

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор з науково-педагогічної
роботи по організації навчального процесу
та його науково-методичного забезпечення

_____ Романюк О. Н.

“ _____ ” _____ 20__ року

Теорія автоматичного управління

(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА
нормативної навчальної дисципліни

підготовки бакалавра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму 6.050202– Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва напряму)

(Шифр за ОПП ШІ 05)

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО: кафедрою комп'ютерних систем управління
(повна назва кафедри)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Боровська Т. М., к.т.н., доцент.

Програма нормативної навчальної дисципліни «Теорія автоматичного управління» затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних систем управління

Протокол від «___» _____ 20__ року № ___

Завідувач кафедри _____ (проф. Дубовой В. М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною комісією Інституту автоматики, електроніки та комп'ютерних систем управління

Протокол від «___» _____ 20__ року № ___

Голова Методичної комісії ІнАЕКСУ _____ (проф. Бісікало О. В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною радою ВНТУ

Протокол від «___» _____ 20__ року № ___

Голова _____ (проф. Романюк О. Н.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Вступ

Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни складена з урахуванням вимог освітньо-професійних програм підготовки *бакалаврів напряму 6.050202– Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*

(спеціальності)

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Теорія автоматичного управління» є сучасні моделі і методи для управління сучасними об'єктами управління тепло-енергетичними, металургійними, хімічними, агроекологічними, роботизованими і транспортними системами; оптимальні адаптивні і відмовостійкі системи для нелінійних і нестационарних об'єктів і сучасні методи проектування на базі моделювання.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Теорія автоматичного управління» базується на дисциплінах „Вища математика”, „Фізика”, Теорія електричних кіл”, „Прилади та елементи автоматики”, „Алгоритмічні мови та програмування”, „Методи оптимізації”. Курс використовується при вивченні дисциплін: «Програмні засоби систем управління», «Математичне моделювання у менеджменті та бізнесі», «Проектування комп'ютеризованих систем управління», а також використовується при виконанні бакалаврських дипломних та магістерських робіт.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Математичні основи теорії автоматичного управління.
2. Аналіз неперервних систем управління.
3. Математичні моделі елементарних ланок САУ.
4. Аналіз стійкості неперервних САУ.
5. Оцінка якості регулювання та синтез неперервних САУ.
6. Модальне управління при неповній вимірювальності вектору стану та математичний апарат дослідження цифрових систем.
7. Аналіз і синтез цифрових систем.
8. Аналіз і синтез нелінійних САУ.
9. Аналіз і синтез релейних САУ.
10. Аналіз і синтез термінальних САУ.
11. Оптимальні САУ.
12. Адаптивні САУ.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія автоматичного управління» є теоретична і практична підготовка спеціалістів, що включає - методи аналізу і синтезу сучасних приладів та систем автоматичного керування для різноманіт-

них сучасних об'єктів, з орієнтацією на комп'ютерні системи проектування і мікроконтролерні системи керування.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Теорія автоматичного управління» є знання методів побудови математичних моделей систем автоматичного управління та їх функціональних елементів; класичних методів аналізу і синтезу: Z-перетворення, перетворення Паде, Лапласа; метод стандартних коефіцієнтів, частотні методи, метод синтезу управління по вектору стану, методи синтезу ідентифікаторів – спостерігачів, фільтрів Калмана; методів синтезу оптимальних регуляторів: класичні методи варіаційного числення, принцип максимуму Понтрягіна, метод динамічного програмування Беллмана; методів синтезу інтелектуальних регуляторів на базі нечіткої логіки та штучних нейронних мереж; методів управління живучістю, методів термінального управління.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

— **знати:**

- методи побудови математичних моделей систем автоматичного управління та їх функціональних елементів;
- класичні методи аналізу і синтезу: Z-перетворення, перетворення Паде, Лапласа; метод стандартних коефіцієнтів, частотні методи, метод синтезу управління по вектору стану, методи синтезу ідентифікаторів – спостерігачів, фільтрів Калмана;
- методи синтезу оптимальних регуляторів: класичні методи варіаційного числення, принципу максимуму Понтрягіна, метод динамічного програмування Беллмана;
- методи синтезу інтелектуальних регуляторів на базі нечіткої логіки та штучних нейронних мереж;
- методи управління живучістю, методи термінального управління;

