

# Інститут комп'ютерних технологій, автоматики та метрології

*Спеціалізація:*

## **Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка**

(код 152/0202)

*Спеціальність:*

Інформаційно-вимірвальні технології у робототехніці. Тестування засобів вимірювання та їх програмного забезпечення.

(код 152)

*Галузь знань:*

Автоматизація та приладобудування

(код 15)

## **Перелік дисциплін**

**для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр**

- Аналогові та цифрові засоби вимірювання
- Вимірювання електричних і магнітних величин
- Електроніка
- Комп'ютерне опрацювання вимірвальної інформації
- Методи та засоби вимірювання неелектричних величин
- Опрацювання результатів вимірювання
- Цифрові електронні вузли засобів вимірвальної техніки

## **Дисципліна: Аналогові та цифрові засоби вимірювання**

---

### **Розділ 1. Основні операції аналого-цифрового перетворення**

§ 1. Аналого-цифрове перетворення, мета та суть, його основні операції: дискретизація, квантування, кодування

§ 2. Дискретизація сигналу у часі, суть і основні характеристики, період та частота дискретизації

§ 3. Квантування аналогового сигналу (за інтенсивністю), розмір кванту, похибка квантування

§ 4. Кодування, різновиди кодів під час аналого-цифрового перетворення

§ 5. Аналого-цифровий перетворювач, входи та виходи

### **Розділ 2. Основні характеристики АЦП**

§ 1. Що таке АЦП. Основні характеристики АЦП: діапазон перетворення АЦП, кількість квантів, кількість розрядів (розрядність) двійкового та десяткового АЦП, час (частота) перетворення, продуктивність АЦП

§ 2. Основні характеристики точності АЦП: граничні значення адитивної та мультиплікативної похибок АЦП, температурна та часова нестабільність, нелінійність (інтегральна та різницева) функції перетворення АЦП. Розрахунок характеристик похибки перетворення за відомими граничними значеннями її адитивної та мультиплікативної складової, діапазоном перетворення та результатом

§ 3. Зіставлення характеристик АЦП: найшвидший, з найбільшою розрядністю, з найбільшим послабленням періодичних завад

### **Розділ 3. АЦП частотно-часових параметрів сигналів**

§ 1. АЦП частотно-часових параметрів періодичних сигналів (тривалості імпульсів, періоду, частоти, кута зсуву фаз, відношення частот), принцип роботи, часові діаграми, функція та коефіцієнт перетворення

§ 2. Похибка квантування під час вимірювання частотно-часових параметрів сигналів, інші складові похибки. Гранична частота універсального вимірювача частотно-часових параметрів, визначення методу вимірювання (прямої чи опосередкований) частоти сигналу в залежності від часу вимірювання та частоти лічильних імпульсів за умови отримання мінімального значення граничної похибки квантування

### **Розділ 4. АЦП миттєвих значень сигналів**

§ 1. АЦП з паралельним перетворенням та із компенсаційним зрівноважуванням. Числові приклади аналого-цифрового перетворення заданої напруги при заданих значеннях параметрів АЦП (розрядність і зразкова напруга)

§ 2. Цифро-аналогові перетворювачі: мета, різновиди, основні характеристики. ЦАП з драбинками резисторів з поетапним поділом струмів на 2, розрахунок потрібної кількості резисторів та номінальних значень їх опорів

### **Розділ 5. АЦП з інтегруючим перетворенням сигналу**

§ 1. АЦП з попереднім перетворенням у частоту імпульсів та інтервал часу, спрощена структурна схема, принцип роботи, часові діаграми, функція та коефіцієнт перетворення. Розрахунок параметрів елементів схеми з умови отримання заданого рівня граничної похибки квантування

§ 2. Послаблення періодичних завад в інтегруючих АЦП, коефіцієнт послаблення завад, умови повного послаблення періодичної завади, вплив відхилення частоти від номінального значення. Розрахунок похибки від не усередненої завади за відомого часу усереднення, фактичної частоти завади (чи її відхилення від номінальної) та амплітуди завади

§ 3. Використання цифрового звичайного та вагового усереднення в АЦП для послаблення завад у вузькій та широкій смузі частот. Визначення необхідних кількості дискрет та часу усереднення, або частоти дискретизації сигналу з умови забезпечення послаблення певної кількості гармонік завади

§ 4. Сигма-дельта АЦП, спрощена структурна схема, принцип роботи, часові діаграми, функція та коефіцієнт перетворення. Числові приклади аналого-цифрового перетворення заданої напруги при заданих значеннях параметрів АЦП (зразкові напруги, початкова напруга)

### **Розділ 6. Вхідні пристрої електронних приладів**

§ 1. Інструментальний підсилювач, функції, спрощена структурна схема, коефіцієнт підсилення, способи керування коефіцієнтом підсилення, коефіцієнт послаблення спільного (синфазного сигналу).

