

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА  
УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ»**  
ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ПЕРШОГО (БАКАЛАВРСЬКОГО) РІВНЯ  
ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 171 – «ЕЛЕКТРОНІКА»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ  
«ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО  
ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ»

КРЕМЕНЧУК 2025

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Метрологія, стандартизація, сертифікація та управління якістю» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної форми навчання зі спеціальності 171 – «Електроніка» освітньо-професійної програми «технологія, обладнання та виробництво електронної техніки»

Укладач к. т. н., доц. Д.В. Мосьпан

Рецензент к. т. н., доц. О.О. Юрко

Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № 5 від 20 01.2025 року

Голова методичної ради



проф. Віктор Костін

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Перелік лабораторних робіт .....	7
Лабораторна робота № 1 Перевірка вольтметрів і амперметрів.....	7
Лабораторна робота № 2 Вимірювання опорів мостами постійного струму .....	18
Лабораторна робота № 3 Вимірювання опору на постійному струмові методами амперметра–вольтметра.....	25
Лабораторна робота № 4 Застосування універсального вольтметра ВУ–15 для визначення фізичних величин .....	34
Лабораторна робота № 5 Вимірювання напруги постійного струму за допомогою диференціального цифрового вольтметра В2–34 .....	39
Критерії оцінювання знань студентів.....	44
Список літератури .....	57

## ВСТУП

Розвиток науки і техніки завжди був пов'язаний із прогресом у сфері вимірювань. У фізиці, механіці та інших науках вимірювання дозволяли точно встановити залежність, виражаючи об'єктивні закони природи. Кожному новому відкриттю у сфері природничих наук передувало немало різноманітних вимірювань. Важливе значення також мають вимірювання й у створенні нових машин і механізмів, будівель, підвищуючи якість продукції та ефективність роботи підприємств.

Проблема підвищення якості продукції та ефективності підприємств розв'язується завдяки автоматизації технологічних процесів, і тут успіх у всьому залежить від точності та своєчасності отримання вимірювальної інформації під час технологічного процесу.

Прогрес у розвитку засобів електровимірювальної техніки за останні роки був забезпечений унаслідок подальшого розвитку теорії вимірювань, широкого використання останніх досягнень мікроелектроніки, автоматики, вимірювальної техніки.

Пропоновані методичні вказівки сприяють закріпленню теоретичних знань, отриманих на лекціях, набуттю практичних навичок роботи з електровимірювальними приладами для проведення робіт, пов'язаних з вимірюванням параметрів електричних кіл з використанням сучасних вимірювальних приладів, а також умінню аналізувати й обробляти результати вимірювань.

Методичні вказівки будуть корисні не тільки для проведення лабораторних робіт, але й для практичних занять, для виконання розрахункових і курсових завдань.

Також методичні вказівки можуть бути використані для проведення експериментальних вимірювань під час виконання дипломних і атестаційних робіт магістрів.

Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з основними вимогами та критеріями проведення вимірювання певних фізичних величин, які характеризують різноманітні параметри фізичних процесів, опис правил побудови вимірювальних кіл і проведення обробки отриманих результатів вимірювання, а також мати можливість самостійно визначати вимірювальні пристрої, які будуть оптимальнішими для проведення процесу вимірювання;

Вивчення навчальної дисципліни надає можливість здобути компетентності, потрібні для подальшої професійної діяльності.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

СК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.

СК10. Здатність застосовувати на практиці галузеві стандарти та стандарти якості функціонування пристроїв та систем електроніки.

СК12. Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва електронних апаратів, пристроїв та систем генерування, індикації та вимірювання фізичних полів технічних і біологічних об'єктів, в тому числі – медичної апаратури.

РН6. Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.

PH12. Використовувати документацію, пов'язану з професійною діяльністю, із застосуванням сучасних технологій та засобів офісного устаткування; використовувати англійську мову, включаючи спеціальну термінологію, для спілкування з фахівцями, проведення літературного пошуку та читання текстів з технічної та фахової тематики.

PH14. Дотримуватися норм сучасної української ділової та професійної мови.

PH15. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.

PH16. Застосовувати розуміння теорії стохастичних процесів, методи статистичної обробки та аналізу даних при розв'язанні професійних завдань.

PH17. Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.

PH19. Розробляти технічні засоби для побудови та діагностування технічного стану електронних пристроїв та систем генерування, індикації та вимірювання фізичних полів технічних і біологічних об'єктів, в тому числі – медичної апаратури, організувати та проводити плановий та позаплановий ремонт, налагодження та переналагодження у відповідності до поточних вимог виробництва.

# ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

## Лабораторна робота № 1

### Тема. Перевірка вольтметрів і амперметрів

**Мета роботи:** вивчення електровимірювальних приладів і методики їхньої перевірки й визначення похибки вимірів.

У результаті проведення лабораторної роботи студенти повинні:

– знати побудову та характеристики аналогових електромеханічних вимірювальних приладів;

– уміти проводити перевірку вимірювальних приладів і обробку отриманих результатів вимірювання, за допомогою яких можна встановлювати відповідні точнісні характеристики приладів, що перевіряються.

### 1 Програма роботи

1.1 Вивчити за рекомендованою літературою порядок проведення перевірки вимірювальних приладів.

1.2 Провести аналіз технічних характеристик вимірювальних приладів.

1.3 Виконати перевірку вимірювальних приладів.

1.4 Заповнити документацію проведення перевірки приладів.

1.5 Провести порівняльний аналіз отриманих і паспортних технічних характеристик досліджуваних приладів.

### 2 Технічне оснащення

2.1 Прилади, що перевіряються, вольтметр і амперметр.

2.2 Лабораторний стенд із регульованою напругою.

2.3 Зразкові прилади – вольтметр і амперметр.

2.4 З'єднувальні проводи.







### 3 Короткі теоретичні відомості

Незалежно від призначення будь-який прилад містить загальні вузли й механізми: відліковий і опорний пристрій, вимірювальний механізм, а також пристрій щодо створення протидійного і заспокійливого моменту.

Оскільки в більшості вимірювальних механізмів рухлива частина має один ступінь вільності, то вона може повертатися навколо нерухомої осі на кут  $\alpha$  (чи здійснювати лінійне переміщення).

Залежно від способу перетворення підведеної до приладу електромагнітної енергії на механічну енергію переміщення рухомої частини електромеханічні прилади поділяються на основні системи (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Графічне позначення основних систем

Назва системи вимірювального механізму	Позначення систем
Магнітоелектрична	
Електромагнітна	
Електродинамічна	
Феродинамічна	
Індукційна	
Електростатична	

Детальніше розглянемо декілька основних систем вимірювальних механізмів, що використовуються під час побудови аналогових електромеханічних приладів.

Робота механізмів магнітоелектричної системи базується на взаємодії магнітного потоку постійного магніту і струму, що проходить по котушці (рамці). У магнітоелектричному перетворювачі обертальний момент створюється внаслідок взаємодії магнітного поля постійного магніту і магнітного поля провідника зі струмом (у вигляді котушки або рамки).

Конструктивно вимірювальний механізм приладу може бути виконаний або з рухомим магнітом, або з рухомою рамкою. На рисунку 1.1 зображена конструкція приладу з рухомою рамкою.



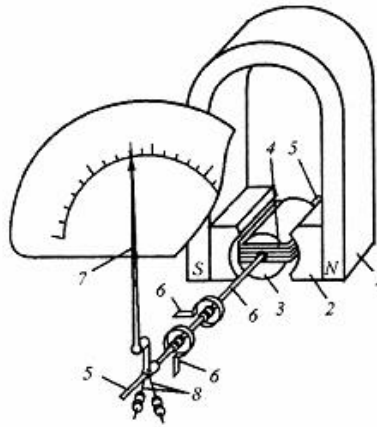


Рисунок 1.1 – Основні вузли магнітоелектричної системи

Постійний магніт 1, магнітопровід з полюсними наконечниками 2 і нерухоме осердя 3 становлять магнітну систему механізму.

У зазорі між полюсними наконечниками і осердям створюється сильне радіальне магнітне поле, у якому знаходиться рухома прямокутна рамка 4, на яку намотаний тонкий мідний або алюмінієвий провід на алюмінієвому каркасі (або без каркаса). Рамка закріплена між півсями 5. Спиральні пружинки 6, призначені для створення протидійного моменту, одночасно використовуються для подачі вимірюваного струму в рамку. Рамка жорстко з'єднана зі стрілкою 7. Для балансування рухомої частини є пересувні важки 8.

Кут відхилення визначається рівнянням:

$$\alpha = K \int_0^T i(t) dt = S I$$

де  $S$  – чутливість вимірювального механізму до струму, що залежить від параметрів вимірювального механізму.

Звідси випливає, що шкала магнітоелектричного приладу рівномірна, а зміна напрямку струму, що тече через рамку, веде до зміни напрямку кута відхилення стрілки.

Рухома система вимірювального механізму магнітоелектричних приладів має значну інерцію, тому такі прилади реагують лише на постійну складову струму й непридатні для вимірювання змінного струму або напруги.

Для вимірювання у колах змінного струму необхідно попередньо перетворити змінний струм на постійний.

Серед аналогових електромеханічних приладів прилади магнітоелектричної системи є найбільш точними і чутливими.

