

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**2957 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З КУРСІВ «МЕТРОЛОГІЯ», «МЕТРОЛОГІЯ І ВИМІРЮВАННЯ»,  
«ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНА  
ТЕХНІКА»

для студентів електротехнічних спеціальностей  
денної і заочної форм навчання

ЧАСТИНА II

Суми  
«Видавництво СумДУ»  
2010

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсів «Метрологія», «Метрологія і вимірювання», «Основи метрології та електровимірювальна техніка», частина II/укладач Б.К. Лопатченко.- Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 33 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

### «Вимірювання за допомогою електронного осцилографа»

#### 3.1 Мета роботи

3.1.1 Вивчити будову і принцип дії електронного осцилографа за структурною схемою.

3.1.2 Навчитися готувати осцилограф до роботи.

3.1.3 Отримати практичні навички у використанні осцилографа для електричних вимірювань.

#### 3.2 Установка, прилади та інструмент

Лабораторна установка включає електронний осцилограф універсальний С1-83 і два генератори частот.

Установка живиться від мережі напругою 220 В, частоти 50 Гц. Як вимірювальний прилад електронний осцилограф повинен мати досить малі похибки. Для цього у схемі осцилографа передбачені пристрої, що забезпечують стабільність його характеристик, корекцію амплітудних і фазових похибок, періодичне калібрування чутливості і масштабу часу та інші заходи, що поліпшують метрологічні характеристики приладу. Центральним вимірювальним вузлом осцилографа є електронно-променева трубка.

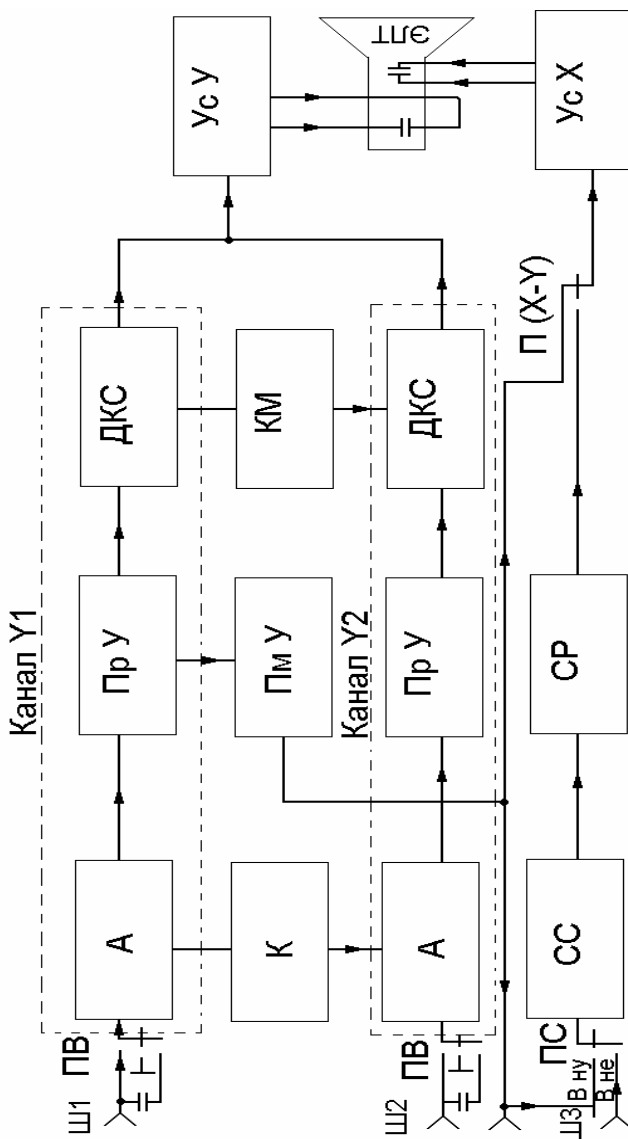
Осцилограф, структурна схема якого зображена на рис. 3.1, має такі основні функціональні вузли:

$Y_1(Y_2)$  - перший і другий канали підсилювача вертикального відхилення;

$Ш_1(Ш_2)$  - вхідні гнізда каналів вертикального відхилення;

$Ш_3$  - вихідне гніздо для зняття сигналу з проміжного

підсилювача.



Рисунк 3.1

*Ш<sub>4</sub>* - гніздо для подачі зовнішнього синхронізуючого сигналу;

*ПВ* - перемикач важільний вхід каналів підсилювача вертикального відхилення;

*ПС* - перемикач кнопковий джерела синхронізації (внутрішня, зовнішня);

*П (X-Y)* - перемикач входу підсилювача горизонтального відхилення (вхід підсилювача відключається від схеми розгортки і підключається до першого каналу підсилювача вертикального відхилення);

*A* - атенюатор (вхідний подільник напруги);

*ПрУ* - попередній підсилювач;

*ДКС* - діодна ключова схема;

*K* - калібратор;

*KM* - комутатор;

*ПмУ* - проміжний підсилювач;

*УсУ* - підсилювач вертикального відхилення;

*УсХ* - підсилювач горизонтального відхилення;

*СС* - схема синхронізації;

*СП* - схема горизонтальної розгортки;

*ЕПТ* - електронно-променева трубка.

### 3.3 Порядок виконання роботи

#### 3.3.1 Вказівки щодо заходів безпеки

3.3.1.1 До роботи з осцилографом допускаються особи, які ознайомилися з технічним описом та інструкцією з експлуатації, а також пройшли інструктаж з техніки безпеки.

У приладі є напруги, небезпечні для життя.

