

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТРОЛОГІЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

методичні вказівки до виконання
лабораторних робіт

Запоріжжя 2025



УДК 006.91(072)
M54

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 8 від 27.06.2025 р.)*

Укладач
Шрамко Ю.Ю. канд. техн. наук,

M54 **Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» / уклад. Ю. Ю. Шрамко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 44 с.**

У методичних рекомендаціях наведено тематику лабораторних робіт, методичні пояснення щодо порядку та приклади їх виконання, критерії оцінювання, вимоги до оформлення звітів, питання для самоперевірки тощо.

УДК 006.91(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025



Зміст

Вступ	4
1. Лабораторна робота №1 Вимірювання електричної напруги електромеханічними вольтметрами з декількома номінальними величинами напруги	5
1.1. Теоретична частина.....	5
1.2.Порядок виконання роботи.....	7
1.3. Обробка результатів вимірювань.....	12
1.4. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів	13
1.5. Питання для самоперевірки.....	14
1.6 Перелік рекомендованих джерел.....	15
2. Лабораторна робота №2 Вимірювання сили електричного струму електромеханічним амперметром з декількома номінальними величинами струму	16
2.1. Теоретична частина.....	16
2.2. Порядок виконання роботи.....	18
2.3. Обробка результатів вимірювань.....	22
2.4. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів	23
2.5. Питання для самоперевірки	24
2.6 Перелік рекомендованих джерел.....	25
3. Лабораторна робота №3 Вимірювальні електричної напруги, сили струму та активної потужності лабораторними електромеханічними приладами	26
3.1 Теоретична частина.....	26
3.2. Порядок виконання роботи.....	28
3.3. Обробка реультатів вимірювань	30
3.4. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів	31
3.5. Питання для самоперевірки	32
3.6 Перелік рекомендованих джерел.....	33
4. Лабораторна робота №4 Повірка омметра цифрового універсального приладу через використання багатозначної міри опору	35
4.1.Порядок виконання роботи.....	35
4.2. Обробка результатів вимірювань.....	41
4.3. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів	42
4.4. Питання для самоперевірки	44
4.5. Перелік рекомендованих джерел.....	44



ВСТУП

Метою виконання лабораторних робіт з дисципліни **«Метрологія та електричні вимірювання»** є практичне засвоєння теоретичних знань про методи вимірювання електричних величин, принципи побудови вимірювальних схем та засоби контролю метрологічних характеристик. Здобувачі освіти мають можливість закріпити вміння використовувати електровимірювальні прилади, аналізувати результати вимірювань, оцінювати точність та обґрунтовано формулювати висновки.

Протягом виконання лабораторних завдань передбачається набуття практичних навичок:

- вимірювання електричної напруги та сили струму електромеханічними приладами,
- перевірки інструментальних похибок вимірювань,
- повірки цифрових універсальних засобів вимірювання,
- вимірювання потужності в електричних колах,
- обробки результатів з урахуванням похибок і норм технічної документації.

Кожна лабораторна робота передбачає самостійне виконання студентами монтажу вимірювальних схем, проведення досліджень, обробку експериментальних даних та складання технічно обґрунтованих звітів. У процесі виконання робіт значна увага приділяється формуванню навичок критичного аналізу результатів вимірювань, вмінням оцінювати вплив класу точності та умов експерименту на достовірність результатів.

Результатом кожної лабораторної роботи є звіт, оформлений згідно з встановленими вимогами та поданий у систему Moodle. Оцінювання здійснюється відповідно до критеріїв, наведених у методичних рекомендаціях, за максимальною шкалою 5 балів.

1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ НАПРУГИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ ВОЛЬТМЕТРАМИ З ДЕКІЛЬКОМА НОМІНАЛЬНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ НАПРУГИ

Мета роботи: Формування практичних навичок проведення вимірювання електричної напруги з використанням електромеханічних вольтметрів, вибір відповідного приладу залежно від його номінальної напруги, а також визначення та аналіз інтервалу невизначеності, що характеризує точність отриманих результатів вимірювань.

1. Ознайомлення з конструкцією, принципом дії та характеристиками електромеханічного вольтметра, а також з допоміжним обладнанням, що застосовується у процесі вимірювань.

2. Здійснення монтажу та попереднього налагодження електричної схеми, призначеної для вимірювання найбільшого значення напруги.

3. Проведення вимірювання найбільшої напруги та фіксація результатів.

4. Зміна конфігурації електричної схеми для вимірювання напруги середнього рівня; виконання необхідного налагодження.

5. Вимірювання напруги середньої величини та реєстрація результатів.

6. Перебудова вимірювальної схеми з метою визначення найменшого значення напруги; виконання відповідного налаштування.

7. Проведення вимірювання найменшої напруги та фіксація отриманих даних.

8. Виконання обробки отриманих експериментальних результатів із застосуванням відповідних методів аналізу похибок.

9. Підготовка звіту про виконану лабораторну роботу та формулювання обґрунтованих висновків за результатами проведених вимірювань.


1.1. Теоретична частина

Методика обчислень.

1. Розрахунок значення електричної напруги, що вимірюється вольтметром, здійснюється шляхом переведення відліку за шкалою приладу (у поділках) у фізичну величину, виражену у вольтах.

Для цього визначається ціна поділки шкали приладу, яка залежить від його номінального діапазону та загальної кількості поділок, після чого значення напруги обчислюється як добуток ціни поділки на кількість поділок, що відповідає положенню стрілки (В):

$$C_V = \frac{U_{VH}}{A_V}, \text{ В/П} \quad (1.1)$$



де U_{VH} – номінальна напруга вольтметра;
 A_V – кількість поділок шкали вольтметра;
– величина вимірюваної напруги

$$U = C_V \times a_V, \text{ В} \quad (1.2)$$

де α_V – числове значення, зчитане зі шкали вольтметра під час проведення вимірювання, яке відповідає поточному положенню стрілки приладу.

2. Абсолютна інструментальна похибка визначає максимально можливе відхилення показань вольтметра від істинного значення напруги та виражається у вольтах. Її обчислення здійснюється на основі зведеної (приведеної) відносної похибки приладу, яка відповідає його класу точності. Похибка розраховується як частка від добутку цієї зведеної похибки на номінальне значення діапазону вимірювання вольтметра. (В):

$$\Delta U = U_{VH} \frac{\delta_{зв}}{100\%}, \text{ В} \quad (1.3)$$

де $\delta_{зв}$ – нормована відносна похибка, що характеризує точність приладу і вказується у вигляді відсоткового значення, яке відповідає класу точності вольтметра. Вона визначає граничне відхилення показань приладу від істинного значення вимірюваної величини у межах його номінального діапазону. Цей параметр встановлюється виробником і є основою для обчислення абсолютної похибки вимірювання. (табл.1).

3. Відносна похибка вимірювання напруги є безрозмірною величиною, яка відображає відношення абсолютної похибки до виміряного значення напруги. Вона дозволяє оцінити ступінь точності результату вимірювання незалежно від його абсолютного розміру. Залежно від форми представлення, відносна похибка може виражатися у відносних одиницях або у відсотках.:


– у відносних одиницях

$$\delta_{UB} = \frac{\Delta U}{U}. \quad (1.4)$$

– у відсотках від величини U

$$\delta_{U\%} = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%. \quad (1.5)$$

4. Абсолютна інструментальна похибка у поділках шкали вольтметра відображає максимальне можливе відхилення показань приладу від істинного значення напруги, виражене безпосередньо в кількості поді-



лок шкали. Ця величина залежить від класу точності приладу та загальної кількості шкальних поділок і використовується для подальшої оцінки похибки у фізичних одиницях:

$$\Delta U_{\Pi} = A_V \frac{\delta_{3V}}{100\%}, \text{ П} \quad (1.6)$$

5. Величини напруги, які можна виміряти вольтметром:

– найменша

$$U_{inf} = C_V \times a_{Vinf}, \text{ В} \quad (1.7)$$

де a_{Vinf} – кількість поділок шкали вольтметра, що відповідає найменшій напрузі робочої частини його шкали;

– найбільша

$$U_{sup} = C_V \times a_{Vsup}, \text{ В} \quad (1.8)$$

де a_{Vsup} – кількість поділок шкали вольтметра, що відповідає номінальній напрузі.

6. Визначення відносної похибки вимірювання напруги при мінімальному та максимальному значеннях у межах робочої частини шкали вольтметра. Розрахунок дає змогу оцінити точність приладу на граничних значеннях діапазону, де, як правило, похибка є найбільшою. Відповідні обчислення виконуються за стандартними співвідношеннями між абсолютною похибкою та фактичним значенням напруги, що вимірюється:

– при найменшій вимірювальній напрузі

$$\delta_{inf} = \frac{U_{VH}}{U_{inf}} \cdot \delta_{3V}, \% \quad (1.9)$$

– При найбільшій вимірювальній напрузі

$$\delta_{sup} = \frac{U_{VH}}{U_{sup}} \cdot \delta_{3V} = \delta_{3V}, \% \quad (1.10)$$

оскільки $U_{VH} = U_{sup}$.

1.2. Порядок виконання роботи

1.2.1. Ознайомлення з електромеханічним вольтметром та допоміжним обладнанням.

На цьому етапі виконується візуальне та функціональне ознайомлення з електромеханічним вольтметром, його шкалою, органами керування та умовними позначеннями. Також вивчаються технічні характеристики та призначення допоміжного обладнання, що забезпечує коре-

ктне підключення і безпечно проведення вимірювань. Отримані дані фіксуються у відповідну таблицю з поясненням кожного елемента в в табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Позначки на шкалі та корпусі електромеханічного вольтметра

№ з/п	Позначка	Пояснення	Місце нанесення позначки
1.			
2.			
3.	α	α	α
4.			
5.			

