диференціального рівняння коливального ланцюга
4	Передаточні функції і структурні схеми. Характеристичне рівняння. Часові та частотні характеристики. Типові впливи. Правила структурних перетворень. Побудова частотних і перехідних характеристик.	Побудова передаточної функції коливального ланцюга

5	Рівняння ланцюгів: підсилюючого, аперіодичного, коливального, диференціюючого, інтегруючого, ланцюгів із запізненням тощо.	Аналіз частотних характеристик ланцюгів другого порядку
6	Поняття стійкості. Алгебраїчні критерії стійкості. Частотні критерії стійкості. Прямі методи оцінювання якості керування. Оцінка перехідного процесу при ступінчатому впливі..	Застосування критерію Гурвіца до аналізу стійкості ланцюгів другого порядку
7	Оцінка якості керування при періодичних збуреннях. Кореневий та інтегральний методи оцінки якості САР. Частотні методи оцінки якості.	Застосування критерію Найквіста
8	Контрольна робота №1.	
9	Управління із мінімальною енергією. Задача про управління із мінімальною енергією. Лінійні системи із імпульсним впливом..	Побудова системи керування для об'єкту 2-го порядку
10	Задача про оптимальну швидкодію. Постановка основної задачі та її аналіз. Управління із мінімальною силою.	Побудова системи керування для об'єкту 2-го порядку
11	Перетворення випадкових сигналів лінійними системами. Основні статистичні характеристики сигналу на виході. Взаємні кореляційні функції і спектральні густини.	Визначення кореляційної функції нестационарної системи 2-го порядку
12	Прогноз і фільтрація у стаціонарних системах. Оптимальні фільтри Калмана—Бьюсі. Рівняння Вінера—Хопфа. Лінійні системи за неповних вимірювань. Оптимальні лінійні регулятори за неповних вимірювань.	Розробка алгоритму фільтру Калмана для системи 2-го порядку.
13	Ідентифікація об'єктів управління і моделей випадкових процесів. Моделі об'єктів і випадкових процесів.	Розробка алгоритму фільтру Калмана для системи 2-го порядку
14	Рекурентний метод найменших квадратів. Ідентифікація динамічного об'єкту моделлю. Узагальнений рекурентний метод найменших квадратів.	Розробка алгоритму РМНК для об'єкту 2-го порядку
15	Задачі управління тепловими процесами. Управляємість. Задачі мінімізації квадратичного функціоналу. Синтез оптимального управління. Постановка задачі.	Розробка алгоритму реалізації розв'язку рівняння Ріккати для об'єкту 2-го порядку
16	Системи зі зворотним зв'язком. Система управління перевернутим маятником. Змішувачий бак. Многвимірні системи. Стійкість замкнених систем.	Розробка системи управління антеною
17	Оглядова лекція	

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає у підготовці до аудиторних занять за матеріалами конспекту лекцій та додаткової літератури, розрахунків завдань згідно із лабораторними роботами.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час вивчення дисципліни використовується бально-рейтингова технологія, яка надає можливість реалізувати неперервну і комплексну систему оцінювання засвоєння матеріалу студентами. Неперервність означає, що поточні оцінки додаються упродовж вивчення дисципліни у семестрі. Комплексність означає урахування всіх форм навчальної роботи студента упродовж семестру.

Бально-рейтингова технологія містить два види контролю: поточний контроль та проміжна атестація з дисципліни.

Поточний контроль (ПК) – основна частина бально-рейтингової технології, що ґрунтується на поетапному контролі засвоєння студентом навчального матеріалу, виконанні індивідуальних завдань. Форма контролю: тестові оцінки під час вивчення дисципліни, оцінки за виконання індивідуальних робіт.

Оцінювання навчальної роботи студента здійснюється відповідно до критеріїв оцінювання, що визначаються бально-рейтинговою системою сілабусу. За результатами ПК студенти мають можливість отримати оцінку за проміжною атестацією по результатам поточної успішності.

Проміжна атестація (ПА) – це перевірка оціночними засобами рівня досягнень з дисципліни за семестр. Форма контролю – залік. Мета ПА – перевірка базових знань дисципліни та практичних навичок, що отримано під час вивчення дисципліни та рівня сформованості компетенцій.

Бально-рейтингова система.

Вид навчальної роботи	Бали
Участь у лекційних заняттях	0--5
Лабораторна робота №1	0--7
Лабораторна робота №2	0—7
Лабораторна робота №3	0—8
Лабораторна робота №4	0—8
Атестація	0--30
Ітого за навчальну роботу	0--65

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

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР.

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

Семестровий контроль: **екзамен**

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт/ семестровий рейтинг 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. Перелік питань до екзамену

1. Основні закони управління.
2. Управління за відхиленням.
3. Управління за збуренням.
4. Системи управління з еталонною моделлю.
5. Принципи побудови систем з оберненим зв'язком.
6. Поняття передаточної функції динамічної системи.
7. Передаточні функції замкнених систем управління.
8. Спостерігачі повної розмірності.
9. Фільтр Калмана.
10. Модальні регулятори.
11. Субоптимальні алгоритми фільтрації.
12. Алгоритми стохастично оптимального керування.
13. Інерційні ланцюги першого порядку.
14. Інерційні ланцюги другого порядку.
15. Не мінімально-фазові ланцюги.
16. Ланцюги з запізненням.
17. Методи визначення стійкості динамічних систем.
18. Алгебраїчні критерії стійкості динамічних систем.
19. Динамічні системи у просторі станів.
20. Необхідні умови оптимальності.
21. Квадратичний критерій якості.
22. Оптимальне управління за квадратичним критерієм.
23. Задача про регулятор станів.
24. Задача про регулятор виходу.
25. Синтез регулятора станів для інваріантної системи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проєктором кафедри біомедичної кібернетики ФБМІ д.т.н, доцентом Зеленським К.Х.

Ухвалено кафедрою_БМК (протокол № 16 від 24.06.2024)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 9 від 26.06.2024)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.