### 3.3.1.2 Категорично забороняється:

підключати та відключати вимірювальні прилади для контролю напруг мінус 1500 В, + 4000 В, змінної напруги 6,3 В під потенціалом мінус 1500 В при включеному осцилографі;

торкатися вимірювальним приладом до розділових конденсаторів;

працювати з приладом при знятому захисному кожусі.

3.3.1.3 Усі перепайки необхідно проводити тільки при вимкненому тумблері "ЖИВЛЕННЯ", а при перепайках у схемі блока живлення і на лицьовій панелі приладу виймайте вилку шнура живлення.

3.3.1.4 При вимірюваннях у схемі живлення ЕПТ користуйтеся високовольними пробниками, оскільки у схемі є висока напруга.

Пам'ятайте, що ця напруга зберігається після вимкнення приладу впродовж 3-5 хвилин.

3.3.1.5 Забороняється вставляти і виймати вилку мережного кабелю з мережі при включеному тумблері "ЖИВЛЕННЯ".

3.3.1.6 Перед включенням приладу в мережу необхідно заземляти затискач захисного заземлення, позначений символом "⊕".

### 3.3.2 Підготовка осцилографа до роботи

3.3.2.1 Пам'ятайте, що прилад може житися від мережі напругами 220 В або 115 В частотою 400 Гц від мережі напругою 220 В частотою 50 Гц і від джерела постійної напруги 27 В.

Напруга мережі в лабораторії 220 В, 50 Гц, тому перед включенням приладу переконайтесь у відповідності положень тумблера напруги мережі, який розміщений на задній стінці приладу. Тумблер "⎓", "⎚" включіть у положення "⎚".

3.3.2.2 Увімкніть тумблер "ЖИВЛЕННЯ" на передній панелі

приладу. При цьому повинна загорітися сигнальна лампочка. Дайте пристрою прогрітися впродовж 2-3 хвилин.

Виконайте вимоги параграфу 9.3 ТО і ІЕ осцилографа ІС-83.

Підготуйте до роботи генератори сигналів (під керівництвом викладача).

Розпочинайте проводити вимірювання.

3.3.3 Проведення вимірювань.

3.3.3.1 Перевірка коефіцієнта відхилення вертикального каналу і перевірка калібрування тривалості розгортки.

Установіть перемикачі входу " $\approx \perp \sim$ " у положення " $\approx$ "

1. Для калібрування коефіцієнта відхилення встановіть перемикачі " $V / ДЕЛ$ " у положення " $\blacktriangledown 6ДЕЛ$ ". Ручки " $\blacktriangleright$ " встановіть у крайнє праве положення. Перемикач роду роботи підсилювача установіть у положення "І". При цьому величина зображення сигналу на екрані ЕПТ повинна бути такою, що дорівнює 6 поділкам.

Якщо величина зображення сигналу не дорівнює 6 поділкам, то потенціометром " $\blacktriangledown$ ", виведеним під шліц на передню панель, установіть величину зображення по вертикалі, що дорівнює 6 поділкам.

Калібрування коефіцієнта відхилення другого каналу зробіть в положенні перемикача роду роботи підсилювача "ІІ" аналогічно п. 1 за допомогою потенціометра " $\blacktriangledown$ ", що відноситься до другого каналу, виведеного на передню панель під шліц.

2. Для калібрування тривалості розгортки встановіть перемикач « $V / ДЕЛ$ » каналу "І" у положення " $\blacktriangledown 6ДЕЛ$ ".

Перемикач розгортки «ВРЕМЯ/ДЕЛ» установіть у положення "Іm S", а ручку плавного регулювання поверніть праворуч до упору.

Перемикач роду роботи підсилювача встановіть у положення "І" і на екрані ЕПТ руюкотякою потенціометра "РІВЕНЬ" добийтеся

сталого зображення.

За допомогою ручки " $\leftrightarrow$ " вирівняйте один із фронтів імпульсу на початковій ділянці розгортки з першою вертикальною лінією на екрані ЕПТ.

Відрахуйте десять періодів сигналу калібратора і потенціометром " $\blacktriangledown \times 1$ " (права стінка приладу) добийтеся, щоб десятий період збігався з десятою вертикальною лінією шкали на екрані ЕПТ.

Установіть ручку перемикача " $\times 1, \times 0.2$ ", з'єднану з ручкою потенціометра " $\leftrightarrow$ ", в положення " $\times 0.2$ ".

Переключіть перемикач розгортки в положення " $5mS$ " і за допомогою потенціометра " $\blacktriangledown \times 0.2$ " (права стінка приладу) добийтеся, щоб десять періодів сигналу калібратора збіглося з десятима поділками шкали екрана ЕПТ.

3.3.3.2. Вимірювання амплітудних та миттєвих значень сигналів.

Від генератора сигналів (амплітуди сигналів задаються викладачем) подайте сигнал на вхідне гніздо одного з каналів.

Установіть перемикач роду роботи підсилювача на потрібний канал.

Поставте перемикачі " $V / ДЕЛ$ " і " $\times 1, \times 10$ " в таке положення, щоб амплітуда зображення становила більше половини шкали.

Поставте перемикач входу " $\approx \perp \sim$ " у положення " $\sim$ ", а перемикач " $\mathcal{L}$ " - в положення " $\text{—}$ ", а ручку " $\triangleright$ " - у правий край.

Ручкою "РІВЕНЬ" установіть стійке зображення.

Ручкою вертикального зміщення сигналу " $\updownarrow$ " добийтеся збігу мінімального рівня сигналу з однією з нижніх ліній сітки, а максимальний щоб знаходився в межах екрана.