1.2.2. Монтаж і налагоджування електричної схеми для проведення вимірювань найбільшої з напруг.

На цьому етапі виконується побудова та аналіз електричної схеми, що забезпечує підключення електромеханічного вольтметра до вихідних клем трансформатора з метою вимірювання його максимальної вихідної напруги. Схема складається згідно з нормативними вимогами та правилами техніки безпеки, забезпечує правильну полярність та відповідність вимірювального діапазону приладу очікуваним значенням напруги.рис.1.1.

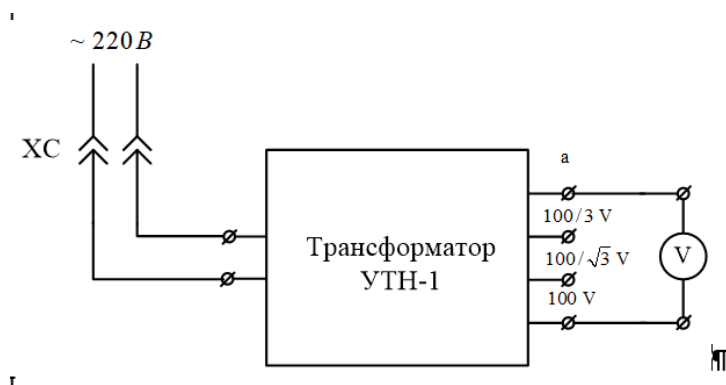


Рисунок 1.1 – Принципова електрична схема підключення вольтметра для вимірювання максимального значення напруги трансформатора

Встановіть на вольтметрі максимальний номінальний діапазон вимірювання, скориставшись його перемикачем номінальних напруг.

Після перевірки правильності зібраної електричної схеми керівником заняття та отримання дозволу на підключення, вставте вилку рознімання ХС (див. рис. 1.1) у розетку мережі змінного струму напругою ~220 В.

Здійсніть зчитування показань за шкалою вольтметра V (рис. 1.1), визначивши кількість поділок, на яку вказує стрілка приладу. Попередньо розрахуйте ціну поділки шкали вольтметра, після чого обчисліть значення виміряної напруги у фізичних одиницях (вольтах). Отримані результати занесіть до таблиці 1.2.

Проаналізуйте можливість вимірювання зазначеної напруги за допомогою цього ж вольтметра, але при зменшеному номінальному діапазоні (оцінку провести розрахунковим методом, без практичного підключення). У разі підтвердження технічної можливості такого вимірювання — зменшіть діапазон вимірювання вольтметра за допомогою перемикача номінальних напруг і повторіть процедуру вимірювання згідно з пунктом 4.

1.2.3. Вимірювання найбільшої з напруг.

Занесіть до відповідного рядка таблиці 1.2 результати вимірювання напруги: як у поділках шкали вольтметра, так і у фізичних одиницях (вольтах). У тій самій таблиці вкажіть номінальне значення напруги вольтметра V, а також кількість поділок шкали, яка відповідає цьому номінальному значенню.

Виконайте розрахунок абсолютної похибки вимірювання — як у поділках шкали вольтметра, так і у вольтах. Далі обчисліть відносну похибку у двох формах представлення: у відносних одиницях та у відсотках. Занесіть усі отримані результати до таблиці 1.2.

Після завершення вимірювань та фіксації даних знеструмте схему, акуратно вимкнувши вилку розніма XC (рис. 1.1) із розетки змінного струму напругою ~220 В.

Таблиця 1.2 – Дані вимірювання найбільшої напруги трансформатора вольтметром

№ з/п	Вимірювана напруга		Номінальна напруга		Абсолютна похибка вимірювання		Відносна похибка вимірювання	
	поділок шкали	В	поділок шкали	В	поділок шкали	В	відносних одиниць	%
1.								
2.								
3.								
.								
.								
.								

1.2.4. Зміна електричної схеми для вимірювання середньої за величиною напруги та налагоджування зміненої схеми.

Перебудуйте схему підключення вольтметра V відповідно до принципової електричної схеми, наведеної на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Схема електрична принципова приєднання вольтметра для вимірювання середньої за величиною напруги

Після перевірки правильності зібраної схеми (рис. 1.2) підключіть вилку розніма ХС до мережевої розетки змінного струму з напругою ~ 220 В.

Зчитайте показання вольтметра V у поділках його шкали. Попередньо визначивши ціну поділки, розрахуйте виміряне значення напруги у фізичних одиницях (вольтах). Занесіть отримані результати до таблиці 1.3.

Оцініть доцільність та технічну можливість переходу на наступний нижчий діапазон вимірювання, доступний на вольтметрі V (рис. 1.2). У разі позитивного результату виконайте перемикання діапазону за допомогою перемикача номінальних напруг і повторіть дії.

1.2.5. Вимірювання середньої за величиною напруги.

Занесіть до наступного рядка таблиці 1.3 результати вимірювання середнього значення напруги вольтметром: у поділках шкали та у фізичних одиницях (вольтах). У цій же таблиці зазначте номінальну напругу приладу V , а також кількість поділок, що відповідає цьому номінальному значенню.

Розрахуйте абсолютну похибку вимірювання як у поділках шкали, так і у фізичних одиницях, а також відносну похибку у безрозмірних одиницях та у відсотках. Занесіть усі обчислені значення до таблиці 1.3.

Після завершення вимірювань відключіть схему, обережно витягнувши вилку розніма ХС (рис. 1.2) з розетки мережі змінного струму ~ 220 В.

Таблиця 1.3 - Дані вимірювання середньої за величиною напруги трансформатора вольтметром

№ з/п	Вимірювана напруга		Номинальна напруга		Абсолютна похибка вимірювання		Відносна похибка вимірювання	
	поділок шкали	В	поділок шкали	В	поділок шкали	В	відносних одиниць	%
1.								
2.								
3.								
.								
.								

1.2.6. Зміна електричної схеми для вимірювання найменшої за величиною напруги та налагоджування зміненої схеми.

Змініть монтаж електричної схеми, підключивши вольтметр V відповідно до принципової схеми, наведеної на рисунку 1.3.

Після перевірки правильності зібраної схеми (рис. 1.3) підключіть вилку розніма ХС до мережевої розетки змінного струму з напругою ~ 220 В.

Зчитайте показання за шкалою вольтметра у поділках. Визначивши ціну поділки, обчисліть значення виміряної напруги у фізичних одиницях (вольтах) та внесіть отримані дані до таблиці 1.4.

Порівняйте отримане значення напруги з наступною меншою номінальною напругою вольтметра V (рис. 1.3). Якщо виміряне значення є меншим за відповідний номінальний рівень, перейдіть на нижчий діапазон вимірювання, встановивши його за допомогою перемикача номінальних напруг, і повторіть дії, передбачені пунктами.

1.2.7 Вимірювання найменшої за величиною напруги.

Занесіть до відповідного рядка таблиці 1.4 результати вимірювання найменшої за величиною напруги, отримані за допомогою вольтметра: у поділках його шкали та у фізичних одиницях (вольтах). У цій же таблиці зазначте номінальне значення напруги приладу V , а також кількість поділок шкали, що відповідає цьому номінальному значенню.



Рисунок 1.3 – Схема електрична принципова підключення вольтметра для вимірювання найменшої за величиною напруги

Виконайте обчислення абсолютної похибки вимірювання напруги — як у поділках шкали вольтметра, так і у фізичних одиницях (вольтах). Далі розрахуйте відносну похибку у відносних одиницях та у відсотковому вираженні. Усі отримані значення занесіть до таблиці 1.4.

Після завершення вимірювань обережно вимкніть вилку розніма ХС (рис. 1.3) з мережевої розетки змінного струму ~220 В.

Проведіть демонтаж електричної схеми.

Таблиця 1.4 - Дані вимірювання найменшої за величиною напруги трансформатора вольтметром

№ з/п	Вимірювана напруга		Номінальна напруга вольтметра		Абсолютна похибка вимірювання		Відносна похибка вимірювання	
	поділок шкали	В	поділок шкали	В	поділок шкали	В	відносних одиниць	%
1.								
2.								
3.								
...								

1.3. Обробка результатів вимірювань

Запишіть результати вимірювання для всіх трьох рівнів напруги (відповідно до таблиць 1.2, 1.3 та 1.4), орієнтуючись на ті покази вольтметра, що забезпечують найменші значення відносної похибки. Саме ці результати вважаються найбільш достовірними для подальшого аналізу.

Визначте інтервали, в межах яких повинна знаходитися вимірювана величина напруги для кожного з номінальних діапазонів вольтметра, доступних на робочому місці. Отримані значення занесіть до таблиці 5.

Проведіть обчислення відносної похибки вимірювання напруги на крайніх значеннях робочої частини шкали вольтметра згідно з методикою. Занесіть розраховані величини до відповідних рядків таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Межі, в яких повинна перебувати величина вимірюваної напруги вольтметра

Номинальна напруга, В вольтампера	Межі робочої частини шкали вольтметра, поділок		Вимірювана напруга, В		Відносні похибки вимірювань на краях робочої частини шкали	
	найменша кількість	найбільша кількість	найменша	найбільша	при найменшій напрузі	при найбільшій напрузі

1.4. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів

Робота здобувачами виконується на практичних (лабораторних) заняттях з використанням комп'ютера.

