



## ГІБРИДНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Комп'ютерні системи та мережі
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна), заочна
Рік підготовки, семестр	4 курс, 8 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	36 лекційних, 18 лабораторні заняття, 66 самостійної
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Канд. техн. наук, доц. Селіванов В.Л., v.selivanov2013@gmail.com
Розміщення курсу	Сайт кафедри ОТ ФІОТ НТТУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»

#### Програма навчальної дисципліни

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

*Метою вивчення дисципліни є формування у студентів здібностей:*

Мета навчальної дисципліни є:

- Вивчення основ проектування аналогових та гібридних лінійних операційних блоків.
- Вивчення основ проектування аналогових нелінійних операційних блоків.
- Вивчення основ проектування аналогових схем та операційних блоків, що моделюють однозначні типові нелінійні залежності систем автоматичного регулювання і систем автоматичного керування.
- Вивчення основ проектування аналогових схем та операційних блоків, що моделюють неоднозначні типові нелінійні залежності систем автоматичного регулювання і систем автоматичного керування.
- Вивчення основ проектування аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів інформації.
- Вивчення основ проектування аналогових та гібридних процесорів.
- Вивчення засобів настройки лінійних та нелінійних операційних блоків.
- Вивчення метода математичного моделювання з допомогою операційних блоків.
- Вивчення методів підготовки задач для переважно аналогових та гібридних обчислювальних систем.
- Вивчення методів програмування для переважно аналогових та гібридних обчислювальних систем.

## *Основні завдання при вивченні дисципліни*

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння дисципліни “Гібридні комп’ютерні системи” мають продемонструвати такі результати навчання:

Вивчаючи курс “Гібридні комп’ютерні системи”, студент має засвоїти наступну сукупність знань:

### **--Знати:**

- 1.Методи вирішення диференціальних рівнянь (з курсу “Математичний аналіз”).
- 2.Методи ітерації (з курсу “Дискретна математика”).
- 3.Методи кодування і декодування уніполярної та біполярної інформації (з курсу “Методи оптимізації і планування експерименту”).
- 4.Методи моделювання, методи апроксимації, метод рішення визначаючого рівняння, методи еквівалентних і тотожних перетворень, метод порозрядного врівноваження, методи примусового опитування та метод найменших квадратів (з курсу “Методи оптимізації і планування експерименту”).
- 5.Операційні підсилувачі, компаратори, діодові обмежувачі, мікросхеми ЦАП та АЦП (з курсу “Комп’ютерна електроніка”).
- 6.Методи розрахунку електричних кіл (з курсу “Теорія електричних кіл”).

### **--Вміти:**

- 1.Складати програми на мовах МАТЛАБ та МАТКАД.
- 2 Самостійно налагоджувати і виконувати програму, складену на мовах МАТЛАБ та МАТКАД, аналізувати отримані результати моделювання.
- 3.Програмувати зв’язки і взаємодію операційних блоків.
- 4.Моделювати внутрішню структуру різноманітних операційних блоків, використовуючи мови МАТЛАБ та МАТКАД, змінювати параметри цих блоків.

### **--Мати навички(досвід):**

Програмування на мовах МАТЛАБ та МАТКАД, модифікації операційної системи, підключення додаткових функцій.

*Кредитний модуль забезпечує наступні компетентності і програмні результати освітньо-практичної програми першого рівня вищої освіти: ФК1, ФК18, ПРН3, ПРН10.*

## **2. Попередні реквізити та дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни “Гібридні комп’ютерні системи” дозволяє сформувати у студентів компетенції, необхідні для розв’язання практичних задач професійної діяльності, пов’язаної з аналізом та використанням сучасних інформаційних технологій та сучасних обчислювальних систем, пов’язаних із створенням і застосуванням переважно аналогових та гібридних обчислювальних пристроїв та систем..

Дисципліна “Гібридні комп’ютерні системи” ґрунтується на вивчення таких кредитних модулів: “Математичний аналіз”, “Аналітична геометрія”, “Дискретна математика”, “Теорія ймовірності і математична статистика”, “Методи оптимізації і планування експерименту”, “Фізика”, “Теорія електричних кіл”, “Комп’ютерна електроніка”.

Для успішного вивчення курсу “Гібридні комп’ютерні системи” необхідні знання про методи моделювання схем за допомогою прикладних програм типу МАТЛАБ, МАТСАД тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Перелік основних тем, що входять до програми вивчення дисципліни “Гібридні комп’ютерні системи”

### **Розділ 1**

**Аналогові, цифрові та гібридні обчислювальні системи. Загальна характеристика, основні властивості, порівняльний аналіз та структури.**

#### **Тема 1.1 *Способи відображення інформації та способи обробки інформації.***

Аналоговий та цифровий способи відображення інформації. Квантування та масштабування. Цифровий спосіб обробки інформації з використанням цифрових чисельних методів. Математичне

моделювання з використанням операційних блоків, як аналоговий спосіб обробки інформації. Метод пониження порядку похідної та метод підвищення порядку похідної.

**Тема 1.2 Класифікація засобів обчислювальної техніки: переважно цифрові обчислювальні системи; переважно аналогові обчислювальні системи; збалансовані аналого-цифрові обчислювальні системи.**

Основні властивості та порівняльна характеристика суто цифрових та суто аналогових обчислювальних систем. Класифікація обчислювальних систем. Суто цифрові обчислювальні системи. Переважно цифрові обчислювальні системи з аналоговими методами обробки інформації (цифрові диференційні аналізатори; цифрові інтегруючі машини). Переважно цифрові обчислювальні системи з аналоговим обладнанням. Переважно цифрові обчислювальні системи з аналоговими та цифровими методами обробки інформації та з аналоговим обладнанням. Збалансовані гібридні обчислювальні системи. Суто аналогові обчислювальні системи. Переважно аналогові обчислювальні системи з цифровими методами обробки інформації (ітеративні аналогові обчислювальні системи). Переважно аналогові обчислювальні системи з цифровим обладнанням. Переважно аналогові обчислювальні системи з аналоговими та цифровими методами обробки інформації та з цифровим обладнанням. Основні складові частини переважно аналогових обчислювальних систем. Склад аналогових процесорів. Лінійні аналогові операційні блоки. Нелінійні аналогові операційні блоки.

## **Розділ 2**

### **Лінійні операційні блоки та лінійні операційні вузли**

**Тема 2.1 Аналогові операційні блоки на основі операційного підсилювача.**

Базова структура аналогового ЛОБ з багатополосником типу зірки на основі ОП з одним інверсним входом. Загальні передаткові функції ЛОБ. Окремі випадки ЛОБ з RC елементами: масштабний ЛОБ; масштабний ЛОБ з запам'ятовуванням інформації; підсумовуючий ЛОБ; інтегруючий ЛОБ; інтегropідсумовуючий ЛОБ; диференціюючий ЛОБ; інтегруючий ЛОБ з RL елементами. ЛОБ з багатополосником типу зірки, елементами якого є двополосники та/або чотиріполосники. Моделювання лінійних ланок систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання. ЛОБ на основі ОП з двома входами, Повторювач напруги.

**Тема 2.2 Блоки операційних підсилювачів.**

Склад та типи блоків операційних підсилювачів. Підсумовуючі та інтегруючі блоки операційних підсилювачів. Режими роботи схеми управління блоку операційного підсилювача. Підготовчі режими роботи схеми управління: «установлення нуля» та «підготовка». Режими роботи робочого циклу: «початковий стан», «інтегрування» та «зупинник». Способи установки значень коефіцієнтів передач для масштабних, підсумовуючих, інтегруючих та інтегropідсумовуючих операційних блоків. Способи завдання початкових умов на інтегруючих та інтегropідсумовуючих ОБ.

**Тема 2.3 Похибки лінійних операційних блоків.**

Систематичні (методичні) похибки ЛОБ. Випадкові похибки ЛОБ. Дрейф нуля операційного підсилювача і його складники (еквівалентні генератори дрейфу, зведені до входу). Причини існування і відповідні складові частини еквівалентних генераторів дрейфу, зведених до входу (температурний, часовий, по живленню та початковий). Вихідний дрейф ЛОБ. Розрахунки та вимірювання вихідного дрейфу ЛОБ. Систематичні похибки ЛОБ. Причини існування та способи їх зменшення.

**Тема 2.4 Кодування та декодування інформації в комп'ютерних системах.**

Операції кодування (аналого-цифрового перетворення) та декодування (цифро-аналогового перетворення). Масштаб декодування. Системи числення. Позиційні системи числення, Однорідні позиційні системи числення (двійкова, трійкова, симетрична трійкова, четвертна, шісткова, вісімкова, десяткова, дуодecimalна, шістнадцяткова). Неоднорідні (змішані) позиційні системи числення (система числень Майа, система визначення часу, система визначення географічних координат об'єктів, система залишкових класів, двійково-кодована система залишкових класів, двійково-десяткові системи числення).

**Тема 2.5 Кодування біполярної інформації в комп'ютерних системах.**

Використання методу зсуву нуля з подальшим корегуванням для кодування біполярної інформації. Звичайні та модифіковані коди. Прямий, інверсний (обернений), доповняльний та зсунений

коди. Формули для декодування.

#### **Тема 2.6 Уніполярні та біполярні перетворювачі код-напруга (ПКН).**

Операція уніполярного цифро-аналогового перетворення. Уніполярний перетворювач код-напруга. Перемикачі напруги. Двоквадрантний помножувальний ПКН. Біполярні ПКН інверсного, доповняльного та зсуненого кодів (з комутованим зсувом, з фіксованим зсувом та з біполярними перемикачами).

#### **Тема 2.7 Пасивні суматори напруг та декодувальні сітки для ПКН**

Суматор напруг послідовного типу. Суматор напруг паралельного типу. Аналіз та синтез суматору напруг паралельного типу. Тотожні перетворення структури. Комбіновані структури. Інверсне включення суматору напруг паралельного типу (інверсна резистивна матриця. Декодувальні сітки для уніполярних ПКН. Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійкової системи числення (паралельна структура та комбіновані структури; мінімальні структури з двох номіналів). Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійково-десяткових систем числення системи числення (паралельна структура та комбіновані структури; оптимальні структури).

#### **Тема 2.8 Уніполярні та біполярні перетворювачі код-струм (ПКС).**

Уніполярні перетворювачі код-струм (структура з однаковими еталонними струмами, структура зі зваженими еталонними струмами та проміжні структури). Перемикачі струму. Біполярні ПКС інверсного, доповняльного та зсуненого кодів (з фіксованим зсувом та з використанням обох виходів перемикачів струму).

#### **Тема 2.9 Пасивні суматори струмів та декодувальні сітки для ПКС**

Пасивні суматори струмів. Суматор струмів паралельного типу. Суматор струмів послідовного типу. Аналіз та синтез суматору струмів послідовного типу. Тотожні перетворення структури. Комбіновані структури. Декодувальні сітки для уніполярних ПКС. Декодувальні сітки для уніполярного ПКС двійкової системи числення (послідовна структура та комбіновані структури; мінімальні структури з двох номіналів). Декодувальні сітки для уніполярного ПКС двійково-десяткових систем числення системи числення (послідовна структура та комбіновані структури; оптимальні структури).