Ручкою " $\leftrightarrow$ " горизонтального зміщення сигналу добийтеся,



щоб один із верхніх піків досліджуваного сигналу знаходився на вертикальній середній лінії шкали.

Виміряйте відстань у поділках між нижньою та верхньою точками сигналу та помножьте його на показання перемикачів "*V / ДЕЛ*" і " $\times 1, \times 10$ ", потім розрахуйте величину амплітуди сигналу.

Результати занесіть у таблицю I.

Приклад.

При вимірюванні амплітуди синусоїдального сигналу розмах вертикального відхилення склав 6,5 поділки, перемикач "*V / ДЕЛ*" знаходився в положенні - "*5mV*", а перемикач " $\times 1, \times 10$ " - в положенні " $\times 10$ ". Амплітуда напруги визначається як:

$$U_m = \frac{6.5 \text{ дел} \cdot 5 \text{ mV} \cdot 10}{2} = 162.5 \text{ mV}$$

Таблиця I.

Пор. ном.	Напруга			
	1	2	3	4
U, В				

Вимірювання миттєвих значень досліджуваних сигналів виконується аналогічно, але щодо лінії розгортки, яка розміщена на контрольній лінії сітки. Відстань у поділках шкали визначається між контрольною лінією і точкою на лінії сигналу, в якій потрібно виміряти напругу.

Отриманий результат помножується на показання перемикачів "*V / ДЕЛ*" та " $\times 1, \times 10$ ".

### 3.3.3.3 Вимірювання тривалості сигналу між двома точками.

Від генератора сигналів подайте послідовно три сигналу (тривалість задається викладачем) на вхідне гніздо одного з каналів.

Перемикач входу "  $\approx \perp \sim$  " поставте в положення "  $\approx$  ".

Потенціометр плавного регулювання розгортки "  $\triangleright$  " установіть у крайнє праве положення.

Поставте перемикач " *V / ДЕЛ* " у таке положення, щоб зображення сигналу на екрані ЕПТ становило 5-7 поділок.

Установіть перемикач " ВРЕМЯ/ДЕЛ " у таке положення, при якому відстань між вимірюваними точками буде менше 10 поділок.

Ручкою "РІВЕНЬ" добийтеся сталого зображення сигналу на екрані ЕПТ.

Ручкою "  $\updownarrow$  " добийтеся, щоб точки, між якими вимірюється час, знаходилися на горизонтальній центральній лінії, а ручкою "  $\leftrightarrow$  " ліву точку зображення вирівняйте з крайньою лівою лінією сітки.

Виміряйте горизонтальну відстань між точками і помножьте її на коефіцієнт розгортки і положення перемикача "  $\times 1, \times 0.2$  ".

Приклад. Відстань між точками склала 8,5 поділки, перемикач " ВРЕМЯ/ДЕЛ " має значення " *0.2mS* ", а перемикач "  $\times 1, \times 0.2$  " - в положенні "  $\times 1$  ".

Тривалість сигналу визначиться як

$$t = 8.5 \cdot 0.2 \cdot 1 = 1.7 \text{ мс}$$

Дані зведіть у таблицю 2.

Таблиця 2.

Пор. ном.	Напруга		
	1	2	3
<i>t</i>			

### 3.3.3.4 Вимірювання частоти періодичних сигналів.

У цьому досліді зробимо перевірку шкали генератора

звукових частот Г-1, для чого:

- увімкніть тумблер "ЖИВЛЕННЯ" на передній панелі генератора Г-1 і дайте йому прогрітися впродовж 15 хв. і за шкалою встановлюйте частоти відповідно до таблиці 3;

- виміряйте тривалість часу одного періоду сигналу, як зазначено в п. 3.3.3.3, розрахуйте частоту, що генерується, та визначте відносні похибки вимірювання.

Дані зведіть у таблицю 3.

Таблиця 3

$f$ вим.Гц	1000	1500	1900	2700	6000	10000
T,с						
$f$ ген.Гц						
$\delta$ ,%						

3.3.3.5. Вимірювання кута зрушення фаз між двома сигналами однієї частоти

Установіть перемикачі " $\approx \perp \sim$ " в однакове положення залежно від типу сигналу, що подається.

Перемикач роду роботи установіть у положення "... " або " $\rightarrow \rightarrow$ ". Режим "...", як правило, застосовується при низькочастотних сигналах.

Перемикач синхронізації встановіть у положення "Внутр.І."

Подайте опорний сигнал від Г-І на вхід каналу І, а порівнюваний від генератора Г-2 - на вхід каналу ІІ. Опорний сигнал повинен передувати в часі від сигналу, який досліджується.

Якщо сигнали протилежної полярності, то перемикачем " $\perp, \sim$ " інвертується сигнал.

Перемикачами "V / ДЕЛ" і ручками "▷" обох каналах установіть ідентичні зображення 6-7 поділок за амплітудою, а ручний "РІВЕНЬ" - стале зображення.


Перемикач "ВРЕМЯ/ДЕЛ" встановіть на швидкість розгортки, яка забезпечує один цикл сигналів на екрані і ручками "↕" перемістіть зображення сигналів до центра градуйованої лінії сітки екрана.

Виміряйте період опорного сигналу  $T_1$  і різницю по горизонталі між відповідними точками  $T_2$  в поділках шкали.

Фазовий зсув обчисліть за формулою

$$\varphi = \frac{T_2}{T_1} \cdot 360^\circ.$$

### 3.3.3.6. Практичне використання каналу Z

Універсальні осцилографи мають додатковий канал Z для керування яскравістю плями. Канал Z, як і канали X і Y осцилографа, має свій підсилювач і вхідний затискач на задній стінці  Z для подачі сигналу, який модулює промінь за яскравістю.


