

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

## **МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ**

Методичні рекомендації  
до лабораторних робіт

Чернівці  
Чернівецький національний університет  
2022

Друкується за ухвалою Вченої ради Інституту фізико-технічних  
та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича (Протокол № 1 від 26.01.2022)

**M545** Методи та засоби вимірювань: Методичні рекомендації до лабораторних  
робіт / Укл.: І.В. Фесів, О.В. Кінзерська, О.І. Курек, В.І. Кривецький  
Чернівці : Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича,  
2022. – 25 с.

У даних методичних рекомендаціях наведено роботи лабораторного  
практикуму з курсу «Методи та засоби вимірювань». Зміст лабораторних робіт  
охоплює основні розділи курсу.

Призначена для студентів, що навчаються за спеціальністю  
152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
ОПП «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

УДК 006.91(072)

Навчальне видання  
Методи та засоби вимірювань  
Методичні рекомендації до лабораторних робіт  
Укладачі: Фесів Ігор Васильович,  
Кінзерська Оксана Володимирівна,  
Курек Олена Ігорівна,  
Кривецький Василь Іванович  
Відповідальний редактор Ангельський Олег В'ячеславович.

## ЗМІСТ

Загальні відомості.....	3
Порядок виконання лабораторних робіт.....	4
Будова і робота складових частин лабораторного комплексу 87Л-01.....	5
<b>Лабораторна робота №1.</b> Електричні вимірювання із використанням лабораторного комплексу 87Л-01.....	6
<b>Лабораторна робота №2.</b> Прямі вимірювання напруги та струму аналоговим та цифровим приладами. Визначення методичної похибки вимірів, обумовленої впливом приладів. ....	8
<b>Лабораторна робота №3.</b> Калібрування аналогових амперметрів та вольтметрів.	14
<b>Лабораторна робота №4.</b> Розширення меж вимірювання амперметрів та вольтметрів за допомогою шунтів та додаткових опорів.....	18
<b>Лабораторна робота №5.</b> Вимірювання електричного опору в ланцюгах постійного струму .....	20
<b>Лабораторна робота №6.</b> Непрямий вимір повної потужності в ланцюгах синусоїдального струму з активним, та активно ємнісним навантаженнями.....	22
<b>Лабораторна робота №7.</b> Вимірювання потужності в ланцюгах постійного та змінного струму.....	23
Правила з техніки безпеки.....	25

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.

Лабораторні заняття з курсу «Методи та засоби вимірювань» мають за мету:

- ознайомити студентів з експлуатаційними і метрологічними характеристиками широко розповсюджених електричних вимірювальних приладів;
- прищепити студентам навички користування цими приладами;
- закріпити отримані на лекціях основні поняття про державну метрологічну службу України.

Всі необхідні при виконанні лабораторних робіт формули приводяться в кінцевому вигляді, без доведень, з відповідними посиланнями на теоретичний курс.

Основні метрологічні визначення, термінологія і класифікація вимірювальних засобів співпадають з встановленими стандартами і прийнятими в лекційному курсі.

Прийоми вимірювань в усіх запропонованих роботах в основному базуються на практиці заводських вимірювальних лабораторій і на інструкціях Комітету стандартів, мір і вимірювальних приладів Державного комітету України.

В даних методичних вказівках розглянуті найбільш розповсюджені електричні вимірювальні прилади і методи вимірювання. Знайомство з ними повинно прищепити студентам певні навички в поводженні з вимірювальним обладнанням.

Темою кожної лабораторної роботи є опис вимірювальних засобів і методів вимірювань виробів певної геометричної форми. В кожній лабораторній роботі дається принципова схема і коротка характеристика основних приладів. Описуються прийоми вимірювань на цих приладах. До опису додається рекомендована форма таблиці для запису результатів вимірювань.

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторні роботи студенти виконують побригадно (у кожній бригаді – 2-3 студентів).

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен ознайомитись з її змістом, вивчити теоретичний матеріал за підручником, усвідомити цілі і завдання, поставлені в роботі, ознайомитися з електровимірювальною апаратурою та електричними схемами, підготувати схеми дослідів і таблиці для запису експериментальних даних. Таким чином, до початку занять у лабораторії студент повинен чітко усвідомлювати обсяг, характер і порядок виконання роботи.

Після кожної зміни в схемі її повторне включення можна робити з дозволу викладача.

Розбирати схему електричного кола потрібно після перевірки викладачем експериментальних даних.

На підставі експериментальних даних кожен студент повинен скласти звіт про лабораторну роботу, в якому наводяться:

- номер, найменування і ціль лабораторної роботи;
- технічні і метрологічні характеристики приладів;
- схеми електричних кіл;
- таблиці вимірів, розрахункові формули і приклади обчислень за наведеними формулами;
- графіки і векторні діаграми;
- короткі висновки по роботі.

Схеми, графіки і векторні діаграми виконують за допомогою креслярських інструментів.

Залік по кожній роботі студент здає після виконання роботи і оформлення звіту. Студенти, які не оформили звіт про роботу і не знають теоретичного матеріалу за відповідною темою, до наступної роботи не допускаються.