— **вміти:**

- визначати стійкість систем автоматичного управління за допомогою умов та критеріїв стійкості в класі безперервних та цифрових систем управління, використовуючи різні математичні моделі об'єктів управління;
- визначати якість систем управління за допомогою показників якості в перехідному та усталеному режимах в умовах різних типів вхідних дій та збурювальних впливів, використовуючи математичні моделі об'єктів та систем управління, аналітичні методи та методи, орієнтовані на використанні прикладних програмних пакетів;
- на базі математичних моделей об'єктів та систем управління виконувати синтез безперервних та цифрових регуляторів систем управління за допомогою різних методів синтезу використовуючи аналітичні алгоритми та прикладні програмні пакети для моделювання систем управління.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться **234** години, **6,5** кредитів ECTS.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Математичні основи теорії автоматичного управління

Тема 1. Сучасні об'єкти автоматичного управління.

Сучасні об'єкти автоматичного управління. Термінологія. Визначення понять. Предмет ТАУ. Термінологія: різниця між САУ та САК. Зв'язок з іншими дисциплінами. Центральні проблеми ТАУ.

Тема 2. Приклади типових об'єктів управління.

Приклади типових об'єктів управління. Склад типової САУ. “Мікропроцесорна революція”. Фундаментальні принципи управління. Особливості і використання управління по збуренню. Визначення понять «програмне управління», «управління по збуренню», «управління по відхиленню» (помилці).

Тема 3. Динамічні системи.

Динамічні системи. Канонічні форми диференціальних рівнянь. Приведення системи диференціальних рівнянь до форми Коші. Матрично-векторна форма запису системи диференціальних рівнянь у формі Коші. Визначення понять «вектор стану», «вектор управління». Лінеаризація. Метод малих збурень. Одномірні, багатомірні САУ.

Змістовий модуль 2. Аналіз неперервних систем управління

Тема 4. Аналіз лінійних динамічних систем.

Аналіз лінійних динамічних систем. Перетворення Лапласа і його застосування для аналізу та синтезу САУ. Економічна інтерпретація перетворення Лапласа. Властивості перетворення Лапласа.

Тема 5. Передаточні функції.

Передаточні функції. Властивості передаточних функцій. Розв'язання диференціальних рівнянь за допомогою перетворення Лапласа. Передаточні функції багатомірних САУ.

Тема 6. Часові характеристики динамічних систем.

Часові характеристики динамічних систем. Перехідна функція стану – визначення, отримання, властивості. Поняття еквівалентної дискретної моделі для неперервної ЛДС. Отримання еквівалентної дискретної моделі динаміки для ЛДС.

Тема 7. Частотні характеристики.

Частотні характеристики (ЧХ), класифікація. Експериментальне отримання ЧХ. Аналітичне отримання ЧХ. Приклади отримання ЧХ. Властивості. Вивод аналітичного виразу для частотних характеристик, як усталеної реакції на гармонічний вхідний сигнал. Властивості частотних характеристик. Логарифмічні частотні характеристики (ЛЧХ). Властивості. Асимптотичні ЛАЧХ.

Змістовий модуль 3. Математичні моделі елементарних ланок САУ

Тема 8. Елементарні ланки.

Елементарні ланки та їх часові і частотні характеристики. Немінімально-фазові ланки. З'єднання елементів САУ. Структурні схеми. Еквівалентні перетворення. Отримання передаточних функцій.

Тема 9. Зворотні зв'язки.

Зворотні зв'язки. Класифікація, практичне застосування. Операційні підсилювачі. Принципи побудови аналогових обчислювальних машин.

Змістовий модуль 4. Аналіз стійкості неперервних САУ

Тема 10. Стійкість САУ.

Стійкість динамічної системи. Проблема стійкості та її сучасні прояви. Визначення. Теорема Ляпунова. Необхідні і достатні умови стійкості лінійних динамічних систем.

Тема 11. Критерії стійкості.