Звіт має бути оформлений відповідно до вимог щодо оформлення технічної документації на аркушах формату А4 . До складу звіту повинні входити:

1. Титульна сторінка.
2. Назва та мета практичної роботи.
3. Постановка завдань.
4. Результати досліджень (графіки) та їхнього аналізу.
5. Загальні висновки.

Таблиця 1.6 - Критерій оцінювання

Кількість балів	Критерій оцінювання
5	Повністю виконано програму лабораторної роботи ; підготовано, логічно й обґрунтовано викладено та бездоганно оформлено звіт, який за змістом, обсягом, структурою відповідає вимогам; виявив високий рівень практичних умінь під час виконання завдань; упевнено та аргументовано здійснив захист лабораторної
4	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи , який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає, вимогам; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, необхідний для переважно успішного розв'язання завдань; здійснив захист лабораторних з деякими неточностями у другорядному матеріалі, які виправив самостійно.
3	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання за-

	вдань лабораторної , необхідний для розв'язання переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
2	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за замістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що частково задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
1	Неповністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за замістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що не задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які не зміг виправити
0	Здобувач(ка) був(ла) відсутнім на лабораторних заняттях та не завантажив(ла) звіт (сертифікат) в Moodle

1.5. Питання для самоперевірки

1. Поясніть, чому під час оформлення протоколу вимірювань необхідно вказувати тип та заводський номер вимірювального приладу. Яке значення мають ці відомості для відтворюваності та юридичної чинності результатів?

2. Сформулюйте зміст понять «основний частотний діапазон» та «розширений частотний діапазон» вимірювального приладу. Чим вони відрізняються та яке їх практичне значення?


3. Розкрийте суть терміна «система електромеханічного вимірювального приладу», охарактеризуйте основні її елементи та принцип взаємодії між ними.

4. Наведіть умовні графічні позначення, які наносяться на корпус вимірювального приладу та інформують користувача про рівень електричної міцності ізоляції його внутрішніх електричних кіл.

5. Поясніть, у якій формі на вимірювальному приладі зазначається його нормальне робоче положення, та яке значення має дотримання цієї вимоги під час експлуатації.

6. Роз'ясніть поняття «клас точності» для електромеханічного вимірювального приладу, метод його визначення та вплив на оцінку похибки результатів вимірювання.

7. Вкажіть ситуації, у яких при проектуванні або проведенні вимірювального експерименту необхідно враховувати внутрішній опір вимірювального приладу. Яким чином цей параметр впливає на точність вимірювань?



8. Обґрунтуйте доцільність установлення обмеження щодо мінімального значення вимірювальної величини, яке може бути достовірно зафіксоване електромеханічним приладом, у порівнянні з його номінальним значенням.

1.6 Перелік рекомендованих джерел

1. Метрологія та вимірювання: навчальний посібник / Ю.В. Гнусов, В.В. Тулупов, В.М. Пересічанський; Харк. нац. ун-т внутр. справ, 2019. - 125 с.

2. Northrop, R.B. (2005). Introduction to Instrumentation and Measurements (2nd ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420057850>

3. Liptak, B.G., & Venczel, K. (Eds.). (2016). Instrument and Automation Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis, Fifth Edition - Two Volume Set (5th ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781466559356>

4. Familiarization with Measuring Instruments. Virtual Labs. URL: <https://elms-iitr.vlabs.ac.in/exp/measuring-instruments/index.html> (дата звернення: 05.12.2024).

2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ВИМІРЮВАННЯ СИЛИ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ АМПЕРМЕТРОМ З ДЕКІЛЬКОМА НОМІНАЛЬНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ СТРУМУ

Мета роботи: формування практичних навичок з вимірювання сили електричного струму за допомогою електромеханічних амперметрів, обґрунтований вибір приладу відповідно до його номінального струмового діапазону, а також визначення й аналіз інтервалу невизначеності, що характеризує точність отриманих результатів вимірювання..

Програма роботи:

1. Ознайомлення з конструкцією, принципом дії та технічними характеристиками електромеханічного амперметра, а також з допоміжним обладнанням, що використовується у процесі вимірювання сили струму.
2. Монтаж і попереднє налагодження електричної схеми, призначеної для вимірювання найбільшого значення сили струму в контрольованому колі.
3. Проведення вимірювання максимальної сили струму та фіксація результатів.
4. Внесення змін до вимірювальної схеми з метою адаптації її до визначення середнього значення сили струму; виконання налагодження оновленої схеми.
5. Проведення вимірювання сили струму середнього рівня та реєстрація результатів.
6. Здійснення зміни електричної схеми для переходу до вимірювання найменшої сили струму; налагодження схеми згідно з вимогами безпеки та точності.
7. Вимірювання сили струму, що має найменше значення, та фіксація результатів.
8. Обробка отриманих результатів вимірювань із використанням відповідних розрахункових методів для оцінки похибок і невизначеності.
9. Складання звіту про виконану роботу та формування обґрунтованих висновків на основі проведених вимірювань і розрахунків.

2.1. Теоретична частина

Методика обчислень

1. Визначення вимірюваної сили струму в фізичних одиницях (А):
 - 1.1. Ціна поділки обчислюється, виходячи з номінального діапазону вимірювання та загальної кількості поділок шкали.

$$C_A = \frac{I_{AH}}{A_A}, \text{ А/П} \quad (2.1)$$

де I_{AH} – номінальна сила струму при вимірюванні;
 A_A – загальна кількість поділок шкали амперметра.

1.2. Значення сили струму, яке вимірюється амперметром, визначається шляхом множення кількості поділок шкали, на яку вказує стрілка приладу, на ціну однієї поділки.

$$I = C_A \times a_A, A \quad (2.2)$$

де α_A – відлік за шкалою амперметра у поділках його шкали при вимірюванні сили струму.

2. Абсолютна інструментальна похибка є максимально можливим відхиленням показань амперметра від істинного значення сили струму. Вона визначається на основі класу точності приладу та його номінального струмового діапазону. Обчислення виконується за формулою, що враховує зведену відносну похибку (вказану у відсотках) і номінальне значення вимірюваної величини. Результат похибки виражається у фізичних одиницях — амперах — і слугує для подальшого аналізу точності вимірювання.

В фізичних одиницях (А)

$$\Delta I = I_{AH} \frac{\delta_{ПА}}{100\%}, A \quad (2.3)$$

де $\delta_{ПА}$ – нормована характеристика точності приладу, яка вказується у відсотках і відповідає числовому значенню його класу точності. Зведена відносна похибка визначає граничне відхилення показань амперметра від істинного значення сили струму в межах номінального діапазону вимірювання. Її значення встановлюється виробником і використовується при розрахунках абсолютної похибки. (табл.1).

В поділках шкали амперметра

$$\Delta I_{\Pi} = A_A \frac{\delta_{ПА}}{100\%}, \Pi \quad (2.4)$$

3. Відносна похибка вимірювання сили струму визначається як відношення абсолютної похибки до отриманого результату вимірювання. Цей показник характеризує ступінь точності проведеного вимірювання незалежно від абсолютного значення струму. Відносна похибка може виражатися у відносних одиницях або у відсотковій формі та слугує для кількісної оцінки достовірності отриманих результатів.

У відносних одиницях

$$\delta_{I0} = \frac{\Delta I}{I}. \quad (2.5)$$

У відсотках від величини I

$$\delta_{I\%} = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\%. \quad (2.6)$$

4. Величини сили струму, які можна вимірювати амперметром

Максимальна

$$I_{inf} = C_A \cdot \alpha_{Ainf}, A \quad (2.7)$$

де α_{Ainf} – кількість поділок шкали амперметра, що відповідає найменшій силі струму робочої частини його шкали.

Мінімальна

$$I_{sup} = C_A \times a_{Asup}, A \quad (2.8)$$

де a_{Asup} – кількість поділок шкали амперметра, що відповідає номінальній його силі струму, $a_{Asup} = A_A$.

5. Розрахунок відносної похибки вимірювання сили струму на граничних значеннях робочого діапазону шкали амперметра — тобто при мінімальних і максимальних показаннях, що ще входять у допустиму зону точності. Аналіз таких похибок дозволяє оцінити вплив розташування показів на шкалі на загальну достовірність вимірювання та визначити, в яких умовах точність приладу є найбільш критичною.

При *min* вимірювальній силі струму

$$\delta_{inf} = \frac{I_{AH}}{I_{inf}} \cdot \delta_{ПА} = \delta_{ПА}, \% \quad (2.9)$$

При *max* вимірювальній силі струму

$$\delta_{sup} = \frac{I_{AH}}{I_{sup}} \cdot \delta_{ПА} = \delta_{ПА}, \% \quad (2.10)$$

оскільки $I_{sup} = I_{AH}$.

2.2. Порядок виконання роботи

2.2.1. Ознайомлення з електромеханічним амперметром та допоміжним обладнанням, що використовується при вимірюваннях.

Ознайомтеся з амперметром та допоміжним обладнанням, що наявні на робочому місці, визначте їх призначення та роль у вимірювальному процесі.

Заповніть таблицю 2.1: переписіть позначення, нанесені на шкалу та корпус амперметра, та надайте письмове пояснення кожного з них у відповідній графі таблиці.

2.2.2. Монтаж і налагоджування електричної схеми для проведення вимірювань найбільшої сили струму.

Здійсніть монтаж вимірювальної електричної схеми згідно з принциповою схемою, наведеною на рисунку 2.1.