Яскравісна модуляція використовується для отримання потрібної інформації про досліджувані сигнали (частоти, фази та ін.).

Від генератора Г-І подайте сигнал на вхідне гніздо одного з каналів і перемикач режиму роботи підсилювача установіть на потрібний канал.

Перемикачі "V / ДЕЛ" і "×1,×10" - в таке положення, щоб амплітуда зображення становила більше половини шкали.

Ручкою "Рівень" добийтеся сталого зображення, а перемикачем " ВРЕМЯ/ДЕЛ" - одного, двох періодів досліджуваного сигналу на екрані електронно-променевої трубки.

Гніздо виходу калібратора " $\ominus \cdot \mu |V| kHz$ ", яке розміщене на лівій боковій стінці осцилографа, з'єднайте з гніздом " $\ominus Z$ ".

Ручкою " " на передній панелі осцилографа відрегулюйте яскравість плями модуляції.

Підрахуйте число яскравості позначок за період досліджуваного сигналу і визначте його період

$$T_c = \frac{n}{f_M},$$

де  $T_c$  - період досліджуваного сигналу;

$n$  - кількість яскравості міток на досліджуваному сигналі за його період:

$$f_M - \text{частота модулюючого сигналу } f_M = 1 \text{кГц} .$$

Зніміть на кальку з екрана ЕПТ осцилограму експерименту.

### 3.4. Питання для контролю і самоперевірки

3.4.1. Поясніть будову і принцип дії осцилографа ІС-83 за структурною схемою (рис. 3.1).

3.4.2. Поясніть створювання фігур на екрані ЕПТ при подачі на пластини "Y" синусоїдної напруги, а на пластини "X" пилоподібної напруги.

3.4.3. Поясніть створення фігур на екрані ЕПТ при подачі на пластини "X" і "Y" синусоїдної напруги.

3.4.4. Поясніть метод вимірювання амплітуди і миттєвих значень сигналів.

3.4.5. Поясніть метод вимірювання тривалості і частоти сигналів

3.4.6. Принцип синхронізації і його необхідність.

3.4.7. Умова нерухомості зображення.

3.4.8. Необхідність калібрування осцилографа і її суть.

3.4.9. Призначення і сутність практичного використання каналу "Z" (наведіть приклади).

3.4.10. Поясніть за структурною схемою і отримайте практично зображення кола на екрані ЕПТ.

Література

[ 1, с. 186-192; 2, с. 175-183, 414-418; 3; 171-186; 4, с. 14-17, 44-53 ]

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### «Вимірювання опорів»

#### 4.1 Мета роботи

4.1.1 Ознайомиться з будовою і правилами експлуатації омметрів, мегомметрів, одинарних і одинарно-подвійних мостів постійного струму.

4.1.2 Отримати практичні навички в реалізації методів вимірювання опорів на постійному струмі.

4.1.3 Отримати практичні навички в підготовці до вимірювань та експлуатації омметрів, мегомметрів, урівноважених мостів постійного струму.

#### 4.2 Установка, прилади та інструмент

Установка включає три групи приладів для вимірювання опорів на постійному струмі.

4.2.1 Омметр типу М371 для визначення опору обмоток трансформатора статора асинхронного двигуна, зразкових опорів.

4.2.2 Мегомметр типу М1102/1 для вимірювання опору розімкнутих контактів реле, ізоляції обмоток трансформатора, статора асинхронного двигуна.

4.2.3 Одинарно-подвійний міст Р329 для вимірювання дуже малих опорів: замкнутих контактів реле, шунтів до амперметра, відрізків провідників. З метою розширення можливостей подвійні мости конструктивно поєднуються з одинарними.

#### 4.3 Порядок виконання роботи

У лабораторній роботі вимірюються опори елементів електричних ланцюгів. Вони умовно характеризуються такими величинами:

- дуже малими опорами - до 0,01 Ом;
- малими опорами - до 1 Ом;
- середніми опорами - до  $10^5$  Ом;
- великими опорами - більше  $10^5$  Ом.

Шунти, замкнуті контакти реле, короткі відрізки провідників, шини характеризуються досить малими опорами.

Малими опорами характеризуються струмові обмотки вимірювальних приладів і апаратів, якірні обмотки електричних машин.

Обмотки напруги вимірювальних приладів, обмотки збудження електричних машин, лінії передачі енергії характеризуються середніми опорами.

Опори ізоляції дротів, вимірювальних приладів, апаратів, електричних машин належать до великих опорів.

Залежно від величини опору і необхідної точності результату вимірювання застосовують різні методи вимірювання:

непрямий метод амперметра - вольтметра (досліджується в лабораторній роботі 1);

прямий метод базується на застосуванні приладів безпосередньої оцінки - омметрів, мегомметрів;

метод порівняння базується на застосуванні одинарно-подвійних мостів і компенсаторів.

#### 4.3.1 Вимірювання опорів омметром

У лабораторній роботі для вимірювання середніх і великих опорів використовується однорамковий омметр М371. Як джерело живлення в ньому використовуються сухі елементи. На рис. 4.1 наведено дві можливі схеми однорамкового омметра.