Зміни температури навколишнього середовища та зовнішні магнітні поля мало впливають на їх роботу. Рівномірна шкала, мале споживання енергії також належать до переваг магнітоелектричних приладів.

В електромагнітних вимірювальних механізмах обертальний момент виникає внаслідок взаємодії магнітного поля нерухомої котушки, по обмотках якої тече вимірюваний струм, з рухомим феромагнітним осердям.

Одна з конструкцій електромагнітного механізму зображена на рисунку 1.2.

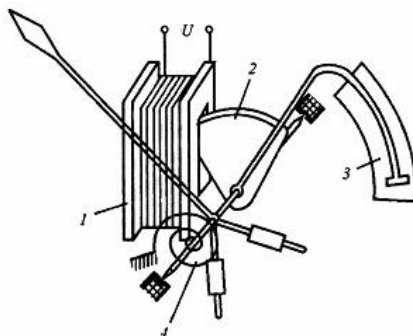


Рисунок 1.2 – Основні вузли електромагнітної системи

1 – котушка; 2 – сердечник, укріплений на осі приладу; 3 – повітряний заспокоювач; 4 – спіральна пружинка, яка створює протидійний момент

З появою струму в котушці осердя намагається розташуватися в місці з найбільшою концентрацією поля, тобто втягується в зазор котушок.

Рухома частина механізму повертається доти, поки обертальний момент не врівноважиться протидійним моментом, створюваним пружиною.

Основне рівняння перетворення:

$$\alpha = \frac{1}{2WL} \cdot \frac{dL}{d\alpha} I^2,$$

де  $L$  – індуктивність котушки.

Оскільки  $\alpha$  пропорційний  $I^2$ , то він не залежить від напрямку струму. Тому приладами з електромагнітними перетворювачами можна вимірювати як

постійні, так і змінні струми. Шкала приладу квадратична. Однак вибором форми осердя її можна наблизити до лінійної.

Перевагами приладів електромагнітної системи є простота конструкції, здатність витримувати значні перевантаження, можливість градування приладів, призначених для вимірювань у колах змінного струму, на постійному струмі.

До недоліків приладів належать велике власне споживання енергії, невисока точність, мала чутливість і сильний вплив магнітних полів.

В електродинамічних вимірювальних механізмах обертальний момент виникає внаслідок взаємодії магнітних полів нерухомої та рухомої котушок зі струмом.

Вимірювальні механізми складаються з пари нерухомих котушок 1 (круглої або прямокутної форми), з'єднаних послідовно (рисунок 1.3).

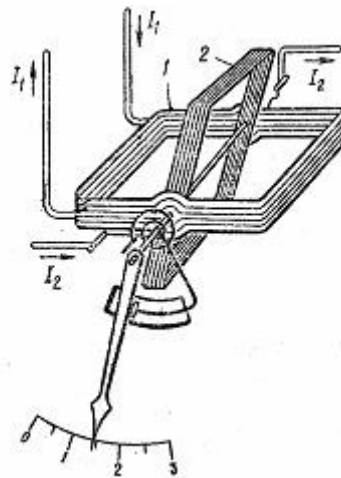


Рисунок 1.3 – Основні вузли електродинамічної системи

У середині цих котушок на осі знаходиться безкаркасна рухлива котушка (рамка) 2. Для підведення струму в рухливу котушку і створення протидійного моменту застосовують спіральні пружини.

Кут відхилення визначається рівнянням:

$$\alpha = \frac{1}{W_{\text{вд}}} \cdot \frac{dM_{1,2}}{d\alpha} I_1 I_2 \text{ ccccc } \phi\phi,$$

де  $M_{1,2}$  – взаємна індуктивність між котушками 1 і 2;  $I_1$  і  $I_2$  – середньоквадратичне значення струмів;  $\cos \phi$  – фазовий зсув між струмами.

Електродинамічні вимірювальні механізми містять два кола струму, тому вони є множинними пристроями і мають фазочутливість. Ця особливість дозволяє застосовувати їх не тільки для вимірювання струму, напруги, але також потужності і фази.

Переваги електродинамічних вимірювальних механізмів – висока точність і можливість використання їх у колах постійного і змінного струмів.

Недоліки – мала чутливість, вплив зовнішніх магнітних полів на показання вимірювального механізму (слабке власне магнітне поле), велика потужність споживання, обмежений частотний діапазон (до 1,5 кГц).

Електродинамічні вимірювальні механізми використовують в амперметрах, вольтметрах, ватметрах при лабораторних вимірах у колах постійного і змінного струмів промислової частоти, фазометри.

Перевірку електровимірювальних приладів виконують методом порівняння показань випробовуваних приладів з показаннями зразкового приладу. Прилади класів точності 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 перевіряють шляхом звіряння їхніх показань з показаннями зразкових приладів класів 0,3 і 0,5.

Загальні характеристики електровимірювальних приладів: варіація показань, чутливість до вимірюваної величини, споживана потужність, похибки вимірювання тощо.

Залежно від умов їхнього виникнення розрізняють:

– основну похибку – похибку засобів вимірювання, використовуваних у нормальних умовах, тобто за нормального положення, температури навколишнього середовища  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , відсутності зовнішнього електричного і магнітного полів, окрім земного, і т. д.;

– додаткову похибку, під якою розуміють похибку засобів вимірювання, що виникає в результаті відхилення однієї з величин, які впливають, від нормального значення.

За способом вираження похибок вимірювальних приладів розрізняють:

– абсолютну похибку приладу  $\Delta$ , тобто різницю між показаннями приладу  $A_n$  і дійсним значенням  $A$  вимірюваної величини:

$$\Delta = A_n - A; \quad (1.1)$$

– відносну похибку приладу  $\delta$ , тобто відношення абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної величини:

$$\delta\delta = \frac{A_n - A}{A} \cdot 100\%; \quad (1.2)$$

– зведену похибку  $\gamma$ , відношення абсолютної похибки  $\Delta$  до нормативного значення:

$$\gamma\gamma = \frac{A_n - A}{A_N} \cdot 100\%. \quad (1.3)$$

Для приладів з нульовим оцінюванням на межі шкали нормувального значення, дорівнює кінцевому значенню діапазону вимірів;

– варіації показань вимірювального приладу:

$$\gamma\gamma_{var} = \frac{A_{д.висх} - A_{д.сподн}}{A_N} \cdot 100\%, \quad (1.4)$$

де  $A_{д.висх}$ ,  $A_{д.сподн}$  – показання зразкового приладу під час руху стрілки до випробуваного оцінювання шкали від початкового та кінцевого оцінювання шкали відповідно.

Варіація показань приладів – це найбільша різниця цих показань за того самого значення вимірюваної величини. Вона визначається під час плавного підходу стрілки до випробуваного оцінювання шкали.

Чутливість  $S$  електровимірювального приладу до вимірюваної величини  $A$  є похідною від переміщення покажчика. За вимірюваною величиною  $A$ :

$$S = \frac{dB}{dA}. \quad (1.5)$$

Цей вираз визначає чутливість приладу в цій точці шкали.

Якщо чутливість постійна, тобто не залежить від вимірюваної величини, її можна визначити з виразу:

$$S = \frac{B}{A}. \quad (1.6)$$

Величина, обернена до чутливості:

$$C = \frac{1}{S} \quad (1.7)$$

C – називається ціною поділки приладу. Вона дорівнює числу одиниць вимірюваної величини, що припадає на одну поділку.

#### 4 Підготовка до роботи

4.1 Провести зовнішній огляд отриманих вимірювальних приладів.

4.2 Установити механічний нуль приладів, що перевіряються.

4.3 Провести зовнішній огляд лабораторного стенда.

4.4 Перевірити підключення заземлення лабораторного стенда.

4.5 З'єднати лабораторний стенд з мережею ( ~220 В, 50 Гц).

4.6 Установити всі перемикачі меж вимірювання та ручки регулювання в крайнє ліве положення.

#### 5 Порядок виконання роботи

5.1 Провести класифікацію наданих приладів

Класифікувати надані прилади за принципом дії та особливостями конструкції. Дані приладів занести до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні дані приладів, що перевіряються

Назва і тип приладу	Система	Вимірювана величина	Межа вимірювання	Клас точності	Категорія захисту
Амперметр, що перевіряється					
Амперметр зразковий					
Вольтметр, що перевіряється					
Вольтметр зразковий					

5.2 Перевірка амперметра

Під час проведення перевірки амперметра необхідно скласти схему, зображену на рисунку 1.4.

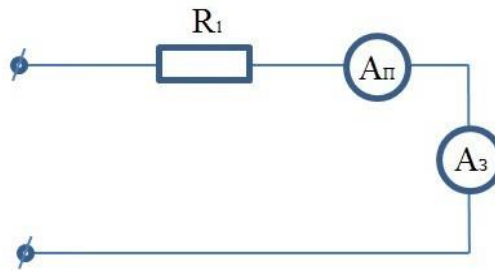


Рисунок 1.4 – Схема електрична принципова перевірки амперметра

Тумблер А (який знаходиться на лицевій панелі лабораторного стенда) вибору постійного або змінного струму переведіть у потрібне положення, відповідно до струму приладу, що перевіряють.