## Будова і робота складових частин лабораторного комплексу 87Л-01

Функціонально на лабораторному стенді можна виділити чотири частини, між якими здійснюється взаємодія в процесі роботи виробу:

- **генераторна частина** – складається з комплексу генераторних пристроїв (ГНЧ, ГПІ, ГВЧ), що забезпечують вироблення синусоїдальних і прямокутних сигналів;
- **вимірювальна частина** – складається з комплексу вимірювальних приладів, що забезпечують вимірювання електричних параметрів будь-якого блока виробу й досліджуваних схем лабораторно-практичних робіт;
- **досліджувана електрична схема** – утворюється комутуючою панеллю з відповідним набором комплектуючих елементів, згідно з вимогами до лабораторно-практичної роботи;
- **пристрої живлення** – складаються з комплексу джерел живлення, що забезпечують роботу всіх частин виробу.

Генератор прямокутних імпульсів – ГПІ, (рос. ГПИ – генератор прямоугольных импульсов) формує сигнал у вигляді прямокутних імпульсів різної частоти й тривалості. Для запуску генератора ГПІ використовується генератор низьких частот (ГНЧ). Тому для отримання прямокутних імпульсів необхідно, щоб одночасно були ввімкнені ГПІ і ГНЧ. Тривалість сформованих імпульсів регулюється ручкою “Длительность”, діапазон частот устанавлюється перемикачем “Диапазон”.

ГНЧ виробляє синусоїдний сигнал, частота якого регулюється ручкою “Частота”, діапазон устанавлюється ручкою “Диапазон”. Вихідна напруга подається на вихідні подільники (1:1, 1:10, 1:100).

ГВЧ виробляє модульований синусоїдний сигнал високої частоти. Для його роботи також необхідне одночасне ввімкнення ГНЧ.

На панелі ГПІ змонтовано також пристрій (фазометр -  $\phi$ ) для вимірювання фазового зсуву між двома синусоїдними сигналами.

АВМ1 і АВО (АВМ2 і МВ) мають спільний вимірювальний прилад – мікроамперметр ( $\mu A$ ), який перемикається тумблером. АВМ1 (АВМ2) використовується для вимірювання постійних струмів і напруг. АВО використовується для вимірювання постійних напруг і струмів малої величини та резистивних опорів. МВ вимірює змінні напруги. Діапазон вимірюваних величин встановлюється відповідними перемикачами. ВВ (рос. ИВ – измеритель выхода) – пристрій для діагностики працездатності комплексу та вимірювань частоти внутрішнього (ГНЧ) та зовнішнього (ЧМ) сигналу.

Для живлення у лабораторних роботах застосовують стабілізований випрямляч ГН2, випрямлячі ГС (рос. ГТ – генератор тока), ГН1, ГН3 і джерело змінної напруги живлення – ДЖ, (рос. ИП – источник питания). Блоки ГН1, ГН2, ГН3, ГТ та ДЖ вмикаються одночасно із увімкненням комплексу.

**Зауваження:** живлення пристрою АВО в режимі вимірювання опору можна вмикати лише за умови під'єднання до його гнізд вимірюваного опору. Перед початком вимірювань опору необхідно переконатись, що стрілка знаходиться на нульовій позначці (перевірка «електричного» нуля). Для цього слід “закоротити” гнізда, які використовуються для ввімкнення вимірюваного опору; стрілка повинна зупинитись на нульовій позначці.

## ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ 87Л-01

**Мета роботи:** ознайомитись із будовою і принципом дії приладів вимірювальної техніки, що використовуються в лабораторному практикумі, визначити їх основні метрологічні характеристики і застосування для спостереження й вимірювання постійних, періодичних і імпульсних сигналів, засвоїти основні принципи роботи із ними.

**Обладнання:** лабораторний комплекс 87Л-01, осцилограф С1-73, цифровий комбінований прилад (ЦКП), генератор сигналів НЧ ГЗ-112, набір резисторів.

### Програма роботи

1. Ознайомитись із описами лабораторного комплексу 87Л-01, осцилографа С1-73, цифрового комбінованого приладу (ЦКП), генератора сигналів НЧ ГЗ-112.

### 2. Вимірювання постійної напруги

– Встановити задане викладачем значення напруги на генераторі ГН1, контролюючи її величину за допомогою ИВ. Користуючись АВМ1, АВМ2, АВО, осцилографом та ЦКП, виміряти задану напругу. Те ж саме повторити для ГН2. Дані занести в таблицю 1. 1. Пояснити розбіжності в отриманих результатах.

Таблиця 1.1

	ИВ	АВМ1	АВМ2	АВО	С1-73	ЦКП
ГН1 $U, В$						
ГН2 $U, В$						

### 3. Вимірювання опору

– За допомогою АВО та ЦКП виміряти опори п'яти резисторів. Отримані дані занести в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Номінал $R, кОм$					
Вимір. АВО					
Вимір. ЦКП					

#### **4. Вимірювання параметрів гармонічного сигналу**

– Здійснюючи контроль за допомогою ИВ, встановити на виході ГНЧ сигнал заданої частоти. За допомогою МВ і ЦКП виміряти діюче значення напруги сигналу. Користуючись осцилографом, знайти амплітудне значення напруги й частоту сигналу. Зарисувати отриману осцилограму.

#### **5. Визначення частоти гармонічного сигналу із використанням фігур Ліссажу**

– Знайти частоту сигналу, користуючись генератором ГЗ-112. Для цього на вхід вертикальної та горизонтальної розгортки осцилографа подати відповідно сигнали від ГНЧ і генератора ГЗ-112. Зміною частоти генератора ГЗ-112 відшукати таке положення, при якому фігури Ліссажу перетворюються в еліпс. Зарисувати отриману осцилограму. Дані, отримані в п/п 4 і 5, занести в таблицю 1. 3.