За допомогою перемикача номінальних діапазонів амперметра встановіть максимальне значення сили струму, яке дозволяє вимірювати прилад.

Після перевірки правильності зібраної схеми підключіть вилку рознімача ХС (рис. 2.1) до мережевої розетки змінного струму з напругою ~ 220 В.

Таблиця 2.1 - Позначки на шкалі та корпусі електромеханічного амперметра

№ з/п	Позначка	Пояснення	Місце нанесення позначки
1.			
2.			
3.			



Рисунок 2.1 – Схема електрична принципова включення амперметра для вимірювання *max* сили струму від трансформатора

2.2.3. Вимірювання найбільшої сили струму.

Зчитайте показання за шкалою амперметра А (рис. 2.1), визначивши значення у поділках, на які вказує стрілка приладу. Запишіть отримане значення до відповідного рядка таблиці 2.2.

Оцініть можливість вимірювання тієї самої сили струму за допомогою амперметра А (рис. 2.1) при встановленні наступного меншого номінального діапазону. Якщо технічна можливість така існує, зменшіть діапазон вимірювання амперметра за допомогою його перемикача.

Якщо після зменшення номінальної сили струму стрілка амперметра перебуває в межах робочої частини шкали, знову зчитайте показання у поділках шкали та занесіть результати до наступного рядка таблиці 2.2.

Повторіть дії, для всіх наступних нижчих номінальних діапазонів сили струму амперметра А (рис. 2.1), дотримуючись методики поступового зменшення діапазону.

Після завершення всіх вимірювань обережно вимкніть вилку розніма ХС з розетки мережі змінного струму ~ 220 В.

2.2.4. Внесення змін до електричної схеми для вимірювання сили струму середнього рівня та налагодження зміненої конфігурації.

Виконайте ремонт електричного кола згідно з принциповою схемою, поданою на рисунку 2.2.

За допомогою перемикача номінальних діапазонів на амперметрі встановіть максимальне значення сили струму, яке допускається для вимірювання у новій конфігурації схеми.

Після перевірки правильності змонтованої схеми керівником заняття та отримання його дозволу, увімкніть вилку розніма ХС (рис. 2.2) у розетку мережі змінного струму з напругою ~ 220 В.

Таблиця 2.2 - Дані вимірювання найбільшої сили струму, що споживається від трансформатора

№ з/п	Вимірювана сила струму		Номінальна сила струму		Абсолютна похибка вимірювання		Відносна похибка вимірювання	
	поділок	А	А	поділок шкали	поділок шкали	А	Відносних одиниць	%
1.								
2.								
3.								
.								
.								
.								



Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова приєднання амперметра для вимірювання середньої за величиною сили струму від трансформатора

2.2.5. Вимірювання сили струму середнього рівня.

Виконайте відлік за шкалою амперметра А (рис. 2.2), визначивши кількість поділок, на яку вказує стрілка приладу. Занесіть отримане значення до відповідного рядка таблиці 2.3.

Проаналізуйте можливість вимірювання тієї ж сили струму амперметром А при зменшенні його номінального діапазону на одну позицію перемикача. Якщо така можливість є, змініть положення перемикача, встановивши наступний нижчий діапазон вимірювання.

Якщо після зміни діапазону стрілка амперметра залишається в межах робочої частини шкали, виконайте новий відлік у поділках шкали приладу та занесіть значення до наступного рядка таблиці 2.3.

Повторюйте дії, для кожного з доступних нижчих номінальних діапазонів сили струму амперметра А (рис. 2.2).

Після завершення вимірювань від'єднайте схему від мережі живлення, вимкнувши вилку розніма ХС з розетки змінного струму (рис. 2.2).

Таблиця 2.3 - Дані вимірювання середньої за величиною сили струму від трансформатора

№ з/п	Вимірювана сила струму		Номінальна сила струму амперметра		Абсолютна похибка вимірювання		Відносна похибка вимірювання	
	поділок	А	А	поділок шкали	А	поділок шкали	відносних одиниць	%
1.								
2.								
3.								
.								

2.2.6. Внесення змін до електричної схеми для вимірювання сили струму мінімального рівня та її налагодження.

Виконайте ремонт електричної схеми відповідно до принципової схеми, поданої на рисунку 2.3.

Встановіть на амперметрі А (рис. 2.3) максимальне значення номінального діапазону сили струму за допомогою відповідного перемикача.

Після перевірки правильності схеми викладачем і за наявності його дозволу увімкніть вилку розніма ХС (рис. 2.3) у розетку мережі змінного струму з напругою ~ 220 В.



Рисунок 2.3 – Схема електрична принципова приєднання амперметра для вимірювання найменшої за величиною сили струму від трансформатора

2.2.7. Вимірювання сили струму мінімального рівня.

Зчитайте показання за шкалою амперметра А (рис. 2.3), визначивши кількість поділок, на які вказує стрілка приладу. Отримане значення занесіть до таблиці 2.4.

Оцініть можливість вимірювання тієї ж сили струму за допомогою амперметра А при зменшенні його номінального діапазону на одну позицію перемикача. Якщо така можливість є, зменшіть діапазон, встановивши відповідне положення перемикача номінальних сил струму.

Якщо стрілка приладу після зменшення діапазону залишається в межах робочої частини шкали, виконайте новий відлік у поділках шкали та занесіть його до наступного рядка таблиці 2.4.

Повторіть дії, для всіх наступних нижчих номінальних діапазонів сили струму амперметра А (рис. 2.3).

По завершенні вимірювань знеструмте схему, вимкнувши вилку розніма ХС із розетки мережі змінного струму ~220 В (рис. 2.3).

Проведіть демонтаж електричної схеми згідно з рисунком 2.3.

Таблиця 2.4 - Дані вимірювання найменшої за величиною сили струму від трансформатора

№ з/п	Вимірювана сила струму		Номінальна сила струму амперметра		Абсолютна похибка вимірювання		Відносна похибка вимірювання	
	поділок	А	А	поділок шкали	А	поділок шкали	Відносних одиниць	%
1.								
2.								
3.								

2.3. Обробка результатів вимірювань

Занесіть до таблиць 2.2, 2.3 та 2.4 результати вимірювання сили струму для трьох різних режимів, орієнтуючись на ті показання амперметра, що забезпечують мінімальні значення відносної похибки. Саме ці значення слід вважати найбільш достовірними для подальшого аналізу.

Визначте допустимі інтервали, в межах яких повинно перебувати значення вимірюваної сили струму для кожного з номінальних діапазонів, передбачених для амперметра, наявного на робочому місці. Внесіть отримані межі до таблиці 2.5.

Розрахуйте відносні похибки вимірювання сили струму на крайніх значеннях робочої частини шкали амперметра. Запишіть отримані результати у відповідні графи таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Межі, в яких повинна перебувати величина вимірюваної сили струму наявного амперметра

Номинальна сила струму, А амперметра	Межі робочої частини шкали амперметра, поділок		Вимірювана сила струму, А		Відносні похибки вимірювань на краях робочої частини шкали	
	найменша кількість	найбільша кількість	найменша	найбільша	при найменшій силі струму	при найбільшій силі струму

2.4. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів

Звіт має бути оформлений відповідно до вимог щодо оформлення технічної документації на аркушах формату А4 . До складу звіту повинні входити:

1. Титульна сторінка.
2. Назва та мета практичної роботи.
3. Постановка завдань.
4. Результати досліджень (графіки) та їхнього аналізу.
5. Загальні висновки.

Таблиця 2.6 - Критерій оцінювання

Кількість балів	Критерій оцінювання
5	Повністю виконано програму лабораторної роботи ; підготовано, логічно й обґрунтовано викладено та бездоганно оформлено звіт, який за змістом, обсягом, структурою відповідає вимогам; виявив високий рівень практичних умінь під час виконання завдань; упевнено та аргументовано здійснив захист лабораторної
4	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи , який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає, вимогам; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, необхідний для переважно успішного розв'язання завдань; здійснив захист лабораторних з деякими неточностями у другорядному матеріалі, які виправив самостійно.
3	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної , необхідний для розв'язання переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
2	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабо-

	раторної роботи, який за замістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що частково задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
1	Неповністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за замістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що не задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які не зміг виправити
0	Здобувач(ка) був(ла) відсутнім на лабораторних заняттях та не завантажив(ла) звіт (сертифікат) в Moodle

2.5. Питання для самоперевірки

1. Поясніть, з якою метою до протоколу вимірювань включаються відомості про систему амперметра, та яку роль ця інформація відіграє у забезпеченні достовірності та відтворюваності результатів.
2. Обґрунтуйте використання амперметрів, що мають декілька номінальних діапазонів сили струму. Які технічні та практичні переваги це забезпечує під час проведення вимірювань?
3. Сформулюйте визначення поняття «номінальна сила струму амперметра». Яке значення воно має для правильного вибору приладу та інтерпретації його показань?
4. Наведіть принцип вибору номінального діапазону сили струму амперметра залежно від очікуваного значення вимірюваної величини. Якими критеріями слід керуватися для забезпечення точності вимірювань?
5. Дайте визначення поняттю «робоча частина шкали амперметра» та поясніть її значення для забезпечення коректних вимірювань.
6. Якими можуть бути наслідки зчитування показань за шкалою амперметра у разі, якщо стрілка приладу виходить за межі його робочої частини?
7. Запишіть аналітичне співвідношення, яке використовується для розрахунку ціни поділки шкали амперметра на основі номінального діапазону та кількості шкальних поділок.
8. Проаналізуйте, яким чином власний електричний струм амперметра може впливати на точність вимірювання сили струму в електричному колі, в яке він увімкнений.
9. Розкрийте суть поняття «адаптивна смуга похибок амперметра» та поясніть, як вона використовується для оцінки достовірності результатів вимірювань у змінних умовах експлуатації.