Ручкою реостата R (яка знаходиться на лицевій панелі лабораторного стенда) установіть необхідне значення електричного струму на амперметрі, що перевіряють, Ап.

Перевірка здійснюється порівнянням показань амперметра, що перевіряється, з показанням зразкового амперметра Аз.

Причому перевірка здійснюється на кожному числовому оцінюванні шкали амперметра, що перевіряється, у разі збільшення вимірюваної величини (хід угору) і в разі її зменшення (хід униз).

Під час перевірки необхідно слідкувати за тим, щоб покажчик плавно підходив до кожного числового оцінювання тільки з одного боку.

Результати експериментальних вимірювань перевірки амперметра занести до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні дані перевірки амперметра

Показання амперметра, що перевіряється, А	Показання зразкового приладу		Похибка				Варіація показань, %	Чутливість амперметра	Ціна поділки шкали, В/под
			Абсолютна, А		Відносна, %				
	угору	униз	угору	униз	угору	униз			

Обчислити абсолютну, відносну і зведену похибки приладів відповідно до формул, наведених раніше. До того ж дані похибки визначати на кожному числовому оцінюванні.

Визначити чутливість, ціну поділки, а також варіації показань приладів, що перевіряються. Результати теоретичних розрахунків занести до таблиці 1.3.

Зробити висновок про відповідність приладу, що перевіряється, своєму класу точності.

### 5.3 Перевірка вольтметра

Під час проведення перевірки вольтметра необхідно скласти схему, яка зображена на рисунку 1.5.

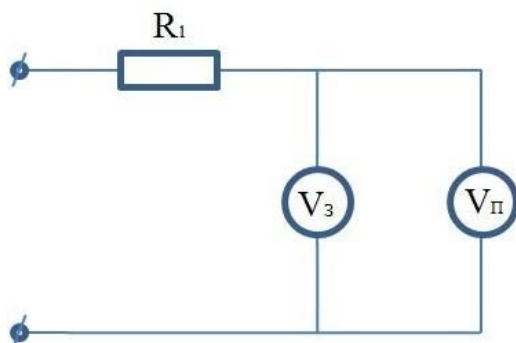


Рисунок 1.5 – Схема електрична принципова перевірки вольтметра

Проведення перевірки вольтметра виконується аналогічно перевірці амперметра, що розглянуто у попередньому пункті.

Результати експериментальних вимірювань і теоретичних розрахунків перевірки вольтметра заносять до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні дані перевірки вольтметра

Показання вольтметра, що перевіряється, В	Показання зразкового приладу, В		Похибка				Варіація показань, %	Чутливість вольтметра, В/под	Ціна поділки шкали, В/под	
			Абсолютна, В		Відносна, %					зведена, %
			угору	униз	угору	униз				

## 6 Зміст звіту

6.1 Номер і назва лабораторної роботи.

6.2 Мета роботи.

6.3 Короткі теоретичні відомості.

6.4 Робочі схеми.



6.5 Таблиці результатів вимірювань та розрахунків.

6.6 Розрахункові формули та розрахунки.

6.7 Відповіді на контрольні запитання.

6.8 Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Визначте, з яких основних вузлів і механізмів складаються електромеханічні вимірювальні прилади.

2. Назвіть основні системи механізмів електромеханічних вимірювальних приладів і їх графічне позначення.

3. Поясніть роботу та будову магнітоелектричного вимірювального механізму. Наведіть переваги та недоліки.

4. Поясніть роботу та будову електродинамічного вимірювального механізму. Наведіть переваги та недоліки.

5. Поясніть роботу та будову електромагнітного вимірювального механізму. Наведіть переваги та недоліки.

6. Наведіть основні етапи проведення перевірки вимірювальних приладів.

7. Прокоментуйте, як і для чого на лицьову панель наносять графічні позначення.

8. Поясніть, як визначити ціну поділки електромеханічного вимірювального приладу.

9. Прокоментуйте, що таке клас точності вимірювального приладу.

10. Поясніть, як клас точності вимірювального приладу впливає на результат вимірювань.

11. Надайте визначення абсолютної, відносної та зведеної похибок.

**Література:** [1, 2].

### **Лабораторна робота № 2**

**Тема.** Вимірювання опорів мостами постійного струму

**Мета роботи:** вивчення принципу дії, конструкції моста постійного струму й освоєння методики вимірювання опору цим приладом.

У результаті проведення лабораторної роботи студенти повинні:

- знати основні методи отримання вимірювальної інформації та методику проведення методу порівняння;
- уміти проводити вимірювання опору мостом постійного струму й обробку отриманих результатів вимірювання, за допомогою яких установлюють відповідні похибки вимірювань.

### **1 Програма роботи**

- 1.1 Вивчити за рекомендованою літературою порядок виконання вимірювання опорів мостам постійного струму.
- 1.2 Вивчити основні методи вимірювання опорів постійного струму.
- 1.3 Визначити схеми підключення для опорів різних номіналів.
- 1.4 Виконати вимірювання опорів мостом постійного струму.
- 1.5 Заповнити документацію проведення вимірювання.
- 1.6 Провести порівняльний аналіз отриманих і паспортних технічних характеристик досліджуваних опорів.

### **2 Технічне оснащення**

- 2.1 Міст постійного струму МО-62.
- 2.2 Набір резисторів.

### **3 Короткі теоретичні відомості**

Для вимірювання опорів широко застосовуються мости постійного струму, що виготовляються у вигляді переносних приладів.

На рисунку 2.1 наведено найпростіше мостове коло – чотириплечовий міст, що містить чотири опори:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ .

Точки  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – вершини моста, кола між двома протилежними вершинами  $ab$  (діагональ живлення),  $cd$  (діагональ моста).

В одну з них, наприклад  $ab$ , умикається джерело живлення моста, в іншу  $cd$  – пристрій, що порівнює (зазвичай гальванометр). В одне плече моста вмикається резистор  $R_x$ , опір якого необхідно виміряти.

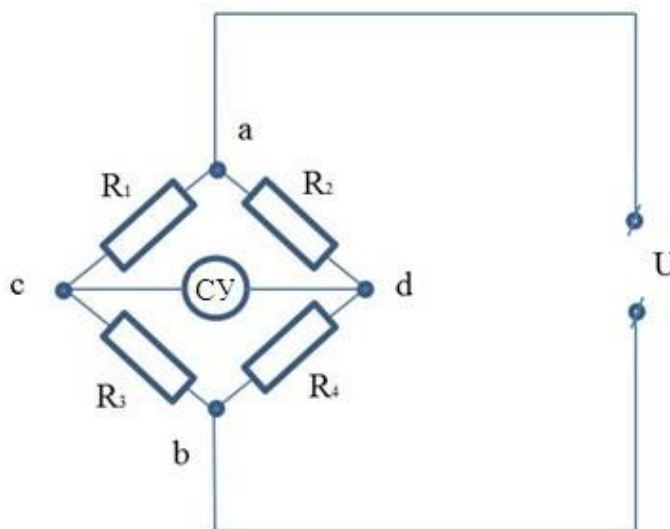


Рисунок 2.1 – Схема електрична принципова моста постійного струму

Як відомо, міст буде урівноважений, якщо потенціали точок с і d однакові, а струм у магнітоелектричному гальванометрі, увімкненому в діагональ cd, дорівнюватиме нулю.

Отже,

$$R_X = \frac{R_2}{R_4} \cdot R_3$$

За будь-якого значення вимірюваного опору  $R_X$  цієї рівності можна досягти шляхом зміною опору інших плечей моста. Такий міст називається врівноваженим. Якщо опір плечем моста не регулюється, а шкала проградуєвана в омах, то такий міст називається неврівноваженим.

Мостові методи вимірювання опору – найточніші методи вимірювання малих (до 10 Ом) і середніх опорів ( $10^5$  Ом).

Найбільшого поширення в електровимірювальній техніці набули одинарні (чотириплечові) та подвійні мости.

Для вимірювання опорів за постійного струму в діапазоні від  $10^{-4}$  до  $10^6$  Ом широко застосовується міст типу МО-62.

Міст використовується також для перевірки вимірювальних приладів і пристроїв. Міст МО-62 складається з таких основних елементів: п'ятидекадного магазину опорів («×100 Ом», «×10 Ом», «×1 Ом», «×0,1 Ом», «×0,01 Ом»), використовуваного як плече, порівняння моста для зразкового магазину опорів;

плеча відношень моста, який складається з набору опорів, що склали 1000 Ом; блока живлення моста.

Живлення мостової схеми може здійснюватися від мережі змінного струму 220 В чи 127 В частотою 50 Гц через знижувальний трансформатор і випрямляч від убудованих у прилад гальванічних елементів, зовнішніх батарей відповідної напруги.

На панелі приладу знаходяться:

- гальванометр магнітоелектричної системи;
- шість декадних перемикачів, складених з окремих основ;
- п'ять декадних перемикачів з котушками опору, з'єднаних послідовно (відповідно 100; 10; 1; 0,1; 0,01 Ом), які слугують одночасно плечем порівняння моста.

На шостому перемикачі встановлені котушки опору, що з'єднані послідовно й утворюють «плече відношень» моста «ПП», що має п'ять фіксованих положень:

«БН» – батарея зовнішня.

«БВ» – батареї живлення моста внутрішня, яка має такі положення:

«9 V»;

«1,5 V»;

«36 V».