Критерії стійкості. Алгебраїчні критерії. Огляд. Критерій Гурвиця-Рауса. Формулювання, алгоритм застосування, особливості. Принцип аргументу. Частотні критерії стійкості. Принцип аргумента. Критерій Михайлова. Вивод, формулювання, особливості використання. Критерій Найквіста. Вивод, формулювання, особливості використання. Аналіз стійкості по АЧХ та ФЧХ. Визначення понять «запас стійкості по фазі», «запас стійкості по амплітуді». Стійкість систем із запізненням. Отримання частотних характеристик САК із запізненням. Визначення максимально допустимого запізнення.

Змістовий модуль 5. Оцінка якості регулювання та синтез неперервних САУ

Тема 12. Оцінка якості регулювання.

Оцінка якості регулювання. Оцінка якості САУ по перехідним процесам. Показники якості, способи вимірювання і алгоритми обчислення. Непрямі оцінки якості перехідних процесів. Оцінка якості САУ в усталених режимах. Усталені режими САУ. Передаточна функція САУ по похибці. Отримання формул для помилок в усталених режимах САУ. Визначення поняття астатизму.

Тема 13. Синтез неперервних САУ.

Синтез САУ. Історія. Дефініції. Огляд і порівняльний аналіз методів синтезу. Постановка задачі синтезу. Класифікація критеріїв оптимізації САУ. Класифікація методів синтезу САУ. Метод логарифмічних амплітудно-частотних характеристик (ЛАЧХ). Метод кореневих годографів. Управління по вектору стану. Метод стандартних коефіцієнтів. Ідея методу. Принципи вибору бажаного розташування коренів характеристичного рівняння. Порядок синтезу. Регулятори для масових об'єктів управління (ПД-регулятори). Проблеми реалізації ПД-законів управління у мікропроцесорах. Отримання дискретної форми ПД-закону управління.

Тема 14. Огляд першої частини курсу.

Огляд першої частини курсу. Особливості задач управління техпроцесами, виробничими, техніко-економічними системами.

Змістовий модуль 6. Модальне управління при неповній вимірювальності вектору стану та математичний апарат дослідження цифрових систем

Тема 15. Модальне управління. Проблема синтезу при неповній вимірювальності вектору стану.

Модальне управління. Проблема синтезу при неповній вимірювальності вектору стану. Спостерігач стану. Властивості. Стійкість спостерігача і САУ з спостерігачем. Синтез спостерігача.

Тема 16. Імпульсні САУ (ІСАУ).

Імпульсні САУ (ІСАУ). Класифікація. Динаміка ІСАУ. Z-перетворення. Передаточні функції одновимірних та багатовимірних САУ. Математичні моделі для САУ, що включають неперервні та імпульсні елементи.

Тема 17. Стійкість ІСАУ.

Стійкість ІСАУ. Отримання необхідної і достатньої умови стійкості. Визначення, критерії. Метод білінійного перетворення и його застосування до аналізу стійкості ІСАК. Критерій Шура-Кона стійкості ІСАК. Узагальнення алгебраїчних критеріїв - іннори, іннорні критерії.

Змістовий модуль 7. Аналіз і синтез цифрових систем

Тема 18. Багатомірні ІСАУ.

Багатомірні ІСАУ. Характеристичне рівняння багатомірних ІСАУ. Синтез ІСАУ з спостерігачем. Вибір бажаних перехідних процесів для регулятора і спостерігача.

Тема 19. Вибір бажаних характеристик ІСАУ. Управління з кінцевим часом усталення.

Вибір бажаних характеристик ІСАУ. Управління з кінцевим часом усталення. УКЧУ та СКЧУ. Задача оптимізації кроку квантування. Синтез УКЧУ и СКЧУ. Область використання та особливості синтезу.

Змістовий модуль 8. Аналіз і синтез нелінійних САУ

Тема 20. Нелінійні САУ.

Нелінійні САУ. Класифікація. Типові нелінійності. З'єднання нелінійних ланок. Приклади. Методи аналізу і синтезу нелінійних систем, що базуються на заміні нелінійності еквівалентною лінійною ланкою. Вібраційна лінеаризація. Статистична лінеаризація. Метод гармонічної лінеаризації. Комплексний коефіцієнт підсилення нелінійної ланки. Метод гармонічного балансу. Еквівалентні частотні характеристики типових нелінійностей.

Тема 21. Стійкість нелінійних систем.

Стійкість нелінійних систем. Другий метод Ляпунова визначення стійкості нелінійних систем. Абсолютна стійкість. Критерій В. Попова. Геометрична інтерпретація і порядок застосування критерію. Задачі, що розв'язуються із застосуванням критерію В. Попова.

Змістовий модуль 9. Аналіз і синтез релейних САУ

Тема 22. Метод фазового простору.

Метод фазового простору. Фазові траєкторії. Властивості фазових траєкторій. Фазова площина. Властивості фазових траєкторій на фазовій площині. Особливі точки. Класифікація особливих точок. Релейні САУ.

Тема 23. Аналіз і синтез релейних САУ.

Аналіз і синтез релейних САУ. Вплив гістерезису та запізнення. Стійкість релейних САУ. Визначення параметрів граничного циклу.

Змістовий модуль 10. Аналіз і синтез термінальних САУ

Тема 24. Термінальне управління (ТУ).

Термінальне управління (ТУ). Визначення. Класифікація задач термінального управління. Метод управління по вищій похідній. Постановка задачі.

Тема 25. Розв'язання задачі розгону.

Розв'язання задачі розгону. Введення зворотного зв'язку. Усунення особливості. Методологія розв'язання проблем (МРП).

Тема 26. Розв'язання задачі приведення.

Розв'язання задачі приведення. Введення зворотного зв'язку. Усунення особливості. Проблема вибору приводу.

Тема 27. Розв'язання задачі зближення.

Розв'язання задачі зближення. Введення зворотного зв'язку. Усунення особливості. Структурна схема термінальної САУ. Узагальнення задачі на випадок об'єкту довільного порядку. Властивості ТУ.

Тема 28. Термінальне управління при паралельно працюючих виконавчих елементах.

Термінальне управління при паралельно працюючих виконавчих елементах.

Тема 29. Принципи розв'язання задачі термінального управління для багатомірного об'єкта.

Принципи розв'язання задачі термінального управління для багатомірного об'єкта. Загальні властивості управління по вищій похідній.

Тема 30. Синтез і дослідження САУ з спостерігачами стійкої до відмов вимірювачів.

Синтез і дослідження САУ з спостерігачами стійкої до відмов вимірювачів. Узагальнення: система автоматичного управління нечутлива до відмов вимірювачів та виконавчих елементів.

Змістовий модуль 11. Оптимальні САУ

Тема 31. Синтез неперервної САУ з спостерігачем, як оптимізаційна задача.

Синтез неперервної САУ при неповній вимірювальності вектору стану. Спостерігач стану. Властивості. Синтез САУ з спостерігачем, як оптимізаційна задача. Спостерігальність і керувальність САУ.

Тема 32. Синтез імпульсної САУ з спостерігачем, як оптимізаційна задача.

Синтез імпульсної САУ при неповній вимірювальності вектору стану. Спостерігач стану. Властивості. Синтез САУ з спостерігачем, як оптимізаційна задача. Спостерігальність і керувальність САУ.

Тема 33. Синтез термінального управління як оптимізаційна задача.

Термінальне управління. Визначення. Класифікація задач термінального управління. Синтез термінального управління як оптимізаційна задача. Метод управління по вищій похідній.

Тема 34. Оптимальна за швидкодією релейна САУ.

Оптимальна за швидкодією релейна САУ. Постановка задачі. Синтез оптимального управління. Отримання управління в координатній формі. Лінії переключення і оптимальні перехідні процеси (на фазовій площині). Проблеми реалізації.

Тема 35. Оптимальні САУ. Метод принципу максимуму.

Оптимальні САУ. Постановка задачі. Методи оптимізації. Метод принципу максимуму. Порядок розв'язання задачі про оптимальну швидкодію при обмеженні управління. Отримання ліній переключення.

Тема 36. Оптимальні САУ. Метод динамічного програмування.

Оптимальні САУ. Постановка задачі. Методи оптимізації. Метод динамічного програмування. Порядок розв'язання задачі з інтегральним квадратичним критерієм. Суть рівняння Беллмана.

Тема 37. Оптимальні САУ. Метод варіаційного числення.

Оптимальні САУ. Постановка задачі. Методи оптимізації. Метод варіаційного числення. Порядок розв'язання задачі з інтегральним квадратичним критерієм.

Змістовий модуль 12. Адаптивні САУ

Тема 38. Адаптивні САУ.

Адаптивні САУ. Визначення та базова структура адаптивної САУ. Класифікація адаптивних САУ.

Тема 39. Аналітична адаптивна САУ з настройкою по власній частоті.

Аналітична адаптивна САУ з настройкою по власній частоті. Принципи побудови. Вибір параметрів основного контуру. Вибір параметрів контуру адаптації

Тема 40. Екстремальна САУ. Оптимальне управління розподілом навантаження синтезу стиролу. Оптимальне управління банківською системою.

Екстремальна САУ. Оптимальне управління розподілом навантаження синтезу стиролу. Оптимальне управління банківською системою. Підсистема «баланс темпів депозитів і кредитів». Підсистеми «максимізація темпу прибутку» та «оптимізація структури депозитного і кредитного портфелів».

Тема 41. «Швидка» адаптивна САУ.

«Швидка» адаптивна САУ. Альтернативи адаптивного управління нестійкими нестационарними об'єктами.

Тема 42. «Інтелектуальні» адаптивні САУ.

«Інтелектуальні» адаптивні САУ. Адаптивний регулятор на базі нечіткої логіки. Адаптивна підсистема ідентифікації на базі штучної нейтронної мережі.

Тема 43. Забезпечення надійності методами ТАУ.

Забезпечення надійності методами ТАУ. Надійність управління. Відмовостійкість. Декомпозиційні методи.

Тема 44. Огляд курсу.

Огляд курсу. Перспективи розвитку САУ і ТАУ.

3. Рекомендована література

Базова

1. Воронов А.А. Теория автоматического управления. Ч. 1, 2. - М.: Энергия, 1986, 1987.
2. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления. -М.: Машиностроение, 1986.
3. Изерман Р. Цифровые системы управления. -М.: Мир, 1984.
4. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т.М. Боровська, В.А. Северілов, А.С. Васюра: М-во освіти і науки України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 97 с. – ISBN 978-966-641-277-8.
5. Боровська Т.М. Моделювання та оптимізація систем автоматичного управління: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т.М. Боровська, А.С. Васюра, В.А. Северілов: М-во освіти і науки України. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с. – ISBN 978-966-641-319-5.
6. Боровська Т. М. Основи теорії управління та дослідження операцій: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т. М. Боровська, І.С. Колесник, В.А. Северілов: М-во освіти і науки України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 242 с. – ISBN 978-966-641-275-4.
7. Боровська Т. М. Спеціальні розділи вищої математики: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов: М-во освіти і науки України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 182 с. – ISBN 978-966-641-276-1.
8. Боровська Т.М., Северілов П.В. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з курсу "Теорія автоматичного управління". Електронна книга, Вінниця - 2008. – 75 с.
9. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління: [дистанційний курс] / Т.М. Боровська, В.А. Северілов, А.С. Васюра. – Вінниця: ВНТУ, 2010.

Допоміжна

1. Моделювання задач управління інвестиціями: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І.С. Колесник: М-во освіти і науки України. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с. – ISBN 978-966-641-311-9.
2. Моделювання та оптимізація у менеджменті: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник: М-во освіти і науки України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2009. – 145 с. – ISBN 978-966-641-287-7.
3. Северілов В.А., Боровская Т.Н. Живучесть САУ: Винниця:ВПИ, 1989.
4. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления. - М.: "Наука", 1986. - 615 с.
5. Методичні вказівки до виконання на ПЕОМ лабораторних і практичних занять з курсу ТАУ /Укл. Т. М.Боровська, В. А.Северілов, П. В.Северілов. Вінниця, ВПІ, 1994. - 53 с.
6. Батенко А.П. Управление конечным состоянием движущихся объектов. М., «Советское радио», 1977.
7. Пузырёв В.А. Управление технологическими процессами производства микроэлектронных приборов. М., «Радио и связь», 1984.
8. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. М., «Наука», 1968.
- 4. Форми підсумкового контролю** —9 семестр (диференційний залік), 10 семестр (іспит), 11 семестр (іспит).

5. Засоби діагностики успішності навчання

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час лабораторного заняття, тестування, колоквиум, диференційний залік, іспит.