

ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Декан факультету  
комп'ютерних інформаційних  
технологій

Ігор ЯКИМЕНКО



2024р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ



2024р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор навчально-наукового  
Інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ



2024р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
з дисципліни  
**«ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ»**

Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Освітньо-професійна програма – «Технології інтернету речей»

Кафедра Спеціалізованих комп'ютерних систем

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Лабор. (год.)	ІРС (год.)	Тренінг (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Екз. (сем.)
Денна	3	5	30	30	4	8	78	150	5
Заочна	3	5	8	4			138	150	8

Тернопіль 2024

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, затвердженої на засіданні Вченої ради ЗУНУ протокол №9 від 15 червня 2022 р.

Робочу програму склав доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, к.т.н. Масляк Богдан Олексійович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем протокол № 1 від 27.08.2024р.

Завідувач кафедри  к.т.н., доцент Андрій СЕГІН

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності Інформаційно-вимірвальні технології

протокол № 1 від 30.08.2024р.

Голова групи  
забезпечення спеціальності  к.т.н., доцент Богдан Масляк

Гарант ОП  к.т.н., доцент Богдан Масляк

# СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ "ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ"

## 1. Опис дисципліни "Вимірювальні прилади"

Дисципліна – Вимірювальні прилади	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 5	Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування	Нормативна навчальна дисципліна циклу дисциплін професійної та практичної підготовки Мова викладання - українська
Кількість залікових модулів – 5	Спеціальність – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка Освітньо-професійна програма – Технології інтернету речей	Рік підготовки ДФН – 3 ЗФН - 3 Семестр: ДФН – 5 ЗФН - 5
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції ДФН – 30 год. ЗФН – 8 год. Лабораторні заняття ДФН – 30 год. ЗФН – 4 год.
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота: ДФН – 78 год. ЗФН – 138 год Тренінг – 8 год Індивідуальна робота - 4 год.
Тижневих годин: 5 семестр – 8 год. з них аудиторних – 4 год.		Вид підсумкового контролю – іспит

## 2. Мета й завдання вивчення дисципліни

### 2.1. Мета вивчення дисципліни

Метою дисципліни „Вимірювальні прилади” є вивчення студентами основних методів побудови та функціонування аналогових та цифрових вимірювальних приладів, дослідження роботи їх компонентів та синтезу вимірювальних кіл, а також надбання необхідних знань, навиків та вмінь практичного вирішення питань налагодження, випробовування та калібрування вимірювальних вузлів та приладів в цілому. В результаті вивчення курсу студенти отримують необхідні знання по організації процесу вимірювань, а також для встановлення раціональної номенклатури метрологічних характеристик приладів для застосування у виробничих процесах із заданою точністю.

### 2.2 Завдання вивчення дисципліни.

Основними завданнями вивчення дисципліни є формування компетентностей та умінь щодо особливостей будови та функціонування аналогових та цифрових приладів та їх компонентів.

### 2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

K18. Здатність виконувати технічні операції при випробуванні, повірці, калібруванні та інших операціях метрологічної діяльності.

K21. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів в лабораторних умовах і на об'єктах.

### 2.4 Передумови для вивчення дисципліни.

Теоретичною базою вивчення дисципліни "Вимірювальні прилади" є попередні навчальні дисципліни: "Вища математика", "Теорія ймовірності та математична статистика", "Теорія інформації та кодування".

### 2.5. Результати навчання

ПР10. Вміти встановлювати раціональну номенклатуру метрологічних характеристик засобів вимірювання для отримання результатів вимірювання з заданою точністю.

ПР14. Вміти організувати процедуру вимірювання, калібрування, випробувань при роботі в групі або окремо.

### **3. Програма дисципліни**

#### ***Змістовий модуль 1. Загальні положення. Аналогові вимірювальні прилади.***

1. Вимірювальні прилади. Основні положення.

Визначення. Основне рівняння вимірювання. Класифікація вимірювань. Властивості засобів вимірювань.

2. Аналогові вимірювальні механізми.

Узагальнена структурна схема вимірювального механізму. Види аналогових вимірювальних механізмів.

3. Вимірювання струмів і напруг.

Схеми використання амперметрів та вольтметрів. Розширення діапазону вимірювання струму – шунт. Розширення діапазону вимірювання напруги – додатковий опір.

4. Мостові вимірювальні прилади постійного струму.

Міст Уїтстона. Загальна теорія мостових схем. Одинарний (чотириплечий) міст постійного струму. Подвійний (шестиплечий) міст постійного струму. Автоматичний міст постійного струму.

5. Мостові вимірювальні прилади змінного струму.