Перемикач «мережа» – для ввімкнення приладу в мережу.

«Пр» – запобіжник – має два положення (127 і 220 В), які вибирають залежно від напруги живлення мережі.

Гнізда для ввімкнення штепсельної вилки шнура під час живлення приладу від мережі.

Лампочка, що сигналізує про ввімкнення приладу в мережу.

Кнопки «ГРУБО» і «ТОЧНО» для послідовного ввімкнення джерела живлення і гальванометра.

Перемикач схеми «ПС» на чотири фіксовані положення:

«МП» – метод петлі;

«3I» – метод трьох вимірювань;

«2з» – двозатискна схема вимірювання;

«4з» – чотиризатискна схема вимірювання.

Перемикач гальванометра «ГВ–ГН», що має два фіксовані положення «ГВ» і «ГН» і дозволяє підключити внутрішній чи зовнішній гальванометр.

Затискач «БН» для підключення зовнішньої батареї.

Затискачі «ГН» для підключення зовнішнього гальванометра.

Затискачі «R», «2,5 Ω», «7,5 Ω» використовуються для підключення перевірюваних приладів, працюючих з термометрами опору.

Затискачі «П1», «Т1» і «П2», «Т2» використовуються для приєднання вимірюваного опору за дво- і чотиризатискної схеми ввімкнення.

#### **4 Підготовка до роботи**

4.1 Провести зовнішній огляд вимірювального моста МО-62.

4.2 У разі використання внутрішніх джерел живлення перемикач «ПП» установлюють у положення «БВ».

4.3 Оскільки використовується гальванометр приладу, то перемикач «ГН–ГВ» необхідно установити в положення «ГВ».

4.4 Перед вимірюванням установлюють стрілку гальванометра на «0».

4.5 Оскільки міст МО-62 живиться від мережі 220 В, то необхідно:

а) перемикач «Пр» установити в положення 220 В;

б) установити в гніздо для ввімкнення штепсельної вилки мережний шнур і ввімкнути за його допомогою прилад у мережу;

в) увімкнути перемикач «МЕРЕЖА» у положення «Увімкн». У такому разі має спрацювати сигнальна лампочка приладу;

г) перемикач «ПП» установити в положення «МЕРЕЖА» (1,5 В чи 36 В).

#### **5 Порядок виконання роботи**

5.1 Провести вимірювання опору резистора до 100 Ом:

а) вимірюваний опір  $R_1$  підключити до затискачів «П1», «Т1» і «П2», «Т2» відповідно до схеми 2.2;

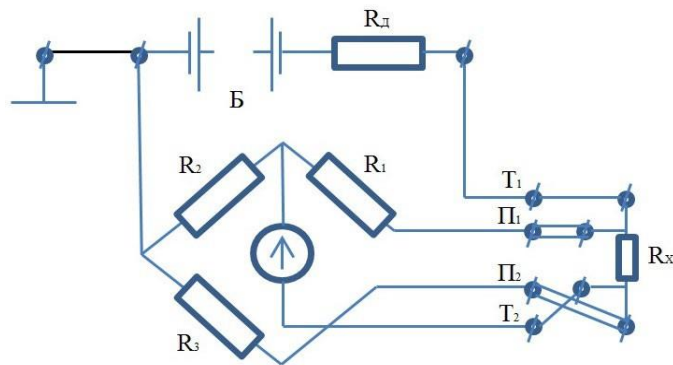


Рисунок 2.1 – Схема електрична принципова з'єднання резистора з опором до 100 Ом

- б) перемикач схеми вимірювання «ПС» установити в положення «4з» (чотиризатискна схема ввімкнення);
- в) на перемикачі плечей відношення «ММ» установити вибраний множник (наприклад «1»);
- г) під час послідовно натиснутих кнопок «ГРУБО», а потім «ТОЧНО» обертанням рукоятки перемикачів «×100 Ω», «×10 Ω», «×1 Ω», «×0,1 Ω», «×0,01 Ω» (плече порівняння) установити стрілку гальванометра на «0»;
- д) результат n-го вимірювання визначити за формулою:

$$R_{1,n} = xx_1 \cdot 100 + xx_2 \cdot 10 + xx_3 \cdot 1 + xx_4 \cdot 0,1 + xx_5 \cdot 0,01, \quad (2.1)$$

де  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  – показання рукоятки перемикачів плечей порівняння відповідно «×100 Ом», «×10 Ом», «×1 Ом», «×0,1 Ом».

Остаточне значення опору вимірюваного резистора визначають за формулою:

$$R_X = N \cdot R_{1,n}, \quad (2.2)$$

де  $N$  – множник, установлений на перемикачі плечей «ММ».

- е) вимірювання опору зробити не менше 5 разів;
- ж) результати вимірювання занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні дані отриманих вимірювань

Номер проведеного вимірювання	Результати вимірювання	$R_{\text{ср}}$	$R_{\text{дійсне}}$	$\Delta R$	$\delta$	$G_A$	$R$	$\varepsilon_A$
$R_{1.1}$ $R_{1.2}$ $\vdots$ $R_{1.n}$								
$R_{2.1}$ $R_{2.1}$ $\vdots$ $R_{2.n}$								

5.2 Провести вимірювання опору резистора понад 100 Ом:

а) вимірюваний опір  $R_2$  підключити до затискачей «П1», «П2», відповідно до схеми 2.2;

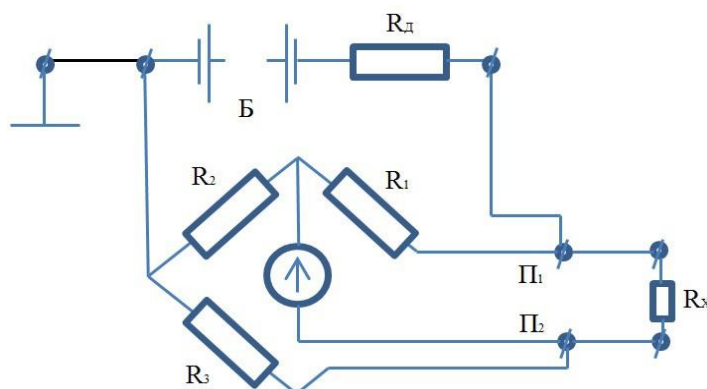


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова з'єднання резистора з опором понад 100 Ом

б) перемикач схеми вимірювання «ПС» установити в положення «2з» (двозатискна схема ввімкнення);

в) на перемикачі плечей відношення «ММ» установити необхідний множник (наприклад «1»).

г) із послідовно натиснутими кнопками «ГРУБО», а потім «ТОЧНО» обертанням рукоятки перемикачів « $\times 100 \Omega$ », « $\times 10 \Omega$ », « $\times 1 \Omega$ », « $\times 0,1 \Omega$ » установити стрілку гальванометра на нуль;

- д) визначити результат вимірювання, використовуючи формули 2.1 і 2.2;
- е) вимірювання опору зробити не менше 5 разів;
- ж) результати вимірювань занести до таблиці 2.1.

5.3 Провести обробку отриманих результатів вимірювань:

а) порівняти отримані значення з дійсними  $R_{\text{дійсне}}$  та обчислити абсолютну  $\Delta R$  і відносну  $\delta$  похибки вимірювання, опорів  $R_1$  і  $R_2$ ;

б) зробити ймовірне оцінювання похибки результату вимірювання й записати її до таблиці 2.1;

в) визначити інтервал за формулою 2.3, у якому знаходиться значення вимірюваних опорів  $R_1$  і  $R_2$ :

$$R = R_{\text{cp}} \pm t_n \cdot G_A, \quad (2.3)$$

де  $R_{\text{cp}}$  – середнє арифметичне значення опору;

$$R_{\text{cp}} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n},$$

де  $n$  – кількість вимірювань;  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – значення опорів, отриманих при вимірюваннях;  $t_n$  – коефіцієнт Стюдента, значення якого залежить від довірчої ймовірності  $P$  і кількості вимірювань;  $G_A$  – середня квадратична похибка результату вимірювань:

$$G_A = \sqrt{\frac{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_3^2 + \dots + \rho_n^2}{n(n-1)}},$$

де  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$  – залишкові похибки окремих вимірювань;  $\rho_1 = R_1 - R_{\text{cp}}$ ;  $\rho_2 = R_2 - R_{\text{cp}}$ ;  $\rho_n = R_n - R_{\text{cp}}$ .

Ймовірна похибка результату вимірювань, визначається за таким співвідношенням:

$$\varepsilon_{\varepsilon_A} = G_A \cdot t_n \quad (2.4)$$

## 6 Зміст звіту

6.1 Номер і назва лабораторної роботи.

6.2 Мета роботи.

6.3 Короткі теоретичні відомості.

6.4 Робочі схеми.



6.5 Таблиці результатів вимірювань і розрахунків.

6.6 Розрахункові формули й розрахунки.

6.7 Відповіді на контрольні запитання.

6.8 Висновки.

