



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Коваль А. О.

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Посібник для проведення лабораторних робіт

Затверджено методичною радою
факультету, протокол № 1 від 7
«вересня» 2018 р.

Харків

2018

ЗМІСТ

1. Загальні правила роботи в лабораторії.....	4
2. Лабораторна робота № 1	
«Градуювання термоперетворювачів».....	6
3. Лабораторна робота № 2	
«Дослідження оптичних перетворювачів».....	13
4. Лабораторна робота № 3	
«Градуювання тензорезисторів».....	18
5. Лабораторна робота № 4	
«Вивчення приладів для вимірювання вологості та механічних величин».....	23
6. Список літератури.....	29

ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. Перед початком лабораторних занять студенти зобов'язані вивчити правила техніки безпеки в лабораторії та виконувати їх під час усього перебування в лабораторії.
2. До початку роботи студент повинен підготуватись до виконання роботи. Підготовка складається з вивчення опису лабораторної роботи в методичних вказівках та відповідного теоретичного матеріалу з використанням літератури, що рекомендується. Студенти, які незадовільно підготувались до виконання роботи, до занять не допускаються. Студенти, які спізнились на заняття, до роботи не допускаються.
3. Під час підготовки до виконання роботи слід використовувати наочні приладдя та моделі.
4. Роботи виконуються бригадами, які складаються з 2...3 студентів. Кожну лабораторну роботу слід виконувати на певному робочому місці, використовуючи призначену для цієї роботи апаратуру. Звіт виконується індивідуально кожним членом бригади. При виконанні робіт члени бригади повинні розподілити робочі функції між собою та змінювати їх для того, щоб у повному об'ємі засвоїти усі ці функції.
5. Перед збиранням схеми необхідно ознайомитись з приладами та апаратурою, їх описом та інструкціями до використання.

6. Виконання роботи повинно здійснюватись у відповідності з порядком, який наведений у методичних вказівках.
7. Збирати, розбирати схеми та вносити в них які-небудь зміни можна тільки, якщо установка вимкнена.
8. Схему, яка знаходиться під напругою, не можна залишати без нагляду.
9. У випадку виникнення яких-небудь несправностей у роботі приладів та апаратури слід відключити установку та повідомити викладача.
10. Студентам заборонено самотійно усувати несправності, що виникли.
11. Після закінчення роботи студент повинен подати викладачу отримані результати і тільки після його дозволу розібрати схему, а робоче місце необхідно привести у порядок.
12. Робити будь-які записи в таблицях методичних вказівок не дозволяється.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ТЕМА: Градування термоперетворювачів

ЦІЛЬ: Придбання практичних навичок при градуванні термоперетворювачів: термометру опору та термопари

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ: Необхідно вивчити теоретичний матеріал: повний теоретичний курс лекційного матеріалу з дисципліни, л.1, л.2, л.5, л.6.

ПРОГРАМА РОБОТИ:

1. Ознайомлення з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
2. Градування термометру опору.
3. Розрахунок величин похибок вимірювань при градуванні термометру опору.
4. Побудова характеристики градування термометру опору.
5. Градування термопари.
6. Розрахунок величин похибок вимірювань при градуванні термопари.
7. Побудова характеристики градування термопари.
8. Оформлення звіту та його захист.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Ознайомитися з приладами й апаратурою, що застосовуються в роботі, та записати їх паспортні дані, технічні характеристики в таблиці 1... 4.
2. Зібрати схему (рисунок 1) для градування термометра опору. Схема складається з лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), масляної бані, яка заповнена трансформаторним маслом, моста постійного струму, вольтметра для контролю напруги, яка подається на нагрівання масла, термометра опору та ртутного термометра, що виконує роль зразкового приладу для вимірювання температури. Термометр опору і ртутний термометр розташовані як найближче друг до друга. Напруга на

нагрівання трансформаторного масла спочатку встановлюється ЛАТРом приблизно 100 В та збільшується через 5 хвилин на 5 В до 160 В.

3. Здійснити вимірювання величини опору термометра, $R_{тек}$, Ом, за допомогою моста постійного струму через кожні 3...5°C при нагріванні масла.

4. Результати вимірювання представити в таблиці 5.

5. Використовуючи таблиці градування термометрів опору, які наведені в літературному джерелі [6], у таблиці 5 навести стандартні величини опорів термометра опору, що досліджується, $R_{тст}$, Ом при фіксованих температурах нагрівання масла.

6. Обчислити величини похибок вимірювання при градуванні термометру опору. Результати обчислень представити в таблиці 6.

7. За отриманими експериментальними даними побудувати залежність величини опору $R_{тек}$, Ом, від фіксованих температур нагрівання масла, t , °C. (рисунок 2).

8. Зібрати схему (рисунок 3) для градування термопар. Схема складається з лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), масляної бані, яка заповнена трансформаторним маслом, вольтметра для контролю напруги, яка подається на нагрівання масла, мілівольтметра для вимірювання малої напруги, термопар та ртутного термометра, що виконує роль зразкового приладу для вимірювання температури. Термопара та ртутний термометр розташовані як найближче друг до друга. Напруга на нагрівання масла спочатку встановлюється ЛАТРом приблизно 100 В та збільшується через 5 хвилин на 5 В до 160 В.

9. Здійснити вимірювання за допомогою мілівольтметра величину термо-ЕРС, $E_{тек}$, мВ, через кожні 5°C при нагріванні масла. У даній роботі варто враховувати, що температура вільних кінців термопар вище 0°C (див. таблиці градування термопар, які наведені в літературному джерелі [6]). Тому значення термо-ЕРС, що вимірюється, відрізняється від дійсного значення термо-ЕРС, $E_{тст}$, мВ, яке подане в стандарти таблицях

градування. Щоб визначити дійсне значення термо-ЕРС, необхідно внести поправку для температури вільних кінців термопари, що дорівнює різниці двох температур: температури місця спаю (температура нагрівання масла) та температури вільних кінців (температура навколишнього середовища). Дійсне (стандартне) значення термо-ЕРС, $E_{\text{тст}}$, мВ, визначається з таблиць градування [6] у залежності від поправки для температури вільних кінців.

10. Результати вимірювання представити в таблиці 7.

11. Використовуючи таблиці градування термопар [6], у таблиці 7 представити стандартні величини термоЕРС термопари, $E_{\text{тст}}$, мВ, що досліджується, при фіксованих температурах нагрівання масла.

12. Обчислити величини похибок вимірювання. Результати обчислень представити в таблиці 8.

13. За отриманими експериментальними даними побудувати залежність величини термоЕРС, $E_{\text{тек}}$, мВ, від фіксованих температур нагрівання масла t , °С. (рисунок 4).

14. За результатами досліджень термоелектричних перетворювачів необхідно визначити область їх застосування та зробити висновок щодо характеру характеристик градування термоперетворювачів, та оцінити точність процесів вимірювання.

ЗМІСТ ЗВІТУ:

Назва роботи.

Ціль роботи.

Таблиця 1 – Паспортні дані вимірювальних приладів

Позн. на схемі	Тип	Система	Рід струму	Межа вимірювання	Клас точності	Спосіб установки	Номінальна чи частота розширений діапазон частот
----------------------	-----	---------	------------	---------------------	---------------	---------------------	--