Мости для вимірювання ємності. Мости для вимірювання параметрів котушок індуктивності.

6. Компенсаційні засоби вимірювання

Компенсатори постійного струму. Дві схеми компенсації напруги. Компенсатор постійного струму. Компенсатори змінного струму.

#### ***Змістовий модуль 2. Цифрові вимірювальні прилади***

7. Цифрові вимірювальні прилади – основні поняття та визначення.

Основні визначення. Класифікація цифрових вимірювальних приладів. Поняття вимірювального каналу та його складових.

8. Квантування та дискретизація. Похибки квантування та дискретизації.

Поняття дискретизації та вибір частоти дискретизації. Лнійна та нелнійна дискретизація. Поняття квантування та вибір розрядності вимірюваного приладу в залежності від розміру похибки квантування.

9. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП).

Основні параметри АЦП. Паралельні АЦП. АЦП порозрядного зрівноваження. Завадостійкі інтегруючі АЦП. Перетворювачі напруга – частота. Сігма-дельта АЦП.

10. Цифро-аналогові перетворювачі.

Загальні відомості. Послідовні ЦАП. Паралельні ЦАП. Застосування ЦАП. Параметри ЦАП.

11. Компоненти вимірювального каналу.

Аналогові мультиплектори (комутатори). Масштабні перетворювачі. Пристрої вибірки-зберігання. Аналогові фільтри вимірювальних сигналів. Джерела опорної напруги Схеми автоматичного вибору діапазону вимірювання.

12. Цифрові прилади вимірювання електричних величин.

Структурні схеми приладів вимірювання струму, напруги. Вимірювання опору. Вимірювання потужності. Вимірювання частоти та інтервалів часу електричного сигналу.

13. Цифрові прилади вимірювання неелектричних величин.

Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема засобу вимірювання. Особливості первинних вимірювальних перетворювачів. вимірювальні канали температури, механічних величин, тиску і рівня.

14. Повірка та калібрування вимірювальних приладів.

Поняття повірки та калібрування. Законодавча база. Загальні методи повірки та калібрування ЗВТ. Міжповірочні інтервали, їх призначення та коригування. Калібрування вимірювальних каналів. Повірка вимірювальних приладів. Оформлення результатів повірки та калібрування ЗВТ.

#### 4. Структура залікового кредиту ДФН

Тематика	Кількість годин				
	Лекції	Лаб.	Самост. робота	ІРС	Контр. заходи
<b>Змістовий модуль 1. Загальні положення. Аналогові вимірювальні прилади</b>					
1. Вимірювальні прилади. Основні положення. Визначення. Основне рівняння вимірювання. Класифікація вимірювань. Властивості засобів вимірювань.	2		2		Поточне опитування
2. Аналогові вимірювальні механізми. Узагальнена структурна схема вимірювального механізму. Види аналогових вимірювальних механізмів.	2		2		Поточне опитування
3. Вимірювання струмів і напруг. Схеми використання амперметрів та вольтметрів. Розширення діапазону вимірювання струму – шунт. Розширення діапазону вимірювання напруги – додатковий опір.	2	4	6		Ситуаційне завдання
4. Мостові вимірювальні прилади постійного струму. Міст Уйтстона. Загальна теорія мостових схем. Одинарний (чотириплечий) міст постійного струму. Подвійний (шестиплечий) міст постійного струму. Автоматичний міст постійного струму.	2		6		Ситуаційне завдання
5. Мостові вимірювальні прилади змінного струму. Мости для вимірювання ємності. Мости для вимірювання параметрів котушок індуктивності.	2		6		Ситуаційне завдання
6. Компенсаційні засоби вимірювання. Компенсатори постійного струму. Дві схеми компенсації напруги. Компенсатор постійного струму. Компенсатори змінного струму.	2		6		Ситуаційне завдання
<b>Змістовий модуль 2. Цифрові вимірювальні прилади</b>					
7. Цифрові вимірювальні прилади – основні поняття та визначення. Основні визначення. Класифікація цифрових вимірювальних приладів. Поняття вимірювального каналу та його складових.	2	4	5		Ситуаційне завдання
8. Квантування та дискретизація. Похибки квантування та дискретизації. Поняття дискретизації та вибір частоти дискретизації. Поняття квантування та вибір розрядності вимірюваного сигналу.	2		5		Поточне опитування
9. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Основні параметри АЦП. Паралельні АЦП. АЦП порозрядного зрівноваження. Завадостійкі інтегруючі АЦП. Перетворювачі напруга – частота. Сігма-дельта АЦП.	2	4	7		Ситуаційне завдання
10. Цифро-аналогові перетворювачі. Загальні відомості. Послідовні ЦАП. Паралельні ЦАП. Застосування ЦАП. Параметри ЦАП.	2	4	7		Ситуаційне завдання
11. Компоненти вимірювального каналу. Аналогові мультиплектори (комутатори). Масштабні перетворювачі. Пристрої вибірки-зберігання. Аналогові фільтри вимірювальних сигналів. Джерела опорної напруги	2	4	7	1	Ситуаційне завдання