2.6 Перелік рекомендованих джерел

- 1 .Метрологія та вимірювання: навчальний посібник / Ю.В. Гнусов, В.В. Тулупов, В.М. Пересічанський; Харк. нац. ун-т внутр. справ, 2019. - 125 с.
2. Northrop, R.B. (2005). Introduction to Instrumentation and Measurements (2nd ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420057850>
3. Liptak, B.G., & Venczel, K. (Eds.). (2016). Instrument and Automation Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis, Fifth Edition - Two Volume Set (5th ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781466559356>
4. Familiarization with Measuring Instruments. Virtual Labs. URL: <https://elms-iitr.vlabs.ac.in/exp/measuring-instruments/index.html> (дата звернення: 05.12.2024).

3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ВИМІРЮВАЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ НАПРУГИ, СИЛИ СТРУМУ ТА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЛАБОРАТОРНИМИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ ПРИЛАДАМИ

Мета роботи: ознайомлення з конструктивними особливостями та принципом дії лабораторних електромеханічних вимірювальних приладів, призначених для визначення електричної напруги, сили струму та активної потужності, а також опанування методик виконання вимірювань зазначених величин із використанням цих приладів у лабораторних умовах.

Програма роботи:

1. Ознайомлення з лабораторним обладнанням і вимірювальними приладами, які використовуються у ході виконання роботи, визначення їхнього призначення та основних характеристик.
2. Здійснення монтажу електричної схеми, передбаченої для експериментальних досліджень, та її попереднє випробування з метою перевірки працездатності і відповідності технічним вимогам.
3. Проведення дослідження режимів роботи електроприймача шляхом вимірювання напруги, сили струму та активної потужності за допомогою електромеханічних приладів.
4. Опрацювання результатів вимірювань, отриманих у ході експерименту, з використанням відповідних методик.
5. Визначення абсолютних та відносних похибок вимірювань, а також виконання контролю точності та достовірності отриманих результатів.
6. Оформлення звіту за виконаною роботою згідно з установленими вимогами. Формулювання висновків на основі аналізу отриманих даних.

3.1 Теоретична частина

. Обробка результатів вимірювань.

1. Визначити ціну поділки шкали вольтметра для кожного з діапазонів вимірювання згідно з:

$$C_V = \frac{U_{VH}}{A_V}, \text{ В/П} \quad (3.1)$$

Результати розрахунків занести у відповідні колонки табл.2 у строчку "границі вимірювань".

- 2 Визначити ціну поділки шкали амперметра для кожного з діапазонів вимірювання згідно з:

$$C_A = \frac{I_{AH}}{A_A}, \text{ А/П} \quad (3.2)$$

Результати розрахунків занести у відповідні колонки табл.3.2 у рядок "границі вимірювань".

3. Визначити ціни поділок ватметра для кожної пари границь вимірювань (по силі струму і напрузі) яка використовувалась за формулою:

$$C_W = \frac{I_{WH} \cdot U_{WH} \cdot \cos \phi_H}{A_W}, \text{ Вт/П} \quad (3.3)$$

Результати розрахунків занести у відповідні колонки табл. 3.3 у рядок "Границі вимірювань".

У формулах (3.1), (3.2), (3.3) позначення A_V , A_A , A_W відповідають кількості поділок шкал відповідно вольтметра, амперметра та ватметра. Величина $\cos \phi_n$ — це номінальне значення коефіцієнта потужності, передбачене для ватметра; у даній роботі приймається значення $\cos \phi_n = 1$.

4. Розрахувати значення напруги, сили струму та активної потужності для кожного з випадків, поданих у колонках таблиці 3.2, використовуючи відповідні розрахункові формули:

$$U = a_v \times C_v; \quad (3.4)$$

$$I = a_A \times C_A; \quad (3.5)$$

$$P = a_W \times C_W, \quad (3.6)$$

і результати розрахунків занести у відповідні колонки табл.3.2.

5. Визначення похибок вимірювань та контроль достовірності отриманих результатів:

Розрахувати основні абсолютні похибки вимірювань напруги, сили струму та активної потужності для відповідних діапазонів, зазначених у відповідних пунктах, згідно з наведеними розрахунковими формулами.:

напруги

$$DU = U_{VH} \times d_{3V}/100; \quad (3.7)$$

сили струму

$$DI = I_{HA} \times d_{3A}/100; \quad (3.8)$$

— активної потужності

—

$$P = P_H \cdot \delta_{3W}/100 = U_{WH} \cdot I_{WH} \cdot \cos \phi_H \cdot \delta_{3W}/100, \quad (3.9)$$

де δ_{3V} , δ_{3A} , δ_{3W} - класи точності вольтметра, амперметра та ватметра, відповідно.

Результати розрахунків за формулами (3.7), (3.8), (3.9) разом з величинами U , I , P з табл.3.2 занести до табл.3.3.

Розрахувати основні відносні похибки вимірювань для кожного з наступних параметрів:

– напруги

$$\delta_U = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%; \quad (3.10)$$

– сили струму

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\%; \quad (3.11)$$

– активної потужності

$$\delta_P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\%. \quad (3.12)$$

Результати розрахунків за формулами (3.10), (3.11), (3.12) для усіх вимірювань занести у відповідні рядки і колонки табл. 3.3.

3.2. Порядок виконання роботи

3.2.1. Ознайомлення з обладнанням та приладами, що використовуються у роботі.

Ознайомтеся з обладнанням та електровимірювальними приладами, наявними на робочому місці, з метою підготовки до виконання експериментальних досліджень. Визначте їх функціональне призначення та умови використання.

Занесіть основні технічні характеристики електровимірювальних приладів до таблиці 1, у тому числі: тип, клас точності, номінальні межі вимірювання, ціни поділок шкал тощо.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики електровимірювальних приладів

Назва приладу	Тип	Заводський № приладу	Номінальні значення вимір. величини	Рід струму	Клас точності	Система

3.2.2. Монтаж та випробування схеми для виконання експериментальних досліджень.

1. Змонтуйте електричну схему згідно з принциповою схемою, наведеною на рисунку 3.1.

2. Після перевірки правильності зібраної схеми керівником заняття та отримання дозволу на її включення до мережі живлення, виконайте попередню підготовку до вимірювань:

– встановіть ручку регулювання ЛАТРа у крайнє ліве положення (проти годинникової стрілки), що відповідає мінімальній вихідній напрузі;

– перемикачі меж вимірювання всіх електровимірювальних приладів встановіть на максимальні значення;

– увімкніть вилку розніма ХС1 (рис. 3.1) у розетку мережі живлення змінного струму;

– обережно повертайте ручку ЛАТРа за годинниковою стрілкою та слідкуйте за появою відхилення стрілок вольтметра, амперметра і ватметра, що підтверджує наявність напруги, струму та активної потужності в колі.

3. Якщо стрілка ватметра (рис. 3.1) відхиляється у лівий бік (тобто в неробочу частину шкали), переведіть перемикач меж вимірювання напруги в положення, що відповідає найбільшому значенню напруги в другій половині шкали.

4. За допомогою регулятора ЛАТРа встановіть напругу $U = 100$ В згідно з показанням вольтметра V , попередньо встановивши на ньому межу вимірювання $UV_h = 150$ В за допомогою перемикача діапазонів вимірювань.

5. Установіть межу вимірювання по нарузі ватметра W такою, щоб $U_{xh} = UV_h = 150$ В, тобто встановіть перемикач ватметра в положення, що відповідає значенню напруги 150 В.

6. Виберіть межу вимірювання сили струму I_{ah} на амперметрі A (рис. 3.1) таким чином, щоб стрілка приладу відхилялася максимально в межах робочої частини шкали, не виходячи за крайню праву поділку.

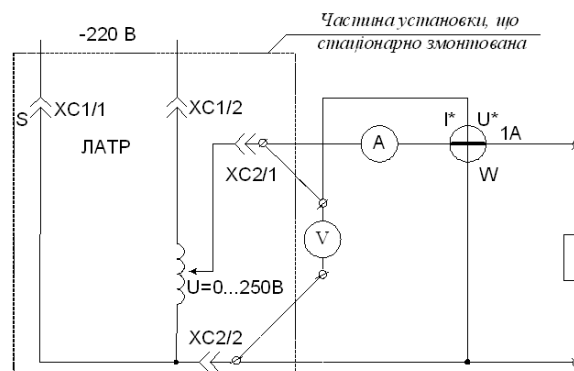


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова установки для експериментальних досліджень

3.2.3. Дослідження режимів роботи.

1. Переконавшись, що вихідна напруга ЛАТРа точно дорівнює $U = 100$ В (відповідно до показань вольтметра V), одночасно зчитайте показання з усіх трьох приладів — вольтметра, амперметра та ватметра. Зафіксуйте результати відліків як кількість поділок шкали між нульовою відміткою та положенням стрілки кожного приладу. Внесіть ці дані до третьої колонки таблиці 3.2.

2. У рядку «Границі вимірювань» третьої колонки таблиці 3.2 вкажіть відповідні встановлені межі вимірювань:

- для вольтметра — U_{Vh} ,
- для амперметра — I_{Ah} ,

– для ватметра — U_{Wh} та I_{Wh} .