Таблиця 1.3

	ИВ	ЦКП	МВ	С1-73	Зовнішній ГНЧ
$U, В$	—				—
$f, кГц$		—	—		

#### **Зауваження:**

1. Всі допоміжні розрахунки повинні бути наведені в робочому зошиті.
2. Структурні схеми комплексу і осцилографа навести в робочому зошиті.
3. Оцінити достовірність результатів вимірювань.



## Лабораторна робота №2

# ПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ТА СТРУМУ АНАЛОГОВИМ ТА ЦИФРОВИМ ПРИЛАДАМИ. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРІВ, ОБУМОВЛЕНОЇ ВПЛИВОМ ПРИЛАДІВ.

### 1.1. Мета роботи

Придбати практичні навички роботи з цифровим вольтметром і електронним амперметром.

Освоїти методику обробки результатів прямих і непрямих вимірів опору.

Навчитися подавати результати вимірів відповідно до ДСТУ ГОСТ 8.207:2008.

### 1.2. Загальні відомості

Результат будь-якого виміру завжди буде відрізнятися від дійсного значення вимірюваної величини. Це розходження являє собою похибку виміру. Залежно від числового виразу розрізняють похибки: абсолютні, відносні і приведені.

Абсолютна похибка

$$\Delta = X - X_{\partial} (\%), \quad (1.1)$$

де  $X$  – показ приладу або результат виміру;  $X_{\partial}$  – дійсне значення вимірюваної величини.

Відносна похибка

$$\delta = \frac{100 \cdot \Delta}{X_{\partial}} (\%). \quad (1.2)$$

Приведена похибка

$$\gamma = \frac{100 \cdot \Delta}{X_n} (\%), \quad (1.3)$$

де  $X_n$  – нормуюче значення, яке для приладів дорівнює кінцевому значенню діапазону вимірів або номінальному значенню вимірюваної величини.

Похибка вимірювального приладу, обумовлена класом точності, і похибка виміру цим приладом фізичної величини не збігаються.

Відносна похибка виміру фізичної величини оцінюється за формулою

$$\delta = \pm \frac{100 \cdot \Delta}{X} = \pm \frac{X_n}{X} \cdot \gamma (\%), \quad (1.4)$$

де  $\gamma$  – гранично допустиме значення основної похибки або клас точності приладу.

Відносна похибка виміру струму, напруги і потужності оцінюється за формулами

$$\delta_I = \pm \gamma_I \cdot \frac{I_H}{I} (\%); \quad (1.5)$$

$$\delta_U = \pm \gamma_U \cdot \frac{U_H}{U} (\%); \quad (1.6)$$

$$\delta_P = \pm \gamma_P \cdot \frac{P_H}{P} (\%), \quad (1.7)$$

де  $\gamma_I, \gamma_U, \gamma_P$  – клас точності відповідного приладу;  $I_H, U_H, P_H$  – кінцевий діапазон виміру величини;  $I, U, P$  – вимірюване значення величини.

При непрямих вимірах відносні похибки оцінюють іншим чином. Визначаючи, наприклад, опір за показами амперметра, вольтметра і ватметра, обчислення виконують за однією з нижченаведених формул

$$R = \frac{U}{I}; \quad (1.8)$$

$$R = \frac{P}{I^2}; \quad (1.9)$$

$$R = \frac{U^2}{P}. \quad (1.10)$$

Відносна похибка виміру опору, відповідно, оцінюється за однією з формул

$$\delta_R = \delta_I + \delta_U; \quad (1.11)$$

$$\delta_R = \delta_P + 2 \cdot \delta_I; \quad (1.12)$$

$$\delta_R = \delta_P + 2 \cdot \delta_U. \quad (1.13)$$

Причин виникнення похибок багато і вони мають як об'єктивний, так і суб'єктивний характер, але у всіх випадках мають дві складові: систематичні похибки, що можуть бути враховані і виключені з результатів вимірів, і випадкові, які не можуть бути виключені з результатів вимірів, але їх можна зменшити застосуванням методів теорії імовірності і математичної статистики при обробці результатів виміру.

У цій роботі при обліку випадкових похибок окремі досліди розглядаються як випадкові величини, розподілені за нормальним законом.

За результатами спостережень необхідно виконати такі операції:

1. Результати спостережень занести до таблиці і виключити з них систематичні і грубі похибки, в результаті чого отримаємо виправлені спостереження, з якими

будемо проводити подальші операції.

2. Визначити середнє арифметичне результатів спостережень, що буде точковою оцінкою дійсного значення вимірюваної величини

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_i + \dots + X_n}{n}. \quad (1.14)$$

3. Обчислити середнє квадратичне відхилення результатів окремих спостережень

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^2}, \quad (1.15)$$

де  $n$  – число спостережень;  $X_i$  – окреме спостереження вимірюваної величини;  $\overline{X}$  – середнє арифметичне.

4. Визначити середнє квадратичне відхилення результатів вимірів

$$\sigma_{\overline{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (1.16)$$

5. Визначити довірчий симетричний інтервал, в який із заданою імовірністю  $P$  попадає дійсне значення вимірюваної величини. Шуканий довірчий інтервал визначається за формулою

$$\Delta X = \pm t_{p,n-1} \cdot \sigma_{\overline{X}} = \pm t_{p,n-1} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.17)$$

де  $t_{p,n-1}$  – коефіцієнт Стюдента, який знаходять з відповідних таблиць залежно від довірчої ймовірності  $p$  і числа ступенів свободи  $(n-1)$ .