### **Контрольні питання**

1. На якому методі визначення фізичної величини засновано принцип роботи моста постійного струму?
2. Прокоментуйте метод безпосереднього оцінювання й метод порівняння.
3. Поясніть принцип дії моста постійного струму.
4. Із яких основних вузлів складається вимірювальний міст?
5. Поясніть, який порівняльний пристрій застосовано у мості МО-62.
6. Перелічіть умови рівноваги моста постійного струму МО-62.
8. Прокоментуйте, від чого залежить вибір множника.
9. Поясніть різницю вимірювання опору до 100 і більше 100 Ом.
10. Прокоментуйте методику проведення обробки даних, отриманих експериментальним методом за допомогою моста постійного струму МО-62.
11. Поясніть, з якою метою визначається інтервал, у якому знаходиться значення вимірюваного опору.
12. Назвіть особливості визначення середньо-квадратичної похибки результатів вимірювань.
13. Назвіть особливості визначення ймовірної похибки результату вимірювань.

**Література:** [3, 4].

### **Лабораторна робота № 3**

**Тема. Вимірювання опору на постійному струмові методами амперметра–вольтметра та омметра**

**Мета роботи:** використання різноманітних способів і методів визначення опору резисторів.

У результаті проведення лабораторної роботи студенти повинні:

– знати основні способи отримання вимірювальної інформації та особливості проведення методики вимірювання опору резисторів методами амперметра–вольтметра та омметра;

– уміти проводити вимірювання опору методами амперметра–вольтметра та омметра й обробку отриманих результатів вимірювання.

## **1 Програма роботи**

1.1 Вивчити за рекомендованою літературою основні наявні способи вимірювання різноманітних опорів.

1.2 Вивчити порядок виконання вимірювання опорів методами амперметра–вольтметра та омметра.

1.3 Визначити схеми підключення для опорів різних номіналів.

1.4 Виконати вимірювання опорів методом амперметра–вольтметра.

1.5 Виконати вимірювання опорів методом омметра.

1.6 Заповнити документацію проведення вимірювань.

1.7 Провести порівняльний аналіз даних, що отримані методами амперметра–вольтметра і омметра.

1.8 Провести порівняльний аналіз методу амперметра–вольтметра і методу омметра з точки огляду зручності й точності отриманих даних.

## **2 Технічне оснащення**

2.1 Лабораторний стенд із регульованою напругою.

2.2 Амперметр і вольтметр Е-513, Е-516.

2.3 Омметр.

2.4 Набір резисторів.

2.5 З'єднувальні проводи.

## **3 Короткі теоретичні відомості**

Опір – найважливіший параметр електричного кола, з вимірюванням якого часто доводиться стикатися на практиці.

Вибір того чи іншого методу вимірювання й вимірювальної апаратури залежить від багатьох умов.

Метод амперметра і вольтметра базується на роздільному вимірюванні струму  $I$  у колі вимірюваного опору  $R_X$  і напруги  $U$  на його затискачах.

Перевага методу полягає в простоті його реалізації, недолік – у порівняно невисокій точності результату вимірювання, що обмежена класом точності застосовуваних вимірювальних приладів і потужністю, споживаною вимірювальними приладами під час вимірювання.

Можливі схеми ввімкнення приладів наведені на рис. 3.1 і 3.2.

Схему електричну принципову на рисунку 3.1 застосовують під час вимірювання малих опорів, порівняних з опором амперметра, коли ввімкнення вольтметра паралельно вимірюваному опору незначно змінює силу струму через амперметр.

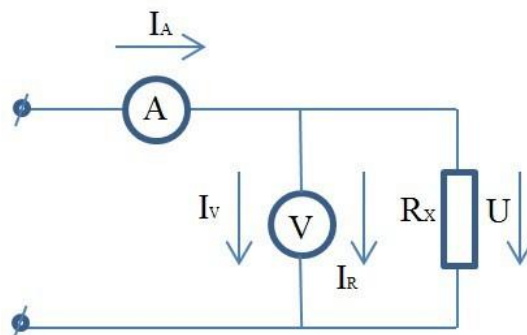


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова для вимірювання малих опорів

Вимірюваний опір можна розрахувати за формулою:

$$R_X = \frac{U_V}{I_A - U_V/R_V}, \quad (3.1)$$

де  $U_V$  – напруга на опорі  $R_X$ , вимірювана вольтметром, В;  $R_V$  – опір вольтметра, Ом;  $I_A$  – електричний струм у колі, вимірюваний амперметром, А.

Схему електричну принципову на рисунку 3.2 застосовують під час вимірювання великих опорів, коли вимірюваний опір набагато більший за опір амперметра.

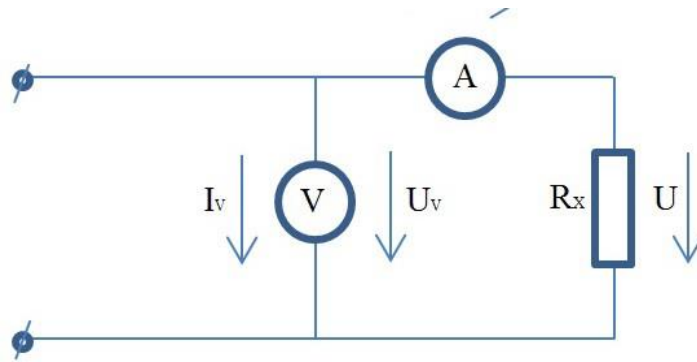


Рисунок 3.2 – Схема електрична принципова для вимірювання великих опорів

Точне значення опору обчислюється за формулою:

$$R_X = \frac{U_v}{I_A} - R_A, \quad (3.2)$$

де  $R_A$  – опір амперметра, Ом.

Відносна похибка у цьому разі дорівнює:

$$\delta\delta = \frac{R_A}{R_{XX}} \cdot 100 \%. \quad (3.3)$$

Відносна похибка вимірювання опору в разі застосування схеми для вимірювання великих опорів (рисунок 3.2) дорівнює:

$$\delta\delta = \frac{R_{XX}/R_v}{1+R_{XX}/R_v} \cdot 100 \%. \quad (3.4)$$

За безпосереднього методу вимірювання опорів застосовують омметри – прилади, у яких шкала проградуєвана в омах.

Звичайні омметри – це прилади, що поєднують в одному корпусі міліамперметр магнітоелектричної системи (чи магнітоелектричний логометр), джерело живлення (сухий гальванічний елемент) і додатковий резистор  $R_\partial$ , що обмежує струм у вимірюваному колі (рисунок 3.3).

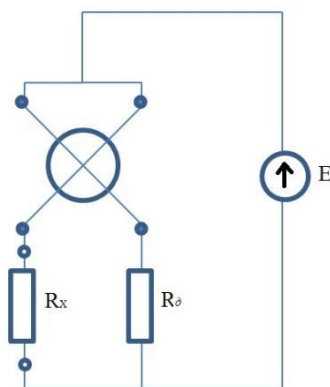


Рисунок 3.3 – Схема електрична принципова для вимірювання опорів омметром

Під час підключення в затискачах схеми вимірюваного опору  $R_x$  у колі виникає струм  $I$ , під дією якого рухома частина амперметра повертається на відповідний кут, а його покажчик відхиляється на число поділок, пропорційне величині струму, що тече.

Оскільки ЕРС джерела живлення спадає, то в міру його розряду можуть виникати похибки під час вимірювання. Усунути ці похибки можна способом відповідного регулювання  $R_d$ . Для цього замикають ключ  $K$  і регулюють напругу джерела живлення так, щоб значенню  $R_x = \infty$ , що знаходиться в правому кінці шкали, відповідав лівий кінець шкали.

Цей метод вимірювання опорів застосовується й у комбінованих приладах ампервольтметрах. Під час вимірювання опорів необхідно слідкувати за тим, щоб руки виконавця не торкалися щупів або клем омметра. Опір людського тіла становить  $20 \div 300$  КОм, і це може значною мірою вплинути на результати вимірювання. На практиці часто доводиться визначати інтервал, у якому знаходиться значення вимірюваного опору.

Для цього використовують таку формулу:

$$R = R_{cp} \pm t_n G_A, \quad (3.5)$$

де  $R_{cp}$  – середній арифметичний опір:

$$R_{cp} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}, \quad (3.6)$$

де  $n$  – кількість вимірювань;  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  – значення опорів, отриманих під час вимірювань;  $t_n$  – коефіцієнт Стюдента, значення якого залежать від довірчої ймовірності  $P$  і кількості вимірювань  $n$ .

За нормального розподілу закону випадкових похибок коефіцієнт Стюдента можна визначити за допомогою таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта Стюдента

n	P								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	1,0	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,8
5	0,74	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
10	0,7	0,88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
15	0,69	0,87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1
20	0,69	0,96	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,9

$G_A$  – середня квадратична похибка результату вимірювання дорівнює:

$$G_A = \sqrt{\frac{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_n^2}{n(n-1)}} = \diamond (3.7)$$

де  $\rho_1^2, \rho_2^2, \dots, \rho_n^2$  – залишкові похибки окремих вимірювань.

$$\rho_1 = R_1 - R_{cp}; \rho_2 = R_2 - R_{cp}; \dots \rho_n = R_n - R_{cp} \quad (3.8)$$

Імовірна похибка результату вимірювань за нормального закону розподілу випадкових похибок визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\varepsilon A} = G_A \cdot t_n \quad (3.9)$$

#### 4 Підготовка до роботи

4.1 Провести зовнішній огляд отриманих вимірювальних приладів.