### **Розділ 3**

#### **Нелінійні операційні елементи, вузли, блоки та їх сполуки**

##### **Тема 3.1 Лінійні та нелінійні операційні елементи**

Триполюсні лінійні елементи. Двополюсні лінійні елементи. Триполюсні діодові обмежувачі послідовного типу з підключенням діоду у вхідну частину. Двополюсні діодові обмежувачі. Триполюсні діодові обмежувачі послідовного типу з підключенням діоду у вихідну частину (діодові елементи). Діодові елементи з регулюваннями параметрів характеристики. Діодові елементи з двома виходами. Триполюсні діодові обмежувачі комбіновані. Паралельне підключення комбінованих діодових обмежувачів. Діодові обмежувачі мостового типу. Триполюсні діодові обмежувачі паралельного типу.

##### **Тема 3.2 Структури нелінійних вузлів (НВ) та нелінійних операційних блоків (НОБ)**

Паралельне з'єднання НВ та НОБ. Підключення інвертору на вході НВ чи на вході НОБ. НОБ з підключенням НВ у вхідну частину. Зсув характеристики по осі ординат НОБ з підключенням НВ у коло зворотного зв'язку. Зсув характеристики по осі абсцис. Підключення інвертору попереду операційного вузла. Послідовне з'єднання НОБ. НОБ з підключенням НВ у вхідну частину та у коло зворотного зв'язку. Приклад побудови результуючої характеристики. Контур з двох НОБ. Приклад побудови результуючої характеристики

##### **Тема 3.3 Моделювання однозначних типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання**

Моделювання зони невразливості, Моделювання обмеження координат (лінійна характеристика з двобічним обмеженням по осі ординат). Моделювання операцій вилучення модуля, визначення максимуму та мінімуму. Моделювання зони нечутливості з обмеженням координат. Моделювання періодичних нелінійних характеристик

##### **Тема 3.4 Моделювання неоднозначних типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання**

. Моделювання люфту та гістерезису. Моделювання релейних характеристик (простої та подвійної). Низькочастотний генератор прямокутних та трикутних коливань. Низькочастотний генератор прямокутних коливань на основі одного операційного підсилювача.

### Тема 3.5 *Діодові універсальні функціональні перетворювачі (ДУФП)*

Функціональна схема ДУФП для  $x_0=0$ . Призначення елементів та вузлів. Карта налагодження ДУФП: форма і заповнення карти налагодження. Налагодження ДУФП. ДУФП для  $x_0=x_{\min}$  та для  $x_0=x_{\max}$ .

## Розділ 4

### Множувально-ділільні операційні блоки (МДБ)

#### Тема 4.1 *Моделювання множувально-ділільних операцій та структури МДБ*

Базові множувально-ділільні операції: множення двох змінних, ділення однієї змінної на другу змінну, піднесення до квадрату та добуття квадратного кореня. Відповідні структури МДБ для моделювання різних множувально-ділільних операцій.

#### Тема 4.2 *МДБ непрямого типу*

Класифікація МДБ непрямого типу. Квадратичні МДБ (базова структура, тотожні перетворення структури, мінімальна структура). Логарифмічний МДБ. Інтегральний МДБ. МДБ на основі множення імовірностей.

#### Тема 4.3 *МДБ прямого типу*

Класифікація МДБ прямого типу. МДБ на основі МОБ. МДБ імпульсного типу. МДБ на основі ефекту Холла.

## Розділ 5

### Операційні блоки постійної часової затримки (БПЗ)

#### Тема 5.1 *БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів.*

БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів, в якому використовується кусково-стала апроксимація. БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів, в якому використовується кусково-лінійна апроксимація.

#### Тема 5.2 *БПЗ, що використовують апроксимацію передаткової функції ідеального БПЗ.*

БПЗ на основі РС чотириполосників, що використовують апроксимацію Паде першого порядку. Характеристики та точність моделювання. БПЗ на основі ЛОБ, що використовують апроксимацію Паде

## Розділ 6

### Підготовка, набір та рішення задач для переважно аналогових обчислювальних системах

#### Тема 6.1 *Формування умов, підготовка, набір та рішення задач на переважно аналогових обчислювальних системах*

Постановка задачі, вимоги до складу формуляру, формуляр умов задачі. Попередня підготовка та оформлення робочого документу. Набір та рішення задачі, Обробка результатів моделювання.

#### Тема 6.2 *Загальні принципи підготовки задач до набору та рішення.*

Тотожні перетворення базового математичного опису. Отримання масштабованого машинного опису. Складання первісної структурної схеми (схеми функціональної електричної) Отримання структурного машинного опису. Зведення обох машинних описів до однієї форми. Порівняння двох машинних описів. Отримання рівнянь еквівалентності, рівнянь тотожності та формул для розрахунку напруг початкових умов та для розрахунку напруг зовнішніх збуджень. Розрахунки та вибір масштабів. Розрахунок параметрів схеми моделювання.

#### Тема 6.3 *Попередня підготовка задач до набору*

Перетворення базового математичного опису до універсального виду. Перетворення універсального виду (системи диференційних рівнянь першого порядку) до такого, що найбільш зручний для моделювання. Моделювання функцій часу. Складання схеми функціональної електричної моделі.

Отримання елементарного структурного машинного опису. Отримання рівнянь еквівалентності та рівнянь тотожності. Розрахунок оптимальних значень масштабів та вибір пробних значень масштабів. Розрахунки значень коефіцієнтів перелач ЛОБ та РДБ, характеристик НОБ значень напруг початкових умов та значень

#### Тема 6.4 **Оформлення робочого документу**

Складання схеми електричної принципової моделі (схеми набору). Заповнення карти настроювання коефіцієнтів передач для ЛОБ, карт налагодження ДЕ та карт настроювання ДУФП.

### **4 Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова**

1. Гібридні комп'ютерні системи. Лінійні та гібридні операційні блоки [Електронний ресурс]: навч. посібн. для студентів освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; В. Л. Селіванов, О.А.Верба, Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 02.09.2022 р.). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 101 с.  
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50133>
2. 1. Основи аналогової техніки: Лабораторний практикум /О.М. Василевський, В.В.Присяжнюк.- Вінниця: ВНТУ, 2018 – 140с.
3. 2. В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зоря та ін. Аналогова схемотехніка та імпульс-ні пристрої.- 2-е видання. – К.: Освіта України. – 2010.

#### **Допоміжна**

4. 3. В.М. Приходько Комп'ютерна схемотехніка, ч.1. Аналогова схемотехніка. За ред. . Приходьк В.М. – Д.: ДонІЗТ, 2008, - 198 с.

## **Навчальний контент**

### **5 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### **5.1 Лекційні заняття:**

**Розділ 1. Аналогові, цифрові та гібридні обчислювальні системи. Загальна характеристика, основні властивості, порівняльний аналіз та структури.**

#### **Лекція 1.**

##### **Тема 1.1. Способи відображення інформації та способи обробки інформації.**

Аналоговий та цифровий способи відображення інформації. Квантування та масштабування. Цифровий спосіб обробки інформації з використанням цифрових чисельних методів. Математичне моделювання з використанням операційних блоків, як аналоговий спосіб обробки інформації. Метод пониження порядку похідної та метод підвищення порядку похідної.

#### **Лекція 2.**

##### **Тема 1.2. Класифікація засобів обчислювальної техніки: переважно цифрові обчислювальні системи; переважно аналогові обчислювальні системи; збалансовані аналого-цифрові обчислювальні системи.**

Основні властивості та порівняльна характеристика суто цифрових та суто аналогових обчислювальних систем. Класифікація обчислювальних систем. Суто цифрові обчислювальні системи. Переважно цифрові обчислювальні системи з аналоговими методами обробки інформації (цифрові диференційні аналізатори; цифрові інтегруючі машини). Переважно цифрові обчислювальні системи з аналоговим обладнанням. Переважно цифрові обчислювальні системи з аналоговими та цифровими методами обробки інформації та з аналоговим обладнанням. Збалансовані гібридні обчислювальні системи. Суто аналогові обчислювальні системи. Переважно аналогові обчислювальні систе-

ми з цифровими методами обробки інформації (ітеративні аналогові обчислювальні системи). Переважно аналогові обчислювальні системи з цифровим обладнанням. Переважно аналогові обчислювальні системи з аналоговими та цифровими методами обробки інформації та з цифровим обладнанням. Основні складові частини переважно аналогових обчислювальних систем. Склад аналогових процесорів. Лінійні аналогові операційні блоки. Нелінійні аналогові операційні блоки.

## **Розділ 2. Лінійні операційні блоки**

### *Лекція 3.*

#### **Тема 2.1. Аналогові операційні блоки на основі операційного підсилювача.**

Базова структура аналогового ЛОБ з багатополосником типу зірки на основі ОП з одним інверсним входом. Загальні передаткові функції ЛОБ. Окремі випадки ЛОБ з RC елементами: масштабний ЛОБ; масштабний ЛОБ з запам'ятовуванням інформації; підсумовуючий ЛОБ; інтегруючий ЛОБ; інтегропідсумовуючий ЛОБ.

### *Лекція 4.*

#### **Тема 2.1. (продовження).**

Диференціюючий ЛОБ; інтегруючий ЛОБ з RL елементами. ЛОБ з багатополосником типу зірки, елементами якого є двополосники та/або чотиріполосники. Моделювання лінійних ланок систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання. ЛОБ на основі ОП з двома входами, Повторювач напруги.

### *Лекція 5.*

#### **Тема 2.2. Блоки операційних підсилювачів.**

Склад та типи блоків операційних підсилювачів. Підсумовуючі та інтегруючі блоки операційних підсилювачів. Режими роботи схеми управління блоку операційного підсилювача. Підготовчі режими роботи схеми управління: «установлення нуля» та «підготовка». Режими роботи робочого циклу: «початковий стан», «інтегрування» та «зупинник». Способи установки значень коефіцієнтів передач для масштабних, підсумовуючих, інтегруючих та інтегропідсумовуючих операційних блоків. Способи завдання початкових умов на інтегруючих та інтегропідсумовуючих ОБ.

### *Лекція 6.*

#### **Тема 2.3. Похибки лінійних операційних блоків.**

Систематичні (методичні) похибки ЛОБ. Випадкові похибки ЛОБ. Дрейф нуля операційного підсилювача і його складники (еквівалентні генератори дрейфу, зведені до входу). Причини існування і відповідні складові частини еквівалентних генераторів дрейфу, зведених до входу (температурний, часовий, по живленню та початковий). Вихідний дрейф ЛОБ. Розрахунки та вимірювання вихідного дрейфу ЛОБ. Систематичні похибки ЛОБ. Причини існування та способи їх зменшення.