Таблиця 3.2 - Дані вимірювань параметрів режиму роботи устано-
ВКИ

U	Поділок						
	V						
I	Поділок						
	A						
P	Поділок						
	Вт						
Границі вимірювань	U_{VH}, V	i					
	U_{WH}, V						
	I_{AH}, A						
	I_{HW}, A						

3. Зменште напругу на виході ЛАТРа на величину $\Delta U = 15 V$. Для кожного з приладів (вольтметр, амперметр, ватметр) змініть межу вимірювання у бік зменшення, якщо дотримуються такі умови:

$$\begin{aligned}
 -U &\leq U_{VH}, \\
 -U &\leq U_{WH}, \\
 -I &\leq I_{Ah}, \\
 -I &\leq I_{WH}.
 \end{aligned}$$

Після встановлення нових меж здійсніть відліки по кожному з приладів та занесіть результати (у поділках шкали) до четвертої колонки таблиці 2 відповідно до інструкцій пунктів 3.1 та 3.2.

4. Повторіть дії, передбачені у пункті 3, ще чотири рази, щоразу зменшуючи напругу ЛАТРа на 15 В, виконуючи відповідні відліки та внесення даних до таблиці 3.2.

5. Після завершення всіх вимірювань зменште вихідну напругу ЛАТРа до мінімального значення, а потім вимкніть вилку розніма ХС1 з розетки.

3.3. Обробка результатів вимірювань

Таблиця 3.3 - Дані розрахунків похибок вимірювань параметрів режимів роботи установки

U, В						
ΔU , ВВ						
δ_U , %						
I, А						
ΔI , А						
δ_I , %						
P, Вт						
ΔP , Вт						
δ_P , %						

3.4. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів

Робота здобувачами виконується на практичних (лабораторних) заняттях з використанням комп'ютера.

Звіт має бути оформлений відповідно до вимог щодо оформлення технічної документації на аркушах формату А4 . До складу звіту повинні входити:

1. Титульна сторінка.
2. Назва та мета практичної роботи.
3. Постановка завдань.
4. Результати досліджень (графіки) та їхнього аналізу.
5. Загальні висновки.

Висновки повинні стосуватись методик вибору границь вимірювань, при яких може бути досягнута найвища точність вимірювань, аналізу точності вимірювань шляхом порівняння величини при $\cos j = 1$:

$$P = U \cdot I \cos j$$

та результатів безпосереднього вимірювання потужності ватметром.


Таблиця 3.4 - Критерії оцінювання

Кількість балів	Критерій оцінювання
5	Повністю виконано програму лабораторної роботи ; підготовано, логічно й обґрунтовано викладено та бездоганно оформлено звіт, який за змістом, обсягом, структурою відповідає вимогам; виявив високий рівень практичних умінь під час виконання завдань; упевнено та аргументовано здійснив захист лабораторної
4	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи , який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає, вимогам; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, необхідний для переважно успішного розв'язання завдань; здійснив захист лабораторних з деякими неточностями у другорядному матеріалі, які виправив самостійно.
3	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної , необхідний для розв'язання переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
2	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що частково задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.

1	Неповністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що не задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які не зміг виправити
0	Здобувач(ка) був(ла) відсутнім на лабораторних заняттях та не завантажив(ла) звіт (сертифікат) в Moodle

3.5. Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте конструкцію електромеханічного вимірювального механізму електромагнітної системи.
2. Опишіть конструкцію електромеханічного вимірювального механізму електродинамічної системи.
3. Які особливості має вольтметр електромагнітної системи? Назвіть його переваги та недоліки.
4. Назвіть особливості амперметра електромагнітної системи. У чому полягають його позитивні та негативні риси?
5. Визначте основні особливості ватметра електродинамічної системи. Які його сильні та слабкі сторони?
6. Що таке номінальні значення вимірювальних величин і як правильно обирати межі вимірювання?
7. Як залежать абсолютна та відносна похибки вимірювань від вибору меж вимірювання?
8. Поясніть поняття приведеної похибки вимірювального приладу. Як визначається клас точності приладу?
9. Як визначається ціна поділки шкали багатодіапазонного вимірювального приладу?
10. Як визначити результат вимірювання приладом, шкала якого не має позначених числових значень (неіменована шкала)?
11. Які особливості слід враховувати при виборі меж вимірювання ватметра? Що робити у випадку зміни напрямку відхилення стрілки?
12. У чому полягає похибка від паралакса під час зчитування показань? Які методи дозволяють її зменшити або уникнути?
13. Як залежить похибка вимірювання від величини струму чи напруги у приладах електромагнітної системи (вольтметрах та амперметрах)?
14. Які умовні позначення використовуються на шкалі вольтметра електромагнітної системи?
15. Які умовні позначення наносяться на корпус і шкалу ватметра електродинамічної системи?

- 
16. У чому полягає відмінність між основною та додатковими похибками приладів електромагнітної системи?
 17. Назвіть основну і додаткові похибки приладів електродинамічної системи.
 18. Які методи підвіски рухомих частин використовуються в електромеханічних приладах? Які їх особливості?
 19. Які елементи приладу створюють відновлювальний механічний момент, пропорційний куту повороту рухомої частини?
 20. Опишіть системи гасіння коливань рухомих частин у приладах електромагнітної та електродинамічної систем.
 21. Вольтметри електродинамічної системи: конструктивні та схемні особливості.
 22. Амперметри електродинамічної системи: особливості конструкції та електричної схеми.
 23. Яким чином змінюються межі вимірювання вольтметрів електромагнітної та електродинамічної систем?
 24. Як змінюються межі вимірювання амперметрів електромагнітної та електродинамічної систем?
 25. Як правильно добирати вольтметр і амперметр для досягнення заданої точності вимірювання?
 26. У чому полягає методична похибка при вимірюванні сили струму амперметром електромагнітної та електродинамічної систем?
 27. Охарактеризуйте методичні похибки при вимірюванні активної потужності ватметром електродинамічної системи. Якими способами їх можна зменшити або усунути?
 28. Які особливості мають електровимірювальні прилади зі світловим вказівником? Назвіть їх переваги та недоліки.
 29. Що означає робоче положення електровимірювального приладу? Які методи застосовують для зрівноважування рухомих частин приладів електромагнітної та електродинамічної систем?

3.6 Перелік рекомендованих джерел


1. Метрологія та вимірювання: навчальний посібник / Ю.В. Гнусов, В.В. Тулупов, В.М. Пересічанський; Харк. нац. ун-т внутр. справ, 2019. - 125 с.
2. Northrop, R.B. (2005). Introduction to Instrumentation and Measurements (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420057850>
3. Liptak, B.G., & Venczel, K. (Eds.). (2016). Instrument and Automation Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis, Fifth Edition - Two Volume Set (5th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781466559356>
4. AC Electrical Circuit Analysis: A Practical Approach. (2021). In AC Electrical Circuit Analysis: A Practical Approach. LibreTexts. URL



[https://read.kortext.com/search/collections\(book:996910\)?q=electrical%20circuit](https://read.kortext.com/search/collections(book:996910)?q=electrical%20circuit)

5. Laboratory Manual - AC Electrical Circuit Analysis. (2021). In Laboratory Manual - AC Electrical Circuit Analysis. LibreTexts. URL [https://read.kortext.com/search/collections\(book:996915\)?q=electrical%20circuit](https://read.kortext.com/search/collections(book:996915)?q=electrical%20circuit)

6. Laboratory Manual - DC Electrical Circuit Analysis. (2021). In Laboratory Manual - DC Electrical Circuit Analysis. LibreTexts. URL [https://read.kortext.com/search/collections\(book:996919\)?q=electrical%20circuit](https://read.kortext.com/search/collections(book:996919)?q=electrical%20circuit)



4. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ПОВІРКА ОММЕТРА ЦИФРОВОГО УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИЛАДУ ЧЕРЕЗ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОЗНАЧНОЇ МІРИ ОПОРУ

Мета роботи: опанування методів вимірювання електричного опору із використанням електронного цифрового омметра, а також вивчення підходів до оцінювання точності та похибок, які виникають під час виконання таких вимірювань.

Програма роботи:

1. Ознайомлення з універсальним цифровим вимірювальним приладом, принципами його роботи в режимі омметра, а також із допоміжними засобами, що застосовуються під час проведення вимірювань електричного опору.

2. Монтаж і налагодження електричної схеми, призначеної для вимірювання опору із використанням цифрового омметра, відповідно до технічної документації та вимог безпеки.

3. Визначення співвідношення між основною інструментальною похибкою омметра та значенням квантування (відстані між дискретами шкали). Вибір доцільної методики для проведення повірки точності цифрового приладу.

4. Проведення вимірювань опору за допомогою омметра шляхом відтворення значень опору заданої величини з використанням багатозначної міри опору в межах основного діапазону вимірювання приладу.

5. Обробка отриманих експериментальних результатів згідно з обраною методикою, включаючи оцінку похибок.

6. Формулювання висновків за результатами виконаної роботи та оформлення звіту згідно з установленими вимогами.

4.1.Порядок виконання роботи

4.1.1. Ознайомлення з універсальним цифровим приладом, методами його застосування в режимі омметра та допоміжними засобами вимірювання.

Ознайомтеся з конструкцією універсального цифрового вимірювального приладу, методикою його використання для вимірювання електричного опору, а також з магазинами опору, які використовуються для побудови багатозначної міри опору у відповідних діапазонах.