4.2 Установити механічний нуль отриманих вимірювальних приладів, якщо це потрібно.

4.3 Провести зовнішній огляд лабораторного стенда.

4.4 Перевірити підключення заземлення лабораторного стенда.

4.5 З'єднати лабораторний стенд з мережею (~220 В, 50 Гц).

4.6 Установити усі перемикачі меж вимірювання та ручки регулювання в крайнє ліве положення.

## 5 Порядок виконання роботи

5.1 Провести вимірювання опору  $R_1$  методом амперметра–вольтметра:

а) для проведення вимірювання опору методом амперметра–вольтметра необхідно скласти схему електричну принципову, яка зображена на рисунку 3.1, з отриманим резистором  $R_1$  та вимірювальним обладнанням;

б) ручкою «Регулювання напруги» поступово установити напругу на вольтметрі, який розташовано на лабораторному стенді 3, 5, 6, 9, 10, 12 В.

Відповідно до цих значень визначити струм  $I_A$  та напругу  $UU_{vv}$  за допомогою приладів, які використані для побудови схеми електричної принципової, щоразу отримані дані заносити до таблиці 3.2;

в) застосовуючи вирази (3.1) і (3.2), визначити  $R_X$  для кожного значення напруги  $UU_{vv}$  і струму  $SS_A$ ;

г) визначаючи відносну похибку вимірювань відповідно до співвідношень (3.3) і (3.4), потрібно взяти середнє арифметичне значення опору:

$$R_{cp} = \frac{R_{XX1} + R_{XX2} + R_{XX3} + R_{XX4} + R_{XX5}}{5}, \quad (3.9)$$

Таблиця 3.2 – Дані вимірювань методом амперметра–вольтметра

Номер проведеного вимірювання	$UU_{vv}$ , В	$SS_A$ , А	$R_X$ , Ом	$R_{cp}$ , Ом	$\delta\delta$ , %	$\rho$ , Ом	$\varepsilon\varepsilon_A$ , Ом
R <sub>1.1</sub>							
R <sub>1.2</sub>							
⋮							
R <sub>1.n</sub>							
R <sub>2.1</sub>							
R <sub>2.1</sub>							
⋮							
R <sub>2.n</sub>							

д) використовуючи результати вимірювань і формули (3.5), (3.9), визначити інтервал, у якому знаходиться вимірювальний опір, і ймовірну похибку результатів вимірювань.

5.2 Провести вимірювання опору  $R_2$  методом амперметра–вольтметра:

а) для проведення вимірювання опору методом амперметра–вольтметра необхідно скласти схему електричну принципову, яка зображена на рисунку 3.2, з отриманим резистором  $R_2$  та вимірювальним обладнанням. Методика проведення вимірювань опору  $R_2$  методом амперметра–вольтметра така, як і для  $R_1$ ;

б) результати вимірювань і розрахунків опору  $R_2$  занести до таблиці 3.2.

### 5.3 Провести вимірювання опору $R_1$ і $R_2$ методом омметра:

а) для проведення вимірювання опору двох наданих резисторів  $R_1$  і  $R_2$  методом омметра необхідно застосувати омметр;

б) ручкою «Регулювання діапазону» вибрати необхідний діапазон;

в) з'єднувати вимірювальний опір  $R_1$  з омметром за допомогою з'єднувальних проводів з інтервалом 3–5 с у кількості 5–7 разів. Кожного разу отримані дані вимірювання заносити до таблиці 3.3;

г) результати вимірювання та розрахунків занести до таблиці 3.3;

д) вимірювання опору  $R_2$  омметром провести аналогічно вимірюванню опору  $R_1$ .

Таблиця 3.3 – Дані вимірювань методом омметра

Номер проведеного виміру	Вимірювання		Похибка		
	Омметром		Ампервольтметром	Абсолютна	Відносна
	$R_{ii}$ , Ом	$R_{cp}$ , Ом	$R_{cp}$ , Ом	Ом	%
$R_{1.1}$					
$R_{1.2}$					
⋮					
$R_{1.n}$					
$R_{2.1}$					
$R_{2.1}$					
⋮					
$R_{2.n}$					

е) порівнюючи результати вимірювань методом амперметра–вольтметра й омметра, визначити абсолютну і відносну похибки, середнє арифметичне значення опору під час вимірювання омметром визначається з виразу (3.9).



## **6 Зміст звіту**

- 6.1 Номер і назва лабораторної роботи.
- 6.2 Мета роботи.
- 6.3 Короткі теоретичні відомості.
- 6.4 Робочі схеми.
- 6.5 Таблиці результатів вимірювань розрахунків.
- 6.6 Розрахункові формули та розрахунки.
- 6.7 Відповіді на контрольні питання.
- 6.8 Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Перелічити способи і прилади для вимірювання опорів.
2. Як впливають на точність вимірювань внутрішні опори вольтметра й амперметра? Як усунути цей вплив?
3. Які схеми застосовуються під час вимірювання малих опорів і великих і чому?
4. Поясніть будову і призначення омметра.
5. Поясніть основні особливості проведення вимірювання опору за допомогою вольтметра й амперметра.
6. Поясніть основні особливості проведення вимірювання опору за допомогою омметра.
7. Проведіть порівняльний аналіз способу визначення опору за допомогою вольтметра й амперметра та омметра.
8. Як визначити інтервал, у якому знаходиться значення вимірюваного опору?

**Література:** [2, 4].

## Лабораторна робота № 4

**Тема. Застосування універсального вольтметра ВУ-15 для визначення електричних величин**

**Мета роботи:** ознайомлення з будовою і роботою універсального вольтметра ВУ-15, застосування його для вимірювання напруги постійного струму й активного опору.

У результаті проведення лабораторної роботи студенти повинні:

- знати будову та роботу універсального вольтметра ВУ-15;
- уміти проводити вимірювання напруги постійного струму й активного опору з використанням універсального вольтметра ВУ-15 і проводити обробку отриманих результатів вимірювання.

### 1 Програма роботи

1.1 Ознайомитися з роботою універсального вольтметра ВУ-15 за рекомендованою літературою.

1.2 Провести запуск і налаштування універсального вольтметра ВУ-15.

1.3 Провести контрольні вимірювання для визначення допустимих похибок.

1.4 Провести вимірювання фізичних величин.

1.5 Заповнити документацію про проведені вимірювання.

1.6 Провести порівняльний аналіз отриманих і паспортних технічних характеристик досліджуваних опорів.

### 2 Технічне оснащення

2.1 Лабораторний стенд із регульованою напругою.

2.2 Універсальний вольтметр ВУ-15.

2.3 Набір опорів.

2.4 З'єднувальні проводи.

### 3 Короткі теоретичні відомості

Вольтметр універсальний ВУ-15 призначений для вимірювання напруги постійного струму, ефективних значень змінної напруги синусоїдальної форми й активного опору.

Принцип дії приладу базується на детектуванні напруги змінного струму амплітудним детектором, виконаним у вигляді виносного високочастотного пробника, і подальшому посиленні випрямленої напруги балансним підсилювачем постійного струму.

На схемі електричній структурній (рис. 4.1) зображені основні вузли, які входять до складу універсального вольтметра ВУ-15.

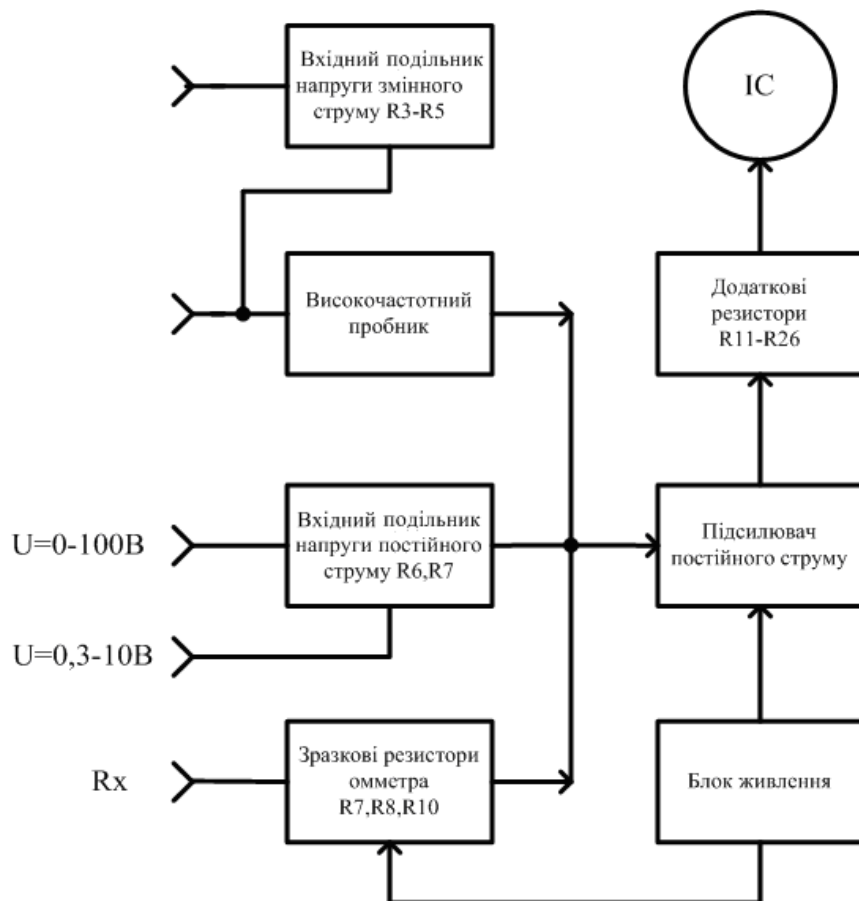


Рисунок 4.1 – Схема електрична структурна вольтметра ВУ-15

Вимірювана напруга постійного струму в межах 0,3; 1; 3 і 10 В надходить безпосередньо на підсилювач постійного струму, а в межах 30; 100; 300 і 1000 В – на вхідний подільник напруги постійного струму, а потім – на вхід підсилювача постійного струму.