#### **Тема 2.4. Кодування та декодування інформації в комп'ютерних системах.**

Операції кодування (аналого-цифрового перетворення) та декодування (цифро-аналогового перетворення). Масштаб декодування. Системи числення. Позиційні системи числення, Однорідні позиційні системи числення (двійкова, трійкова, симетрична трійкова, четвертна, шісткова, вісімкова, десяткова, дуодecimalна, шістнадцяткова). Неоднорідні (змішані) позиційні системи числення (система числень Майа, система визначення часу, система визначення географічних координат об'єктів, система залишкових класів, двійково-кодована система залишкових класів, двійково-десяткові системи числення).

### *Лекція 7.*

#### **Тема 2.5. Кодування біполярної інформації в комп'ютерних системах.**

Використання методу зсуву нуля з подальшим корегуванням для кодування біполярної інформації. Звичайні та модифіковані коди. Прямий, інверсний (обернений), доповняльний та зсунений коди. Формули для декодування.

#### **Тема 2.6. Уніполярні та біполярні перетворювачі код-напруга.**

Операція уніполярного цифро-аналогового перетворення. Уніполярний перетворювач коднапряга (ПКН). Перемикачі напруги для ПКН. Двоквадрантний помножувальний ПКН. Біполярні ПКН інверсного, доповняльного та зсуненого кодів (з комутованим зсувом, з фіксованим зсувом та з біполярними перемикачами). Чотириквадрантний помножувальний ПКН.

### *Лекція 8*

#### **Тема 2.7. Пасивні суматори напруг та декодувальні сітки для ПКН**

Суматор напруг послідовного типу. Суматор напруг паралельного типу. Аналіз та синтез суматору напруг паралельного типу. Тотожні перетворення структури. Комбіновані структури. Інверсне включення суматору напруг паралельного типу (інверсна резистивна матриця).

### *Лекція 9*

#### **Тема 2.7. (продовження).**

Декодувальні сітки для уніполярних ПКН. Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійкової системи числення (паралельна структура та комбіновані структури; мінімальні структури з двох номіналів). Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійково-десяткових систем числення системи числення (паралельна структура та комбіновані структури; оптимальні структури).

#### **Тема 2.8. Уніполярні та біполярні перетворювачі код-струм (ПКС).**

Уніполярні перетворювачі код-струм (структура з однаковими еталонними струмами, структура зі зваженими еталонними струмами та проміжні структури). Перемикачі струму. Біполярні ПКС інверсного, доповняльного та зсуненого кодів (з фіксованим зсувом та з використанням обох виходів перемикачів струму).

### *Лекція 10*

#### **Тема 2.9. Пасивні суматори струмів та декодувальні сітки для ПКС**

Пасивні суматори струмів. Суматор струмів паралельного типу. Суматор струмів послідовного типу. Аналіз та синтез суматору струмів послідовного типу. Тотожні перетворення структури. Комбіновані структури. Декодувальні сітки для уніполярних ПКС. Декодувальні сітки для уніполярного ПКС двійкової системи числення (послідовна структура та комбіновані структури; мінімальні структури з двох номіналів). Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійково-десяткових систем числення системи числення (послідовна структура та комбіновані структури; оптимальні структури).

## **Розділ 3. Нелінійні операційні елементи, вузли, блоки та їх сполуки**

### *Лекція 11*

#### **Тема 3.1. Лінійні та нелінійні операційні елементи**

Триполюсні лінійні елементи. Двополюсні лінійні елементи. Триполюсні діодові обмежувачі послідовного типу з підключенням діоду у вхідну частину. Двополюсні діодові обмежувачі. Триполюсні діодові обмежувачі послідовного типу з підключенням діоду у вихідну частину (діодові елементи) Діодові елементи з регулюваннями параметрів характеристики. Діодові елементи з двома виходами.

### *Лекція 12*

#### **Тема 3.1. (продовження).**

Триполюсні діодові обмежувачі комбіновані. Паралельне підключення комбінованих діодових обмежувачів. Діодові обмежувачі мостового типу. Триполюсні діодові обмежувачі паралельного типу.

#### **Тема 3.2. Структури нелінійних вузлів, нелінійних операційних блоків та їх сполуки.**

Паралельне з'єднання НВ та НОБ. Підключення інвертору на вході НВ чи на вході НОБ. НОБ з підключенням НВ у вхідну частину. Зсув характеристики по осі ординат НОБ з підключенням НВ у коло зворотного зв'язку. Зсув характеристики по осі абсцис.

### *Лекція 13*

#### **Тема 3.2. (продовження).**



Підключення інвертору на вході НВ чи на вході НОБ.НОБ з підключенням НВ у вхідну частину. Зсув характеристики по осі ординат НОБ з підключенням НВ у коло зворотного зв'язку. Зсув характеристики по осі абсцис. Підключення інвертору попереду операційного вузла. Послідовне з'єднання НОБ. НОБ з підключенням НВ у вхідну частину та у коло зворотного зв'язку. Приклад побудови результуючої характеристики. Контур з двох НОБ. Приклад побудови результуючої характеристики.

### **Тема 3.3 Моделювання типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання**

Моделювання зони невразливості.

#### **Лекція 14**

### **Тема 3.3. (продовження).**

Моделювання обмеження координат (лінійна характеристика з двобічним обмеженням по осі ординат). Моделювання операцій вилучення модуля, визначення максимуму та мінімуму. Моделювання зони нечутливості з обмеженням координат. Моделювання періодичних нелінійних характеристик.

#### **Лекція 15**

### **Тема 3.4 Моделювання неоднозначних типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання**

Моделювання люфту та гістерезису. Моделювання релейних характеристик (простої та подвійної). Низькочастотний генератор прямокутних та трикутних коливань. Низькочастотний генератор прямокутних коливань на основі одного операційного підсилювача.

#### **Лекція 16**

### **Тема 3.5. Діодові універсальні функціональні перетворювачі (ДУФП)**

Функціональна схема ДУФП для  $x_0=0$ . Призначення елементів та вузлів. Карта налагодження: форма і її заповнення. Налагодження ДУФП. ДУФП для  $x_0=x_{\min}$  та для  $x_0=x_{\max}$ .

## **Розділ 4. Множувально-ділільні операційні блоки (МДБ)**

#### **Лекція 17.1**

### **Тема 4.1. Моделювання множильно-ділільних операцій та структури МДБ**

Базові множильно-ділільні операції: множення двох змінних, ділення однієї змінної на другу змінну, піднесення до квадрату та добуття квадратного кореня. Відповідні структури МДБ для моделювання різних множильно-ділільних операцій.

### **Тема 4.2. МДБ непрямого типу**

Класифікація МДБ непрямого типу. Квадратичні МДБ (базова структура, тотожні перетворення структури, мінімальна структура). Логарифмічний МДБ. Інтегральний МДБ. МДБ на основі множення імовірностей.

### **Тема 4.3. МДБ прямого типу**

Класифікація МДБ прямого типу. МДБ на основі МОБ. МДБ імпульсного типу. МДБ на основі ефекту Холла.

## **Розділ 5. Операційні блоки постійної часової затримки (БПЗ)**

#### **Лекція 17.2**

### **Тема 5.1. БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів.**

БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів, в якому використовується кусково-стала апроксимація. БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів, в якому використовується кусково-лінійна апроксимація.

### **Тема 5.2 БПЗ, що використовують апроксимацію передаткової функції ідеального БПЗ.**

БПЗ на основі РС чотириполосників, що використовують апроксимацію Паде першого порядку. Характеристики та точність моделювання БПЗ, що використовують апроксимацію Паде першого порядку. БПЗ на основі ЛОБ, що використовують апроксимацію Паде.

## Розділ 6. Підготовка, набір та рішення задач для переважно аналогових обчислювальних системах

### Лекція 18

#### **Тема 6.1. Формування умов, підготовка, набір та рішення задач на переважно аналогових обчислювальних системах**

Постановка задачі, вимоги до складу формуляру, формуляр умов задачі. Попередня підготовка та оформлення робочого документу. Набір та рішення задачі, Обробка результатів моделювання.

#### **Тема 6.2. Загальні принципи підготовки задач до набору та рішення.**

Тотожні перетворення базового математичного опису. Отримання масштабованого машинного опису. Складання первісної структурної схеми (схеми функціональної електричної). Отримання структурного машинного опису. Зведення обох машинних описів до однієї форми. Порівняння двох машинних описів. Отримання рівнянь еквівалентності, рівнянь тотожності та формул для розрахунку напруг початкових умов та для розрахунку напруг зовнішніх збуджень. Розрахунки та вибір масштабів. Розрахунок параметрів схеми моделювання.

#### **Тема 6.3. Попередня підготовка задач до набору**

Перетворення базового математичного опису до універсального виду. Перетворення універсального виду (системи диференційних рівнянь першого порядку) до такого, що найбільш зручний для моделювання. Моделювання функцій часу. Складання схеми функціональної електричної моделі. Отримання елементарного структурного машинного опису. Отримання рівнянь еквівалентності та рівнянь тотожності. Розрахунок оптимальних значень масштабів та вибір пробних значень масштабів. Розрахунок значень коефіцієнтів передач ЛОБ та МДБ, характеристик НОБ значень напруг початкових умов та значень

#### **Тема 6.4 Оформлення робочого документу**

Складання схеми електричної принципової моделі (схеми набору). Заповнення карти настроювання коефіцієнтів передач для ЛОБ, карт налагодження ДЕ та карт настроювання ДУФП.

### Практичні заняття

Метою проведення циклу лабораторних робіт є придбання студентами необхідних практичних навиків з перевірки роботи лінійних та нелінійних операційних блоків, навиків з розробки, розрахунку параметрів та моделювання різноманітних операційних блоків, функцій часу та диференційних рівнянь.

Лабораторна робота включає:

1. Завдання на лабораторну роботу:
  - 1.1 Таблиця варіантів.
  - 1.2 Надання схеми електричної принципової ОБ або схеми моделювання.
  - 1.3 Розрахунок параметрів ОБ або схеми моделювання.
  - 1.4 Визначення програми дослідження.
2. Порядок виконання роботи.
3. Зміст звіту.
4. Контрольні запитання.
5. Теоретичні відомості.