Розрахунок вихідного сигналу та похибки від впливу спільної напруги при заданих рівнях вхідних напруг

§ 2. Підсилювач з гальванічним розділенням входу та виходу, мета, структурна схема і її основні складові, основні характеристики

§ 3. Аналогові комутатори (мультиплексори), мета, основні способи побудови, симетричні та несиметричні (та ін.) входи, розширення кількості входів, матричні комутатори, основні параметри (кількість входів, діапазон сигналів, опір каналу, залишкові напруги та струми, міжканальний вплив, частота (час) комутації тощо)

### **Розділ 7. Пристрої електронних приладів (A, V, сігма) постійного струму**

§ 1. Основні вимоги до вхідних кіл електронних вольтметрів та амперметрів. Розрахунок коефіцієнтів вхідних подільників та підсилювачів напруг

§ 2. Основні проблеми електронних амперметрів великих струмів (діапазон мА-А), дуже малих струмів (діапазон пА-нА) та їх структурні схеми. Схеми перетворювачів струм напруга, визначення параметрів елементів схеми перетворювача за відомими значеннями вхідних струмів, вихідної напруги та вхідного опору

§ 3. Електронні перетворювачі середніх опорів у напругу та їх структурні схеми. Схеми перетворювачів опір напруга, визначення параметрів елементів схеми (струм через опір, коефіцієнт підсилення тощо) перетворювача за відомими значеннями опорів об'єктів та вихідної напруги

§ 4. Основні проблеми електронних перетворювачів малих та великих опорів у напругу та їх структурні схеми

### **Розділ 8. Електронні перетворювачі з мостовими схемами**

§ 1. Електронні перетворювачі у напругу опорів резистивних перетворювачів включених у мостові схеми. Схеми увімкнень резистивних сенсорів у чверть, пів - та повний міст. Розрахунок вихідної напруги моста за відомими значеннями опорів сенсорів R їх відносної зміни E, напругою (струмом) живлення, а також розрахунок необхідного коефіцієнта підсилення, щоб отримати на виході напругу у заданому діапазоні

§ 2. Способи під'єднання пів- та повного моста до електронного перетворювача з метою зменшення впливу опорів під'єднувальних опорів при живленні схеми від джерела напруги чи струму

### **Розділ 9. Пристрої електронних вимірювачів реактивних параметрів об'єктів (L,C)**

§ 1. Параметри найпростіших електричних заступних схем ємнісного та індуктивного об'єктів, втрати (тангенс кута втрат) конденсатора та добротність індуктивного об'єкту (котушки)

§ 2. Схеми електронних перетворювачів прямого перетворення параметрів ємнісного та індуктивного об'єктів

§ 3. Синхронний детектор, принцип роботи, спрощена схема, функція перетворення

### **Розділ 10. Пристрої електронних приладів змінного струму**

§ 1. Основні структурні схеми електронних перетворювачів с.к.з. змінних сигналів у постійну напругу із квадратором і коренедобувачем та з пристроєм множення-ділення, їх властивості. Способи побудови аналогових пристроїв множення ділення сигналів, метод логарифму-антилогарифму

§ 2. Основні структурні схеми електронних перетворювачів середньо-випрямленого та амплітудного значень змінних сигналів у постійну напругу. Схеми прецизійних випростувачів змінних сигналів на операційних підсилювачах

### **Література**

1. Основи метрології та вимірювальної техніки : підруч. для вузів у 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.; за ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – Т. 1 : Основи метрології; Т. 2 : Вимірювальна техніка.
2. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин : підруч. / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, Б.І. Стадник та ін.; за ред. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2008.