Автоматичний вибір діапазону вимірювання. 12. Цифрові прилади вимірювання електричних величин. Структурні схеми приладів вимірювання струму, напруги. Вимірювання опору. Вимірювання потужності. Вимірювання частоти та інтервалів часу електричного сигналу.	2	4	7	1	Ситуаційне завдання
13. Цифрові прилади вимірювання неелектричних величин. Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема засобу вимірювання. Особливості первинних вимірювальних перетворювачів. вимірювальні канали температури, механічних величин, тиску і рівня.	2		7		Ситуаційне завдання
14. Повірка та калібрування вимірювальних приладів. Поняття повірки та калібрування. Законодавча база. Загальні методи повірки та калібрування ЗВТ. Міжповірочні інтервали, їх призначення та коригування. Калібрування вимірювальних каналів. Повірка вимірювальних приладів. Оформлення результатів повірки та калібрування ЗВТ.	2	4	7	1	Ситуаційне завдання
Разом	28	28	91	3	

## 5. Тематика лабораторних робіт.

### 5. Тематика лабораторних робіт.

1. Розширення діапазону вимірювань амперметра за допомогою шунтів.
2. Розширення діапазону вимірювань вольтметра за допомогою додаткового опору.
3. Розробка та дослідження підсилювача вхідного сигналу.
4. Дослідження аналогових мультиплексорів.
5. Побудова та дослідження аналогових фільтрів.
6. Побудова та дослідження АЦП.
7. Побудова та дослідження ЦАП на матриці R-2R.

## 6. Комплексне практичне індивідуальне завдання з дисципліни “Вимірювальні прилади”

Виконання розрахунково-графічної роботи, відповідно до завдання, наведеного нижче.

Тема: “Розробка пристрою збору і перетворення інформації”.

Початкові дані:

- кількість датчиків (одноканальний, багатоканальний);
- тип перетворення АЦП;
- тип ЦАП;
- діапазон зміни напруги на виході датчика, В;
- похибка аналого-цифрового перетворення сигналу (квантування), %;

Склад вимірювального пристрою:

- датчик величини, що вимірюється, з аналоговим (цифровим) виходом;
- блоки перетворення і комутації вхідного сигналу;
- АЦП;
- Кодперетворювач (за потреби);
- пристрій керування і синхронізації.

## 7. Самостійна робота

№ п/п	Тематика
1	ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ. Електромагнітний вимірювальний перетворювач. Електромагнітні амперметри і вольтметри. Електродинамічний вимірювальний перетворювач. Амперметри, вольтметри і ватметри електродинамічної системи.
2	ЕЛЕКТРОННІ АНАЛОГОВІ ПРИЛАДИ. Електронні вольтметри постійних напруг. Електронні вольтметри змінних напруг. Амплітудний (піковий) вольтметр. Вольтметр середніх та середньоквадратичних значень. Електронні частотоміри.

	Суть методу заряду і розряду конденсатора. Електронний конденсаторний частотомір. Електронні фазометри.
3	ЕЛЕКТРОННИЙ ОСЦИЛОГРАФ. Світлопроменевий та цифровий осцилограф. Принципи функціонування.
4	АНАЛОГО-ЦИФРОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ. Паралельні та послідовні АЦП. Інтегруючі АЦП. Сігма-дельта АЦП. Основні параметри, які впливають на їх вибір для створення вимірювальних пристроїв та систем.
5	ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНИХ ВЕЛИЧИН. Вимірювальні перетворювачі. Вимірювання характеристик постійних магнітних полів. Вимірювання різниці магнітних потенціалів. Вимірювання характеристик постійних магнітних полів веберметром.
6	ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН. Особливості вимірювання неелектричних величин. Узагальнена структурна схема. Параметричні вимірювальні перетворювачі (параметричні, резистивні, генераторні та інші).
7	МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ. Функції, що виконуються мікропроцесорами у вимірювальних системах. Методи покращення метрологічних характеристик. Процесорні похибки вимірювань. Мікропроцесорні вимірювачі фізичних величин.

### 8. Організація і проведення тренінгу

Тематика: Методика калібрування цифрового вимірювального пристрою.