Лабораторна робота № 1

#### **Дослідження блока операційного підсилювача.**

Лабораторна робота № 2

#### **Суматор напруг і перетворювач код-напруга.**

Лабораторна робота № 3

#### **Моделювання однозначних типових нелінійностей**

Лабораторна робота № 4

**Генератор прямокутних і трикутних коливань.**

Лабораторна робота № 5

**Діодовий універсальний функціональний перетворювач.**

Лабораторна робота № 6

**МДБ (режими множення та піднесення до квадрату).**

Лабораторна робота № 7

**Моделювання функцій часу.**

Лабораторна робота № 8

**Моделювання однорідного диференційного рівняння другого порядку.**

Лабораторна робота № 9

**Моделювання нелінійного диференційного рівняння третього порядку.**

<i>Розподіл за семестрами та видами занять</i>							
<i>Назви розділів, тем</i>	<i>Всього</i>	<i>Лекції</i>	<i>Практичні заняття</i>	<i>Семінарські заняття</i>	<i>Лабораторні роботи</i>	<i>Комп'ютерний практикум</i>	<i>СРС</i>
Розділ 1	1	2	3	4	5	6	7
<b>Аналогові, цифрові та гібридні обчислювальні системи. Загальна характеристика, основні властивості, порівняльний аналіз та структури.</b>	4	4					
Тема 1.1							
<i>Способи відображення інформації та способи обробки інформації.</i>	2	2					2
Тема 1.2							
<i>Класифікація засобів обчислювальної техніки: переважно цифрові обчислювальні системи; переважно аналогові обчислювальні системи; збалансовані аналого-цифрові обчислювальні системи.</i>	2	2					2
Розділ 2							
<b>Лінійні операційні блоки</b>	16	16					
Тема 2.1							
<i>Аналогові операційні блоки на основі операційного підсилювача</i>	4	4			2		3
Тема 2.2							
<i>Блоки операційних підсилювачів</i>	2	2					2
Тема 2.3							
<i>Похибки лінійних операційних блоків</i>	1	1					2
Тема 2.4							
<i>Кодування та декодування інформації в комп'ютерних системах</i>	1	1					2
Тема 2.5							
<i>Кодування біполярної інформації в комп'ютерних системах</i>	1	1					3
Тема 2.6							
<i>Уніполярні та біполярні перетворювачі код-напряга.</i>	1	1			1		3
Тема 2.7							
<i>Пасивні суматори напруг та декодувальні сітки для ПКН</i>	3	3			1		3

	1	2	3	4	5	6	7
Тема 2.8							
<b>Уніполярні та біполярні перетворювачі код-струм (ПКС)</b>	1	1					3
Тема 2.9							
<b>Пасивні суматори струмів та декодувальні сітки для ПКС</b>	2	2					3
<b>Розділ 3</b>							
<b>Нелінійні операційні елементи, вузли, блоки та їх сполуки</b>	12	12					
Тема 3.1							
<b>Лінійні та нелінійні операційні елементи</b>	3	3					3
Тема 3.2							
<b>Структури нелінійних вузлів (НВ) та нелінійних операційних блоків (НОБ)</b>	2	2					3
Тема 3.3							
<b>Моделювання типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання</b>	3	3			2		3
Тема 3.4							
<b>Моделювання неоднозначних типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання</b>	2	2			2		3
Тема 3.5							
<b>Діодові універсальні функціональні перетворювачі (ДУФП)</b>	2	2			2		2
<b>Розділ 4</b>							
<b>Множильно-ділільні операційні блоки (МДБ)</b>	1	1					
Тема 4.1							
<b>Моделювання множильно-ділільних операцій та структури МДБ</b>	0.25	0.25			4		2
Тема 4.2	0.5	0.5					
<b>МДБ непрямого типу</b>							2
Тема 4.3	0.25	0.25					
<b>МДБ прямого типу</b>							1
<b>Розділ 5</b>							
<b>Операційні блоки постійної часової затримки (БПЗ)</b>	1	1					
Тема 5.1							
<b>БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів</b>	0.5	0.5					2
Тема 5.2	0.5	0.5					

<i>БПЗ, що використовують апроксимацію передаткової функції ідеального БПЗ</i>							2
<b>Розділ 6</b>							
<b>Операційні блоки постійної часової затримки (БПЗ)</b>							
Тема 6.1							
<i>Формування умов, підготовка, набір та рішення задач на переважно аналогових обчислювальних системах</i>	0.5	0.5					1
Тема 6.2							
<i>Загальні принципи підготовки задач до набору та рішення</i>	0.5	0.5					2
Тема 6.3							
<i>Попередня підготовка задач до набору</i>	0.5	0.5			2		1
Тема 6.4							
<i>Оформлення робочого документу</i>	0.5	0.5			2		0.5
Підготовка до заліку							10
залік							0.5
<b>Всього в семестрі:</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18</b>		<b>66</b>

### Лекційні зняття

№ лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<p><b><i>Способи відображення інформації та способи обробки інформації</i></b> [1,2]  Аналоговий і цифровий способи відображення інформації. Цифровий спосіб обробки інформації та математичне моделювання. Аналогові, цифрові та гібридні операційні блоки (приклад). Математичне моделювання з використанням операційних блоків (приклад)</p> <p><b><i>Класифікація засобів обчислювальної техніки: переважно цифрові обчислювальні системи; переважно аналогові обчислювальні системи; збалансовані аналого-цифрові обчислювальні системи</i></b> [2,3,4]</p> <p>Класифікація комп'ютерних систем: переважно цифрові комп'ютерні системи, переважно аналогові комп'ютерні системи та збалансовані комп'ютерні системи. Чисто цифрові комп'ютерні системи. Цифрові комп'ютерні системи, що використовують виключно аналоговий спосіб обробки інформації. Цифрові комп'ютерні системи, що використовують аналогове та/або гібридне обладнання (окрім цифрового обладнання). Цифрові комп'ютерні системи, що використовують крім цифрового способу обробки інформації також і аналоговий. Чисто аналогові комп'ютерні системи. Аналогові комп'ютерні системи, що використовують виключно цифровою способом обробки інформації. Аналогові комп'ютерні системи, що використовують цифрове та/або гібридне обладнання (окрім аналогового обладнання). Аналогові комп'ютерні системи, що використовують крім аналогового способу обробки інформації також і цифровий. Збалансовані комп'ютерні системи.</p>

2.	<p><b>Основні характеристики та порівнювальний аналіз цифрових та аналогових обчислювальних систем</b> [2,3,4]</p> <p>Спосіб відображення інформації, точність, швидкодія, виконання математичних операцій, виконання операції «часова затримка» та зберігання інформації, виконання логічних операцій, програмування (підготовка задач до виконання).</p> <p><b>Склад переважно аналогової комп'ютерної системи ПАКС</b> [1,2]</p> <p>Управляючий пристрій, обчислювальний пристрій (аналоговий процесор), зовнішній запам'ятовуючий пристрій, реєструючі пристрої (осцилограф, планшет тощо), вимірювальна апаратура, блок живлення.</p> <p><b>Склад аналогового процесору</b> [1,2]</p> <p>Лінійні операційні блоки: інвертор; масштабний ОБ; інтегруючий ОБ; підсумовуючий ОБ; інтегropідсумовуючий ОБ; ОБ, що моделює лінійні ланки систем автоматичного керування (моделює набір простих лінійних операцій). ОБ сталої часової затримки. Нелінійні операційні блоки: універсальний функціональний перетворювач однієї змінної; спеціалізовані функціональні перетворювачі однієї змінної тощо; ОБ, що моделює однозначні типові нелінійності систем автоматичного керування (зона нечутливості, насичення тощо); ОБ, що моделює неоднозначні типові нелінійності систем автоматичного керування (характеристика люфту, характеристика гістерезису та різноманітні релейні характеристики); стандартні і спеціалізовані множинно-ділільні ОБ; універсальні чи спеціалізовані функціональні перетворювачі двох змінних; ОБ змінної часової затримки.</p>
3.	<p><b>Аналогові операційні блоки на основі операційного підсилювача</b> [1,2]</p> <p>Базова структура аналогового ЛОБ з багатополюсником типу зірки на основі ОП з одним інверсним входом. Загальні передаткові функції ЛОБ. Окремі випадки ЛОБ з РС елементами: масштабний ЛОБ; масштабний ЛОБ з запам'ятовуванням інформації; підсумовуючий ЛОБ; інтегруючий ЛОБ; інтегropідсумовуючий ЛОБ.</p>
4.	<p><b>Аналогові операційні блоки на основі операційного підсилювача</b> [1,2]</p> <p>Диференціюючий ЛОБ; інтегруючий ЛОБ з RL елементами. ЛОБ з багатополюсником типу зірки, елементами якого є двополюсники та/або чотиріполюсники. Моделювання лінійних ланок систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання. ЛОБ на основі ОП з двома входами, Повторювач напруги.</p>
5.	<p><b>Блоки операційних підсилювачів (БОП)</b> [3,6,7]</p> <p>Підсумовуючий БОП та інтегруючий БОП. Склад БОП: лінійний операційний блок (операційний підсилювач та РС елементи багатополюсника); схема ручної або автоматичної комутації; схема управління. Режими роботи схеми управління БОП: підготовчі режими (установлення нуля; підготовка) та режими роботи робочого циклу (початковий стан; пуск; зупинник). Способи установки значень коефіцієнтів передач для масштабних та підсумовуючих ОБ. Способи установки значень коефіцієнтів передач для інтегруючих та інтегropідсумовуючих ОБ. Способи завдання початкових умов на ІОБ та на ІЛОБ (початковий заряд конденсатора; додавання до вихідної напруги ІОБ (ІПОБ) в момент часу <math>\tau=0</math> скоку напруги).</p>
6.	<p><b>Похибки лінійних операційних блоків</b> [3,6,7]</p> <p>Систематичні (методичні) похибки ЛОБ. Випадкові похибки ЛОБ. Дрейф нуля операційного підсилювача і його складники (еквівалентні генератори дрейфу, зведені до входу). Причини існування і відповідні складові частини еквівалентних генераторів дрейфу, зведених до входу (температурний, часовий, по живленню та початковий). Вихідний дрейф ЛОБ. Розрахунки та вимірювання вихідного дрейфу ЛОБ.</p>