6. Записати результат виміру

$$X = \overline{X} \pm \Delta X.$$

### 1.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з цифровим вольтметром і електронним амперметром. Записати технічні і метрологічні характеристики приладів. Технічні дані занести до табл. 1.1.
2. Вивчити порядок роботи з цифровим вольтметром і електронним амперметром.
3. Зібрати електричне коло за схемою (рис. 1.1) і після її перевірки викладачем зняти

15-20 показів вольтметра і амперметра. Напругу змінювати лабораторним автотрансформатором.

Таблиця 1.1-

Технічні та метрологічні характеристики приладів

Найменування приладу	Тип приладу та заводський номер	Верхні межі виміру	Род струму	Частотний діапазон	Система приладу	Дослідна напруга	Вхідний опір	Межа допуску основної похибки
----------------------	---------------------------------	--------------------	------------	--------------------	-----------------	------------------	--------------	-------------------------------

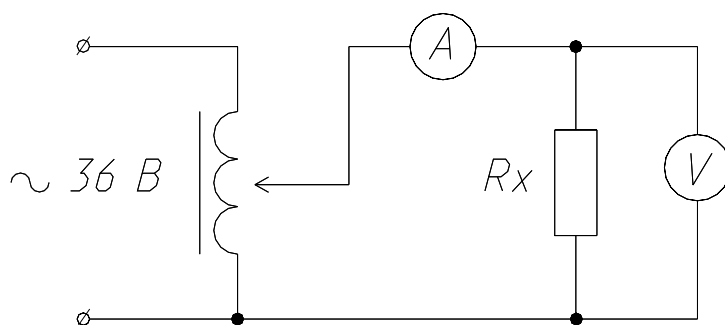


Рисунок 1.1. – Схема електричного кола.

4. За результатами спостережень, використовуючи формули (1.5); (1.6); (1.8); (1.11), обчислити відносні похибки виміру струму, напруги і опору, значення вимірюваного опору. Результати спостережень і розрахунків занести до табл. 1.2, 1.3. Цифровим вольтметром В7-27 зробити прямий замір опору  $R_x$ .

Таблиця 1.2-

Результати спостережень та розрахунків

Номер спостереження	Результати вимірів			Результати вимірів						
	$U_{iex},$ В	$U_{ivui},$ В	$I_i,$ А	$R_{iex},$ Ом	$R_{ivui},$ Ом	$\delta U_{ex},$ %	$\delta U_{vui},$ %	$\delta I,$ %	$\delta R_{ex},$ %	$\delta R_{vui},$ %
1										
2										
⋮										
⋮										
20										

5. Побудувати графіки залежностей

$$\delta_I = F(I); \quad \delta_V = F(V); \quad \delta_R = F(V, I).$$

Проаналізувати і пояснити отримані результати.

6. Використовуючи дані табл. 1.2, за формулами (1.14) і (1.15) знайти середнє ариф-

метичне і оцінку середнього квадратичного відхилення вимірюваного опору. Цю операцію проводити, використовуючи табл. 1.3.

Таблиця 1.3-

Номер спостереження	$R_1$ , Ом		$(R_1 - \bar{R})$ , Ом		$(R_1 - \bar{R})^2$ , Ом	
	ВХ	ВИХ	ВХ	ВИХ	ВХ	ВИХ
1						
2						
:						
:						
20						
	$\frac{\sum}{n} = \bar{R}$				$\sum =$	

7. За формулами (1.16) і (1.17) визначити оцінку середнього квадратичного відхилення результату виміру опору  $R$  і довірчий інтервал  $\Delta R$  при заданій ймовірності  $p = 0,95$ .
8. Записати результат виміру опору
 
$$R = R \pm \Delta R.$$
9. Вимірити той же опір 15-20 разів мостом постійного струму або цифровим омметром і обробити результати вимірів, як було показано вище. Результати спостережень і розрахунків записати до таблиці, яка аналогічна табл. 1.3.
10. Порівняти результати обробки експериментальних даних прямих і непрямих вимірів опору резистора.
11. Для визначення коефіцієнта Стюдента користатися табл. 1.4.

Таблиця 1.4-

Значення коефіцієнта Стюдента

$n - 1$	$p=0,95$	$p=0,99$	$n - 1$	$p=0,95$	$p=0,99$
3	3,18	5,84	10	2,23	3,17
4	2,78	4,60	11	2,20	3,11
5	2,57	4,03	12	2,18	3,05
6	2,45	3,71	13	2,16	3,01
7	2,36	3,50	14	2,14	2,98
8	2,306	3,25	15	2,13	2,95
9	2,26	3,25	16	2,12	2,92
17	2,11	2,90	20	2,08	2,84

#### **1.4. Звіт про роботу**

У звіті повинні бути наведені:

1. Технічні і метрологічні характеристики вимірювальних приладів.
2. Схема електричного кола.
3. Розрахункові формули, таблиці вимірів і обчислень, приклади обчислень за наведеними формулами.
4. Криві залежностей.
5. Стислі висновки по роботі.