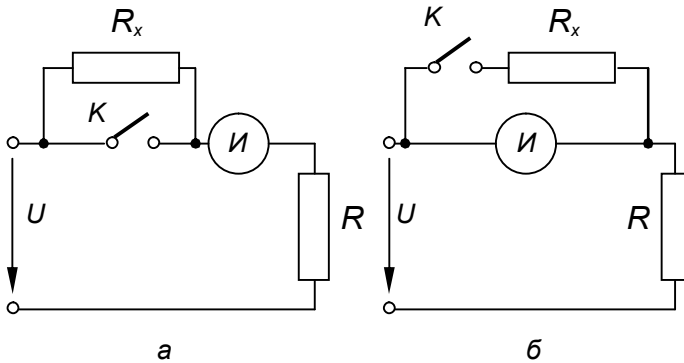


Рисунок 4.1

У схемі рис. 4.1.а опір  $R_x$  що вимірюється, з'єднано послідовно з вимірювальним механізмом «И». При  $R_x = 0$ , що рівносильне замкнутому ключу К, кут відхилення покажчика буде найбільшим, а при розімкнутому ключі К і опорі  $R_x = \infty$  відхилення покажчика не відбудеться. При цьому на шкалі нуль буде праворуч, а максимальне значення (нескінченність) - зліва. Шкалу приладу градуюють в опорах, і вона має нерівномірний характер.

У схемі рис. 4.1.б вимірюється опір  $R_x$ , який з'єднано паралельно з вимірювальним механізмом «И». Якщо провести аналогічні міркування, що і до схеми рис.4.1.а, можна довести, що шкала приладу має нуль ліворуч, а верхня межа вимірювання (нескінченність) - праворуч. Шкала градуюється в опорах і також має нерівномірний характер.

4.3.1.1 За зовнішнім виглядом шкали омметра М371 визначте і доведіть за якою із розглянутих схем вона виконана. Зобразіть схему у звіті.

Шляхом проведення експерименту з омметром підтвердіть

отримані висновки. Поясніть, чому шкали омметрів мають нерівномірний характер?

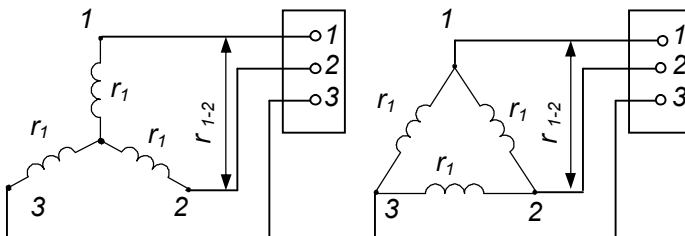
4.3.1.2 Омметром типу М371 заміряйте опори обмоток трансформатора, статора асинхронного двигуна, зразкового опору.

Попередньо омметр необхідно підготувати до роботи. Враховуючи, що в приладах як джерела живлення застосовуються батарейки сухих елементів, напруга яких з часом змінюється, необхідно мати пристрій, що усуває вплив зміни напруги на результати вимірювання. Таким пристроєм є змінний резистор. При  $R_x = 0$  за допомогою змінного резистора встановить показчик на нуль і приступайте до вимірювань.

Опори обмоток трансформатора і зразкового резистора заміряйте, використовуючи вид вимірювань - прямі.

Опори обмоток статора трифазного асинхронного двигуна заміряйте, використовуючи вид вимірювань - сукупні.

З'єднання обмоток всередині двигуна може бути виконано (за завданням викладача) зіркою або трикутником. До затискачів на щитку двигуна виводяться тільки початки 1-ї, 2-ї, 3-ї фаз його обмоток (рис.4.2). У такому випадку можна виміряти опори тільки між затискачами  $r_{1-2}, r_{2-3}, r_{1-3}$ , а потім за формулами (а) для зірки і (б) для трикутника нараховуються опори обмоток кожної фази  $r_1, r_2, r_3$ .



а)

б)

Рисунок 4.2

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= \frac{r_{1-2} + r_{1-3} - r_{2-3}}{2} \\ r_2 &= \frac{r_{1-2} + r_{2-3} - r_{1-3}}{2} \\ r_3 &= \frac{r_{2-3} + r_{1-3} - r_{1-2}}{2} \end{aligned} \right\} , \quad \text{а)}$$

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= \frac{2r_{2-3} \cdot r_{1-3}}{r_{2-3} + r_{1-3} - r_{1-2}} - \frac{r_{2-3} + r_{1-2} - r_{1-2}}{2} \\ r_2 &= \frac{2r_{1-2} \cdot r_{1-3}}{r_{1-3} + r_{1-2} - r_{2-3}} - \frac{r_{1-3} + r_{1-2} - r_{2-3}}{2} \\ r_3 &= \frac{2r_{1-2} \cdot r_{2-3}}{r_{1-2} + r_{2-3} - r_{1-3}} - \frac{r_{1-2} + r_{2-3} - r_{1-3}}{2} \end{aligned} \right\} . \quad \text{б)}$$

Середньоарифметичне значення опору обмотки однієї фази

$$r_{CP} = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

не повинне відрізнятись від розрахункових значень опорів більш ніж на 2%.

Результати дослідів занести до таблиці 1.

Таблиця 1

Тип обмот. Δ(Y)	Виміряне, Ом			Обчислено, Ом			
	$r_{1-2}$	$r_{1-3}$	$r_{2-3}$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$\delta, \%$

Зробити висновки про придатність обмоток.

#### 4.3.2 Вимірювання опорів мегомметрами.

Для вимірювання великих опорів застосовують омметри, які називають мегомметрами.

У досліді використовується мегомметр типа М1101/2 вимірником у якому служить магнітоелектричний логометр. Кут відхилення рухомої частини мегомметра залежить від відношення струмів в обмотках рамок і не залежить від величини напруги джерела живлення, що не вимагає попередньої установки нуля, як в однорамкових омметрах.

Принципова схема мегомметра М1101/2 наведена на рис.4.3. Двополюсний перемикач П дозволяє перемикати прилад з послідовної схеми ( $M\Omega$ ) на паралельну ( $K\Omega$ ), відповідно шкала приладу має два ряди відміток. Для відведення струмів витоку від вимірювального механізму, а також для запобігання впливу опору ізоляції між затискачами Л (лінія) і З (земля) в приладі є металевий екран навколо затискача Л, з'єднаний із затискачем Е і одним з полюсів індуктора.

Вимірюваний опір підключається до затискачів Л і З.

Вбудоване в прилад джерело живлення – індуктор - при обертанні рукоятки зі швидкістю 90-120 об./хв забезпечуємо на затискачах напругу 100, 250, 500 або 1000 В.

4.3.2.1. Мегомметром М1101/2 заміряти опори розімкнутих контактів реле, ізоляції обмоток трансформатора, статора асинхронного двигуна, резисторів з номіналами у кілька десятків кОм і МОм.

Результати вимірювань занести до звіту і зробити висновок щодо придатності пристроїв, які перевіряються, до експлуатації.

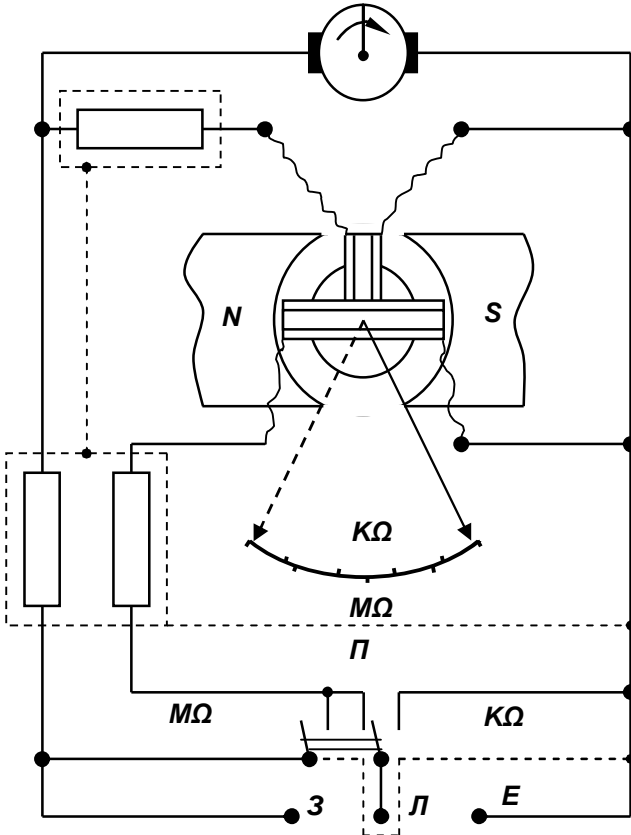


Рисунок 4.3

#### 4.3.3. Вимірювання опору одинарно-подвійним мостом.

У цьому досліді використовується метод порівняння вимірюваного опору  $R_x$  зі зразковим опором  $R_0$ .

Для вимірювання дуже малих опорів у роботі використовуйте одинарно-подвійний міст типу Р329, що включається, за схемою подвійного моста (рис. 4.4).

При вимірюванні дуже малих опорів з'являються великі

похибки внаслідок впливу опору з'єднувальних проводів і перехідних опорів контактів. Для зменшення впливу опорів з'єднувальних проводів і перехідних опорів контактів може бути застосовано

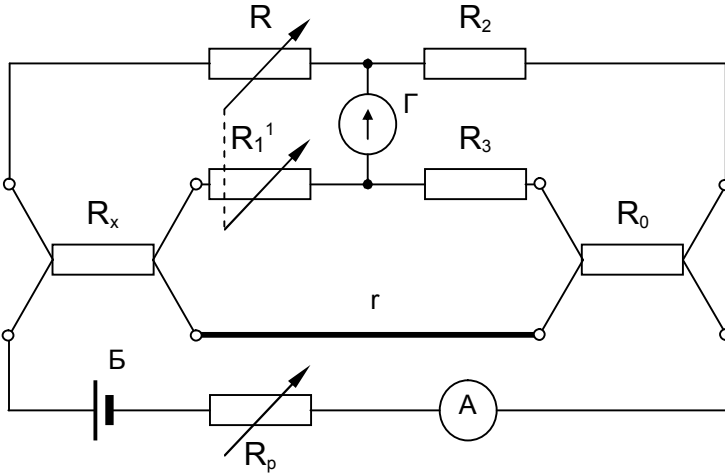


Рисунок 4.4

чотирифіксувальне включення резистора з вимірюваним опором і зразковим резистором  $R_x$ . Плечі  $R_1$  і  $R_1'$  виконані у вигляді зведеного магазину опорів, органи управління якого виведені на передню панель приладу. Плечі  $R_2$  і  $R_3$  виконані у вигляді магазинів опорів із штепсельним перемикальним пристроєм. Як нуль-індикатор використовується гальванометр  $\Gamma$ , який кнопками "ГРУБО" і "ТОЧНО" включається в діагональ моста. До іншої діагоналі моста підключається джерело живлення  $B$ . Опір  $r$  з'єднувальної шини роблять гранично малим (укорочений відрізок провідника великого діаметра).

Потенціометром  $R_p$  за амперметром  $A$  встановлюють величину робочого струму, що не перевищує граничне значення

струму через зразковий резистор, яке зазначається на панелі виробу. У мостові P329 застосовується вбудований в прилад блок зразкових резисторів з двох зразкових котушок.

4.3.3.1 Мостом P329 заміряти опір з'єднувального дроту, шунта, замкннутих контактів реле.

Зібрати електричну схему, зображену на рис.4.5

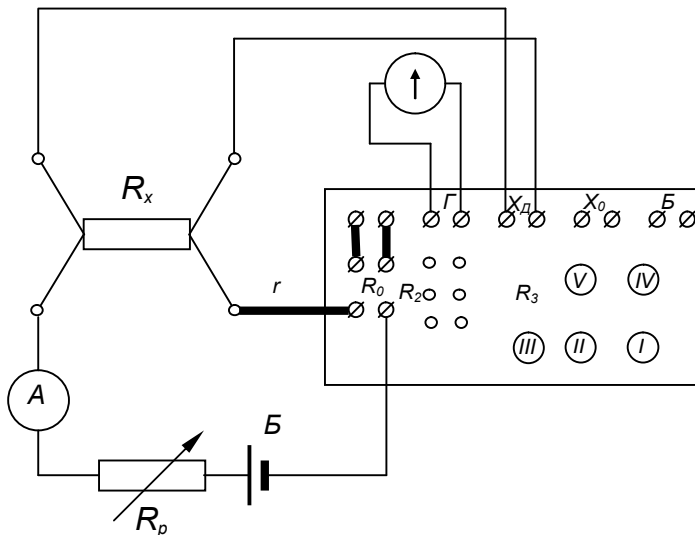


Рисунок 4.5

Виставити на мості значення  $R_2 = R_3$ .

Включити живлення тумблером на блоці живлення.

За допомогою  $R_p$  за амперметром  $A$  встановити допустимий струм для (вказано на щитку блока зразкових резисторів).

Спочатку натиснути кн. "ГРУБО", а потім "ТОЧНО", зрівноважити міст обертанням ручок у послідовності від I до V декади (плечі  $R_1$  і  $R'_1$ ), домогтися нульового положення покажчика гальванометра  $\Gamma$ ;

За положенням ручок зафіксувати значення опору плеча  $R_1$ .

Обчислити значення вимірюваного опору  $R_X$  за формулою

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_O,$$

де  $R_O$  - величина зразкового опору (вказана на щитку);

$R_1$  - величина опору, встановленого ручками I -V декад;

$R_2$  - величина опору, встановленого на штепсельному магазині.

Перемикачем П змінити напрямок струму в схемі (попередньо знеструмити схему і органи управління встановити у вихідне положення) і за аналогією з викладеним визначити  $R_X$ .

Результати експерименту занести в таблицю 2 і зробити висновки.

Таблиця 2

Об'єкт вимірювання	Величина опору, Ом						
	$R_O$	$R_2$	Прямий струм		Зворотний струм		$R_X$
			$R_1$	$R_{X1}$	$R_1$	$R_{X2}$	

$$R_X = \frac{R_{X1} + R_{X2}}{2},$$

де  $R_{X1}, R_{X2}$  - опори об'єктів при прямому і зворотному струмах;

$R_X$  - середнє значення опору об'єкта.



#### 4.4. Питання для контролю і самоперевірки

4.4.1 Назвіть і дайте коротку характеристику видів вимірювань.

4.4.2 Які методи вимірювань використовувалися в роботі?

4.4.3 Будова і коротка характеристика однорамкових омметрів.

4.4.4 Будова і коротка характеристика мегомметрів.

4.4.5 Чому показчик мегомметра в знеструмленому стані займає незбурене становище?

4.4.6 Будова і принцип дії одинарно-подвійного моста (P329).

4.4.7 Чим обґрунтований широкий різновид приладів для вимірювання опору?

4.4.3 Обґрунтуйте застосування чотиризначної схеми включення вимірюваного опору.

4.4.9 Дайте характеристику похибки приладу і похибки вимірювання.

4.4.10 Електрична схема моста й умова його рівноваги.

#### 4.5. Література

[1, с. 280-291; 2, с. 19-22, 120, 191, 192; 3, с. 142-144, 190-192, 196, 197]

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник; за ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескід Біт», 2003. – 544 с.
2. Основы метрологии и электрические измерения: учебник для вузов /Б.Я. Авдеев, Е.М.Антонюк, Е.М. Душин и др.; под ред. Е.М.Душина. - 6-е изд. - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 480 с.
3. Электрические измерения: учебник для вузов /Л.И.Байда, Н.С.Добровольский, Е.М.Душин и др.; под ред. А.В.Фремке и Е.М.Душина. - 5-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергия, 1980. - 392 с.
4. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь , 1985. - 363 с.
5. Осциллограф универсальный СИ-83: ТО и ИЭ. – Альбом №1, 1965. - 160 с.