	<p>Систематичні похибки ЛОБ. Причини існування та способи їх зменшення.</p> <p><b>Кодування та декодування інформації в комп'ютерних системах</b> [3,6,7]</p> <p>Операції кодування (аналоگو-цифрового перетворення) та декодування (цифро-аналогового перетворення). Масштаб декодування. Системи числення. Позиційні системи числення, Однорідні позиційні системи числення (двійкова, трійкова, симетрична трійкова, четвертна, шісткова, вісімкова, десяткова, дуодecimalна, шістнадцяткова). Неоднорідні (змішані) позиційні системи числення (система числень Майа, система визначення часу, система визначення географічних координат об'єктів, система залишкових класів, двійково-кодована система залишкових класів, двійково-десяткові системи числення).</p>
7.	<p><b>Кодування біполярної інформації в комп'ютерних системах</b> [2,3,11] - Використання методу зсуву нуля з подальшим корегуванням для кодування біполярної інформації. Звичайні та модифіковані коди. Прямий, інверсний (обернений), доповняльний та зсунений коди. Формули для декодування.</p> <p><b>Уніполярні та біполярні перетворювачі код-напруга</b> [2,3,11]</p> <p>Операція уніполярного цифро-аналогового перетворення. Уніполярний перетворювач код-напруга (ПКН). Перемикачі напруги для ПКН. Двоквадрантний помножувальний ПКН. Біполярні ПКН інверсного, доповняльного та зсуненого кодів (з комутованим зсувом, з фіксованим зсувом та з біполярними перемикачами). Чотириквадрантний помножувальний ПКН.</p>
8.	<p><b>Пасивні суматори напруг</b> [1,2]</p> <p>Суматор напруг послідовного типу. Суматор напруг паралельного типу. Аналіз та синтез суматору напруг паралельного типу. Тотожні перетворення структури. Комбіновані структури. Інверсне включення суматору напруг паралельного типу (інверсна резистивна матриця).</p>
9.	<p><b>Декодувальні сітки для ПКН</b> [2,3,11]</p> <p>Декодувальні сітки для уніполярних ПКН. Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійкової системи числення (паралельна структура та комбіновані структури; мінімальні структури з двох номіналів). Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійково-десяткових систем числення системи числення (паралельна структура та комбіновані структури; оптимальні структури).</p> <p><b>Уніполярні та біполярні перетворювачі код-струм (ПКС)</b> [2,3,11]</p> <p>Уніполярні перетворювачі код-струм (структура з однаковими еталонними струмами, структура зі зваженими еталонними струмами та проміжні структури). Перемикачі струму. Біполярні ПКС інверсного, доповняльного та зсуненого кодів (з фіксованим зсувом та з використанням обох виходів перемикачів струму).</p>
10.	<p><b>Пасивні суматори струмів та декодувальні сітки для ПКС</b> [2,3,11]</p> <p>Пасивні суматори струмів. Суматор струмів паралельного типу. Суматор струмів послідовного типу. Аналіз та синтез суматору струмів послідовного типу. Тотожні перетворення структури. Комбіновані структури. Декодувальні сітки для уніполярних ПКС. Декодувальні сітки для уніполярного ПКС двійкової системи числення (послідовна структура та комбіновані структури; мінімальні структури з двох номіналів). Декодувальні сітки для уніполярного ПКН двійково-десяткових систем числення системи числення (послідовна структура та комбіновані структури; оптимальні структури).</p>
11.	<p><b>Лінійні та нелінійні операційні елементи</b> [1,3,6,7÷10,12]</p> <p>Триполюсні лінійні елементи. Двополюсні лінійні елементи. Триполюсні діодові обмежувачі по слідовного типу з підключенням діоду у вхідну частину. Двополюсні діодові обмежувачі. Триполюсні діодові обмежувачі послідовного типу з підключенням діоду у вихідну частину (діодові елементи). Діодові елементи з регулюваннями параметрів характеристики. Діодові елементи з двома виходами.</p>
12.	<p><b>Нелінійні операційні елементи</b> [1,3,6,7÷10,12]</p>



	<p>Триполюсні діодові обмежувачі комбіновані. Паралельне підключення комбінованих діодових обмежувачів. Діодові обмежувачі мостового типу. Триполюсні діодові обмежувачі паралельного типу.</p> <p><b>Структури нелінійних вузлів та нелінійних операційних блоків</b> [1,3,6,7÷10,12]</p> <p>Паралельне з'єднання НВ (НОБ). Підключення інвертору на вході НВ (НОБ). НОБ з підключенням НВ у вхідну частину. Зсув характеристики по осі ординат. НОБ з підключенням НВ у коло зворотного зв'язку. Зсув характеристики по осі абсцис.</p>
13.	<p><b>Структури нелінійних операційних блоків та їх сполуки</b> [1,3,6,7÷10,12]</p> <p>Підключення інвертору на вході НВ чи на вході НОБ. НОБ з підключенням НВ у вхідну частину. Зсув характеристики по осі ординат НОБ з підключенням НВ у коло зворотного зв'язку. Зсув характеристики по осі абсцис. Підключення інвертору попереду операційного вузла. Послідовне з'єднання НОБ. НОБ з підключенням НВ у вхідну частину та у коло зворотного зв'язку. Приклад побудови результуючої характеристики. Контур з двох НОБ. Приклад побудови результуючої характеристики.</p> <p><b>Моделювання типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання</b> [1,3,6,7÷10,12]</p> <p>Моделювання зони невразливості.</p>
14.	<p><b>Моделювання типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання</b> [1,3,6,7÷10,12]</p> <p>Моделювання обмеження координат (лінійна характеристика з двобічним обмеженням по осі ординат). Моделювання операцій вилучення модуля, визначення максимуму та мінімуму. Моделювання зони нечутливості з обмеженням координат. Моделювання періодичних нелінійних характеристик.</p>
15.	<p><b>Моделювання неоднозначних типових нелінійних характеристик систем автоматичного управління та систем автоматичного регулювання</b> [1,3,6,7÷10]</p> <p>Моделювання люфту та гістерезису. Моделювання релейних характеристик (простої та подвійної). Низькочастотний генератор прямокутних та трикутних коливань. Низькочастотний генератор прямокутних коливань на основі одного операцій підсилювача.</p>
16.	<p><b>Діодові універсальні функціональні перетворювачі (ДУФП)</b> [1,3,6,7÷10]</p> <p>Функціональна схема ДУФП для <math>x_0=0</math>. Призначення елементів та вузлів. Карта налагодження: форма і її заповненн. Налагодження ДУФП. ДУФП для <math>x_0=x_{\min}</math> (<math>x_0=x_{\max}</math>).</p>
17.	<p><b>Моделювання множильно-ділільних операцій та структури МДБ</b></p> <p>Базові множильно-ділільні операції: множення двох змінних, ділення однієї змінної на другу змінну, піднесення до квадрату та добуття квадратного кореня. Відповідні структури МДБ для моделювання різних множильно-ділільних операцій.</p> <p><b>МДБ непрямого типу</b></p> <p>Класифікація МДБ непрямого типу. Квадратичні МДБ (базова структура, тотожні перетворення структури, мінімальна структура). Логарифмічний МДБ. Інтегральний МДБ. МДБ на основі множення імовірностей.</p> <p><b>МДБ прямого типу</b></p> <p>Класифікація МДБ прямого типу. МДБ на основі МОБ. МДБ імпульсного типу. МДБ на основі ефекту Холла.</p> <p><b>БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів.</b></p> <p>БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів, в якому використовується кусково-стала апроксимація. БПЗ на основі аналогових запам'ятовуючих елементів, в якому використовується кусково-лінійна апроксимація.</p> <p><b>БПЗ, що використовують апроксимацію передаткової функції ідеального БПЗ.</b></p> <p>БПЗ на основі РС чотириполюсників, що використовують апроксимацію Паде першого порядку. Характеристики та точність моделювання. БПЗ на основі ЛОБ, що використовують апроксимацію Паде першого порядку. БПЗ на основі ЛОБ, що використовують апроксимацію Паде.</p>

18.	<p><b>Формування умов, підготовка, набір та рішення задач на переважно аналогових обчислювальних системах</b></p> <p>Постановка задачі, вимоги до складу формуляру, формуляр умов задачі. Попередня підготовка та оформлення робочого документу. Набір та рішення задачі, Обробка результатів моделювання.</p> <p><b>Загальні принципи підготовки задач до набору та рішення.</b></p> <p>Тотожні перетворення базового математичного опису. Отримання масштабованого машинного опису. Складання первісної структурної схеми (схеми функціональної електричної). Отримання структурного машинного опису. Зведення обох машинних описів до однієї форми. Порівняння двох машинних описів. Отримання рівнянь еквівалентності, рівнянь тотожності та формул для розрахунку напруг початкових умов та для розрахунку напруг зовнішніх збуджень. Розрахунки та вибір масштабів. Розрахунок параметрів схеми моделювання.</p> <p><b>Попередня підготовка задач до набору</b></p> <p>Перетворення базового математичного опису до універсального виду. Перетворення універсального виду (системи диференційних рівнянь першого порядку) до такого, що найбільш зручний для моделювання. Моделювання функцій часу. Складання схеми функціональної електричної моделі. Отримання елементарного структурного машинного опису. Отримання рівнянь еквівалентності та рівнянь тотожності. Розрахунок оптимальних значень масштабів та вибір пробних значень масштабів. Розрахунок значень коефіцієнтів передач ЛОБ та МДБ, характеристик НОБ значень напруг початкових умов та значень напруг зовнішніх збуджень.</p> <p><b>Оформлення робочого документу</b></p> <p>Складання схеми електричної принципової моделі (схеми набору). Заповнення карти настроювання коефіцієнтів передач для ЛОБ, карт налагодження ДЕ та карт настроювання ДУФП.</p>
-----	---

## 6 .Самостійна робота студента (СРС)

У процесі виконання індивідуальних завдань студенти повинні опрацювати знання, отримані під час лекцій та самостійної роботи, самостійно вивчати визначені теми, поглиблювати свої знання для подальшого навчання. Самостійна робота студентів полягає в наступному:

- підготовці до лекційних занять по вивченню попереднього лекційного матеріалу;
- виконанням лекційних завдань на СРС;
- підготовки до лабораторних робіт з вивченням теорії лабораторного заняття з усною відповіддю на наведені питання розділу;
- виконанням з оформленням на кожне лабораторне заняття протоколу по попередній темі.

Питання для самоконтролю:

1. Як зивається будь-яка змінна в комп'ютерній системі?
2. Яка незалежна машинна змінна відображає в комп'ютерній системі реальний час  $t$ ?
3. Яка безперервна залежна машинна змінна найчастіше відображає в комп'ютерній системі залежну змінну оригіналу?
4. Що таке «масштабне співвідношення»?
5. Що таке «масштаб часу»?
6. Що таке «математичне моделювання в реальному часі»?
7. Що таке «математичне моделювання з використанням операційних блоків»?

8. Що таке «операційний блок»?
9. Типи операційних блоків?
10. Що таке при математичному моделюванні з використанням операційних блоків «метод зменшення порядку похідної»?
11. Що таке при математичному моделюванні з використанням операційних блоків «метод збільшення порядку похідної»?
12. Який з методів (метод зменшення чи метод збільшення порядку похідної) використовується в переважно аналогових комп'ютерних системах і чому?
13. Що таке «збалансовані комп'ютерні системи»?
14. Переваги переважно аналогових комп'ютерних систем.
15. Переваги переважно цифрових комп'ютерних систем.
16. Які існують підготовчі режими роботи керуючого пристрою в переважно аналогових комп'ютерних системах?
17. Які існують режими роботи робочого циклу керуючого пристрою в переважно аналогових комп'ютерних системах?
18. Які лінійні операційні блоки входять до складу аналогового процесору?
19. Які нелінійні операційні блоки входять до складу аналогового процесору?
20. Яка схема ЛОБ на основі ОП з одним інверсним входом є найбільш поширеною?
21. Яка структура багатополюсника в схемах ЛОБ є найбільш поширеною?
22. Що таке оператор «P» і чим він відрізняється від оператора «p»?
23. Яким чином може використовуватися перетворення Лапласу для розрахунку схем ЛОБ?
24. Інвертуючий ОБ (схема).
25. Масштабний ОБ (схема та формула для розрахунку коефіцієнту передачі).
26. Масштабний ОБ з запом'ятовуванням (схема та формула для розрахунку коефіцієнту передачі).
27. Аналоговий запом'ятовуючий блок
28. Підсумовуючий ОБ (схема та формули для розрахунку коефіцієнтів передачі).
29. Інтегруючий ОБ на основі резистора і конденсатора (схема та формула для розрахунку коефіцієнту передачі).
30. Інтегropідсумовуючий ОБ (схема та формули для розрахунку коефіцієнтів передачі).
31. Інтегруючий ОБ на основі резистора і котушки індуктивності (схема та формула для розрахунку коефіцієнту передачі).
32. Диференціюючий ОБ (схема та формула для розрахунку коефіцієнту передачі).
33. Які структури багатополюсників ЛОБ використовуються для моделювання лінійних ланок систем автоматичного регулювання та систем автоматичного управління.
34. Що таке «імпеданс короткого замикання» для двополюсників?
34. Що таке «імпеданс короткого замикання» для чотириполюсників?
35. Яким чином можемо знайти імпеданс короткого замикання чотириполюсника  $Z_{кз}(S)$  через параметр чотириполюсника  $Z_{12}(S)$  П-подібної схеми?
36. Яким чином можемо знайти імпеданс короткого замикання чотириполюсника  $Z_{кз}(S)$  через параметр  $A_{12}(S)$  системи А-параметрів чотириполюсника?
37. Яким чином можемо знайти імпеданс короткого замикання чотириполюсника  $Z_{кз}(S)$  через параметр  $Y_{21}(S)$  системи Y-параметрів чотириполюсника?
38. Назвіть складові частини блоку операційного підсилювача.
39. Назвіть різновиди блоку операційного підсилювача.