## **Дисципліна: Вимірювання електричних і магнітних величин**

### **Розділ 1. Основи метрології**

§ 1. Загальні відомості про вимірювання, види вимірювань

§ 2. Похибки вимірювань, оцінювання похибок вимірювань

§ 3. Вимірювальні сигнали як носії вимірювальної інформації, характеристики сигналів

### **Розділ 2. Засоби вимірювальної техніки**

- § 1. Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), метрологічні характеристики ЗВТ
- § 2. Міри електричних величин, їх метрологічні характеристики
- § 3. Вимірювальні перетворювачі електричних величин, їх метрологічні характеристики
- § 4. Аналогові вимірювальні прилади прямого перетворення (АВП), системи АВП
- § 5. Аналогові електронні вимірювальні прилади, типи електронних вольтметрів та омметрів
- § 6. Цифрові електронні вимірювальні прилади (цифрові вольтметри і частотоміри)
- § 7. Метрологічна перевірка засобів вимірювальної техніки

### **Розділ 3. Вимірювання параметрів електричних сигналів**

- § 1. Вимірювання струму і напруги змінного та постійного струму (схеми і похибки)
- § 2. Вимірювання потужності постійного та змінного струму (схеми і похибки)
- § 3. Вимірювання електричної енергії змінного струму індукційними лічильниками
- § 4. Вимірювання кута фазового зсуву аналоговими та цифровими фазометрами
- § 5. Компенсатори постійного струму, вимірювання електричних величин компенсаторами
- § 6. Компенсатори змінного струму, вимірювання електричних величин компенсаторами

### **Розділ 4. Вимірювання параметрів електричних кіл**

- § 1. Вимірювання електричного опору на постійному струмі (схеми і похибки)
- § 2. Вимірювальні прилади зрівноважувального перетворення
- § 3. Мости постійного струму, вимірювання електричного опору мостами
- § 4. Мости змінного струму, вимірювання індуктивності та ємності

### **Розділ 5. Вимірювання магнітних величин**

- § 1. Вимірювання магнітного потоку і магнітної індукції
- § 2. Вимірювання феромагнітних втрат

#### **Література**

1. Основи метрології та вимірювальної техніки : підруч. для вузів у 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.; за ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – Т. 1 : Основи метрології; Т. 2 : Вимірювальна техніка.
2. Основи метрології та електричні вимірювання / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005.

## **Дисципліна: Електроніка**

---

### **Розділ 1. Пасивні елементи електронних вимірювальних кіл**

- § 1. Резистори
- § 2. Вимірювальні резистивні подільники напруги
- § 3. Конденсатори
- § 4. Термістори

### **Розділ 2. Основи теорії напівпровідників**

- § 1. Фізична електроніка
- § 2. Діоди
- § 3. Випрямлячі
- § 4. Параметричний стабілізатор напруги
- § 5. Статичний режим роботи транзистора

### **Розділ 3. Основи теорії підсилювачів**

- § 1. Основні статичні параметри та характеристики підсилювачів
- § 2. Динамічні характеристики підсилювачів
- § 3. Види міжкаскадних зв'язків
- § 4. Підсилювальні каскади

### **Розділ 4. Вимірювальні підсилювачі**

- § 1. Статичні похибки вимірювальних підсилювачів

### **Розділ 5. Від'ємний зворотний зв'язок у підсилювачах**

- § 1. Вплив ВЗЗ на статичні характеристики підсилювачів
- § 2. Вплив ВЗЗ на метрологічні характеристики підсилювачів
- § 3. Вплив ВЗЗ на динамічні характеристики підсилювачів

## **Розділ 6. Операційні підсилювачі (ОП)**

- § 1. Основні статичні параметри та характеристики ОП
- § 2. Вимірювальні перетворювачі на основі ідеальних ОП
- § 3. Похибки вимірювальних перетворювачів на основі реальних ОП

## **Розділ 7. Генератори**

- § 1. Генератори синусоїдальних коливань

## **Розділ 8. Перетворювачі СКЗ**

- § 1. Похибки інтегрованих перетворювачів СКЗ

## **Розділ 9. Перемножувачі аналогових сигналів**

- § 1. Похибки інтегрованих перемножувачів

## **Розділ 10. Перетворювачі виду інформації**

- § 1. Похибки інтегрованих АЦП

## **Розділ 11. Ключі аналогових сигналів**

- § 1. Похибки інтегрованих ключів

### **Література**

1. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники / Е.И. Манаев. – М. : Радио и связь, 1985.
2. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники / Е.И. Манаев. – М. : Радио и связь, 1990.
3. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники / И.П. Степаненко. – М. : Сов. радио, 1980.