Порядок проведення:

1. Вступна частина: ознайомлення студентів з темою тренінгового заняття і видача завдання.
2. Практична частина: виконання завдань студентами згідно з індивідуальним завданням; оформлення короткого звіту.
3. Підведення підсумків: обговорення результатів виконаних завдань.

### 9. Методи навчання

У навчальному процесі використовуються: лекції, практичні та індивідуальні заняття, групова робота, реферування, а також методи опитування, тестування, ділові ігри тощо.

### 10. Методи оцінювання

У процесі вивчення дисципліни “Методи та засоби вимірювань” використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студентів:

- поточне тестування та опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- оцінювання виконання КПЗ;
- ректорська контрольна робота;

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни “Методи та засоби вимірювань” визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Семестр: 5 - екзамен

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10%	10%	10%	10%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середнє арифметичне з оцінок отриманих за виконання та захист лабораторних робіт	Підсумкова контрольна робота за темами	Середнє арифметичне з оцінок отриманих за виконання та захист лабораторних робіт	Підсумкова контрольна робота за темами	Оцінка за виконання та захист проєкту за однією з запропонованих тем	Оцінка, за виконання та представлення результатів самостійної роботи	Теоретичні питання: 3 питання по 20 балів - тах 60 балів. Практичне завдання - тах 40 балів

## 11. Шкала оцінювання:

За шкалою ТНЕУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

## 12. Інструменти, обладнання, ПЗ, перелік наочних матеріалів, використання яких передбачає навчальна дисципліна.

№	Найменування	Номер теми
1	Мультимедійний проектор та проєкційний екран	1-17
2	Персональні комп'ютери	1-17
3	Наявність доступу до мережі Інтернет	1-17
4	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-17
5	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-17
6	Операційна система: Windows 10, Базове програмне забезпечення: MS Office, телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox). Спеціалізоване програмне забезпечення: NI Multisim	1-17

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка. Навчальний посібник. –Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. –252с.
2. Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / В.П.Бабак, С.В.Бабак, В.С.Еременко и др.; под ред. чл.-кор. НАН Украины В.П.Бабака. – КК., 2014. – 832с.
3. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 538 с.
4. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник. /За ред. Є.С.Поліщука. — Львів.: Видавництво «Бескид Біт», 2003. — 544 с.
5. М.Дорожовець, В.Мотало, Б.Стадник та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2-х т. Т.1. Основи метрології. — Львів.: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2005. — 532 с.
6. Richard S. Figliola, Donald E. Beasley. Theory and Design for Mechanical Measurements. - John Wiley & Sons, 2020 p. - 592 стор.
7. М.Дорожовець, В.Мотало, Б.Стадник та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2-х т. Т.2. Вимірювальна техніка. — Львів.: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2005. — 632 с.
8. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Стадник Б.І. та ін. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник. /За ред. Є.С.Поліщука. — Львів.: Видавництво «Бескид Біт», 2008. — 618 с.
9. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП\ЦАП. — Москва: Техносфера, 2006 — 392 с.



10. Спеціалізовані комп'ютерні технології в інформатиці: Монографія / за загальною редакцією Я.М.Николайчука – Тернопіль: "Бескиди", 2017.
11. Шпинковський, О. А. Конспект лекцій з дисципліни "Аналогові вимірювальні прилади" для студентів денної форми навчання за спеціальністю: 152-Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка / уклад. О. А. Шпинковський, М. І. Шпинковська; Одес. нац. політехн. ун-т. - Одеса, 2019. - 125 с.
12. Орнатский П.П. Автоматические цифровые измерительные приборы. — К.: Вища школа, 1985. — 560 с.
13. R. Bartiromo, M. Vincenzi. Electrical Measurements in the Laboratory Practice. – Springer. - 2016. – 301p.
14. Глухов О.В., Кравчук О.О., Левченко Є.В. Вивчення властивостей мікроконтролерів і електронних систем на базі платформи Ардуіно: навч. посібник для студентів ВНЗ. Харків: ХНУРЕ, 2019. – 192 с.

Для поглибленого ознайомлення із сучасними досягненнями теорії вимірювань студентам рекомендуються наступні періодичні наукові видання:

1. Вимірювальна техніка та метрологія.
2. Метрологія для підприємства.
3. Український метрологічний журнал [Електронний режим]. – Режим доступу: <http://www.metrology.kharkov.ua/index.php?id=1&L=0>.
4. Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій.
5. Наукові вісті НТУУ "КПІ".
6. Радіоелектроніка. Інформатика. Управління.
7. Складні системи і процеси.