Вимірювана напруга змінного струму в межах 1–100 В під час вимірювання через вхідні клема надходить безпосередньо на високочастотний пробник.

Під час вимірювання опору, увімкненого послідовно зі зразковими резисторами і джерелом вимірюваної напруги, за величиною спаду напруги, знятої зі зразкового резистора на підсилювачі постійного струму, можна визначити величину « $r_x$ ».

У замкнених клемах омметра вся напруга джерела прикладена до входу підсилювача постійного струму, до того ж стрілка мікроамперметра відхиляється на повну шкалу (нуль за шкалою омметра).

Умовно прилад має три складові частини:

- вольтметр постійного струму;
- вольтметр змінного струму;
- омметр.

За певної комбінації прилад може працювати в тому або іншому режимі.

#### **4 Підготовка до роботи**

4.1 Провести зовнішній огляд вимірювального приладу ВУ-15.

4.2 Установити механічний нуль приладу ВУ-15.

4.3 Натиснути кнопку вимкнення мережі, що має позначення «0».

4.4 Перевірити підключення заземлення до клеми «» приладу.


4.5 Увімкнути кабель живлення приладу в мережу  $\sim 220$  В, 50 Гц $\pm 10$  % і натиснути одну з кнопок перемикача виду робіт.


4.6 Прогріти прилад протягом 15 хв.

4.7 Установити перемикач меж вимірювання і ручки регулювання в крайнє ліве положення.

#### **5 Порядок виконання роботи**

5.1 Вимірювання напруги постійного струму

Виберіть необхідний режим роботи, для цього натисніть кнопку «U+». Замкніть проводом клеми пристрою «0,3-10V» і «» і ручкою «0» установіть стрілку мікроамперметра на нульову позначку шкали, після чого прилад готовий до проведення вимірювання напруги.

Потім роз'єднайте клеми «0,3-10V» і «» і підключіть до них джерело вимірюваної напруги. Якщо вимірювана напруга перевищує 10 В, то проводи

підключіть до клем «30-1000V» і ручкою перемикача діапазонів вимірювання виберіть необхідний діапазон вимірювання за шкалою «V» з відповідними показниками: 0,3; 1; 3; 10; 30; 100; 300; 1000.

Змінюючи напругу джерела струму від 0 до 10 В, проведіть по три вимірювання в кожному з діапазонів 0,3; 1; 3; 10 за шкалою «V». Після цього з'єднайте проводи з клемми «30-1000V» і «┴» і переведіть перемикач меж діапазону вимірювань у положення 30 за шкалою «V». Проведіть вимірювання не менше 5 разів, змінюючи напругу джерела струму від 10 до 15 В.

Результати вимірювань занесіть до таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Дані отриманих вимірювань напруги постійного струму

Номер вимірювання	Результати вимірювань $U_{\text{вим}}, \text{В}$	$U_{\text{CCC}}$	$U_{\text{д}}$	$\Delta$	$\delta$	$G_A$	$\varepsilon_{\text{A}}$
1							
2							
...							
n							

Формули для розрахунків:

$$UU = UU_{cp} \pm t_n \cdot G_A, \quad (4.1)$$

де  $UU_{\text{ccc}}$  – середнє арифметичне значення напруги;  $t_n$  – коефіцієнт Стюдента; середня квадратична похибка.

За нормального розподілу закону випадкових похибок коефіцієнт Стюдента можна визначити за таблицею 3.1 (попередня лабораторна робота).

$$G_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i^2}{n \cdot (n-1)}}, \quad (4.2)$$

де  $\rho_{ii}$  – залишкові похибки окремих вимірювань.

$$\rho_{ii} = UU_{ii} - UU_{cp}.$$

Імовірна похибка результату вимірювань:

$$\varepsilon_{\text{A}} = G_A \cdot t_n. \quad (4.3)$$

## 5.2 Вимірювання активного опору

Для вибору режиму роботи натисніть кнопку «R». Замкніть дротом клемми пристрою «Г Rх Г».

Ручкою «0Ω» установіть стрілку пристрою на позначку «0» шкали «Ω», після чого прилад готовий до проведення вимірювання опору.

Потім роз'єднайте клеми «Г Rx Г» і підключіть до них вимірюваний опір. Ручкою перемикача діапазонів виберіть необхідний діапазон вимірювання за шкалою «kΩ» з відповідними показниками: ×0,1; ×1; ×10; ×100. Проведіть по 5 вимірювань у кожному з діапазонів ×0,1; ×1; ×10; ×100 за шкалою «kΩ», застосовуючи отримані резистори. Результати вимірювань занесіть до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Дані отриманих вимірів резисторів

Номер вимірювання	Результати вимірювань $R_{\text{вим}}, \text{ Ом}$	$R_{\text{CP}}$	$R_{\text{ДЕЙСТВ}}$	$\Delta R$	$\delta$	$\rho$	$G_A$	$R$	$\varepsilon_A$
1									
...									
n									

Формули для розрахунків:

$$R = R_{cp} \pm t_n \cdot G_A, \quad (4.4)$$

де  $t_n$  – коефіцієнт Стюдента;  $G_A$  – середня квадратична похибка.

$$G_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i^2}{n \cdot (n-1)}}, \quad (4.5)$$

де  $n$  – кількість вимірювань;  $\rho_{ii}$  – залишкові похибки окремих вимірювань:

$$\rho_{ii} = R_{ii} - R_{CP}.$$

Імовірна похибка результату вимірювання:

$$\varepsilon_{\varepsilon_A} = G_A \cdot t_n. \quad (4.6)$$

## 6 Зміст звіту

- 6.1 Номер і назва лабораторної роботи.
- 6.2 Мета роботи.
- 6.3 Короткі теоретичні відомості.
- 6.4 Робочі схеми.
- 6.5 Таблиці результатів вимірювань і розрахунків.
- 6.6 Розрахункові формули та розрахунки.

6.7 Відповіді на контрольні запитання.

6.8 Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Поясніть будову та принцип дії універсального вольтметра ВУ-15.

2. Охарактеризуйте пристрій ВУ-15 за позначеннями на лицьовій панелі.

3. Поясніть, які існують особливості підготовки до роботи універсального вольтметра ВУ-15.

4. Прокоментуйте, які існують особливості вимірювання активного опору універсальним вольтметром ВУ-15?

5. Прокоментуйте, які існують особливості вимірювання постійного та змінного струму універсальним вольтметром ВУ-15.

6. Як визначити інтервал, у якому знаходиться значення вимірюваного опору?

7. Поясніть, чому існує різниця між дійсним значенням напруги джерела живлення і значенням, яке було визначене експериментальним способом.

8. Поясніть, чому існує різниця між дійсним значенням опору резистора і значенням, яке було визначене експериментальним шляхом.

**Література:** [1, с. 106 – 122; 2, с. 81 – 92].

### **Лабораторна робота № 5**

**Тема. Вимірювання напруги постійного струму за допомогою диференціального цифрового вольтметра В2-34**

**Мета роботи:** ознайомлення з будовою і роботою диференціального цифрового вольтметра В2-34, застосування його для вимірювання напруги.

У результаті проведення лабораторної роботи студенти повинні:

– знати будову та роботу диференціального цифрового вольтметра В2-34;

– уміти проводити підготовку та вимірювання напруги постійного струму диференціальним цифровим вольтметром В2-34 і проводити обробку отриманих результатів вимірювання.

## **1 Програма роботи**

- 1.1 Ознайомитися з роботою диференціального цифрового вольтметра постійного струму В2-34 за рекомендованою літературою.
- 1.2 Провести підготовку та настроювання цифрового вольтметра В2-34.
- 1.3 Виконати вимірювання напруги постійного струму.
- 1.4 Заповнити документацію про проведені вимірювання.
- 1.5 Провести порівняльний аналіз даних, що отримані вольтметром В2-34, з дійсним значенням джерела напруги постійного струму.
- 1.6 Провести порівняльний аналіз однакових значень вимірюваної напруги постійного струму на різних діапазонах вимірювань з огляду точності отриманих даних.

## **2 Технічне оснащення**

- 2.1 Диференціальний цифровий вольтметр В2-34.
- 2.2 Джерело напруги постійного струму Б5-49.
- 2.4 З'єднувальні проводи.

## **3 Короткі теоретичні відомості**

Вольтметр постійного струму диференціальний цифровий В2-34 призначений для вимірювання напруги й абсолютних змін напруги постійного струму і може використовуватися для точних вимірювань у лабораторних умовах.