## **Дисципліна: Комп'ютерне опрацювання вимірювальної інформації**

---

### **Розділ 1. Турбо С**

- § 1. Основні функції Турбо С та прості алгоритми
- § 2. Математичні операції над комплексними числами. Особливості роботи з комплексними числами при програмуванні в Турбо С++

### **Розділ 2. Статистичний аналіз випадкових величин та процесів**

- § 1. Числові характеристики випадкової величини. Математичне сподівання, дисперсія, початкові та центральні моменти к-ого порядку
- § 2. Статистичний ряд. Гістограма. Статистична функція розподілу
- § 3. Числові характеристики системи двох випадкових величин. Кореляційний момент. Коефіцієнт кореляції. Характеристики випадкових функцій. Математичне сподівання, дисперсія, кореляційна функція
- § 4. Визначення характеристик випадкової функції з досліду. Стаціонарний процес. Ергодичний процес. Визначення характеристик ергодичного стаціонарного випадкового процесу за однією реалізацією
- § 5. Формування випадкової величини з рівномірним, нормальним та експоненціальним законом розподілу. Довірчий інтервал. Довірча ймовірність

### **Розділ 3. Математичні моделі та алгоритмічні методи рішення математичних задач**

- § 1. Визначення інтегралу функції методом прямокутників, трапецій, Сімпсона та методом Монте Карло
- § 2. Апроксимація результатів вимірювального експерименту поліномом n-ого степеня. Рішення системи рівнянь методом Гауса - Жордана
- § 3. Пряме та зворотнє перетворення Фур'є. Тригонометрична та експоненціальна форма перетворення Фур'є
- § 4. Перетворення Лапласа
- § 5. Комплексна частотна характеристика. Амплітудно-частотна характеристика. Фазо-частотна характеристика. Комплексні числа
- § 6. Дослідження похибки комплексної частотної характеристики електричних схем методом Монте Карло
- § 7. Математичні моделі пасивних аналогових ланок

### **Література**

1. Маликов В.Т. Вычислительные методы и применение ЭВМ / В.Т. Маликов, Р.Н. Кветный. – К. : Высш. шк., 1989.
2. Шрюфер Е. Обработка сигналов. Цифровая обработка дискретизованных сигналов / Е. Шрюфер. – К. : Либідь, 1992.

## **Дисципліна: Методи та засоби вимірювання неелектричних величин**

---

### **Розділ 1. Вимірювальні перетворювачі**

§ 1. Основні поняття (засоби вимірювальної техніки, вимірювальні пристрої, засоби вимірювань, вимірювальні перетворювачі). Їх означення

§ 2. Класифікація вимірювальних перетворювачів (ВП)

§ 3. Основні статичні характеристики ВП: функція перетворення, коефіцієнти перетворення, чутливість

§ 4. Основні динамічні характеристики: диференціальне рівняння, передавальна функція, АЧХ, ФЧХ

§ 5. Пружні елементи механічних перетворювачів: консольні бачки, мембрани

§ 6. Реостатні перетворювачі поступального та обертального руху. Вимірювальні кола (ВК)

§ 7. Тензорезистивні перетворювачі. Принцип дії, ВК, джерела похибок

§ 8. П'єзоелектричні перетворювачі. Суть прямого та зворотного п'єзоефектів. П'єзореzonанс. Кварцові резонатори

§ 9. Терморезистивні перетворювачі теплових величин, ВК

§ 10. Термоелектричні перетворювачі температури. Принцип дії, ВК

§ 11. Ємнісні перетворювачі механічних зусиль. Ємнісні рівноміри

§ 12. Гальваноманітні перетворювачі Гауса та Холла. Принцип дії, ВК

§ 13. Індуктивні та взаємоіндуктивні перетворювачі. Принцип дії, ВК

§ 14. Індукційні перетворювачі параметрів вібрації

§ 15. Акустичні перетворювачі. Ультразвукові витратоміри, рівнеміри

§ 16. Гальванічні перетворювачі

§ 17. Магнітопружні (магнітоеластичні) перетворювачі. Принцип дії, ВК

§ 18. Перетворювачі оптичного випромінювання. Принцип дії, ВК

### **Розділ 2. Методи вимірювань**

§ 1. Вимірювання геометричних розмірів. Індуктивний грубизномір, ємнісний рівнеметр, буйковий та поплавковий рівнеметри