#### **1.5. Контрольні запитання**

1. Позначення і одиниці виміру електричних і магнітних величин.
2. Прямі, непрямі і сукупні виміри.
3. Методи виміру.
4. Засоби вимірів, їхня класифікація.
5. Абсолютна, відносна і приведена похибки.
6. Відносні похибки виміру струму, напруги і потужності.
7. Порядок обробки результатів прямих вимірів.
8. Порядок обробки результатів непрямих вимірів.

# Лабораторна робота №3

## КАЛІБРУВАННЯ АНАЛОГОВИХ АМПЕРМЕТРІВ ТА ВОЛЬТМЕТРІВ

### 1.1 Мета роботи

Навчитись робити перевірку технічних електровимірювальних приладів шляхом порівняння їх показів з показами приладів вищого класу точності і робити висновок про степінь придатності приладу до використання.

*Прилади та обладнання, необхідні для виконання роботи*

Таблиця 1

Найменування приладів	Кількість	Технічні характеристики
Електронний амперметр	1 шт.	
Електро-механічний амперметр	1 шт.	
Електронний вольтметр	1 шт.	
Електро-механічний вольтметр	1 шт.	
Повзунковий реостат	1 шт.	
З'єднувальні провідники		

### 1.2 Хід роботи

1. Ознайомитися з обладнанням і приладами, необхідними для виконання роботи, записати їхні технічні характеристики
2. Зібрати електричне коло згідно схеми, приведеної на рисунку 1 та дати перевірити його викладачеві

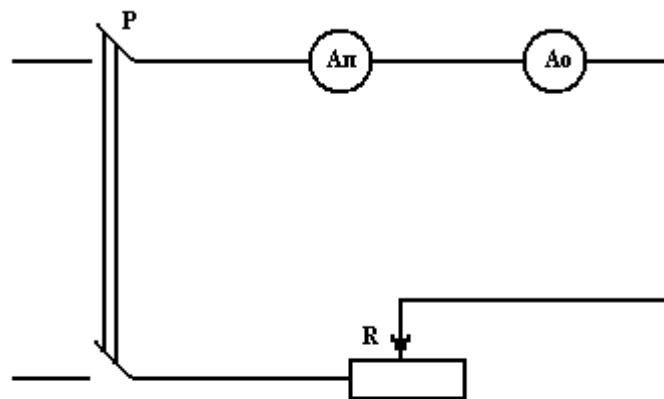


Рисунок 1

3. При повністю введеному опорі реостату включити рубильник Р і, зменшуючи опір реостата, встановити стрілку амперметра, що підлягає повірці, на першу оцифровану поділку шкали. Покази приладів записати в таблицю 2.

Таблиця 2

№ п/п	Покази амперметра, що пovіряється, $I_n$	Покази електронного амперметра			Похибки			Поправка
		При збільшенні струму, $I'$	При зменшенні струму, $I''$	Середнє значення, $I_c$	Абсолютна $\Delta I$	Відносна, $\gamma_I$	Приведена $\gamma_d$	$\delta_I$
	А	А	А	А	А	%	-	А
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

4. У такому ж порядку встановити стрілку амперметра, що підлягає повірці, на всіх наступних поділках шкали. Отримані результати звести в таблицю 2.

5. Дійшовши до верхньої межі вимірювання приладу, поступово зменшувати струм, встановлюючи стрілку амперметра на основних поділках шкали у зворотному порядку. Покази приладів записати в таблицю 2.

6. обчислити середнє значення показів зразкового амперметра як середнє арифметичне між показами при збільшенні та при зменшенні струму в колі на одних і тих же поділках шкали. Обчислити абсолютну похибку  $\Delta I = I_n - I_c$ ,

відносну похибку  $\gamma_I = \frac{\Delta I}{I_c} \cdot 100\%$ , приведену похибку  $\gamma_d = \frac{\Delta I_{max}}{I_n}$ , де  $I_n$  – верхня

межа вимірювання приладу, поправку. Результати обчислень записати в таблицю 2.

7. За одержаними даними побудувати графік поправок для повіряемого амперметра  $\delta = f(I_n)$ .

8. Зробити висновок про придатність приладу до практичного використання.

9. Зібрати електричне коло згідно схеми, приведеної на рисунку 2 та дати перевірити його викладачеві.



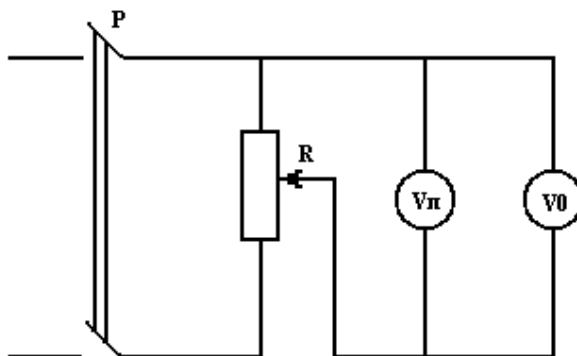


Рисунок 2

10. При повністю введеному опорі реостату включити рубильник Р і, зменшуючи опір реостата, встановити стрілку вольтметра, що підлягає повірці, на першу оцифровану поділку шкали. Покази приладів записати в таблицю 3.

Таблиця 3

№ п/ п	Покази вольтметра, що повіряється, $U_n$	Покази зразкового вольтметра			Похибки			Поправка
		При збільшенні напруги, $U'$	При зменшенні напруги, $U''$	Середнє значення, $U_c$	Абсолютна $\Delta U$	Відносна, $\gamma_U$	Приведена $\gamma_d$	$\delta_U$
	В	В	В	В	В	%	-	В
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

11. У такому ж порядку встановити стрілку вольтметра, що підлягає повірці, на всіх наступних поділках шкали. Отримані результати звести в таблицю 3.

12. Дійшовши до верхньої межі вимірювання приладу, поступово зменшувати напругу, встановлюючи стрілку вольтметра на основних поділках шкали у зворотному порядку. Покази приладів записати в таблицю 3.

13. Обчислити середнє значення показів зразкового вольтметра як середнє арифметичне між показами при збільшенні та при зменшенні напруги на одних і тих же поділках шкали. Обчислити абсолютну похибку  $\Delta U = U_n - U_c$ , відносну

похибку  $\gamma_U = \frac{\Delta U}{U_c} \cdot 100\%$ , приведену похибку  $\gamma_o = \frac{\Delta U_{max}}{U_n}$ , де  $U_n$  – верхня межа

вимірювання приладу, поправку. Результати обчислень записати в таблицю 3.

14. За одержаними даними побудувати графік поправок для повіряє мого вольтметра  $\delta=f(U_n)$ .

15. Зробити висновок про придатність приладу до практичного використання.

16. Оформити звіт про виконану роботу.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Для чого виконується повірка технічних приладів?
2. Які визнаєте похибки в електровимірювальних приладів?
3. Що таке абсолютна похибка?
4. Що таке відносна похибка?
5. Що таке поправка?
6. Що таке клас точності приладу?
7. Як визначається відповідність технічного приладу класові точності, зазначеному на його шкалі?

## РОЗШИРЕННЯ МЕЖ ВИМІРЮВАННЯ АМПЕРМЕТРІВ ТА ВОЛЬТМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ШУНТІВ ТА ДОДАТКОВИХ ОПОРІВ

### 1.1 Мета роботи

Ознайомитись з методикою розрахунку шунтів та додаткових опорів.

Навчитись застосовувати шунти та додаткові опори для розширення діапазону вимірювання амперметрів і вольтметрів.

### 2.1 Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з приладами і обладнанням, необхідними для проведення лабораторної роботи та записати їхні технічні характеристики в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1.

№ п/п	Назва приладу	Технічні характеристики

2. Користуючись вимірювальним мостом виміряти внутрішній опір досліджуваного амперметра і вольтметра, а результати вимірювань записати в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2.

$R_A$ , Ом	$R_V$ , Ом

Примітка. Внутрішній опір досліджуваних приладів може бути вказаний на шкалі приладу, або заданий викладачем, тоді п. 2 даної інструкції виконувати не потрібно.

3. Знаючи номінальний струм досліджуваного амперметра  $I_n$  і величину, до якої потрібно розширити діапазон вимірювання амперметра, обчислити шунтуючий множник  $p$ .

$$p_A = \frac{I}{I_n}$$

4. Знаючи шунтуючий множник і внутрішній опір амперметра, обчисліть опір шунта, який слід приєднати паралельно вимірювальному механізму досліджуваного амперметра для розширення його діапазону в  $p$  разів.

$$R_{ш} = \frac{R_A}{(p_A - 1)}.$$

5. Знаючи внутрішній опір вольтметра та кратність розширення діапазону вимірювання вольтметра визначити опір додаткового резистора  $R_d$ .

$$R_d = \frac{R_v}{(p_v - 1)}.$$

### 3.1 Обробка результатів

1. Результати розрахунків записати в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3.

$I_n, A$	$I, A$	$p_A$	$R_{ш}, Ом$	$p_v$	$R_d, Ом$

2. Зробити висновок про виконану роботу.

## ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

### 1. Мета роботи

Вивчити методику вимірювання електричного опору різними методами; будову і принцип роботи омметра, одинарного моста постійного струму.

### 2. Порядок виконання роботи

*Метод амперметра і вольтметра*

1. Ознайомитися з приладами, необхідними для проведення роботи, записати їх технічні характеристики.

Таблиця 4.1.

№ п/п	Назва приладу	Технічні характеристики

2. Перевірити можливість використання наявної апаратури в даній схемі (рис. 1).

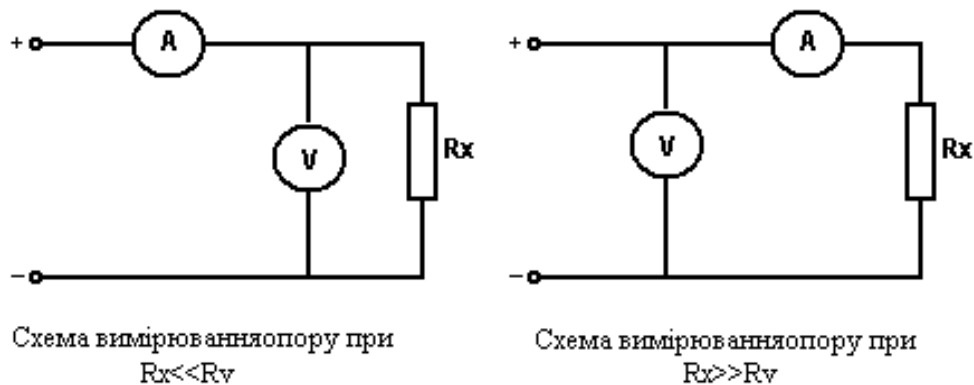


Рисунок 1

3. Зібрати схему, провести вимірювання опору реостата при заданому положенні повзунка. Результати вимірювання занести в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Виміряно омметром	Виміряно методом амперметра і вольтметра		
R, Ом	I, А	U, В	R, Ом

*Вимірювання опору мостом постійного струму*

1. Ознайомитися з приладами, необхідними для проведення роботи, записати їх технічні характеристики.
2. Перевірити можливість використання наявної апаратури в даній схемі (рис. 2)

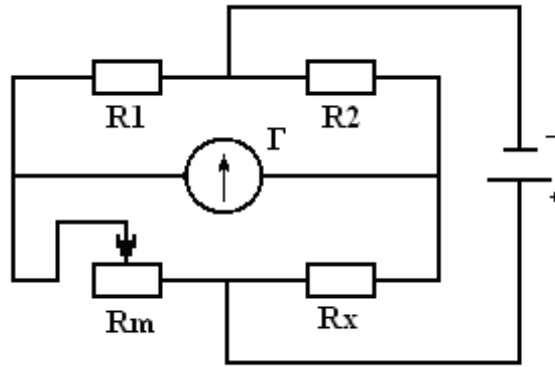


Рисунок 2

3. За допомогою моста постійного струму виміряти опір кожного з двох даних резисторів. Результати записати в таблицю.
4. З'єднати резистори послідовно та виміряти їх еквівалентний опір.
5. З'єднати резистори паралельно та виміряти їх еквівалентний опір.
6. Виміряні значення опорів у п. 4 та 5 перевірити шляхом обчислення згідно формул:

$$R_x' = R_{x1} + R_{x2} \quad R_x'' = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}$$

7. Результати обчислень записати в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

№ п/п	$R_{x1}$ , Ом	$R_{x2}$ , Ом	Послідовне з'єднання		Паралельне з'єднання	
			$R_x$ , Ом	$R_x'$ , Ом	$R_x$ , Ом	$R_x''$ , Ом

### Вимірювання опору омметром

1. Ознайомитися з приладами, необхідними для проведення роботи, записати їх технічні характеристики.
2. Перевірити можливість використання наявної апаратури в даній схемі (рис. 3)

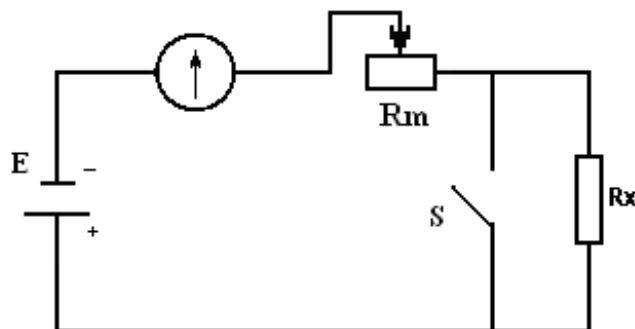


Рисунок 3. Принципова схема омметра

3. Зібрати схему, провести вимірювання опору реостата при заданому положенні повзунка. Результати вимірювання занести в таблицю 1
4. Зробити висновок щодо виконаної роботи та оформити звіт.

**Лабораторна робота № 6**  
**НЕПРЯМИЙ ВИМІР ПОВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЛАНЦЮГАХ**  
**СИНУСОЇДАЛЬНОГО СТРУМУ З АКТИВНИМ, ТА АКТИВНО**  
**ЄМНІСНИМ НАВАНТАЖЕННЯМИ**

**Мета:** вивчити методику непрямого вимірювання потужності в колах змінного струму з активним та ємнісним навантаженням.

**За допомогою приладу комбінованого Ф 4320**

1. Приєднати конденсатор до затискачів прилада.
2. Поставити перемикач на діапазон –  $\mu\text{F}$ .
3. Натиснути кнопку С.
4. Зняти покази зі шкали  $\mu\text{F}$
5. Отримане значення записати в табл.2.

**. За даними електричних вимірювань.**

**Хід роботи**

- 1.Скласти схему, приведену на рисунку 2.

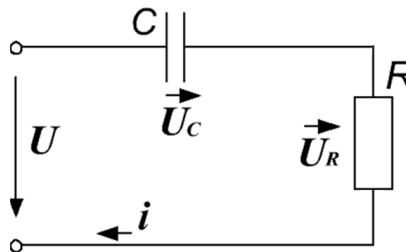


Рис.2. Схема досліду.

- 2.Задати на вході схеми напругу  $U, \text{В}$  із частотою  $f=1 \text{ кГц.}$ .
- 3.Виміряти падіння напруги на елементах схеми  $U_R, U_C$ , і загальний струм  $i$ .  
Отримані дані записати в табл.2.

Табл.2.

$U, \text{В}$	$U_R, \text{В}$	$U_C, \text{В}$	$i, \text{А}$	$C_{\text{ном.}}, \text{мкФ}$	$C_{\text{вим.}}, \text{мкФ}$	$C_{\text{експ.}}, \text{мкФ}$	$P, \text{В}\cdot\text{А}$
0,79	0,74	0,26		0,47			

4. За даними вимірювань розрахуйте величину ємності конденсатора.

а)  $Z = \frac{U}{i}$ ; Із формули  $Z^2 = R^2 + X_C^2$  знаходимо  $X_C$ .

б) Із формули  $X_C = \frac{1}{\omega C}$  знаходимо  $C$ .  $C_{\text{експ}} = \frac{1}{X_C \cdot \omega}$ , де  $\omega = 2\pi f$ .