До таблиці 4.1 занесіть основні метрологічні характеристики універсального цифрового приладу в режимі омметра та параметри магазинів опору, що забезпечують формування багатозначної міри.

За допомогою органів керування універсального цифрового приладу встановіть режим вимірювання опору (омметр), обравши номінальне значення опору, яке визначено керівником заняття.

4.1.2. Монтаж і налагодження електричної схеми для вимірювання опору за допомогою універсального цифрового приладу в режимі омметра.

1. Здійсніть монтаж вимірювальної електричної схеми згідно з принциповою схемою, наведеною на рис. 4.1. Підключіть щупи універсального цифрового приладу до відповідних затискачів магазинів опору.

2. Установіть перемикачі декад магазинів опору R_1 та R_2 (див. рис. 4.1) у положення, що відповідає нульовому значенню, щоб сформована багатозначна міра відтворювала опір, максимально наближений до нуля.

Таблиця 4.1 - Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання

Назва засобу вимірювання	Тип	Заводський №	Номінальні значення вимірюваних (відтворюваних) величин	Рід струму	Клас точності. Основна похибка вимірювань	Система	Примітка

3. Увімкніть джерело живлення універсального цифрового приладу. Якщо всі елементи схеми (рис. 4.1) є справними та правильно відрегульованими, на індикаторній панелі приладу має з'явитися значення «0.0».

4. У разі, якщо на індикаторі приладу в умовах, описаних у п. 3, відображається значення, відмінне від «0.0», замкніть щупи приладу між собою. Якщо після цього на індикаторі з'являється значення «0.0», це свідчить про справність самого приладу та наявність порушень у схемі багатозначної міри опору R_1 , R_2 (рис. 4.1.)

5. У разі виявлення несправностей замініть пошкоджені елементи схеми згідно з рис. 4.1, після чого повторіть дії.

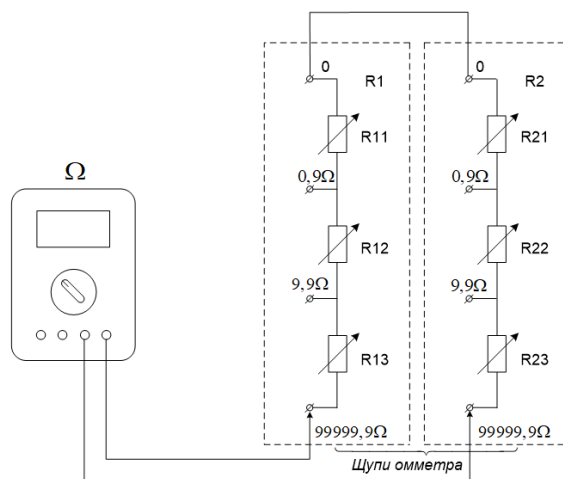


Рисунок 4.1 – Схема приєднання омметра до багатозначної міри опору, утвореної послідовним з'єднанням магазинів опору R_1 та R_2

4.1.3. Визначення співвідношення між основною інструментальною похибкою омметра та розміром його відстані квантування. Вибір методики проведення повірки приладу.

1. За допомогою перемикача діапазонів універсального цифрового приладу (в режимі омметра) встановіть номінальне значення опору згідно з вказівкою керівника заняття.

2. Визначте і впишіть у третій стовпчик другого рядка табл. 4.2 значення опору, що відтворюється багатозначною мірою у вихідному положенні (нуль Ом).

3. Починаючи з молодших декад магазинів опору R_1 та R_2 (див. рис. 4.1), поступово збільшуйте опір до такого значення, за якого покази омметра зміняться — збільшаться на одиницю наймолодшого розряду цифрового індикатора.

4. Зафіксуйте значення опору, що відповідає цій зміні, згідно з положеннями перемикачів магазинів R_1 та R_2 , і внесіть отримане значення до наступного стовпчика таблиці 2 (пункт 2, другий рядок).

5. Повторіть дії, передбачені пунктами 3 та 4, ще **двічі** для отримання більшої достовірності результатів.

6. Установіть величину опору, що відтворюється багатозначною мірою (магазини R_1 , R_2), рівною половині номінального значення опору, встановленого в п. 1, тобто $0,5 \cdot R_{ном}$.

7. Маніпулюючи перемикачами молодших декад магазинів опору R_1 та R_2 , досягніть такого значення, за якого на індикаторі омметра з'явиться стале відображення одиниці наймолодшого розряду.

Таблиця 4.2 - Дані для визначення відстані квантування цифрового омметра

		Початок діапазону вимірювання				Середина діапазону вимірювання				Кінець діапазону вимірювання			
При збільшенні	$R_M,$ кОм												
	$\Delta R_M,$ кОм												
При зменшенні	$R_M,$ кОм												
	$\Delta R_M,$ кОм												

8. Визначте значення опору, що відтворюється багатозначною мірою аналогічно до дій, описаних у пункті 4.4, та впишіть його у сьомий стовпчик другого рядка таблиці 4.2.

9. Повторіть дії, передбачені пунктами 3, 4 та 5, з метою перевірки узгодженості результатів.

10. Встановіть опір, відтворюваний багатозначною мірою (магазинами R_1, R_2 на рис. 1), таким чином, щоб він дорівнював 0,9 від номінального значення опору, яке відповідає обраному діапазону вимірювань омметра.

11. Повторити п.7.

12. Визначте опір, що відтворюється багатозначною мірою за положеннями перемикачів магазинів опору R_1 і R_2 , аналогічно до дій у пункті 4, і впишіть його у одинадцятий стовпчик другого рядка табл. 4.2.

13. Повторити п.п.3, 4, 5.

14. Обчисліть різниці між сусідніми значеннями, що були записані у другому рядку табл. 4.2, для кожної пари значень у початковій, середній та кінцевій частинах досліджуваного діапазону. У кожному випадку різницю обчислюйте під більшою з двох порівнюваних величин.


5. Визначте опір, відтворюваний багатозначною мірою, і впишіть його у чотирнадцятий стовпчик четвертого рядка таблиці 4.2.

16. Починаючи з молодших декад магазинів опору R_1 та R_2 (див. рис. 4.1), поступово зменшуйте відтворюваний опір до моменту, коли показання омметра стабільно зменшиться на одиницю наймолодшого розряду.

17. Визначте значення опору, що відповідає цьому переходу, за положеннями ручок перемикачів магазинів опору R_1 і R_2 , та занесіть його у четвертий рядок табл. 4.2 — у стовпчик, розташований ліворуч від того, який був заповнений на попередньому етапі.

18. Повторити п.п.16, 17 ще два рази.

19. Повторити п.п.6, 7.



20. Вписати величини опору, відтворювану багатозначною мірою в четвертий рядок десятого стовпчика табл.4.2.

21. Повторіть дії, викладені у пунктах 16 і 17, три рази, щоразу зменшуючи опір до моменту зниження показань омметра на одиницю молодшого розряду та фіксуючи відповідні значення опору.

22. Виставити величину опору, відтворювану багатозначною мірою (R_1 , R_2 , на рис.1), такою, що дорівнює 0,1 від номінального опору досліджуваного діапазону вимірювань омметра.

23. Повторити п.п.6, 7.

24. Вписати величину опору, відтворювану багатозначною мірою в четвертий рядок шостого стовпчика табл. 4.2.

25. Повторити п.п.16, 17 три рази.

26. Обчисліть різниці між суміжними значеннями опору, записаними у четвертому рядку табл. 4.2, для початку, середини та кінця досліджуваного діапазону. Отримані різниці запишіть зі знаком «-» у п'ятий рядок табл. 4.2 під меншим із кожної пари значень.

27. Із усіх відстаней квантування, які були визначені у третьому та п'ятому рядках табл. 4.2, виберіть найбільшу за абсолютною величиною. Це значення буде використовуватись для подальших оцінок точності.

28. Згідно з технічною документацією на універсальний цифровий прилад, обчисліть абсолютну похибку вимірювання у межах досліджуваного діапазону (використовуйте паспортні характеристики приладу).

29. Розрахуйте відношення абсолютної похибки (отриманої в п. 28) до відстані квантування (визначеної в п. 27). Отримане значення дозволить вибрати відповідну методику повірки приладу.

30. На основі результату з п. 29 оберіть одну з двох методик повірки омметра:

- Якщо частка > 5 — використовуйте методику із заданими опорами: задавайте значення опору (магазинами R_1 , R_2) і знімайте показання омметра.
- Якщо частка ≤ 5 — використовуйте методику із заданими показаннями омметра: задавайте значення на індикаторі та визначаєте, який опір відтворюється мірою (за положеннями перемикачів R_1 , R_2).

4.1.4. Вимірювання омметром електричного опору, що відтворюється багатозначною мірою, у межах основного діапазону вимірювання.

1. Обчисліть значення опору, при яких буде проводитись повірка омметра. Ці значення повинні охоплювати досліджуваний діапазон вимірювання — від 0 до номінального значення діапазону — з інтервалом 10% від номінального опору.

2. Запишіть обчислені значення опору:

- якщо за результатами пункту 30 була обрана перша методика повірки, — у перший і третій рядки табл. 4.3, починаючи з нульового значення;

- якщо обрана друга методика повірки, — у другий і четвертий рядки табл. 4.3.

3. Після перевірки схеми керівником заняття та з його дозволу увімкніть джерело живлення омметра.

- Якщо проводиться повірка за першою методикою, — встановіть нульове значення опору, відтворюване мірою (магазинами опору R_1, R_2).

- Якщо використовується друга методика, — за допомогою перемикачів магазинів R_1, R_2 (рис. 4.1) доберіть значення, при якому індикатор омметра відображає «0».