§ 2. Вимірювання механічних зусиль. Пружинні динамометри, п'єзодинамометри, п'єзоманометри

§ 3. Вимірювання параметрів руху. П'єзоакселерометр. Індукційний віброакселерометр

§ 4. Вимірювання витрати. Витратомір зі звужувальною діафрагмою. Ротаметр

§ 5. Вимірювання температури. Терморезистивні, термоелектричні термометри. Термометр шумовий (Найквіста)

§ 6. Вимірювання концентрації

§ 7. Вимірювання іонізуючого випромінювання

#### **Література**

1. Метрологія та вимірювальна техніка / за ред. Є.С. Поліщука. – Львів : Бескид Біт, 2003.
2. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин / за ред. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2008.
3. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи / Е.С. Полищук. – К. : Вища шк., 1981.

## **Дисципліна: Опрацювання результатів вимірювання**

---

### **Розділ 1. Непевність та похибка результату вимірювання**

§ 1. Поняття похибки та непевності результату

§ 2. Відмінність і подібність між непевністю та похибкою

§ 3. Класифікація непевності. Стандартна, сумарна та розширена непевність. Абсолютна та відносна непевність

§ 4. Методи оцінювання непевності: Статистичний (тип А) та нестатистичний (тип В) методи

### **Розділ 2. Систематизація основних понять теорії випадкових величин ймовірності та математичної статистики**

§ 1. Густина розподілу випадкової величини

- § 2. Властивості густини розподілу
- § 3. Математичне сподівання випадкової величини
- § 4. Дисперсія та стандартне відхилення випадкової величини
- § 5. Нормальний розподіл випадкової величини та його властивості
- § 6. Рівномірний розподіл випадкової величини та його параметри
- § 7. Математичне сподівання, дисперсія та стандартне відхилення випадкової величини з рівномірним розподілом
- § 8. Випадкові результати спостережень. Випадкова вибірка. Генеральна сукупність
- § 9. Основні статистичні параметри положення випадкових спостережень: середнє значення, медіана і середина розмаху та їх обчислення
- § 10. Основні статистичні параметри ширини розкиду випадкових спостережень: вибіркові дисперсія і стандартне відхилення, середнє відхилення, ширина розкиду та їх обчислення
- § 11. Розкид (нестабільність) статистичних параметрів, обчислених за скінченими за обсягом вибірками випадкової величини
- § 12. Статистична залежність між випадковими величинами. Коефіцієнт кореляції
- § 13. Математичне сподівання, дисперсія та стандартне відхилення добутку випадкової величини на сталий коефіцієнт
- § 14. Гістограма

### **Розділ 3. Методика оцінювання непевності за методом типу А при нормальному розподілі спостережень та при інших ніж нормальних розподілах спостережень**

- § 1. Мета та умови виконання прямих вимірювань з багаторазовими спостереженнями
- § 2. Найкращий результат прямих вимірювань з багаторазовими нормально розподіленими спостереженнями
- § 3. Стандартна непевність результату при відомій дисперсії (стандартному відхиленні) спостережень
- § 4. Залежність стандартної непевності середнього значення від кількості спостережень
- § 5. Розширена непевність результату при відомій дисперсії (стандартному відхиленні) спостережень
- § 6. Коефіцієнт розширення, рівень довіри
- § 7. Прості форми представлення результату вимірювання, знайденого за опрацюванням результатів багаторазових спостережень
- § 8. Правила заокруглення результату та непевності
- § 9. Стандартна непевність результату при невідомій дисперсії (стандартному відхиленні) спостережень та її залежність від кількості спостережень
- § 10. Розширена непевність результату при невідомій дисперсії (стандартному відхиленні) спостережень
- § 11. Розподіл Стюдента. Кількість ступенів свободи. Представлення результату
- § 12. Промахи, аномальні результати спостереження
- § 13. Основні етапи методики відкидання аномальних результатів спостережень. Рівень істотності
- § 14. Медіана як найкращий результат прямих вимірювань з багаторазовими спостереженнями з розподілом Лапласа. Обчислення медіани
- § 15. Залежність стандартної непевності медіани спостережень з розподілом Лапласа від кількості спостережень
- § 16. Обчислення розширеної непевності медіани спостережень з розподілом Лапласа
- § 17. Середина розмаху як найкращий результат прямих вимірювань з багаторазовими спостереженнями з рівномірним розподілом
- § 18. Залежність стандартної непевності середини розмаху спостережень з рівномірним розподілом від кількості спостережень
- § 19. Розширена непевність результату середини розмаху спостережень з рівномірним розподілом