PV							
PmV							

Таблиця 2 – Технічна характеристика термометра опору

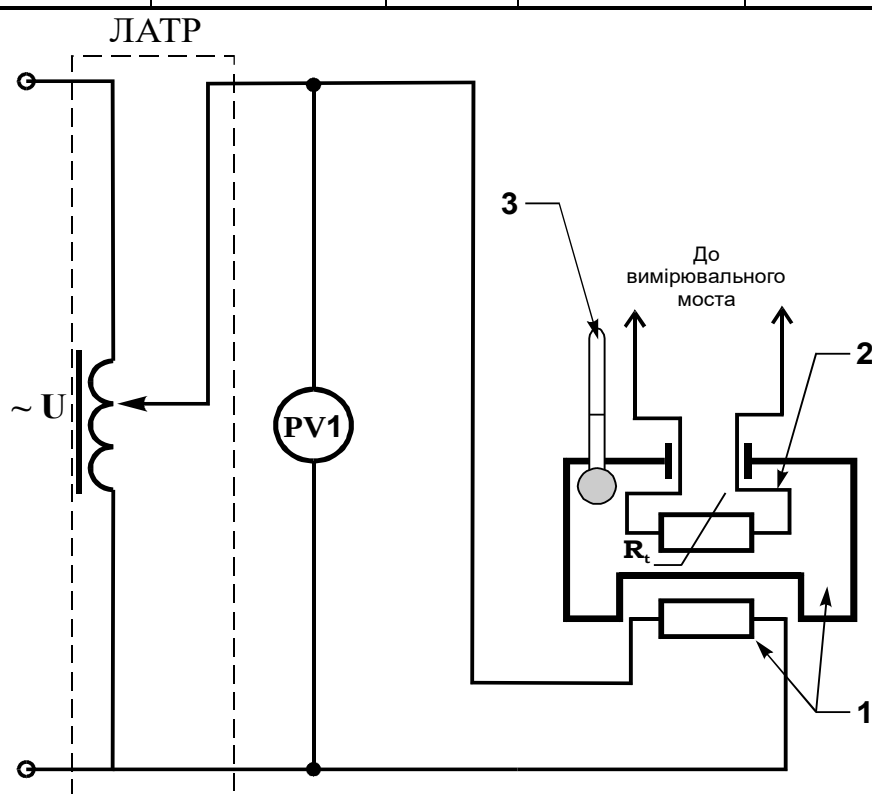
Тип	Призначення	Межа вимірювання	Тип градування	Показник теплової інерції, с	Стійкість до механічних впливів

Таблиця 3 – Технічна характеристика термопар

Тип	Призначення	Межа вимірювання	Тип градування	Показник теплової інерції, с	Стійкість до механічних впливів

Таблиця 4 – Паспортні дані універсального вимірювального моста

Найменування, тип	Призначення	Діапазон вимірювання	Клас точності	Робочі умови застосування	Габаритні розміри, мм	Маса, кг



де 1 – ємність з трансформаторним маслом; 2 – термометр опору;
3 – ртутний термометр

Рисунок1 – Схема градування термометра опору

Таблиця 5 – Результати вимірювання величин опорів

Температура нагрівання масла, °C								
$R_{\text{тек}}, \text{ Ом}$								
$R_{\text{тст}}, \text{ Ом}$								

Таблиця 6 – Похибки вимірювань

Температура нагрівання масла, °C								
$\Delta R_t, \text{ Ом}$								
$\beta_R, \%$								

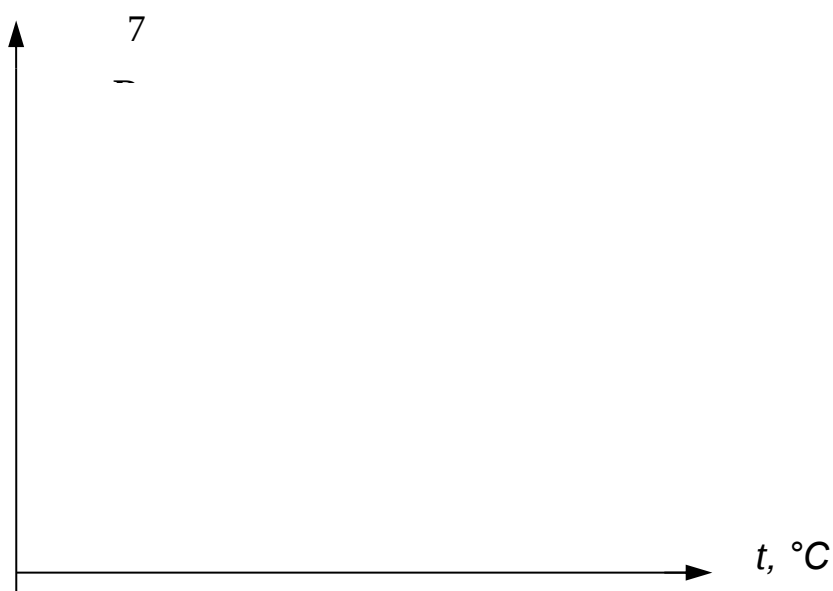
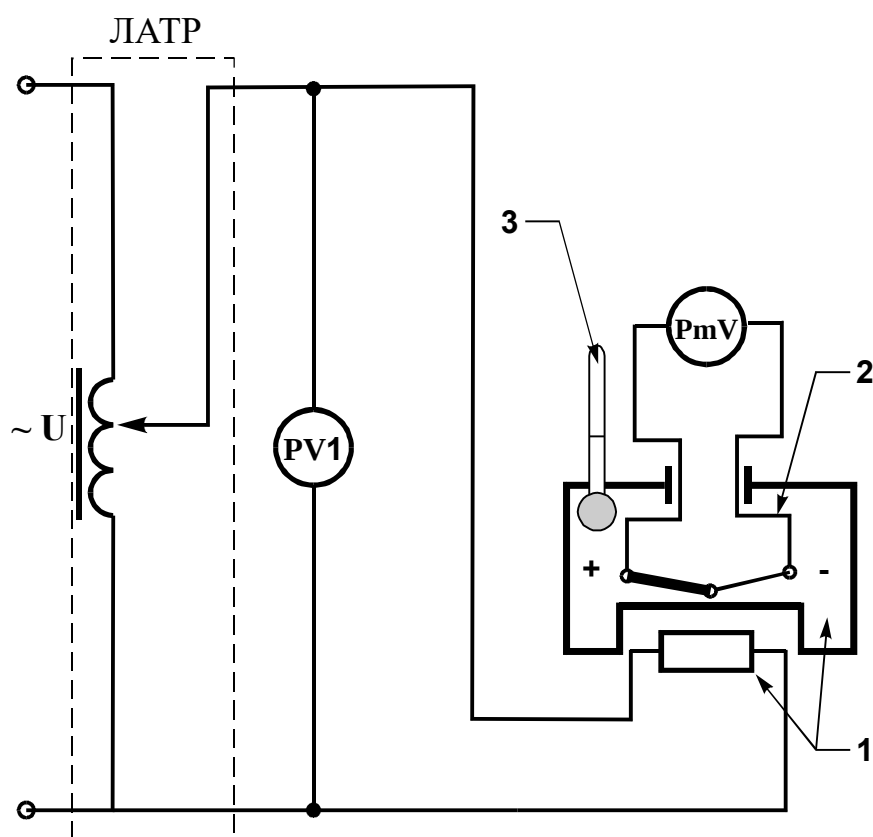


Рисунок 2 – Графічна залежність $R_{\text{тек}} = f(t)$



де 1 – ємність з трансформаторним маслом; 2 – термопара;
3 – ртутний термометр.

Рисунок 3 – Схема градуювання термопар

Таблиця 7 – Результати вимірювання величин термоЕРС

Температура нагрівання масла, °C								
$E_{\text{тек}}, \text{ мВ}$								
$E_{\text{тст}}, \text{ мВ}$								