4. Зніміть показання омметра:

- при першій методиці — запишіть значення у другий рядок третього стовпчика табл. 4.3;

- при другій методиці — у перший рядок третього стовпчика табл. 4.3

5. Перейдіть до наступного контрольного значення опору, вказаного у табл. 4.3. Змініть величину опору лише у напрямку збільшення:

- при першій методиці повірки — задайте нове значення опору за даними першого рядка табл. 4.3, змінюючи значення міри (R_1, R_2);

- при другій методиці — встановіть відповідне показання омметра, орієнтуючись на значення у другому рядку табл. 4.3.


Таблиця 4.3 - Дані вимірювання величини опору відтворюваного багаторазовою мірою опору

При збільшенні опору міри	$R_M, \text{кОм}$												
	$R_{\text{ПР}}, \text{кОм}$												
При зменшенні опору міри	$R_M, \text{кОм}$												
	$R_{\text{ПР}}, \text{кОм}$												

В табл.3: $R_M=R_1+R_2$ – опір відтворюваний мірою опору; $R_{\text{ПР}}$ – результат вимірювання опору, що відтворюється мірою опору універсальним цифровим приладом в режимі омметра; R_1, R_2 – опори відтворювані магазинами опору першим (R_1) та другим (R_2), відповідно (рис. 4.1).

6. Зробити відлік показань омметра і записати його результат у другий рядок наступного стовпчика табл.4.3 – при повірці за першою методикою, або визначити величину опору, що відтворюється мірою опору (R_1, R_2 рис.1), і вписати у перший рядок наступного стовпчика табл.3 – при повірці за другою методикою.

7. Повторити п.п.4.5, 4,6 дев'ять разів.



8. Збільшити величину опору, відтворюваного мірою опору, понад номінальну для досліджуваного діапазону – при повірці за першою методикою, або виставити опір, відтворюваний мірою опору таким , щоб показання омметра перевищили номінальні для досліджуваного діапазону – при повірці за другою методикою.

9. Змінюючи величину опору, що відтворюється мірою опору, поступово і лише у напрямку зменшення, виставити номінальну величину опору, що відтворюється мірою опору (для досліджуваного діапазону вимірювань омметра) – при повірці за першою методикою, або таку величину опору, що відтворюється мірою опору, при якій омметр показує номінальну для досліджуваного діапазону величину опору.

10. Зробити відлік показань омметра і вписати оптимальну величину у крайній правий стовпчик та у четвертий рядок табл. 4.3 – при повірці за першою методикою, або визначити опір, що відтворюється мірою опору (R_1, R_2 на рис. 4.1), і вписати величину цього опору у третій рядок крайнього правого стовпчика табл. 4.3 – при повірці за другою методикою

11. Зменшуючи величину опору, що відтворюється мірою опору, поступово і лише у напрямку зменшення, виставити величину опору, яка вписана у наступному стовпчику табл. 4.3 (ліворуч попереднього стовпчика) та у третьому її рядку, і записати показання омметра у четвертий рядок цього ж стовпчика – при повірці за першою методикою. При проведенні повірки за другою методикою – виставити величину опору за показаннями омметра такою, яка вписана у четвертому рядку табл. 4.3 та у стовпчику, що розташований ліворуч попереднього стовпчика цієї таблиці, і визначивши величину опору, відтворюваного мірою (R_1, R_2 на рис.1), вписати її у третій рядок цього ж стовпчика.

12. Повторити п.п.4.11, ще три разів.

3. Вимкнути джерело живлення омметра.

4.2. Обробка результатів вимірювань

1. Обчислити абсолютні похибки вимірювань величин опорів відтворюваних багатозначною мірою опору як алгебричні різниці величин $R_{\text{ПР}}$ та $R_{\text{М}}$, записаних у одному стовпчику табл. 4.3:

– при зростанні опору, відтворюваного мірою (з другого та першого рядків, відповідно);

– при зменшенні опору, відтворюваного мірою (з четвертого та третього рядків, відповідно).

2. Записати обчислені абсолютні похибки п.4.1 з їх знаками у колонки табл. 4.4 з такими ж номерами, які мають колонки табл. 4.3, звідки взято $R_{\text{ПР}}$ та $R_{\text{М}}$:

– у перший рядок табл. 4.4 – абсолютні похибки при зростанні опору, відтворюваного багатозначною мірою;

– у другий рядок табл. 4.4 – абсолютні похибки при зменшенні опору, відтворюваного багатозначною мірою.

3. Обчислити варіацію показань цифрового омметра як абсолютну величину алгебраїчної різниці абсолютних похибок при зростанні та при зменшенні опору, відтворюваного мірою, для кожного зі стовпчиків табл.4 і записати отриманий результат у третьому рядку того ж стовпчика табл. 4.4, звідки взяті вихідні дані для його обчислення.

4. Порівняти найбільші за абсолютною величиною абсолютну похибку та варіацію з табл. 4.4 з допустимими для приладів такого класу точності і зробити висновки стосовно відповідності прилада, якому зроблено перевірку, його паспортним даним.

Таблиця 4.4

Абсолютні похибки та варіація при вимірюванні опору багатозначної міри цифровим омметром

При зростанні опору, кОм	$R_{\text{пр}}$ та $R_{\text{м}}$ з 2-го та 1-го рядка табл.1												
При зменшенні опору, кОм	$R_{\text{пр}}$ та $R_{\text{м}}$ з 4-го та 3-го рядка 4табл..1												
Варіація показань, кОм	I												

4.3. Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів

Звіт має бути оформлений відповідно до вимог щодо оформлення технічної документації на аркушах формату А4. До складу звіту повинні входити:

1. Титульна сторінка.
2. Назва та мета лабораторної роботи.
3. Постановка завдання.
4. Заповнені відповідні таблиць 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, принциповою схемою рис.4.1.

– занесені у відповідні рядки і колонки дані про засоби вимірювання, що використовуються в роботі, про результати експериментального визначення відстані квантування цифрового омметра, про результати вимірювань та обчислень при повірці цифрового омметра;

5. Сформулювати висновки щодо відповідності цифрового омметра, який було піддано повірці, його паспортним даним (класу точності).

Таблиця 4.5

Критерій оцінювання

Кількість балів	Критерій оцінювання
5	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, логічно й обґрунтовано викладено та бездоганно оформлено звіт, який за змістом, обсягом, структурою відповідає вимогам; виявив високий рівень практичних умінь під час виконання завдань; упевнено та аргументовано здійснив захист лабораторної
4	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає, вимогам; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, необхідний для переважно успішного розв'язання завдань; здійснив захист лабораторних з деякими неточностями у другорядному матеріалі, які виправив самостійно.
3	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено з певними незначними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою в основному відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, необхідний для розв'язання переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
2	Повністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що частково задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які виправив з допомогою викладача.
1	Неповністю виконано програму лабораторної роботи; підготовано, викладено зі значними порушеннями послідовності та оформлено звіт з лабораторної роботи, який за змістом, обсягом, структурою лише частково відповідає вимогам, але визначається неточностями, порушенням логіки; виявив рівень умінь під час виконання завдань лабораторної, що не задовольняють для переважної більшості завдань; здійснив захист зі значними помилками та порушенням послідовності, які не зміг виправити
0	Здобувач(ка) був(ла) відсутнім на лабораторних заняттях та не завантажив(ла) звіт (сертифікат) в Moodle



4.4. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте мету проведення повірки електровимірювальних приладів. Яке значення ця процедура має для забезпечення достовірності та простежуваності результатів вимірювань?
2. Визначте основні критерії добору засобів вимірювальної техніки, які можуть бути використані для повірки цифрового приладу певного класу точності.
3. Поясніть, як особливості конструкції та технічних характеристик цифрового приладу впливають на вибір методики його повірки.
4. Опишіть порядок експериментального визначення відстані квантування цифрового омметра. Які вимоги висуваються до умов та точності таких вимірювань?
5. Наведіть основні етапи проведення повірки цифрового омметра за двома методиками:
 - із заданими значеннями опору,
 - із заданими показаннями приладу.
6. Вкажіть, яким чином визначається абсолютна похибка цифрового омметра за результатами його повірки. На що слід звернути увагу при обчисленнях?
7. Дайте визначення поняттю варіації показань вимірювального приладу. Яке значення цей параметр має для оцінки стабільності вимірювань?
8. Поясніть методику регулювання опору, відтворюваного багатозначною мірою, при проведенні повірки цифрового омметра. Які вимоги пред'являються до точності виставлення?
9. Проаналізуйте особливості застосування різних методів повірки цифрових омметрів. У яких випадках кожна з методик є доцільною?
10. Охарактеризуйте допустимі значення абсолютних похибок для цифрових вимірювальних приладів відповідно до метрологічних норм. Які нормативні документи регламентують ці показники?

4.5. Перелік рекомендованих джерел

1. Гнусов Ю. В., Тулупов В. В., Пересічанський В. М. Метрологія та вимірювання: навчальний посібник / Харк. нац. ун-т внутр. справ. Харків, 2019. 125 с.
2. Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Яцук В. О., Ванько В. М., Бойко Т. Г. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / за ред. проф. Є. С. Поліщука. Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2012. 544 с.
3. Єременко В.С., Монченко О.В. Аналогові та цифрові вимірювальні прилади : Навчальний посібник. / К.:НАУ, 2017. 160 с.



Навчально-методичне видання

Шрамко Юрій Юрійович

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання»

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції