



Теорія керування. Частина 1. Аналіз лінійних динамічних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління</i>
Статус дисципліни (код)	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/ 4 кредити ЕКТС</i> <i>(лекції – 36 годин, практичні заняття – 36 годин, СРС – 48 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції та практичні заняття проводить</i> <i>д.т.н., доцент кафедри ММСА Мілявський Юрій Леонідович,</i> <i>yuriy.milyavsky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/2/c/MjIwNDk0NzZmMTc0</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дана дисципліна є однією з базових у системі підготовки бакалаврів з технічних спеціальностей. У ній розглядаються основні моделі динамічних систем та основні властивості цих систем, без чого неможливе подальше оволодіння методами керування складними системами. Володіння термінологією та інструментарієм даного курсу є необхідною складовою освіти бакалавра.

Метою освітнього компоненту є формування знань стосовно основних форм представлення динамічних систем різної природи, найважливіших властивостей цих систем, а також оволодіння методами аналізу лінійних динамічних систем.

Предметом освітнього компоненту є математичні моделі, властивості та методи їх аналізу для лінійних динамічних систем довільної природи.

У процесі навчання студент має оволодіти такими **компетентностями**:

ЗК 1	Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях
ЗК 2	Здатність планувати і управляти часом
ЗК 3	Здатність абстрактно мислити, застосовувати методи аналізу і синтезу
ЗК 4	Здатність знати та розуміти предметну область і професійну діяльність
ЗК 7	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК 8	Здатність бути критичним і самокритичним
ЗК 12	Здатність працювати в команді та автономно виконувати командні рішення

ЗК 14	Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт
ЗК 15	Здатність реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності
ФК 3	Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів
ФК 9	Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з якістю і точністю в таких формах, які підходять для занять в аудиторіях як усно, так і в письмовій формі

По завершенню курсу студент має набути наступні **програмні результати навчання**:

ПРО7	Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем
ПРО16	Розуміти і реалізовувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності вільного демократичного суспільства, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності

Зокрема, такі **знання**:

- понять систем автоматичного регулювання і керування, їх класифікації
- типових ланок автоматичного керування
- основних властивостей вільного і вимушеного руху систем у просторі станів
- поняття стійкості динамічних систем, теорем Ляпунова
- понять керованості і спостережуваності систем

уміння:

- обчислювати основні часові та частотні характеристики динамічних систем
- переходити від неперервних до дискретних систем
- переходити між еквівалентними моделями у формі «вхід – вихід» та у формі моделей у просторі станів
- обчислювати період дискретизації різними способами

досвід:

- застосування основних математичних перетворень (Лапласа, Фур'є, їх дискретних аналогів тощо) для опису і аналізу динамічних систем
- використання теорем та критеріїв стійкості для аналізу стійкості неперервних і дискретних динамічних систем
- визначення керованості та спостережуваності лінійних динамічних систем у просто станів

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

Для успішного оволодіння освітнім компонентом студент має попередньо оволодіти курсом диференціальних рівнянь, бажано також чисельними методами, математичним і функціональним аналізом, лінійною алгеброю. Очевидно, що курс є необхідним для пререквізитом для проходження Частини 2 (проектування систем керування) та виконання курсової роботи. Після проходження даної дисципліни, студент може використовувати отримані знання при написанні бакалаврської дипломної роботи та безпосередньо в практичній професійній діяльності.

3. Зміст навчальної дисципліни

ВСТУП. Системи автоматичного керування і регулювання. Принципи автоматичного керування. Закони керування по відхиленню. Класифікації систем керування

РОЗДІЛ 1. Математичний опис динамічних систем

Тема 1.1. Математичний опис лінійних неперервних динамічних систем. Перетворення Лапласа. Передаточна функція у формі перетворення Лапласа.

Тема 1.2. Перетворення Фур'є. Частотна передаточна функція.

Тема 1.3. Частотні характеристики, годограф.

Тема 1.4. Часові характеристики (перехідна, вагова функції), взаємозв'язок між ними і передаточною функцією.

Тема 1.5. Типові ланки систем керування, їх характеристики.

Тема 1.6. Дискретизація неперервних функцій (за часом, за рівнем), решітчасті функції. Скінченно-різницеві рівняння, різниці 1го, 2го та вищих порядків. Дискретні перетворення Лапласа і Фур'є.

Тема 1.7. z-перетворення, визначення і основні властивості. Зворотне z-перетворення, способи обчислення. Дискретна передаточна функція.

Тема 1.8. Системи у просторі станів – вільний і вимушений рух у неперервному і дискретному випадках. Взаємозв'язок між простором станів і передаточними функціями.

РОЗДІЛ 2. Дослідження стійкості динамічних систем

Тема 2.1. Поняття стійкості. Визначення стійкості за Ляпуновим.

Тема 2.2. Теореми про стійкість нелінійної неперервної системи на основі коренів характеристичного рівняння.

Тема 2.3. Поняття критерію стійкості. Критерій Гурвіца.

Тема 2.4. Критерій Михайлова. Критерій Найквіста. Стійкість систем із запізненням на основі критерію Найквіста.

Тема 2.5. Критичний коефіцієнт підсилення та запас стійкості, структурно нестійкі системи.

Тема 2.6. Дослідження стійкості дискретних систем. Критерії стійкості для дискретних систем.

Тема 2.7. Дослідження стійкості за обмеженим входом і виходом неперервних і дискретних систем у просторі станів.

Тема 2.8. Метод функцій Ляпунова для дослідження стійкості. Побудова функцій Ляпунова для дослідження стійкості лінійних неперервних та дискретних систем

РОЗДІЛ 3. Керованість і спостережуваність. Контур цифрового керування

Тема 3.1. Керованість (неперервних і дискретних, стаціонарних і нестаціонарних) лінійних систем. Керованість по виходу, стабілізованість, досяжність.

Тема 3.2. Спостережуваність (неперервних і дискретних, стаціонарних і нестаціонарних) лінійних систем.

Тема 3.3. Контур цифрового керування. Приведена неперервна частина.

Тема 3.4. Вибір періоду дискретизації

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 2007 р. – 656 с.
http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Popovich_2007_656.pdf
2. Isermann R. Digital Control System, Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. New York, 1981.- 506 p. (За запитом викладачу.)

Додаткова:

3. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій. – К.:Вища шк., 1995. – 519 с. (Бібліотека НН ІПСА або за запитом викладачу)
4. В.С. Kuo. Digital control systems. - SRL Pub. Co, 1977. - 561 p. (За запитом викладачу.)
5. Крак Ю. В., Шатирко А. В.. Теорія керування для інформатиків : підручник. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 175 с.
http://csc.knu.ua/media/filer_public/e3/88/e388e0dc-be74-4bca-931d-815ad4e8c323/tk_dlia_informatikiv.pdf
6. Новицький І.В., Ус С.А. Сучасна теорія керування: навч. посіб. - М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 263 с.
<https://core.ac.uk/download/pdf/147458043.pdf>
7. В.Є. Бахрушин, Т.Ю. Огаренко. Теорія керування : навч. посіб. – Запоріжжя : КПУ, 2014. – 224 с.
https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Bakhrushin/publication/288835039_Theory_of_Control_in_Ukrainian_Teoria_keruvanna/links/5686266908ae197583968a5e/Theory-of-Control-in-Ukrainian-Teoria-keruvanna.pdf