Таблиця 8 – Похибки вимірювань

Температура нагрівання масла, °C								
$\Delta E_{\text{т}}, \text{ мВ}$								

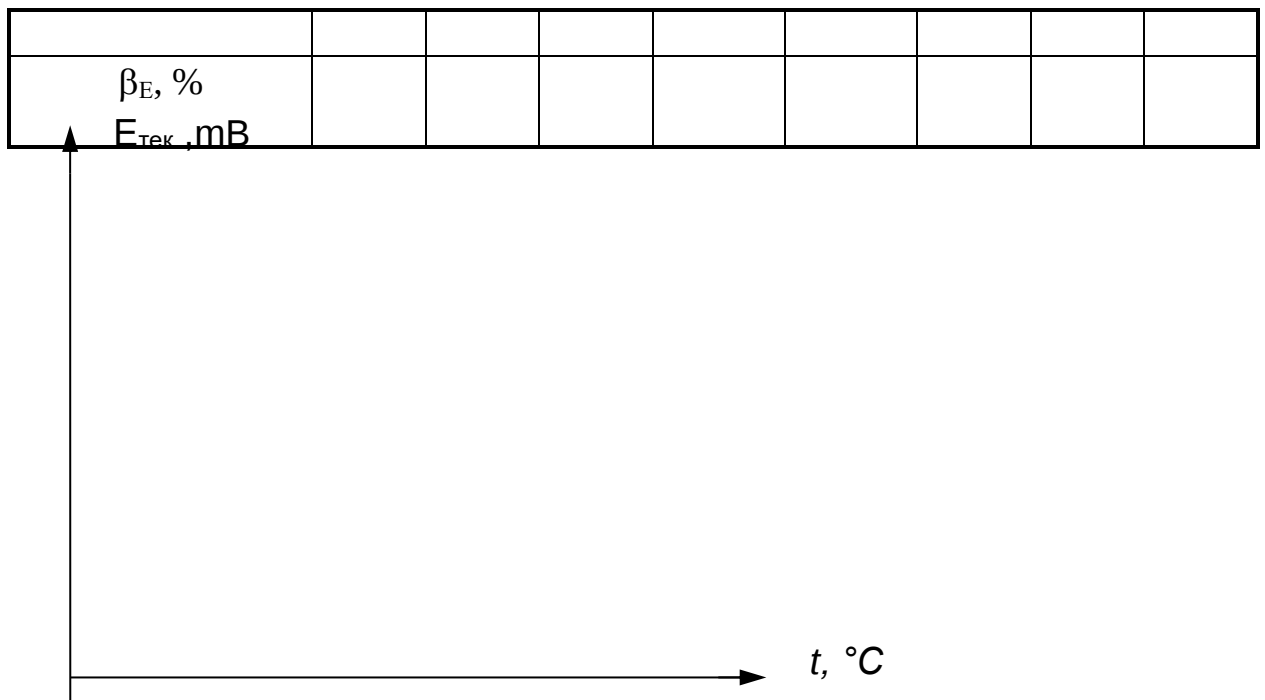


Рисунок 4 – Графічна залежність $E_{\text{тек}} = f(t)$

Висновок

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Класифікуйте прилади для визначення температури контактним методом за принципом дії.
2. Яка конструкція металевого термометра опору та його принцип дії? Що необхідно враховувати при його виборі термометру опору?
3. Які види вторинних приладів використовуються для вимірювання температури за допомогою металевого термометра опору? Чи можна використовувати термометр опору для виміру швидкоплинних температур?
4. У чому суть термоелектричного ефекту?
5. Які вторинні прилади застосовуються в комплекті з термопарою?
6. Як самостійно сконструювати термопару?

7. Чим відрізняється характеристика термопари, яка експериментально отримана при температурі вільних кінців, яка дорівнює 30°C , від дійсної характеристики градування термопари?

8. Який вигляд мають характеристики градування теплових перетворювачів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ТЕМА: Дослідження оптичних перетворювачів

ЦІЛЬ: Ознайомлення з будовою та принципом дії оптичних перетворювачів та отримання їх основних характеристик.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ: Необхідно вивчити теоретичний матеріал: повний теоретичний курс лекційного матеріалу з дисципліни, л.1, л.4, л.6.

ПРОГРАМА РОБОТИ:

1. Ознайомлення з установкою для дослідження оптичних перетворювачів.
2. Експериментальне дослідження та побудова вольт - амперної характеристики фоторезистора.
3. Експериментальне дослідження та побудова вольт - амперної характеристики фотодіода.
4. Експериментальне дослідження та побудова вольт - амперної характеристики фотоелемента.
5. Експериментальне дослідження та побудова світлової характеристики фоторезистора.
6. Експериментальне дослідження та побудова світлової характеристики фотодіода.
7. Експериментальне дослідження та побудова світлової характеристики фотоелемента.
8. Оформлення звіту та його захист.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Ознайомитися з установкою для дослідження оптичних перетворювачів. Установка складається з:

- світлонепроникної камери, у якій розташовані регульоване джерело світла (лампи розжарювання), фотоелемент, фоторезистор, фотодіод та зразковий фотоелемент. Контакти всіх перетворювачів та освітлювача виведені назовні камери до спеціальної панелі управління;
- лабораторного автотрансформатора для зміни напруги на лампах розжарювання з метою регулювання освітленості усередині світлонепроникної камери;
- люксметра для визначення освітленості усередині камери;
- електровимірювальних приладів: мікроамперметра та вольтметра;
- джерела постійного струму для живлення вимірювальних кіл.

2. Зібрати схему (рисунок 1) для дослідження оптичних перетворювачів. Слід зазначити, що при виконанні роботи досить лише переключати контакти зібраної схеми з одного перетворювача на іншій.

3. Зняти вольт-амперну характеристику (ВАХ) фоторезистора: $I_{\phi} = f(U)$. Характеристика знімається при заданій освітленості. Для цього включається джерело світла та за допомогою лабораторного автотрансформатора змінюється напруга живлення ламп розжарювання, які надають необхідну освітленість в камері, E_c , лк, яка вимірюється за допомогою люксметра. Потім включається схема вимірювання параметрів і, змінюючи напругу, U , В, на блоці живлення від нуля до робочої величини, відраховуються показання мікроамперметра (5...6 точок), I_{ϕ} , мкА. Результати вимірювань представити в таблиці 1.

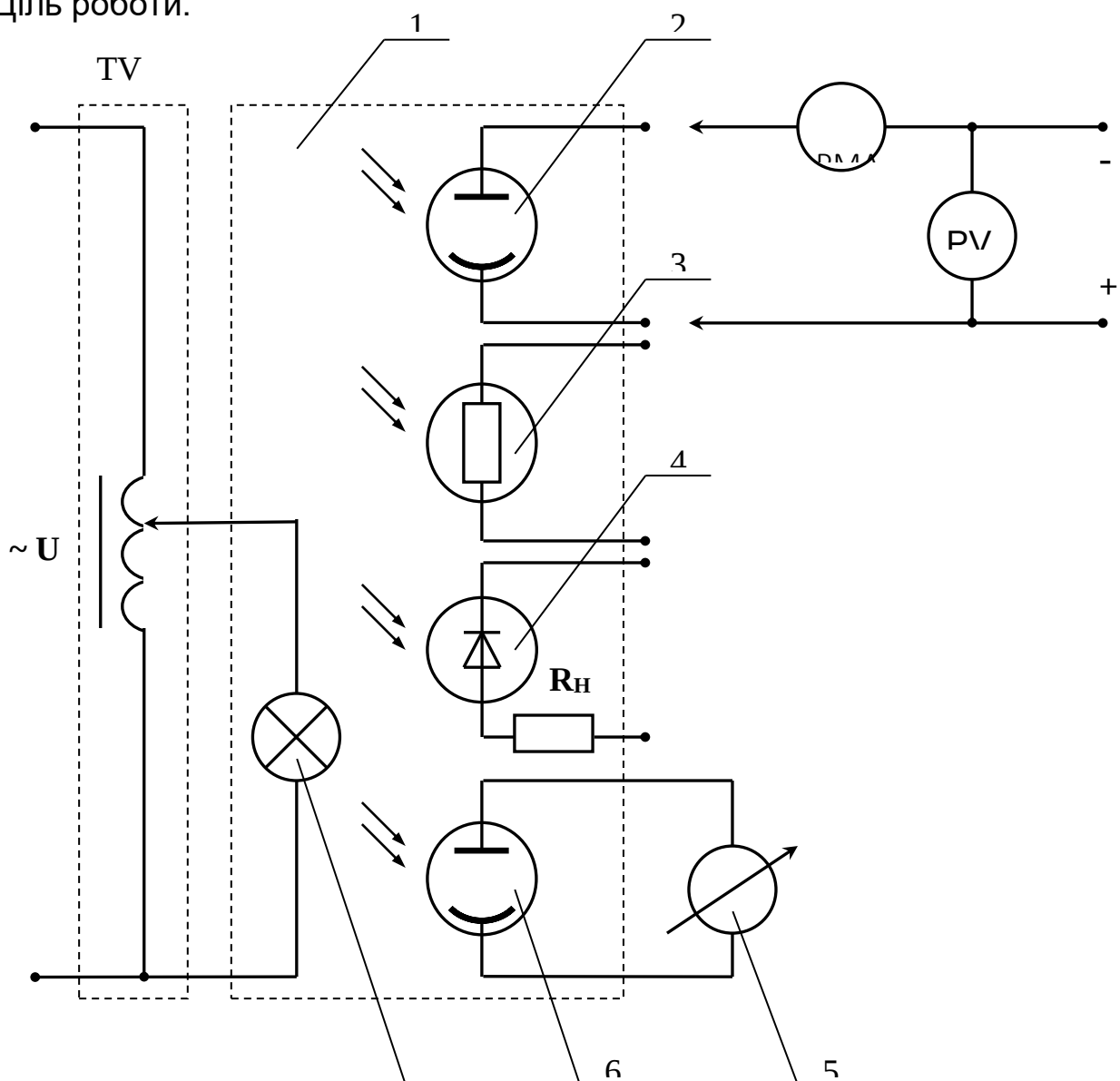
4. Зняти аналогічно вольт-амперну характеристику фотоелемента та фотодіода. При дослідженнях фотодіода необхідно підключити до нього послідовно резистор $R_{\text{навантаження}}$, величину якого задає викладач. Результати вимірювань представити в таблиці 1.

5. Зняти світлову характеристику фоторезистора, фотодіода та фотоелемента: $I_{\phi} = f(\Phi_c)$. Характеристика знімається при незмінній напрузі живлення, що знаходиться в межах діапазону робочої напруги перетворювача. Змінюючи освітленість, E_c , лк, за допомогою лабораторного автотрансформатора і лампи розжарювання від нульового значення до заданого, вимірюється сила струму в колі перетворювачів, I_{ϕ} , мкА (5...6 точок). Результати вимірювань представити в таблиці 1.
6. За результатами досліджень оптичних перетворювачів необхідно визначити область їх застосування та режим роботи з урахуванням впливу світлового потоку та діапазону напруги живлення.

ЗМІСТ ЗВІТУ:

Назва роботи.

Ціль роботи.



де 1 – світлонепроникна камера; 2 – фотоелемент; 3 – фоторезистор;
4 - фотодіод; 5 – люксометр; 6 – зразковий фотоелемент;
7 – джерело світла – лампа розжарювання;

Рисунок 1 – Схема для дослідження оптичних перетворювачів

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень оптичних перетворювачів

Вид перетворювача	Вольт - амперна характеристика					Світлова характеристика			
	Величина, що задана		Величини, що вимірювались		Величина, що обчислювалась	Величина, що задана	Величини, що вимірювались		Величина, що обчислювалась
	E_c , лк	S , м ²	I_f , мкА	U , В	$\Phi = E_c \cdot S$, лм	U , В	E_c , лк	I_f , мкА	$\Phi = E_c \cdot S$, лм
Фотоелемент									
Фоторезистор									
Фотодіод									

Основні графічні характеристики оптичних перетворювачів:

- рисунок 2 – вольт – амперна характеристика фотоелемента;
- рисунок 3 – вольт – амперна характеристика фоторезистора;
- рисунок 4 – вольт – амперна характеристика фотодіода;
- рисунок 5 – світлова характеристика фотоелемента;
- рисунок 6 – світлова характеристика фото резистора;
- рисунок 7 – світлова характеристика фотодіода.

Висновок

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Яка будова та принцип дії фоторезистора?
2. Яка будова та принцип дії фотодіода?
3. Яка будова та принцип дії фотоелемента та фотопідсилювача?
4. Опишіть фізичні явища, які покладені в основу принципу вище перерахованих оптичних перетворювачів.
5. Охарактеризуйте основні характеристики оптичних перетворювачів.
6. У чому складається явище зовнішнього і внутрішнього фото ефекту?
7. Які переваги та недоліки оптичних перетворювачів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ТЕМА: Градування тензорезисторів

ЦІЛЬ: Придбання практичних навичок при градуванні тензорезисторів

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ: Необхідно вивчити теоретичний матеріал: повний курс лекційного матеріалу, л.1...л.5.

ПРОГРАМА РОБОТИ:

1. Ознайомлення з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
2. Градування тензорезисторів, які включені за різними схемами.
3. Розрахунок величин напруги в матеріалі, відносної деформації, змін опорів тензорезисторів, їх чутливості.
4. Побудова характеристик градування тензорезисторів для трьох схем включення.
5. Побудова залежностей чутливості від деформації для трьох схем включення тензорезисторів.
6. Оформлення звіту та його захист.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Ознайомитися з приладами й апаратурою, що застосовуються в роботі.
2. Слід відзначити, що для дослідження чутливості тензорезисторів їх наклеюють на металічну пластину рівного опору. Вона має змінний перетин та жорстко закріплена одним кінцем. При згинанні пластини під дією зусилля, яке припадає на вільний кінець пластини, вона деформується рівномірно. Для вимірювання зусилля при деформації пластини її вільний кінець пересувають за допомогою мікрометра зі шкалою.
3. Зібрати схему (рисунок 1) для градування тензорезисторів.
4. За пунктами алгоритму градування здійснити градування тензорезисторів, а саме:
 - на мостову схему включення тензорезисторів подається напруга живлення;

- одночасною зміною опору $R_{\text{балансу}}$ та $R_{\text{ш}}$ вимірювальний міст встановлюється в врівноважений стан. При цьому показчик приладу повинен знаходитися на нульовій позначці шкали;
- для заданих величин механічної сили, F_i , H , визначаються показання мікроамперметра, $I_{\text{приладу}}$, мкА, у кількості 5...6 точок;
- за результатами вимірювань механічної сили та сили струму розраховується значення чутливості тензорезисторів за формулами (1)...(6).

5. За результатами розрахунків будуються характеристики градуювання для трьох схем включення тензорезисторів: $I_{\text{приладу}} = f(\sigma)$ та залежність чутливості від деформації: $S_{\text{сх}} = f(\epsilon)$.

ЗМІСТ ЗВІТУ:

Назва роботи.

Ціль роботи.

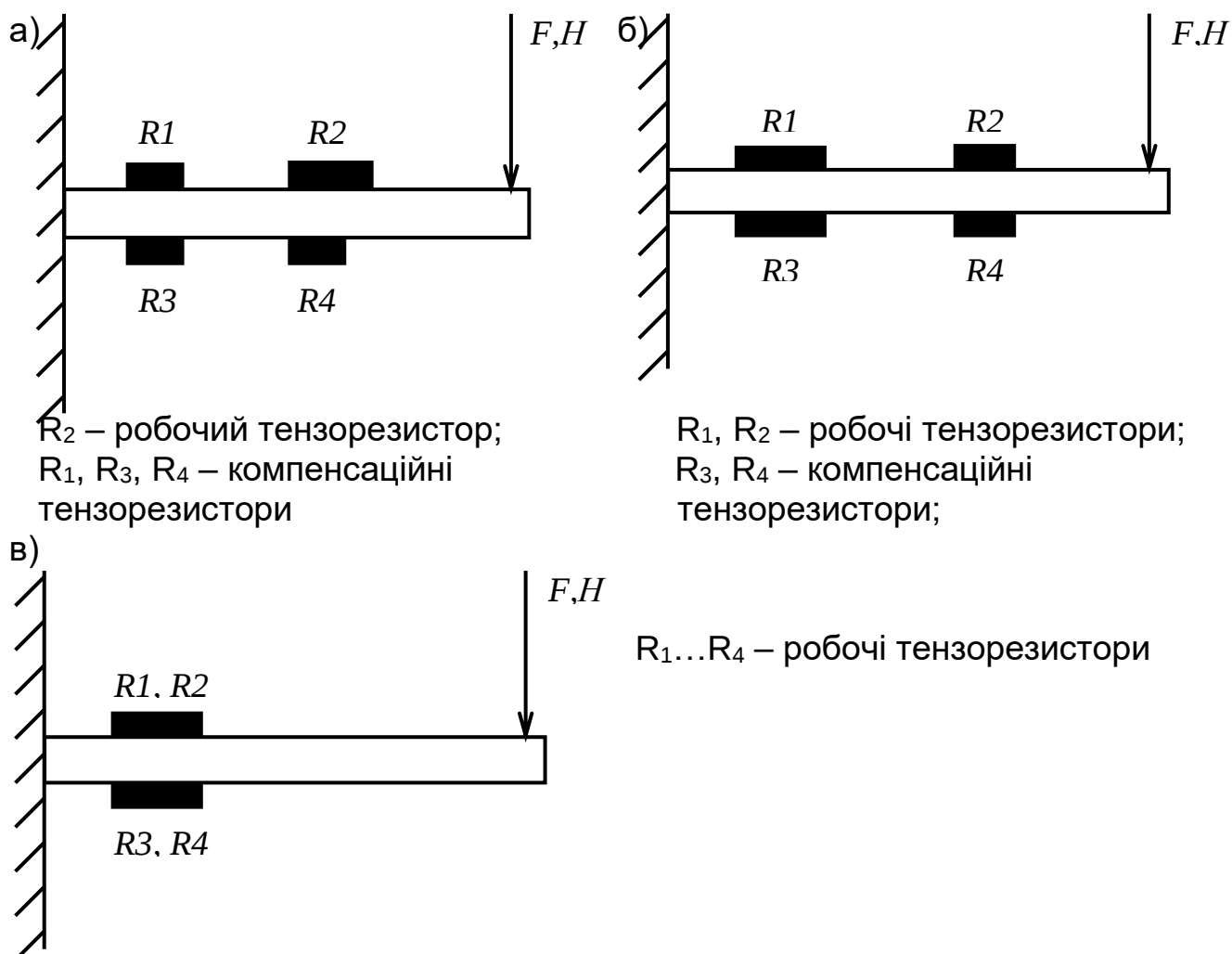


Рисунок 1 – Схеми наклеювання тензорезисторів на металеву пластину

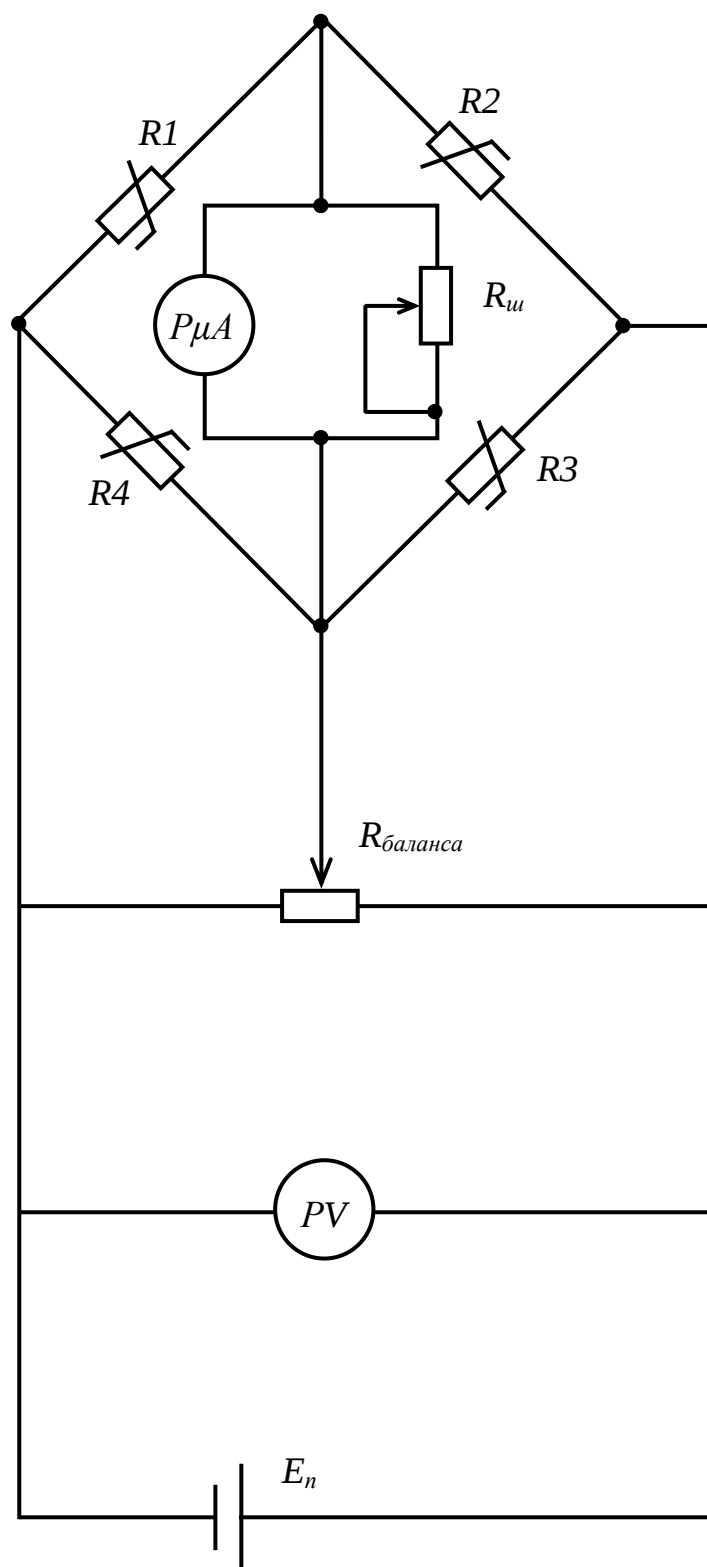


Рисунок 2 – Схема включення тензорезисторів до мостової виміральної схеми

Таблиця 1 – Результати дослідження чутливості трьох схем з

тензорезисторів

№ вимірювання	Задано					Результати вимірювань		Результати обчислювань			
	E, Па	розміри			R _{пр} , Ом	F, Н	I _{пр} , мкА	σ, Па	ε	$\frac{\Delta R}{R}$	S _T
		l, м	b, м	h, м							
1	2,1·10 ¹¹										
2											
3											
4											
5											

Примітка до таблиці:

Розрахункові формули для визначення:

- механічної напруги в матеріалі пластини:

$$\sigma = 6 \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}, \quad (1)$$

де l - відстань від точки дії механічної сили до центру тензорезистора, м;

b - ширина пластини у центрі тензорезистора, м.;

- відносної деформації:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (2)$$

де E – модуль пружності, Па;

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

- зміни опору тензорезисторів $\frac{\Delta R}{R}$ для трьох схем наклеювання на металеву пластину:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{4 \cdot I_{\text{ПП}} \cdot R_{\text{ПП}}}{U_{\text{живлення}}}, \quad (3)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{2 \cdot I_{\text{ПР}} \cdot R_{\text{ПР}}}{U_{\text{живлення}}}; \quad (4)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{I_{\text{ПР}} \cdot R_{\text{ПР}}}{U_{\text{живлення}}}; \quad (5)$$

- чутливості схеми включення тензорезисторів:

$$S_{\text{СХ}} = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon} \quad (6)$$

Рисунок 3 - Характеристики градуювання для трьох схем включення тензорезисторів: $I_{\text{приладу}} = f(\sigma)$;

Рисунок 4 - Залежність чутливості від деформації: $S_{\text{СХ}} = f(\varepsilon)$.

Висновок

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Яке явище є основою принципу дії тензорезистора?
2. Чому змінюється опір чутливого елементу тензорезистора?
3. Опишіть конструктивні особливості тензорезисторів.
4. Як тензорезистор кріпиться до об'єкту, що досліджується?
5. Який аналітичний вираз описує характеристику градуювання тензорезистора?
6. Яка сила струму, який споживається мостовою вимірювальною схемою, у момент рівноваги, якщо напруга живлення $U_{\text{живлення}} = 15 \text{ В}$, а опори тензорезисторів, які включені як плечі вимірювального моста дорівнюють $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 100 \text{ Ом}$?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ТЕМА: Вивчення приладів для вимірювання вологості та механічних величин

ЦІЛЬ: Ознайомлення з будовою, принципом дії первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) та вторинних приладів для вимірювання вологості та механічних величин.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ: Необхідно вивчити теоретичний матеріал: повний теоретичний курс лекційного матеріалу, л.1...л.5, л.7.

ПРОГРАМА РОБОТИ:

1. Візуальне ознайомлення з перетворювачами та приладами для вимірювання вологості та механічних величин.
2. Запис паспортних даних та технічних характеристик перетворювачів та приладів для вимірювання вологості та механічних величин.
3. Вивчення будови, принципу дії та конструктивних особливостей перетворювачів та приладів.
4. Оформлення звіту та його захист.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Візуально ознайомитися з перетворювачами та приладами для вимірювання вологості, скласти їх перелік.
2. Записати паспортні дані та технічні характеристики перетворювачів та приладів для вимірювання вологості в таблицю 1.
3. Візуально ознайомитися з перетворювачами та приладами для вимірювання механічних величин, скласти їх перелік.
4. Записати паспортні дані та технічні характеристики перетворювачів та приладів для вимірювання механічних величин в таблиці 2...5.
5. Використовуючи технічні описи й інструкції з експлуатації, а також вивчений теоретичний матеріал, охарактеризувати перетворювачі та прилади для вимірювання вологості, та заповнити таблицю 6.
6. Використовуючи технічні описи й інструкції з експлуатації, а також вивчений теоретичний матеріал, охарактеризувати перетворювачі та прилади для вимірювання механічних величин, заповнити таблицю 7.
7. За результатами роботи зробити висновок щодо практичної значущості вивчених приладів та визначити область їх застосування.

ЗМІСТ ЗВІТУ:

Назва роботи.

Ціль роботи.

Таблиця 1 – Паспортні дані перетворювачів та приладів для вимірювання вологості

Найменування	Величина, пояснення
Тип	
Призначення	
Діапазон вимірювань	
Відносна похибка, %	
Умови експлуатації	
Постійна часу, с	
Живлення приладів, В	
Габаритні розміри, мм	
Маса, кг	

Таблиця 2 – Технічні характеристики тензорезистора

Типорозмір	Номінальна база, мм	Номінальний електричний опір, Ом	Середнє значення чутливості	Габаритні розміри, мм		Маса, г
				довжина	ширина	

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд тензорезистора



--

Таблиця 3 – Основні технічні дані тахометра

Найменування	Величина, пояснення
Тип	
Межа вимірювання, об/хв	
Робочий діапазон, об/хв	
Ціна поділки, об/хв	
Основна допустима похибка, %	
Умови експлуатації	

Рисунок 2 - Конструктивна схема тахометра



Таблиця 4 – Технічні дані вібраційного датчика

Найменування	Величина, пояснення
Тип	
Конструктивне виконання	
Умови експлуатації	
Потужність, що споживається В·А	

Живлення приладу	
Маса, кг	

Рисунок 3 – Конструктивна схема вібраційного датчика



Таблиця 4 – Основні технічні дані та характеристики лічильника холодної та гарячої води

Найменування параметра	Величина
Тип	
Витрата води, м ³ /год: - найменша - номінальна - найбільша	
Поріг чутливості, м ³ /год:	
Межа відносної похибки, %	
Діаметр умовного проходу, мм	

Продовження таблиці 4

Найменування параметра	Величина
Умови експлуатації: - температура навколишнього повітря, °C - відносна вологість повітря, %	
Маса, не більш, кг	

Таблиця 5 - Перетворювачі та прилади для вимірювання вологості

Найменування, тип	Чутливий елемент	Фізичні процеси та явища, які покладені в основу принципу дії	Характеристика градуювання	Конструктивні особливості	Принцип дії

Таблиця 6 - Перетворювачі та прилади для вимірювання механічних величин

Найменування, тип	Чутливий елемент	Фізичні процеси та явища, які покладені в основу принципу дії	Характеристика градуювання	Конструктивні особливості	Принцип дії

Висновок

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Які методи вимірювання вологості є прямими та непрямими?
2. Як підрозділяються первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) вологості?
3. Охарактеризуйте електрофізичні ПВП вологості.
4. Охарактеризуйте електропараметричні ПВП вологості.

5. Наведіть класифікацію методів вимірювання вологості повітря та газів. Охарактеризуйте кожний із представлених методів.
6. Які методи використовуються для вимірювання вологості твердих, сипких та рідких матеріалів?
7. Назвіть умови вибору методу вимірювання вологості.
8. Які експрес - прилади для вимірювання вологості Вам відомі?
9. Назвіть механічні величини, які можна вимірювати електричними методами.
10. Які типи та види ПВП використовуються для вимірювання механічних величин?
11. Що таке тензорезистор?
12. Що тахометр?
13. Що таке витратомір та лічильник кількості рідини та газу?
14. Охарактеризуйте наступні поняття, які є технічними характеристиками витратомірів та лічильників кількості: нижня межа, верхня межа, номінальна витрата, поріг чутливості.
15. Наведіть характеристики градування (математичні вирази або графічні залежності) для перетворювачів та приладів для вимірювання вологості та механічних величин, які були розглянуті у роботі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Кравцов А.В* Электрические измерения/ А.В.Кравцов. - М.: Агропромиздат, 1988. - 240с.

2. *Панев Б.И.* Электрические измерения (справочник)/Б.И.Панев. - М.: Агропромиздат, 1987. - 224с.
3. Гуржій А.М. Електричні і радіотехнічні вимірювання: Посіб. для пед. працівників та учнів проф. – техн. навч. закл./ А.М.Гуржій, Н.І.Поворознюк. – К.: Навч. Книга, 2002. - 287 с.
4. *Черник Г.В.* Контрольно – измерительные приборы и автоматика в животноводстве. / Г.В.Черник. – М.: Агропромиздат, 1988. - 299 с.
5. Приборы для измерения температуры контактным способом/ Под ред. Р.В. Бычковского. – Львов: Издательское объединение «Вища школа», 1979. – 208с.
6. *Тиль Р.* Электрические измерения неэлектрических величин: Пер. с нем./ Р.Тиль. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с.
7. *Кремлевский П.П.* Расходомеры и счетчики количества. /П.П.Кремлевский. – Л.: Машиностроение, 1975. – 776 с.

ТЕМА: Дослідження функції перетворення резистивного датчика температури

МЕТА РОБОТИ: Придбання практичних навичок при градуюванні термоперетворювачів: термометру опору та термопари

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ ПІДГОТОВКИ: Необхідно вивчити теоретичний матеріал: повний теоретичний курс лекційного матеріалу з дисципліни по темі.1.

ПРОГРАМА РОБОТИ:

1. Ознайомлення з приладами та апаратурою, що застосовуються в роботі.
2. Визначення функції перетворення резистивного датчика температури.
3. Розрахунок величин похибок вимірювань при градуюванні термометру опору.
4. Побудова характеристики градуювання термометру опору.
5. Градуювання термопари.
6. Розрахунок величин похибок вимірювань при градуюванні термопари.
7. Побудова характеристики градуювання термопари.
8. Оформлення звіту та його захист.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Ознайомитися з приладами й апаратурою, що застосовуються в роботі, та записати їх паспортні дані, технічні характеристики в таблиці 1... 4.
2. Зібрати схему (рисунок 1) для градуювання термометра опору. Схема складається з лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), масляної бані, яка заповнена трансформаторним маслом, моста постійного струму, вольтметра для контролю напруги, яка подається на нагрівання масла, термометра опору та ртутного термометра, що виконує роль зразкового приладу для вимірювання температури. Термометр опору і ртутний термометр розташовані як найближче друг до друга. Напруга на нагрівання трансформаторного масла спочатку

встановлюється ЛАТРом приблизно 100 В та збільшується через 5 хвилин на 5 В до 160 В.

3. Здійснити вимірювання величини опору термометра, $R_{\text{тек}}$, Ом, за допомогою моста постійного струму через кожні 3...5°C при нагріванні масла.

4. Результати вимірювання представити в таблиці 5.

5. Використовуючи таблиці градуювання термометрів опору, які наведені в літературному джерелі [1], у таблиці 5 навести стандартні величини опорів термометра опору, що досліджується, $R_{\text{тст}}$, Ом при фіксованих температурах нагрівання масла.

6. Обчислити величини похибок вимірювання при градуюванні термометру опору. Результати обчислень представити в таблиці 6.

7. За отриманими експериментальними даними побудувати залежність величини опору $R_{\text{тек}}$, Ом, від фіксованих температур нагрівання масла, t , °C. (рисунок 2).

8. Зібрати схему (рисунок 3) для градуювання термопар. Схема складається з лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), масляної бані, яка заповнена трансформаторним маслом, вольтметра для контролю напруги, яка подається на нагрівання масла, мілівольтметра для вимірювання малої напруги, термопар та ртутного термометра, що виконує роль зразкового приладу для вимірювання температури. Термопара та ртутний термометр розташовані як найближче друг до друга. Напруга на нагрівання масла спочатку встановлюється ЛАТРом приблизно 100 В та збільшується через 5 хвилин на 5 В до 160 В.

9. Здійснити вимірювання за допомогою мілівольтметра величину термо-ЕРС, $E_{\text{тек}}$, мВ, через кожні 5°C при нагріванні масла. У даній роботі варто враховувати, що температура вільних кінців термопар вище 0°C (див. таблиці градуювання термопар, які наведені в літературному джерелі [1]). Тому значення термо-ЕРС, що вимірюється, відрізняється від дійсного значення термо-ЕРС, $E_{\text{тст}}$, мВ, яке подане в стандарти таблицях градуювання. Щоб визначити дійсне значення термо-ЕРС, необхідно внести поправку для температури вільних кінців термопар, що дорівнює різниці двох температур: температури місця спаю (температура нагрівання масла) та температури вільних кінців (температура

навколишнього середовища). Дійсне (стандартне) значення термо-ЕРС, $E_{\text{тст}}$, мВ, визначається з таблиць градування [1] у залежності від поправки для температури вільних кінців.

10. Результати вимірювання представити в таблиці 7.

11. Використовуючи таблиці градування термопар [1], у таблиці 7 представити стандартні величини термоЕРС термопари, $E_{\text{тст}}$, мВ, що досліджується, при фіксованих температурах нагрівання масла.

12. Обчислити величини похибок вимірювання. Результати обчислень представити в таблиці 8.

13. За отриманими експериментальними даними побудувати залежність величини термоЕРС, $E_{\text{тек}}$, мВ, від фіксованих температур нагрівання масла t , °С. (рисунок 4).

14. За результатами досліджень термоелектричних перетворювачів необхідно визначити область їх застосування та зробити висновок щодо характеру характеристик градування термоперетворювачів, та оцінити точність процесів вимірювання.

ЗМІСТ ЗВІТУ:

Назва роботи.

Мета роботи.

Таблиця 1 – Паспортні дані вимірювальних приладів

Позн. на схемі	Тип	Система	Рід струму	Межа вимірювання	Клас точності	Спосіб установки	Номінальна частота розширений діапазон частот
PV							
PmV							

Таблиця 2 – Технічна характеристика термометра опору

Тип	Призначення	Межа вимірювання	Тип градування	Показник теплової інерції, с	Стійкість до механічних впливів

Таблиця 3 – Технічна характеристика термопари

Тип	Призначення	Межа вимірювання	Тип градування	Показник теплової інерції, с	Стійкість до механічних впливів

Таблиця 4 – Паспортні дані універсального вимірювального моста

Найменування, тип	Призначення	Діапазон вимірювання	Клас точності	Робочі умови застосування	Габаритні розміри, мм	Маса, кг