Додаток А  
(обов'язковий)

Таблиця А.1 - Одиниці електричних і магнітних величин

Величина	Назва	Позначення	
		українське	міжнародне
1	2	3	4
Основні одиниці			
Час	секунда	с	S
Довжина	метр	м	m
Маса	кілограм	кг	kg
Сила електричного струму	ампер	A	A
Термодинамічна температура	кельвін	K	K
Сила світла	кандела	кд	cd
Кількість речовини	моль	моль	mol
Похідні одиниці			
Ємність електрична	фарад	$\Phi$	$F$
Заряд електричний	кулон	$Kл$	$C$
Індуктивність, індуктивність взаємна	генрі	$Гн$	$H$
Індуктивність магнітна	тесла	$Тл$	$T$
Потужність, потужність активна	ват	$Вт$	$W$
Потужність повна	вольт-ампер	$B \cdot A$	$V \cdot A$
Потужність реактивна	вар	$вар$	var
Напруга електрична, ЕРС	вольт	$B$	$V$
Напруженість магнітного поля	ампер на метр	$A \cdot м^{-1}$	$A \cdot m^{-1}$

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Напруженість електричного поля	вольт на метр	$V \cdot m^{-1}$	$V \cdot m^{-1}$
Потенціал електричний	вольт	$V$	$V$
Потік магнітний	вебер	$Wb$	$Wb$
Провідність електрична	сіменс	$S_m$	$S$
Сила магніторушійна	ампер	$A$	$A$
Опір електричний	ом	$\Omega_m$	$\Omega$
Опір питомий	ом-метр	$\Omega \cdot m$	$\Omega \cdot m$
Частота коливань	герц	$Гц$	$Hz$
Частота коливань кутова	радіан	$рад$	$rad$
Енергія електромагнітна	джоуль	$Дж$	$J$

Додаток Б  
(обов'язковий)

Таблиця Б.1 - Літерні позначення електричних і магнітних величин

Найменування величини	Позначення	
	осн.	зап.
Ємність електрична	$C$	-
Заряд електричний	$Q$	-
Індуктивність взаємна	$M$	$L_{mn}$
Індуктивність власна	$L$	-
Індукція магнітна	$B$	-
Коефіцієнт спотворення форми кривої	$d$	$k$
Коефіцієнт температурний	$\alpha$	-
Коефіцієнт трансформації	$\Pi$	-
Потужність; потужність активна	$P$	-
Потужність реактивна	$Q$	$P_Q$
Потужність повна	$S$	$P_S$
Напруга електрична	$U$	-
Напруженість магнітного поля	$H$	-
Напруженість електричного поля	$E$	-
Період коливань	$T$	-
Густина струму	$J$	-
Стала часу	$\tau$	$T$
Стала магнітна	$\mu_0$	-
Стала електрична	$\varepsilon_0$	-
Потенціал електричний	$V$	$\varphi$
Потік магнітний	$\Phi$	-
Потокозчеплення	$\Psi$	-
Провідність електрична активна	$G$	$g$
Провідність електрична повна	$Y$	-
Провідність електрична реактивна	$B$	$b$
Різниця електричних потенціалів	$U$	-
Зрушення фаз між напругою та струмом	$\varphi$	-
Сила магніторухійна	$F$	$F_m$

Продовження таблиці Б.1

Сила електрорушійна	$E$	-
Опір електричне постійному струму	$R$	$r$
Опір електричний активний	$R$	$r$
Опір електричний повний	$Z$	-
Опір електричний реактивний	$X$	$x$
Струм	$I$	-
Кут втрат	$\delta$	-
Функція передаточна	$H$	$T$
Частота коливань	$f$	$\nu$
Частота коливань кутова	$\omega$	$\Omega$
Число витків	$w$	-
Енергія електромагнітна	$W$	-

Примітки:

1. Літерне позначення величин латинськими літерами виконують похилим шрифтом.

2. Векторні величини зображують напівжирним шрифтом або за необхідності над літерним зображенням розміщують стрілку.

3. Миттєві значення електричних величин записують малими літерами; дійсне значення записують великими літерами; амплітудні значення синусоїдальних величин записуються великими літерами з індексом  $m$  (наприклад,  $I_m, U_m$ ); найбільші значення несинусоїдних величин записуються великими літерами з індексом  $\max$  (наприклад,  $I_{\max}, U_{\max}$ ).

4. Комплексні величини, що не є функціями часу (скалярні), зображують відповідними літерами з ризикою під ними (наприклад,  $\underline{Z}$  - комплексний опір), а модулі їх записують без ризики.

## Додаток В

Таблиця В.1 - Десяткові кратні і поточні одиниці

Найменування префікса	Позначення префікса	Множник	Найменування префікса	Позначення префікса	Множник
екса	Э	$10^{18}$	деци	д	$10^{-1}$
пета	П	$10^{15}$	санти	с	$10^{-2}$
тера	Т	$10^{12}$	мілі	м	$10^{-3}$
гіга	Г	$10^9$	мікро	мк	$10^{-6}$
мега	М	$10^6$	нано	н	$10^{-9}$
кіло	К	$10^3$	піко	п	$10^{-12}$
гекто	Г	$10^2$	фемто	ф	$10^{-15}$
дека	Да	$10^1$	атто	а	$10^{-18}$

## ЗМІСТ

	Стор
Робота 3. Вимірювання за допомогою електронного осцилографа .....	3
Робота 4. Вимірювання опорів.....	15
Список літератури .....	26
Додаток А. Одиниці електричних і магнітних величин .....	27
Додаток Б. Літерні позначення електричних і магнітних величин .....	29
Додаток В. Десяткові кратні і поточні одиниці .....	31



Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
**З КУРСІВ «МЕТРОЛОГІЯ», «МЕТРОЛОГІЯ І ВИМІРЮВАННЯ»,**  
**«ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНА**  
**ТЕХНІКА»**  
для студентів електротехнічних спеціальностей денної і заочної  
форм навчання

**ЧАСТИНА II**

Укладач           Б.К. Лопатченко  
Відповідальний за випуск О.А. Борисенко  
Редактор Н.В. Лисогуб

Підп. до друку                         , поз.  
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк.         Тираж 75 пр. Зам. №  
Обл.-вид.арк.             Собівартість вид.

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Р.- Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3062 від 17.12.2007.