5. Обчисліть повну потужність у колі та запишіть у таблицю 2

$$P = U \cdot i$$

Зробити висновок.

## ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМУ

**Мета:** Вивчити методику вимірювання потужності в однофазних колах з використанням трансформаторів струму

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для вимірювання потужності в низьковольтних колах з великими струмами проводиться з використанням трансформаторів струму. Первинна обмотка трансформатора струму, виводи якої позначають Л1 та Л2, включається у вимірюване коло послідовно. До вторинної обмотки, виводи якої позначені И1 та И2, послідовно підключають амперметр та послідовну обмотку ватметра (рис. 1).

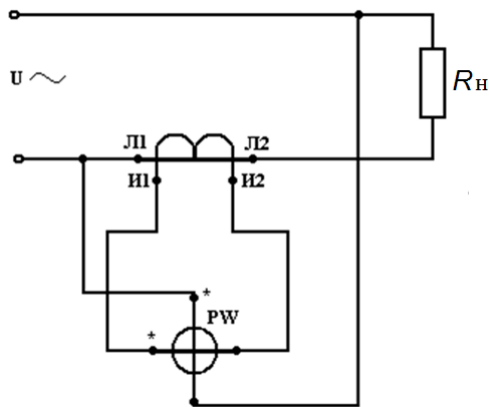


Рис.1.

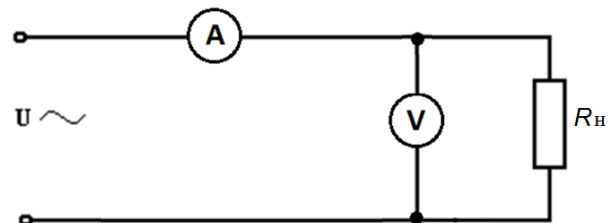


Рис.2

За показами приладів, увімкнених у вторинну обмотку трансформатора, можна визначити значення вимірюваних величин. Для цього їх покази потрібно помножити на дійсний коефіцієнт трансформації, який для трансформатора струму визначається:

$$K_I = \frac{I_1}{I_2}.$$

Дійсний коефіцієнт трансформації трансформатора струму зазвичай невідомий, оскільки він залежить від режиму роботи трансформатора, характеру і значення опору навантаження вторинного кола, частоти струму. тому покази приладів множать на номінальний коефіцієнт трансформації. Він вказується на щитку приладу у вигляді дробу, чисельник якого є номінальним значенням первинної, а знаменник – вторинної величини.



## ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитися з приладами, необхідними для проведення роботи, записати їх технічні характеристики.
2. Перевірити можливість використання наявної апаратури в даній схемі (рис. 2).
3. Провести вимірювання та записати результати в таблицю.
4. Зробити висновки.

$$R_H = 200 \text{ Ом}$$

№	$E, \text{В}$	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$P_1, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$	$P_W, \text{Вт}$
1	13,5	10,8	0,05			
2	23,5	19,6	0,1			
3	30,2	30	0,158			

$$P_1 = U \cdot I \qquad P_2 = I^2 \cdot R_H = \frac{U^2}{R_H} \qquad r_{BH} = \frac{E-U}{I}$$

Вимірювання ватметром

Діапазон шкали  $D=75$

Положення перемикачів	$P_{W1}$ (0,05А; 37,5 В)	$P_{W2}$ (0,1А; 37,5 В)	$P_{W3}$ (0,1А; 75 В)
Кількість поділок шкали	25	45	45
Ціна поділки			

$$\text{Ціна поділки} = \frac{I \cdot U}{D}$$

Зробити висновок щодо виконаної роботи та оформити звіт.

## ПРАВИЛА З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які пройшли інструктаж з правил техніки безпеки і освоїли основні правила безпечної роботи з електричними установками напругою до 50 В із записом про це в спеціальному журналі.

Значення напруги, якими студент оперує при аналізі кіл, не становлять небезпеки для життя людини. Усі джерела живлення мають захист від перевантажень. Однак з огляду на те, що все обладнання лабораторії підключене до живильної мережі 220 В, слід дотримуватися таких правил безпеки:

1. При роботі зі стендами забороняється:
  - доторкатися до труб опалювальної системи;
  - самостійно включати схеми під напругою;
  - відключати заземлення вимірювальних приладів;
  - захарашувати робоче місце сумками, одягом і т.п.;
  - переходити з одного робочого місця на інше, залишати без нагляду схему, що знаходиться під напругою.
2. При виявленні несправності використовуваного обладнання, а також при виникненні будь-яких відхилень у роботі кола негайно відключити схему від джерела живлення і сповістити про це викладачеві.
3. При наявності в схемі конденсаторів треба при відключенні схеми від джерела живлення розряджати їх шляхом короткого замикання ізольованих проводом затискачів конденсатора.
4. По закінченні роботи виключити живлення стенда і вимірювальних приладів.
5. Якщо в лабораторії стався нещасний випадок, негайно відключити живлення лабораторії, надати потерпілому першу допомогу і повідомити про те, що трапилося, викладачеві.

Навчальне видання  
Методичні рекомендації до лабораторних робіт  
**“Методи та засоби вимірювань ”**  
Укладачі: Фесів Ігор Васильович  
Кінзерська Оксана Володимирівна,  
Курек Олена Ігорівна,  
Кривецький Василь Іванович

Відповідальний редактор Ангельський Олег В'ячеславович