### **Розділ 4. Методика оцінювання непевності за методом типу В прямих та опосередкованих вимірювань з разовими спостереженнями аргументів. Методика оцінювання непевності за методом типу В показів вимірювальних приладів**



- § 1. Обчислення абсолютної та відносної стандартної непевності показу аналогового приладу.  
Модель «найгіршого» розподілу
- § 2. Обчислення абсолютної та відносної стандартної непевності показу цифрового приладу
- § 3. Номальні та робочі умови вимірювань, впливні величини
- § 4. Типові способи нормування результату дії впливних величин на покази приладу, коефіцієнти впливу
- § 5. Оцінювання непевності показів приладу від впливу температури зовнішнього середовища
- § 6. Оцінювання непевності показів приладу від впливу магнітного поля зовнішнього середовища
- § 7. Оцінювання непевності показів приладу від впливу нестабільності напруги його живлення
- § 8. Обчислення сумарної (комбінованої) абсолютної та відносної стандартної непевності прямого разового вимірювання при урахуванні непевності від впливних величин
- § 9. Спрощене обчислення розширеної абсолютної та відносної непевності прямого разового вимірювання при урахуванні непевності від впливних величин. Представлення результату вимірювання
- § 10. Обчислення еквівалентної кількості ступенів свободи під час оцінювання непевності за методом типу В. «Непевність непевності»
- § 11. Обчислення ефективної кількості ступенів свободи результату при кількох складових непевності. Наближена формула Велша-Саттервейта
- § 12. Уточнене обчислення розширеної абсолютної та відносної непевності прямого разового вимірювання при урахуванні непевності від впливних величин. Представлення результату вимірювання
- § 13. Опосередковані вимірювання, рівняння опосередкованого вимірювання, безпосередньо вимірювані величини – аргументи
- § 14. Обчислення результату опосередкованого вимірювання
- § 15. Суть загального методу знаходження виразу сумарної стандартної непевності результату опосередкованого вимірювання
- § 16. Коефіцієнт впливу абсолютної стандартної непевності аргументу на абсолютну сумарну стандартну непевність результату опосередкованого вимірювання
- § 17. Коефіцієнт впливу відносної стандартної непевності аргументу на абсолютну сумарну стандартну непевність результату опосередкованого вимірювання
- § 18. Коефіцієнт впливу відносної стандартної непевності аргументу на відносну сумарну стандартну непевність результату опосередкованого вимірювання
- § 19. Сумарна (комбінована) абсолютна стандартна непевність добутку величини на сталий коефіцієнт, суми та різниці двох зважених на сталі коефіцієнти незалежних випадкових величин, кожна з яких характеризується абсолютною стандартною непевністю
- § 20. Сумарна (комбінована) відносна стандартна непевність добутку величини на сталий коефіцієнт, добутку та частки двох зважених на сталі коефіцієнти незалежних випадкових величин, кожна з яких характеризується відносною стандартною непевністю, кореня та ступеня величини
- § 21. Спрощений метод обчислення розширеної непевності результату опосередкованого вимірювання. Коефіцієнт розширення
- § 22. Обчислення розширеної непевності результату опосередкованого вимірювання при відомих кількостях ступенів свободи непевності величин-аргументів. Коефіцієнт розширення з розподілу Стюдента
- § 23. Заокруглення непевності та результату. Представлення результату опосередкованого вимірювання

## **Розділ 5. Систематичні впливи та їх коригування**

- § 1. Систематичні та регулярні впливи, причини та наслідки
- § 2. Аддитивні, мультиплікативні та нелінійні впливи та їх опис
- § 3. Лінійні часові дрейфи та періодичні впливи
- § 4. Мета коригування систематичних впливів
- § 5. Ефективність коригування систематичних відхилень: теоретична та фактична
- § 6. Коригування систематичних відхилень показу вимірювального приладу шляхом внесення поправок та його ефективність. Стандартна та розширена непевність та представлення скоригованого результату вимірювання
- § 7. Коригування систематичних відхилень показу вимірювального приладу методом заміщення та його ефективність. Стандартна та розширена непевність та представлення скоригованого



результату вимірювання

§ 8. Коригування систематичних аддитивних та мультиплікативних відхилень показу вимірювального приладу та його ефективність. Стандартна та розширена непевність та представлення скоригованого результату вимірювання

§ 9. Метод симетричних в часі спостережень для коригування лінійних часових дрейфів та його ефективність

§ 10. Покращений метод симетричних в часі спостережень для коригування лінійних часових дрейфів та його ефективність

## **Розділ 6. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань з багаторазовими спостереженнями аргументів**

§ 1. Різновиди та суть опосередкованих вимірювань з багаторазовими спостереженнями аргументів

§ 2. Основні етапи методики опрацювання результатів опосередкованого вимірювання з незалежними результатами вимірювань аргументів

§ 3. Обчислення результату опосередкованого вимірювання з незалежними результатами вимірювань аргументів

§ 4. Обчислення оцінки сумарної (комбінованої) стандартної непевності результату опосередкованого вимірювання з незалежними результатами вимірювань аргументів

§ 5. Обчислення оцінки розширеної непевності результату опосередкованого вимірювання з незалежними результатами вимірювань аргументів

§ 6. Обчислення ефективної кількості ступенів свободи під час оцінювання непевності результату опосередкованого вимірювання з незалежними результатами вимірювань аргументів

§ 7. Основні етапи методики опрацювання результатів опосередкованого вимірювання із залежними результатами вимірювань аргументів

§ 8. Обчислення результату опосередкованого вимірювання із залежними результатами вимірювань аргументів

§ 9. Обчислення оцінки сумарної (комбінованої) стандартної непевності результату опосередкованого вимірювання із залежними результатами вимірювань аргументів

§ 10. Обчислення оцінки розширеної непевності результату опосередкованого вимірювання із залежними результатами вимірювань аргументів

§ 11. Представлення результату вимірювання опосередкованого вимірювання із багаторазовими спостереженнями аргументів

## **Розділ 7. Опрацювання результатів сумісних вимірювань. Лінійна, параболічна та кубічна апроксимація МНК. Апроксимація залежностей**

§ 1. Суть задачі апроксимації дискретно заданих результатів вимірювань аналітичними функціями

§ 2. Найбільш вживані критерії побудови функцій за експериментальними точками

§ 3. Суть класичного методу найменших квадратів, лінійна регресія, властивості апроксимуючої функції

§ 4. Початкова та нормальна система рівнянь при апроксимації за МНК лінійною функцією

§ 5. Розв'язки (коефіцієнти) апроксимуючої лінійної залежності

§ 6. Обчислення незміщеної оцінки дисперсії результатів спостережень під час лінійної апроксимації

§ 7. Обчислення стандартних непевностей коефіцієнтів лінійної апроксимації

§ 8. Обчислення розширених непевностей коефіцієнтів лінійної апроксимації. Кількість ступенів свободи при лінійній апроксимації

§ 9. Представлення результатів обчислення за методом МНК коефіцієнтів лінійної апроксимації

§ 10. Матрична форма МНК для лінійної апроксимації

§ 11. Дисперсійна матриця

§ 12. Центрування аргументів під час розв'язування задачі лінійної апроксимації

§ 13. Знаходження коефіцієнтів та їх непевностей лінійної апроксимації на основі значень, отриманих для центрованих аргументів

§ 14. Кореляція між значеннями коефіцієнтів лінійної апроксимації

§ 15. Початкова та нормальна система рівнянь параболічної апроксимації за МНК

- § 16. Матрична форма МНК для параболічної апроксимації
- § 17. Розв'язки (коефіцієнти) параболічної апроксимуючої залежності
- § 18. Обчислення незміщеної оцінки дисперсії результатів спостережень під час параболічної апроксимації
- § 19. Обчислення стандартних непевностей коефіцієнтів параболічної апроксимації.  
Дисперсійна матриця параболічної апроксимації
- § 20. Обчислення розширених непевностей коефіцієнтів параболічної апроксимації. Кількість ступенів свободи при параболічній апроксимації
- § 21. Представлення результатів обчислення за методом МНК коефіцієнтів параболічної апроксимації
- § 22. Центрування аргументів під час розв'язування задачі параболічної апроксимації
- § 23. Знаходження коефіцієнтів та їх непевностей параболічної апроксимації на основі значень, отриманих для центрованих аргументів
- § 24. Кореляція між значеннями коефіцієнтів параболічної апроксимації
- § 25. Початкова та нормальна система рівнянь кубічної апроксимації за МНК
- § 26. Матрична форма МНК для кубічної апроксимації
- § 27. Центрування аргументів під час розв'язування задачі кубічної апроксимації
- § 28. Розв'язки (коефіцієнти) кубічної апроксимуючої залежності для центрованих аргументів
- § 29. Обчислення коефіцієнтів кубічної апроксимуючої залежності за коефіцієнтами залежності для центрованих аргументів
- § 30. Обчислення незміщеної оцінки дисперсії результатів спостережень під час кубічної апроксимації
- § 31. Обчислення стандартних непевностей коефіцієнтів кубічної апроксимуючої залежності для центрованих аргументів. Дисперсійна матриця кубічної апроксимації
- § 32. Обчислення коефіцієнтів та їх непевностей кубічної апроксимації на основі значень отриманих для центрованих аргументів
- § 33. Обчислення розширених непевностей коефіцієнтів кубічної апроксимації. Кількість ступенів свободи при кубічній апроксимації
- § 34. Представлення результатів обчислення за методом МНК коефіцієнтів кубічної апроксимації

### **Розділ 8. Опрацювання результатів сукупних вимірювань**

- § 1. Різновиди та особливості сукупних вимірювань
- § 2. Особливості коефіцієнтів початкових систем рівнянь при лінійних сукупних вимірюваннях
- § 3. Методика формування нормальної системи рівнянь МНК лінійних сукупних вимірювань
- § 4. Загальна методика оцінювання точності розв'язків лінійних сукупних вимірювань
- § 5. Обчислення оцінок стандартної непевності результатів сукупних вимірювань. Дисперсійна матриця сукупних вимірювань
- § 6. Обчислення оцінок розширеної непевності результатів сукупних вимірювань. Кількість ступенів свободи
- § 7. Представлення результатів сукупних вимірювань

#### **Література**

1. Дорожовець М.М. Опрацювання результатів вимірювань / М.М. Дорожовець. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007.
2. Основи метрології та вимірювальної техніки : підруч. для вузів в 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.; за ред. д-ра техн. наук Б. Стадника. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – Т. 1 : Основи метрології; Т. 2 : Вимірювальна техніка.

## **Дисципліна: Цифрові електронні вузли засобів вимірювальної техніки**

### **Розділ 1. Основи теорії цифрової електроніки**

- § 1. Бульова алгебра. Закони і аксіоми бульової алгебри
- § 2. Логічні елементи
- § 3. Системи числення

### **Розділ 2. Комбінаційні функціональні вузли цифрової електроніки**

- § 1. Комбінаційні пристрої

§ 2. Дешифратори

§ 3. Шифратори

§ 4. Мультиплексори

§ 5. Демультимплексори

§ 6. Арифметичні пристрої. Суматори.

### **Розділ 3. Перерахункові комбінаційні функціональні вузли цифрової електроніки**

§ 1. Тригери

§ 2. Регістри

§ 3. Лічильники

#### **Література**

1. Рицар Б.Є. Цифрова техніка / Б.Є. Рицар. – К. : НМК, 1991.
2. Евреинов Э.В. Цифровая и вычислительная техника / Э.В. Евреинов, Ю.Т. Бутыльский, И.А. Мамзев. – М. : Радио и связь, 1991.
3. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника, комплексы, системы и сети / Е.П. Угрюмов. – СПб., 2002.