40. Які математичні операції може моделювати підсумовуючий блоку операційного підсилювача.
41. Які математичні операції може моделювати інтегруючий блоку операційного підсилювача.
42. Який блок операційного підсилювача має більш складну схему управління?
43. Яких блоків операційного підсилювача більше в переважно аналоговій обчислювальній системі?
44. Назвіть підготовчі режими схеми управління блоку операційного підсилювача.
45. Назвіть режими роботи робочого циклу схеми управління блоку операційного підсилювача.
46. В яких обчислювальних системах відсутній режим «Установлення нуля»?
47. Які гнізда набірної плати не відключаються від відповідних виходів ОБ?
48. В яких обчислювальних системах відсутній режим «Підготовка»?
49. Яку іншу назву має режим роботи управління блоку операційного підсилювача «Пуск»?
50. Яку іншу назву має режим роботи управління блоку операційного підсилювача «Зупинник»?
51. Скільки елементів, що дозволяють змінювати значення коефіцієнту передачі масштабного операційного блоку, є можливість використовувати та скільки з них використовуються?
52. Як залежить коефіцієнт передачі МОБ від значень коефіцієнтів передач подільників напруги  $\alpha_1$  та  $\alpha_0$  і від значень опорів резисторів  $R_1$  та  $R_0$  (формула)?
53. Який елемент з плавним регулюванням параметру (з чотирьох можливих) використовується для зміни значення коефіцієнту передачі масштабного операційного блоку і який це параметр?
54. Який елемент з ступеневим змінюванням параметру (з чотирьох можливих) використовується для зміни значення коефіцієнту передачі масштабного операційного блоку і який це параметр?
55. В яких випадках використовується подільник напруги, підключений в ланку зворотного зв'язку масштабного ОБ?
56. Які номінали опорів резисторів найчастіше використовуються в ЛОБ?
57. Що таке «Декадне джерело еталонної напруги»?
58. Який метод вимірювання вихідної напруги ЛОБ використовується для збільшення точності установки значень коефіцієнтів передач МОБ?
59. Скільки необхідно мати декадних джерел еталонної напруги для установки необхідних значень коефіцієнтів передач масштабних та підсумовуючих ОБ за умови використання компенсаційного методу вимірювання вихідної напруги?
60. Скільки елементів, що дозволяють змінювати значення коефіцієнту передачі інтегруючого операційного блоку, є можливість використовувати та скільки з них використовуються?
61. Як залежить коефіцієнт передачі інтегруючого ОБ від значення коефіцієнту передачі подільника напруги  $\alpha_1$  та від значень опору резистора  $R_1$  і ємності конденсатора  $C_0$  (формула)?
62. Яким чином виконується установка значень коефіцієнту передачі інтегруючого операційного блоку?
63. Що таке «Еквівалентний резистор»?
64. Які існують способи завдання початкових умов на інтегруючі та на інтегropідсумовуючі ОБ?
65. Для чого потрібен режим роботи схеми управління «Зупинник»?
66. Які складові частини має похибка ЛОБ?
67. Що ми відносимо до випадкової похибки ЛОБ, а що до систематичної (методичної) похибки?
68. Які параметри характеризують нестабільність операційного підсилювача?
69. Які причини обумовлюють дрейф нуля операційного підсилювача?
70. Назвіть складові дрейфу нуля операційного підсилювача.
71. Що таке «Вихідний дрейф ЛОБ»?

72. Як залежить вихідний дрейф ЛОБ  $U_{dr}(\tau)$  від еквівалентних генераторів дрейфу операційного підсилювача, зведеними до входу ( $e_{dr}(\tau)$  і  $i_{dr}(\tau)$ ), та від параметрів ЛОБ  $\{\varphi_k^*(P)$  і  $Z_0^*(P)\}$  (формула).
73. Що таке кодування?
74. Що таке аналого-цифрове перетворення?
75. Яку назву мають ОБ, які моделюють математичну операцію кодування,
76. Що таке декодування?
77. Що таке цифро-аналогове перетворення і чим воно відрізняється від декодування.
78. Що таке «масштаб декодування»?
79. В комп'ютерних системах використовуються позиційні системи числення чи непозиційні?
80. За якою формулою обчислюється значення невід'ємного числа  $A$ , яке представлено в позиційній системі числення у вигляді коду  $a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0$  ?
81. За якою формулою обчислюється значення невід'ємного числа  $A$ , яке представлено в позиційній системі числення у вигляді коду  $0, a_1 a_2 \dots a_n$  ?
82. Що таке «вага (ваговий коефіцієнт)» для позиційної системи числення, який позначається як  $g_i$ ?
83. Що таке «основа (база) позиційної системи числення», яка позначається як  $p$ ?
84. Що таке «однорідна позиційна система числення»?
85. Як пов'язані між собою в однорідній позиційній системі числення вага  $g_i$  та основа (база)  $p$ , якщо невід'ємне число  $A$ , представлено у вигляді коду  $a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0$ .
86. Як пов'язані між собою в однорідній позиційній системі числення вага  $g_i$  та основа (база)  $p$ , якщо невід'ємне число  $A$ , представлено у вигляді коду  $0, a_1 a_2 \dots a_n$ .
87. Які однорідні позиційні системи числення використовуються в комп'ютерних системах (значення  $p$  та назви).
88. Чим відрізняється «симетричне трійкова система числення» від звичайної трійкової?
89. Які символи, окрім десяти арабських цифр, використовуються в шістнадцятковій системі числення?
90. Які неоднорідні позиційні системи числення використовуються в комп'ютерних системах (назви та значення  $p_i$  і  $g_i$ ).
91. Які двійково-десяткові системи числення використовуються?
92. Яким чином в комп'ютерних системах використовується система залишкових класів (числова система залишків)?
93. Який метод використовується для кодування біполярної інформації в комп'ютерних системах?
94. Назвіть усі коди, що використовується для кодування біполярної інформації в комп'ютерних системах.
95. Для яких систем числення інверсний код тотожний оберненому коду?
96. Для яких систем числення інверсний код не тотожний оберненому коду?
97. Скільки формул для декодування біполярної інформації використовується для усіх кодів (крім прямого)?
98. Який ще інверсний код, окрім звичайного, використовується для двійково-десяткової системи числення 8421?
99. Які формули для декодування біполярної інформації використовуються для синтезу схем біполярних перетворювачів код-напряга?

100. Які формули для декодування біполярної інформації використовуються для синтезу схем біполярних перетворювачів код-струм?
101. З яких частин складається уніполярний перетворювач код-напруга?
102. Скільки входів та скільки виходів має перемикач напруги (не враховуючи керуючий вхід) для уніполярного перетворювача двійкового коду в напругу?
103. Що таке «декодувальна сітка» для перетворювача код-напруга?
104. Що таке «Помножувальний перетворювач код-напруга»?
105. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з комутованим зсувом (формула для інверсного коду).
106. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з комутованим зсувом (формула для доповняльного коду).
107. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з комутованим зсувом (формула для зсуненого коду).
108. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з фіксованим зсувом (формула для інверсного коду).
109. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з фіксованим зсувом (формула для доповняльного коду).
110. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з фіксованим зсувом (формула для зсуненого коду).
111. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з біполярними перемикачами (формула для інверсного коду).
112. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з біполярними перемикачами (формула для доповняльного коду).
113. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-напруга з біполярними перемикачами (формула для зсуненого коду).
114. Який з пасивних аналогових суматорів напруг використовується в комп'ютерних системах: послідовного типу чи паралельного типу?
115. Яким чином можливо здійснювати тотожні перетворення структури суматора напруг паралельного типу для отримання різних комбінованих тотожних структур (формули).
116. Мета виконання тотожних перетворень структури суматора напруг.
117. Що таке «інверсна резистивна матриця»?
118. В якості якого функціонального вузла використовується інверсна резистивна матриця?
119. Декодувальна сітка паралельного типу для перетворювача двійкового коду в напругу.
120. Декодувальна сітка з включенням резисторів «зв'язку» між тетрадами для уніполярного перетворювача двійкового коду в напругу.
121. Декодувальні сітки з двох номіналів опорів резисторів для уніполярного перетворювача двійкового коду в напругу.
122. Ланцюгова декодувальна сітка для уніполярного перетворювача двійкового коду в напругу.
123. Декодувальна сітка паралельного типу для уніполярного перетворювача двійково-десятькового коду 8421 в напругу.
124. Декодувальна сітка з включенням резисторів «зв'язку» між тетрадами типу для уніполярного перетворювача двійково-десятькового коду 8421 в напругу.
125. Декодувальна сітка паралельного типу для уніполярного перетворювача двійково-десятькового коду 2421 (коду Айкена) в напругу.
126. Декодувальна сітка з включенням резисторів «зв'язку» між тетрадами типу для уніполярного перетворювача двійково-десятькового коду 2421 (коду Айкена) в напругу.
127. З яких частин складається уніполярний перетворювач код-струм?