Диференціальний вольтметр В2-34 є пристроєм порівняння і являє собою неповністю врівноважену компенсаційну схему, у якій напругу визначають за положенням декадних перемикачів керованого джерела опорної напруги та за показаннями цифрового нуль-органа.

Вимірювальне коло пристрою включає в себе вхідний подільник напруги, кероване джерело опорної напруги та нуль-орган.

Кероване вручну за допомогою декадних перемикачів джерело опорної напруги забезпечує компенсацію вимірюваної напруги, а нуль-орган – вимірювання некомпенсованої частини вхідної напруги.

Основними функціональними вузлами пристрою є:



- кероване джерело опорної напруги;
- масштабний підсилювач постійного струму;
- перетворювач напруга–час;
- імпульсні подільники молодших і старших розрядів;
- індикаторно-комутаційний блок;
- цифро-аналоговий перетворювач.

#### **4 Підготовка до роботи**

4.1 Перед увімкненням пристрою в мережу заземлити його, для цього з'єднати клему захисного заземлення із заземленням мережі.

4.2 Перемикачі встановити у початкове положення:

- декадні – у нульове (повернути проти годинникової стрілки до упору);
- перемикач меж вимірювань напруги – у положення 1000;
- перемикач чутливості – у положення  $10^{-4}$ .

4.3 Увімкнути пристрій тумблером «СЕТЬ» і прогріти його протягом 1 години.

#### **5 Порядок виконання роботи**

5.1 Налагодження приладу для зняття експериментальних показників.

Під час налагодження диференціального вольтметра В2-34 для зняття експериментальних показників необхідно установити нуль приладу, для чого:

– замкнути перемичкою низьковольтні вхідні клеми «0...100 В», після чого в усіх розрядах індикатора мають загорітися нулі.

В іншому разі встановити нулі в усіх розрядах індикатора плавним регулювальним болтом для настроювання з позначкою «►0◄».

Під час роботи слід користуватися написами на лицьовій панелі пристрою. Підключення всіх вхідних кабелів виконувати, дотримуючись полярності. Установлюючи нуль пристрою і здійснюючи точні вимірювання на межі 1 В і за чутливості  $10^{-6}$ , клему «Э» залишити вільною.

Вимірювання починати за чутливості  $10^{-4}$ . Потрібно переходити на більшу межу вимірювань напруги, якщо при чутливості  $10^{-4}$  на індикаторі загорається позначка у вигляді букви «П».

## 5.2 Вимірювання напруги:

а) під час вимірювання напруги постійного струму необхідно вибрати й установити діапазон вимірювань. Якщо невідоме значення вимірюваної напруги, необхідно установити максимальну межу, зменшуючи її за необхідності протягом вимірювань;

б) дотримуючись полярності, підключити джерело постійного струму Б5-49 (клеми «+» і «-») до клем пристрою «0...100 В».

Задати на блоці живлення необхідне значення напруги, після чого на індикаторі вольтметра з'явиться певне значення напруги.

Для того, щоб виміряти дійсне значення напруги, у колі необхідно декадними перемикачами встановити «0» на індикаторі нуль-органа, який розташований у правій частині приладу:

в) зняти показання приладу. Відлік вимірюваної напруги виконується за показаннями декадних індикаторів і показниками індикатора нуль-органа;

г) вимірювання провести не менше 5 разів;

д) результати вимірювань занести до таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Дані отриманих вимірювань напруги

Номер вимірювання	Результати вимірювань $U_{\text{вим}}, \text{В}$	$U_{\text{ССС}}$	$U_{\text{д}}$	$\Delta U$	$\delta$	$\sigma_A$	$\varepsilon$
1							
2							
...							
n							

Формули для розрахунків:

$$UU = UU_{CP} \pm t_n \cdot G_A, \quad (5.1)$$

де  $UU_{\text{ССС}}$  – середнє арифметичне значення напруги:

$$U_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}, \quad (5.2)$$

$t_n$  – коефіцієнт Стюдента;  $\sigma_{AA}$  – середня квадратична похибка:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n \cdot (n-1)}}, \quad (5.3)$$

де  $n$  – кількість вимірювань;  $\rho_{ii}$  – залишкові похибки окремих вимірювань:

$$\rho_{ii} = UU_{ii} - UU_{CP} . \quad (5.4)$$

Імовірна похибка результату вимірювання:

$$\varepsilon_{\varepsilon A} = G_A \cdot t_n . \quad (5.5)$$

### **6 Зміст звіту**

- 6.1 Номер і назва лабораторної роботи.
- 6.2 Мета роботи.
- 6.3 Короткі теоретичні відомості.
- 6.4 Робочі схеми.
- 6.5 Таблиці результатів вимірювань і розрахунків.
- 6.6 Розрахункові формули та розрахунки.
- 6.7 Відповіді на контрольні питання.
- 6.8 Висновки.

### **Контрольні питання**

1. Поясніть будову і принцип дії диференціального цифрового вольтметра постійного струму В2-34.
2. Охарактеризуйте призначення елементів, які розташовані на лицьовій панелі диференціального цифрового вольтметра постійного струму В2-34.
3. Які існують особливості вимірювання напруги постійного струму за допомогою диференціального цифрового вольтметра постійного струму В2-34?
4. Поясніть, як вибрати оптимальну чутливість і межу вимірювання.
5. Поясніть, від чого залежить вибір коефіцієнта Стюдента.
6. Що необхідно зробити під час загорання індикатора з позначенням «П»?
7. Поясніть, чому існує різниця між дійсним значенням напруги джерела живлення із значенням, яке було визначене експериментальним способом.

**Література:** [4, 5].

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

### 1. Розподіл балів та критерії оцінювання за семестрами

Навчальна дисципліна викладається у 2 семестрі з формою семестрового контролю – іспит. Критерії оцінювання знань наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розподіл балів за видами занять

<b>Вид занять, складові контролю</b>	<b>Кількість занять (завдань)</b>	<b>Максим. бал</b>
<b>Поточний контроль</b>		
<b>Лекційні заняття:</b> відвідування, наявність конспекту та активність	15	20
<b>Лабораторні роботи:</b> підготовка, опрацювання результатів та оформлення звіту, захист	5	30
<b>Практичні заняття:</b> відвідування, активність, опитування, виконання індивідуальних завдань, перевірка самостійної роботи	8	30
<b>Підсумковий контроль</b>		
Іспит		20
Підсумок		100

Таблиця 6.2 – Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами і критерії оцінювання

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ECTS	Значення оцінки ECTS	Критерії оцінювання	Рівень компетентості	Оцінка за національною шкалою
					іспит, диференційований залік
90-100	A	відмінно	Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили	Високий (творчий)	відмінно
82-89	B	дуже добре	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	Достатній (конструктивно-варіативний)	добре
74-81	C	добре	Студент вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок		

Продовження табл. 6.2

64-73	D	задовільно	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих	Середній (репродуктивний)	задовільно
60-63	E	достатньо	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання семестрового контролю	Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	Низький (рецептивно-продуктивний)	незадовільно
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням залікового кредиту	Студент володіє матеріалом на рівні елементарного розпізнання і відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Законодавство України про стандартизацію, метрологію і сертифікацію: закони і законодавчі акти / редкол.: В. С. Ковальський та ін. Київ : Юрінком Інтер, 2003. 446 с.
2. Саранча Г. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю: підручник. М-во освіти і науки України, Київський нац. ун-т будівництва і архітектури. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 668 с.
3. Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. Метрологія, стандартизація і сертифікація : підручник для вищих навчальних закладів. Мін-во освіти і науки України, Державний агроєкологічний ун-т. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 262 с.
4. Шаповал М. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: підручник. Європейський університет. 3-є вид., перероб. і доп. Київ: Вид-во Європейського ун-ту, 2001. 172 с.
5. Бабак В. П., Білецький А. Я., Приставка О. П., Приставка П. О. Основи теорії ймовірностей та математичної статистики. Київ: КВІЦ, 2003. 431 с.
6. Батаєв О. П., Ковтун І. В., Корольова Н. А. Теорія електричного зв'язку: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 630 с.
7. Петровська М. Стандартизація, метрологія і сертифікація докiлля: навчальний посiбник. Львiв: Видавничий центр ЛНУ iменi Iвана Франка, 2019. 420 с.
8. Шуста В. С., Гомоннай О. О., Сливка О. Г., Гомоннай О. В. Основи статистичної обробки результатiв вимiрювань: метод. вказ. до лаб. робiт. Ужгород. 2020. 45 с.
9. Горкунов Б. М., Львов С. Г., Борисенко Є. А. Вимiрювання параметрiв електричних кiл: навчальний посiбник для студентiв спецiальностi 152 «Метрологія та iнформацiйно-вимiрювальна технiка». Харків: ФОП Панов А. М., 2020. 165 с.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Метрологія, стандартизація, сертифікація та управління якістю» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної форми навчання зі спеціальності 171 – «Електроніка» освітньо-професійної програми «технологія, обладнання та виробництво електронної техніки»

Укладач к. т. н., доц. Д. В. Мосьпан

Відповідальний за випуск зав. кафедри КІЕ проф. А. Л. Перекрест

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Університетська 20, м. Кременчук, 39600