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Системи автоматичного керування і регулювання. Принципи автоматичного керування. Закони керування по відхиленню. Класифікації систем керування
2	Математичний опис лінійних неперервних динамічних систем. Перетворення Лапласа. Передаточна функція у формі перетворення Лапласа.
3	Перетворення Фур'є. Частотна передаточна функція. Частотні характеристики, годограф.
4	Часові характеристики (перехідна, вагова функції), взаємозв'язок між ними і передаточною функцією.
5	Типові ланки систем керування, їх характеристики.
6	Дискретизація неперервних функцій (за часом, за рівнем), решітчасті функції. Скінченно-різницеві рівняння, різниці 1го, 2го та вищих порядків. Дискретні перетворення Лапласа і Фур'є.
7	z-перетворення, визначення і основні властивості. Зворотне z-перетворення, способи обчислення. Дискретна передаточна функція.
8	Системи у просторі станів – вільний і вимушений рух у неперервному і дискретному випадках. Взаємозв'язок між простором станів і передаточними функціями.
9	Поняття стійкості. Визначення стійкості за Ляпуновим. Теорема про стійкість нелінійної неперервної системи на основі коренів характеристичного рівняння.
10	Поняття критерію стійкості. Критерій Гурвіца. Критерій Михайлова.
11	Критерій Найквіста. Стійкість систем із запізненням на основі критерію Найквіста.
12	Критичний коефіцієнт підсилення та запас стійкості, структурно нестійкі системи.
13	Дослідження стійкості дискретних систем. Критерії стійкості для дискретних систем.
14	Дослідження стійкості за обмеженим входом і виходом неперервних і дискретних систем у просторі станів.
15	Метод функцій Ляпунова для дослідження стійкості. Побудова функцій Ляпунова для дослідження стійкості лінійних неперервних та дискретних систем
16	Керованість (неперервних і дискретних, стаціонарних і нестаціонарних) лінійних систем. Керованість по виходу, стабілізованість, досяжність. Спостережуваність (неперервних і дискретних, стаціонарних і нестаціонарних) лінійних систем.
17	Контур цифрового керування. Приведена неперервна частина.
18	Вибір періоду дискретизації

Практичні заняття

№	Тематика задач, що розв'язуються на занятті
1	Математичний опис лінійних неперервних динамічних систем. Перетворення Лапласа. Передаточна функція у формі перетворення Лапласа.
2	Перетворення Фур'є. Частотна передаточна функція. Частотні характеристики, годограф.
3	Часові характеристики (перехідна, вагова функції), взаємозв'язок між ними і передаточною функцією.
4	Типові ланки систем керування, їх характеристики.
5	z-перетворення, визначення і основні властивості. Зворотне z-перетворення, способи обчислення. Дискретна передаточна функція.
6	МКР ч. 1
7	Системи у просторі станів – вільний і вимушений рух у неперервному і дискретному випадках. Взаємозв'язок між простором станів і передаточними функціями.
8	Поняття стійкості. Визначення стійкості за Ляпуновим. Теорема про стійкість нелінійної неперервної системи на основі коренів характеристичного рівняння.
9	Поняття критерію стійкості. Критерій Гурвіца. Критерій Михайлова.
10	Критерій Найквіста. Стійкість систем із запізненням на основі критерію Найквіста.
11	Дослідження стійкості дискретних систем. Критерії стійкості для дискретних систем.
12	МКР ч. 2
13	Метод функцій Ляпунова для дослідження стійкості. Побудова функцій Ляпунова для дослідження стійкості лінійних неперервних та дискретних систем
14	Керованість (неперервних і дискретних, стаціонарних і нестаціонарних) лінійних систем. Керованість по виходу, стабілізованість, досяжність.

15	Спостережуваність (неперервних і дискретних, стаціонарних і нестаціонарних) лінійних систем.
16	Контур цифрового керування. Приведена неперервна частина.
17	Вибір періоду дискретизації.
18	Повторення і узагальнення курсу

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента складається з:

1. Підготовки до практичних занять, виконання домашніх завдань (27 год.)
2. Підготовки до МКР (8 год.)
3. Підготовки до екзамена (4 год.)
4. Самостійного вивчення додаткових питань, винесених на самостійних розгляд (9 год.)

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Академічна доброчесність та норми етичної поведінки. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділах 2 і 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

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

Календарний контроль проводиться з метою підвищення якості навчання студентів та моніторингу виконання студентом вимог силабусу. На перший календарний контроль необхідно виконати першу частину МКР на 18 чи більше балів, на другий календарний контроль – другу частину МКР на 18 чи більше балів.

Семестровий контроль: екзамен

Семестровий рейтинг складається з рейтингових балів за МКР (див. табл.1) і становить максимум 60 балів. Якщо рейтинг студента менше 20 балів, він/вона не допускається до екзамена.

Таблиця 1. Система рейтингових балів

№	Контрольний захід	Бали
1.	МКР ч1	30
2.	МКР ч2	30
3.	Екзамен	40

Таблиця 2 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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено д.т.н. Мілявський Юрій Леонідович, к.ф.-м.н.

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол №13 від 05.06.2024)

Погоджено Методичною комісією НН ІПСА (протокол №10 від 24.06.2024)