128. Скільки входів та скільки виходів має перемикач струму (не враховуючи керуючий вхід) для уніполярного перетворювача двійкового коду в струм?
129. Скільки виходів перемикачів струму використовується в уніполярних перетворювачах двійкового коду в струм?
130. Який вихідний струм перемикача струмів  $I_i$  чи  $\bar{I}_i$  використовується в уніполярних перетворювачах двійкового коду в струм?
131. Яку назву має струм  $\bar{I}_i$ ?
132. Яку першу частину має уніполярний перетворювач двійкового коду в струм?
133. Формувач еталонних струмів для уніполярного перетворювача двійкового коду в струм обов'язково повинен формувати однакові еталонні струми чи ні?
134. В якому випадку формувач еталонних струмів для уніполярного перетворювача двійкового коду в струм формує однакові еталонні струми?
135. Що таке «зважені еталонні струми»?
136. В якому випадку в якості формувача еталонних струмів для уніполярного перетворювача двійкового коду в струм може використовуватися інверсна резистивна матриця?
137. Що таке «Помножувальний перетворювач код-напруга»?
138. В помножувальному перетворювачі двійкового коду в струм який варіант побудови схеми використовується: з однаковими еталонними струмами чи з зваженими еталонними струмами чи з різними еталонними струмами?
139. Що таке «декодувальна сітка» для перетворювача код-напруга?
140. В якому варіанті побудови схеми використовується декодувальна сітка: з однаковими еталонними струмами чи з зваженими еталонними струмами чи з різними еталонними струмами?
141. В якому варіанті побудови схеми використовується суматор струмів паралельного типу: з однаковими еталонними струмами чи з зваженими еталонними струмами чи з різними еталонними струмами?
142. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-струм з фіксованим зсувом (формула для інверсного коду).
143. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-струм з фіксованим зсувом (формула для доповняльного коду).
144. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-струм з фіксованим зсувом (формула для зсуненого коду).
145. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-струм з використанням обох вихідних струмів перемикачів струму (формула для інверсного коду).
146. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-струм з використанням обох вихідних струмів перемикачів струму (формула для доповняльного коду).
147. Використання якої формули для декодування біполярної величини приведе до схеми біполярного перетворювача код-струм з використанням обох вихідних струмів перемикачів струму (формула для зсуненого коду).
147. Який з пасивних аналогових суматорів струмів використовується в комп'ютерних системах: послідовного типу чи паралельного типу?
148. Який з суматорів струмів моделює лише операцію арифметичного підсумовування і не може моделювати операцію алгебраїчного підсумовування?
149. Який з суматорів струмів може моделювати операцію алгебраїчного підсумовування?

150. Що таке «упорядкування коефіцієнтів передач» при синтезі суматорів струмів послідовного типу?
151. Що таке «резистор убутку»?
152. Яким чином можливо здійснювати тотожні перетворення структури суматора струмів послідовного типу для отримання різних комбінованих тотожних структур (формули).
153. Мета виконання тотожних перетворювань структури суматора струмів..
- 154..Декодувальна сітка послідовного типу для перетворювача двійкового коду в струм..
155. Декодувальні сітки з двох номіналів опорів резисторів для уніполярного перетворювача двійкового коду в струм.
156. Ланцюгова декодувальна сітка для уніполярного перетворювача двійкового коду в струм.
157. Декодувальна сітка паралельного типу для уніполярного перетворювача двійково-десятькового коду 8421 в напругу.
158. Декодувальна сітка паралельного типу для уніполярного перетворювача двійково-десятькового коду 2421 (коду Айкена) в струм.
159. Що таке «елементарна нелінійна характеристика з одним обмеженням»?
160. Що таке «елементарна нелінійна характеристика з двома обмеженнями»?
161. Які нелінійні елементи використовуються в нелінійних ОБ?
162. Що таке «Діодовий обмежувач»?
163. Скільки полюсів має діодний обмежувач?
163. Надайте схему триполюсного лінійного елемента і його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
164. Надайте схему двополюсного лінійного елемента і його характеристику.
165. Що таке «Триполюсний діодовий обмежувач послідовного типу»?
166. Скільки є варіантів триполюсних діодових обмежувачів послідовного типу?
167. Що таке «Триполюсний діодовий обмежувач паралельного типу»?
168. Що таке «Діодовий обмежувач комбінований»?
169. Надайте схему триполюсного діодного обмежувача послідовного типу з включенням діоду во вхідну гілку в прямому напрямку та його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
170. Надайте схему триполюсного діодного обмежувача послідовного типу з включенням діоду во вхідну гілку в зворотному напрямку та його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
171. Правило «подвійного дзеркального відображення відносно координатних осей».
172. Надайте схему триполюсного діодового обмежувача послідовного типу з включенням діоду в вихідну гілку в прямому напрямку та його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
173. Надайте схему триполюсного діодового обмежувача послідовного типу з включенням діоду в вихідну гілку в зворотному напрямку та його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
174. Що таке «Діодовий елемент».
175. Що таке «Квадрант характеристики діодового елемента» і як визначається квадрант.
176. Що таке «Режим характеристики діодового елемента» і як визначається режим.
177. Що таке «Триполюсний діодовий елемент з потенційно заземленим діодом»?
178. Надайте схему двополюсного діодового елемента з включенням діоду в прямому напрямку та його характеристику.
179. Надайте схему двополюсного діодового елемента з включенням діоду в зворотному напрямку та його характеристику.



180. Скільки теоретично може існувати різних схем діодових обмежувачів послідовного типу комбінованих?
181. Скільки різних схем діодових обмежувачів послідовного типу комбінованих практично використовуються?
182. Яку іншу назву мають діодові обмежувачі послідовного типу комбіновані, що практично використовуються?
183. Надайте схему паралельного з'єднання двох різних діодових обмежувачів послідовного типу комбінованих, що практично використовуються, та характеристику цієї схеми.
184. Поясніть, в якому випадку характеристика схеми паралельного з'єднання двох різних діодових обмежувачів послідовного типу комбінованих, що практично використовуються, не має зламу в точці  $[0,0]$ .
185. Надайте схему діодового обмежувача мостового типу та його характеристику.
186. Надайте характеристику діодового обмежувача мостового типу для  $R_3=0$ .
187. Надайте схему триполюсного діодового обмежувача паралельного типу з включенням діоду в гілку зсуву в прямому напрямку та його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
188. Надайте схему триполюсного діодового обмежувача паралельного типу з включенням діоду в гілку зсуву в зворотному напрямку та його характеристики для  $E_{ref}=+E_0$  та для  $E_{ref}=-E_0$ .
189. Надайте схему чотириполюсного діодового обмежувача паралельного типу з включенням двох діодів в гілки зсуву, що практично використовується, та її характеристику.
190. Надайте схему триполюсного діодового обмежувача паралельного типу з послідовно-зустрічним включенням двох діодів Зенера (стабілітронів) в гілку зсуву та її характеристику.
191. Надайте схему паралельного з'єднання  $n$  нелінійних елементів (вузлів) і надайте формулу для визначення результуючої характеристики цієї схеми.
192. Надайте схему паралельного з'єднання  $n$  нелінійних ОБ і надайте формулу для визначення результуючої характеристики цієї схеми.
193. Надайте схему нелінійного ОБ з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП (в ланці зворотного зв'язку ОП підключено резистор) і надайте формулу для визначення характеристики такого нелінійного ОБ.
194. Надайте схему нелінійного ОБ з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку ОП (во вхідній ланці ОП підключено резистор) і надайте формулу для визначення характеристики такого нелінійного ОБ.
195. Які вимоги висуваються до характеристики нелінійного вузла, який підключається в ланку зворотного зв'язку ОП?
196. Як впливає підключення інвертору попереду операційного вузла або попереду ОБ?
197. Як знайти кутовий коефіцієнт характеристики схеми, яка є послідовним з'єднанням двох лінійних ОБ?
198. Який вигляд має характеристика схеми, яка є послідовним з'єднанням двох нелінійних ОБ, якщо характеристика кожного з них має вигляд ламаної лінії і яким чином кутові коефіцієнти результуючої характеристики залежать від кутових коефіцієнтів цих двох ОБ?
199. Якщо при послідовному з'єднанні двох нелінійних ОБ перший з яких моделює зону нечутливості, а другий – лінійну характеристику з двобічним обмеженням по осі ординат, тоді якою буде результуюча характеристика такої схеми?
200. Якщо при послідовному з'єднанні двох ОБ перший з яких нелінійний, а другий – лінійний, тоді якою буде результуюча характеристика такої схеми?

201. Якщо при послідовному з'єднанні двох нелінійних ОБ, другий з яких моделює лінійну характеристику з двобічним обмеженням по осі ординат, тоді якою буде результуюча характеристика такої схеми і як вона пов'язана з характеристикою першого нелінійного ОБ?
202. Надайте **схему контуру з двох ОБ, перший з яких**, підключений в основний канал контуру, **нелінійний**, що має вхідну змінну – струм, а вихідну – напругу, а **другий** ОБ, якого підключено в ланцюг зворотного зв'язку контуру, – **лінійний**, що має вхідну змінну – напругу, а вихідну – струм, та поясніть, яким чином результуюча характеристика контуру може бути побудована по відомим характеристикам зазначених ОБ.
203. Який повинен бути зворотний зв'язок в контурі з двох ОБ для отримання неоднозначних характеристик?
204. Чим відрізняється залежність вихідної напруги від вхідної (для контуру з двох ОБ) від характеристики контуру, якщо ця характеристика неоднозначна.
205. Які структури нелінійних ОБ: перша (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП) чи друга (з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку) чи обидві можуть використовуватися для моделювання зони нечутливості?
206. Надайте струмову характеристику вхідного вузла нелінійного ОБ для першої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП), зробіть розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання зони нечутливості.
207. Для однакових кутових коефіцієнтів лінійних частин зони нечутливості надайте струмову характеристику вузла, який підключено в ланку зворотного зв'язку нелінійного ОБ для другої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку ОП), зробіть розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання зони нечутливості.
208. Для різних кутових коефіцієнтів лінійних частин зони нечутливості надайте струмову характеристику вузла, який підключено в ланку зворотного зв'язку нелінійного ОБ для другої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку ОП), зробіть оптимальне розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання зони нечутливості.
209. Для лінійної характеристики з двобічним прецизійним обмеженням по осі ординат надайте струмову характеристику вхідного вузла нелінійного ОБ для першої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП), зробіть розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання.
210. Для лінійної характеристики з двобічним прецизійним обмеженням по осі ординат надайте струмову характеристику вузла, який підключено в ланку зворотного зв'язку нелінійного ОБ для другої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку ОП), зробіть розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання.
211. Для характеристики типу «**sign**» надайте струмову характеристику вхідного вузла нелінійного ОБ для першої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП), зробіть розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання.
212. Для лінійної характеристики типу «**sign**» надайте струмову характеристику вузла, який підключено в ланку зворотного зв'язку нелінійного ОБ для другої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку ОП), зробіть розкладання її на доданки та надайте відповідну схему функціональну електричну моделювання/
213. Які структури нелінійних ОБ: перша (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП) чи друга (з підключенням нелінійного вузла в ланку зворотного зв'язку) чи обидві можуть використовуватися для моделювання операції вилучення модуля залежної змінної?



зла нелінійного ОБ для першої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП), зробіть розкладання її на два доданки, один з яких лінійний, та надайте відповідну схему електричну моделювання.

226. Для характеристики вилучення мінус модуля різниці між залежною змінною та сталою величиною ( $U_{\psi} = -I_{ur} - E_{ref}I$ ) для  $E_{ref} = \text{const} = -E_0$  та надайте струмову характеристику вхідного вузла нелінійного ОБ для першої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП), зробіть розкладання її на нелінійні доданки та надайте відповідну схему електричну моделювання.

227. Для характеристики вилучення мінус модуля різниці між залежною змінною та сталою величиною ( $U_{\psi} = -I_{ur} - E_{ref}I$ ) для  $E_{ref} = \text{const} = -E_0$  та надайте струмову характеристику вхідного вузла нелінійного ОБ для першої структури НОБ (з підключенням нелінійного вузла во вхідну ланку ОП), зробіть розкладання її на два доданки, один з яких лінійний, та надайте відповідну схему електричну моделювання.

228. Надайте схему визначення мінімального значення з двох напруг.

229. Надайте схему визначення мінімального значення з трьох напруг.

230. Надайте схему визначення максимального значення з двох напруг.

231. Надайте схему визначення максимального значення з трьох напруг.

232. Яка сполука з двох нелінійних ОБ використовується для моделювання характеристики «**зона нечутливості з прецизійним двобічним обмеженням по осі ординат**»?

233. Яка сполука на основі одного ОП дозволить здійснити моделювання характеристики «**зона нечутливості з двобічним обмеженням по осі ординат**»?

234. Яка сполука з двох нелінійних ОБ використовується для моделювання періодичних нелінійних характеристик?

234. Яку частину періодичної нелінійної характеристики повинен мати другий нелінійний ОБ в схемі моделювання періодичних нелінійних характеристик?

235. Надайте схему моделювання простої релейної характеристики (двопозиційне реле), в якій використовується в ланці зворотного зв'язку контуру лише резистор.

236. Надайте схему моделювання простої релейної характеристики, в якій використовується в ланці зворотного зв'язку контуру лише масштабний ОБ.

237. Поясніть, в якій схемі моделювання простої релейної характеристики можливо отримати ще одну неоднозначну характеристику і надайте цю схему моделювання та графік другої неоднозначної характеристики.

238. Надайте схему моделювання простої релейної характеристики, в якій використовується лише один операційний підсилювач.

239. Надайте схему моделювання подвійної релейної характеристики (трипозиційне реле), в якій використовується в ланці зворотного зв'язку контуру лише резистор.

240. Надайте схему моделювання люфту.

241. Надайте схему моделювання гістерезису.

242. Надайте схему низькочастотного генератора прямокутних та трикутних коливань.

243. Надайте схему низькочастотного генератора прямокутних коливань, в якій використовується лише один операційний підсилювач.

244. Що таке «**пасивний множилний елемент**»?

245. Скільки входів і виходів має пасивний множилний елемент і які машинні змінні він має?

246. Які множильно-ділільні математичні операції відносять до базових?

247. Надайте структуру стандартного множильно-ділільного ОБ в режимі «**множення двох залежних змінних**», формулу для розрахунку коефіцієнту передачі та його базове значення.

248. Надайте структуру стандартного множи́льно-ділі́льного ОБ в режимі «ділення однієї залежної змінної на другу», формулу для розрахунку коефіцієнту передачі та його базове значення.
249. Надайте структуру стандартного множи́льно-ділі́льного ОБ в режимі «піднесення в квадрат залежної змінної», формулу для розрахунку коефіцієнту передачі та його базове значення.
250. Надайте структуру стандартного множи́льно-ділі́льного ОБ в режимі «здобуття квадратного кореня», формулу для розрахунку коефіцієнту передачі та його базове значення.
251. В яких режимах виникає необхідність змінювати базове значення коефіцієнту передачі і в який бік?
252. Які тотожні перетворення використовуються в суто аналогових множи́льних ОБ і яку назву мають відповідні множи́льні ОБ непрямої дії?
253. Яке тотожне перетворення використовуються лише в цифрових або в гібридних множи́льних ОБ і яку назву мають відповідні множи́льні ОБ непрямої дії?
254. Надайте оптимальну схему множи́льного ОБ непрямої дії з квадратичними перетвореннями, що має прямий вихід, попередньо надавши тотожність, яка використовується для його побудови.
255. Надайте оптимальну схему множи́льного ОБ непрямої дії з квадратичними перетвореннями, що має інверсний вихід, надавши тотожність, яка використовується для його побудови.
256. Надайте схему одноквadrантного множи́льного ОБ непрямої дії з логарифмічними перетвореннями, попередньо надавши тотожність, яка використовується для його побудови.
257. Надайте схему чотирьохквadrантного множи́льного ОБ непрямої дії з логарифмічними перетвореннями, попередньо надавши тотожність, яка використовується для його побудови.
258. Надайте перелік сучасних ОБ прямої дії, що здійснюють операцію множення двох змінних.
259. Надайте схему множи́льного ОБ прямої дії, що використовує управління коефіцієнтом передачі масштабного ОБ.
260. Надайте схему множи́льного ОБ прямої дії, що використовує управління коефіцієнтом передачі масштабного ОБ, з компенсаційним перетворенням другого співмножника в пропорційне значення провідності вхідної ланки масштабного ОБ.
261. Надайте схему множи́льного ОБ прямої дії, що використовує ефект Холла в напівпровідниках.
262. Надайте схему множи́льного ОБ прямої дії, що використовує ефект Холла в напівпровідниках, з компенсаційним перетворенням другого співмножника в пропорційне значення магнітної індукції.
263. Надайте схеми часо-імпульсних множи́льних ОБ прямої дії.
264. Надайте схему гібридного множи́льного ОБ прямої дії, що використовує управління перемикачем напруги.
265. Які існують методи побудови ОБ сталої часової затримки?
266. Які існують гібридні ОБ сталої часової затримки, що використовують тимчасове запам'ятовування вхідної напруги?
267. Поясніть принцип побудови і роботи гібридного ОБ сталої часової затримки з аналоговими елементами пам'яті.
268. Поясніть принцип побудови і роботи гібридного ОБ сталої часової затримки з цифровою пам'яттю.
269. Яку апроксимацію ідеальної передаткової функції блока сталої часової затримки використовують для побудови ОБ сталої часової затримки з використанням інтегруючих ОБ?
270. Яке тотожне перетворення апроксимуючого диференційного рівняння, що містить похідні двох змінних, використовується для побудови ОБ сталої часової затримки з використанням інтегруючих ОБ?
271. Назвіть необхідні та достатні умови математичного моделювання.

272. Як забезпечити тотожність математичних описів оригіналу та моделі?

273. Дії, що виконуються під час здійснення попередньої підготовки задачі до набору та її рішення на переважно аналоговій обчислювальній системі.

## Політика та контроль

### 7 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Викладачі та всі студенти зобов'язуються дотримуватися таких положень: Положення про академічну доброчесність НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», Положення про рейтингову систему оцінювання НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» та розуміють, що за порушення цих положень понесуть особисту відповідальність.

Всі студенти повинні відвідувати лекційні та лабораторні заняття, на яких потрібно активно працювати над засвоєнням навчального матеріалу. За об'єктивних причин (наприклад - хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в онлайн формі індивідуально за погодженням із керівником курсу.

Всі індивідуальні роботи потрібно розрахувати і у вигляді окремого файлу надати викладачеві на наступному після видачі лабораторному занятті. Практичні результати виконання роботи необхідно підтвердити знанням теоретичного матеріалу за темою при захисті.

#### Політика щодо дедлайнів та перескладання:

Лабораторні роботи, які здаються із порушенням варіанту, не розглядаються. Перескладання таких лабораторних робіт відбувається із дозволу зав.кафедрою за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Піл час занять здійснюється прийом лише однієї лабораторної роботи у студента.

Під час екзаменаційної сесії прийом несвоєчасно виконаних лабораторних робіт здійснюється один раз на тиждень і виключно по одній лабораторній роботі.

#### Політика щодо академічної доброчесності:

Усі лабораторні роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Учебний Семестр	Кількість годин за учебним планом							Екзамен
	Усього	Лекції	Практ. заняття	Лаборат. заняття	ДКР	МКР	Самост. робота	
8	120	36		18			66	Залік
Всього	120	36		18			66	Залік

## ПОЛОЖЕННЯ

про рейтингову систему оцінки успішності студентів  
з кредитного модуля (дисципліни) **Гібридні комп'ютерні системи**  
для спеціальності: 123 Комп'ютерна інженерія  
факультету інформатики та обчислювальної техніки



Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) Виконання лабораторних робіт /комп'ютерний практикум/.

### Система рейтингових балів

1. Лабораторні роботи /комп'ютерний практикум/ (8 робіт).

Мінімальна кількість балів за кожну підготовлену, виконану та захищену роботу – **2.5** бала. Тобто студент, який виконав усі роботи, може отримати **20** балів ( $R_{1min}=20$ ).

Кількість балів за кожну роботу за умови виконання її в строк (до двох тижнів) - **5** балів, тобто може додатись ще до **20** балів.

Кількість балів за кожну роботу за умови її дострокового виконання (до одного тижня) – **7,5** балів, тобто може додатись ще до **20** балів ( $R_{1max}= 60$ )

2. За умови виконання усіх робіт додається ще **10** балів ( $R_2=10$ )

3. За умови виконання усіх робіт в строк (або деякі з них достроково) додається ще **20** балів ( $R_3=20$ ), а за умови виконання усіх робіт достроково додається не **20** балів, а **30** балів ( $R_{3max}=30$ ).

### Розрахунок розміру (R) рейтингу студенту :

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3, \text{ де}$$

- $R_1$  - сума вагових балів контрольних заходів за лабораторні роботи,
- $R_2$  - додаткові бали за умови виконання усіх робіт,
- $R_3$  - додаткові бали за умови виконання усіх робіт в строк та/або достроково.

Максимальне значення  $R_{\Sigma max}$  може скласти **100** балів:

$$R_{\Sigma max} = R_{1max} + R_2 + R_{3max} = 60 + 10 + 30 = 100.$$

Мінімальне значення  $R_{\Sigma min}$  при умові успішних контрольних заходів може скласти **30** балів:

$$R_{\Sigma min} = R_{1min} + R_2 = 20 + 10 = 30.$$

Розмір рейтингової шкали з кредитного модуля складає **100** балів.

Необхідною умовою допуску студента до заліку є відсутність заборгованостей з лабораторних робіт.

При цьому сума вагових балів контрольних заходів становитиме  $R_{\Sigma} \geq 30$ .

Для отримання заліку з кредитного модулю „автоматом” потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку складають залік (до трьох питань по 10 балів), за результатами якого можуть отримати додаткові бали  $R_d$  (максимальне значення  $R_d=30$ ). Додаткові бали  $R_d$  студента додаються до його семестрового рейтингу  $R_{\Sigma}$ .

$$R_D = R_{\Sigma} + R_d .$$

Оцінка (традиційна) виставляється відповідно до набраних балів  $R_D$ . Набраний студентом бал (сумарний рейтинг студента) становить  $R_D$  відповідно до таблиці.

Значення рейтингу з кредитного модулю $R_D$	Традиційна залікова оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-85	Добре
65-75	Задовільно
60-65	Достатньо
<60	Незадовільно
Є заборгованості з лабораторних робіт	Недопущений

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** *Канд техн. наук, доц. Селіванов В.Л.,*

**Ухвалено** кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 10 від 25 05 2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФІОТ (протокол № 10 від 09 06 2022 р.)