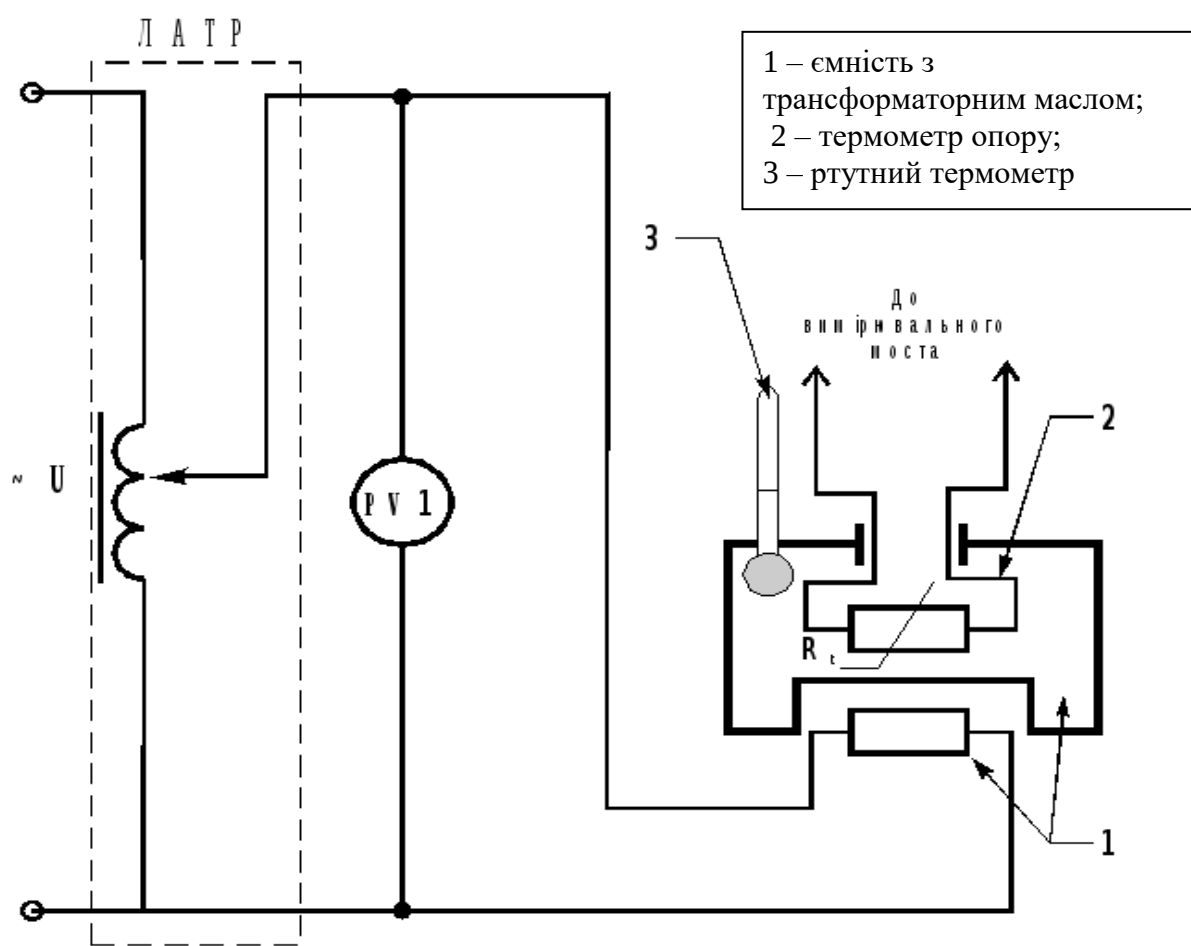


Рисунок 1 – Схема градування термометра опору

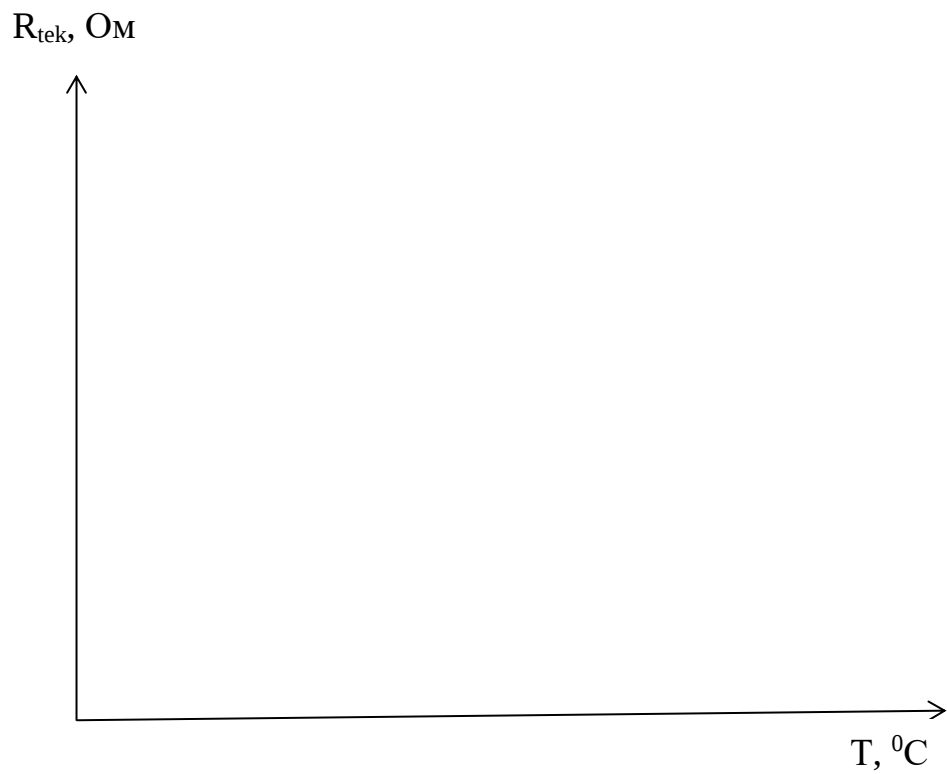


Рисунок 2 – Графічна залежність $R_{tek} = f(T)$

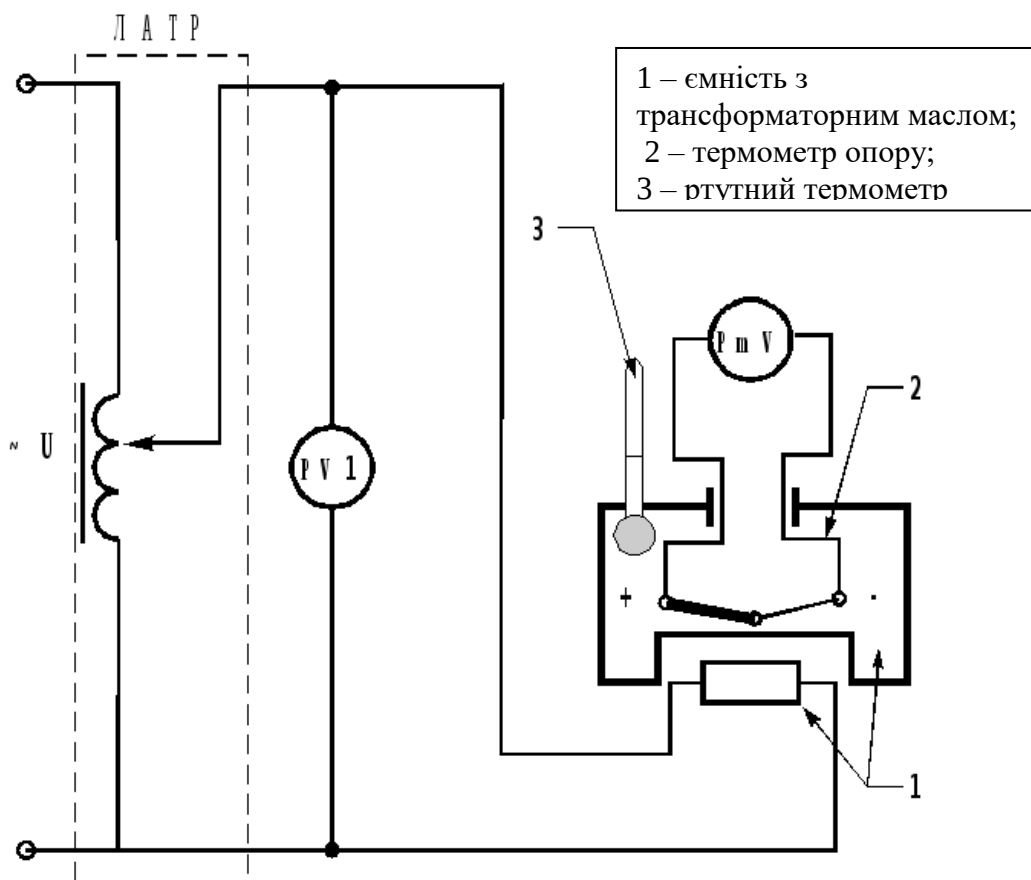


Рисунок 3 – Схема градуювання термопар

Таблиця 5 – Результати вимірювання величин опорів

Температура нагрівання масла, $T, ^\circ\text{C}$								
$R_{\text{тек}}, \text{Ом}$								
$R_{\text{тст}}, \text{Ом}$								

Таблиця 6 – Похибки вимірювань

Температура нагрівання масла, $^\circ\text{C}$								
$\Delta R_t, \text{Ом}$								
$\beta_R, \%$								

Таблиця 7 – Результати вимірювання величин термоЕРС

Температура нагрівання масла, $^\circ\text{C}$								
$E_{\text{тек}}, \text{мВ}$								
$E_{\text{тст}}, \text{мВ}$								

Таблиця 8 – Похибки вимірювань

Температура нагрівання масла, $^\circ\text{C}$								
$\Delta E_T, \text{мВ}$								
$\beta_E, \%$								

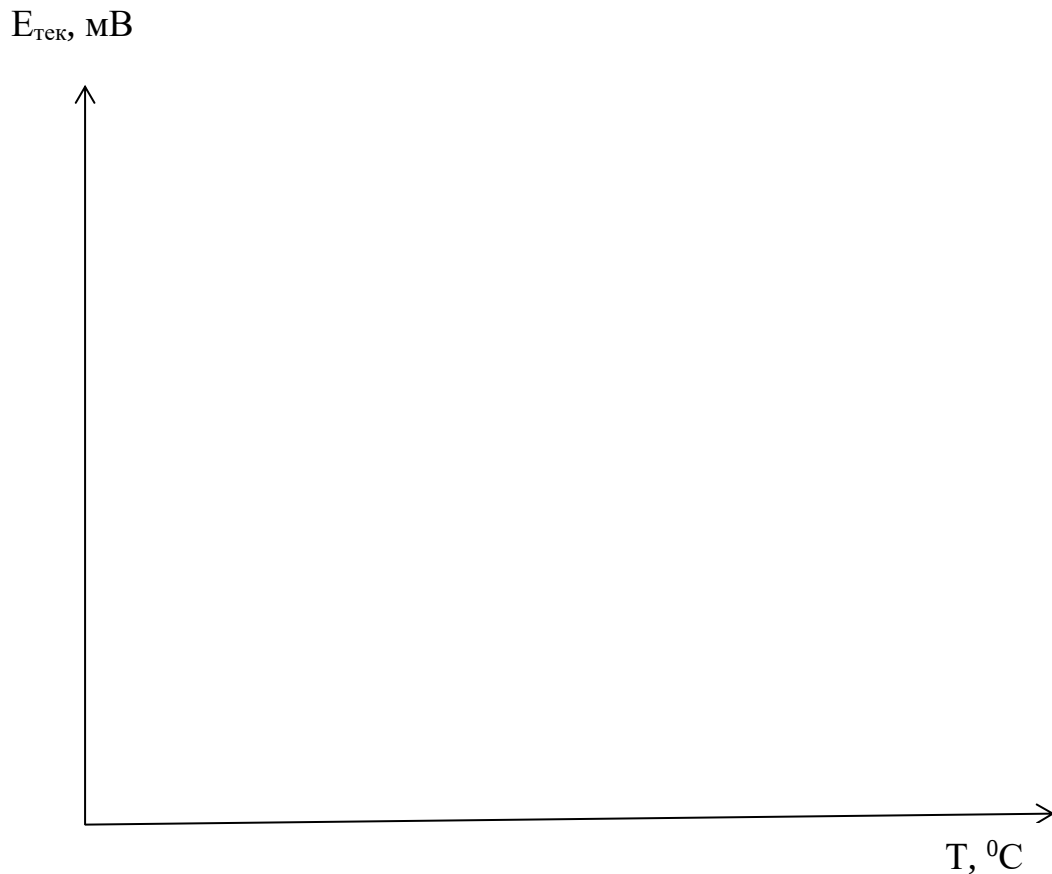


Рисунок 4 – Графічна залежність $E_{\text{тек}} = f(T)$

Висновок

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Класифікуйте прилади для визначення температури контактним методом за принципом дії.
2. Яка конструкція металевого термометра опору та його принцип дії? Що необхідно враховувати при його виборі термометру опору?
3. Які види вторинних приладів використовуються для вимірювання температури за допомогою металевого термометра опору? Чи можна використовувати термометр опору для виміру швидкоплинних температур?
4. У чому суть термоелектричного ефекту?
5. Які вторинні прилади застосовуються в комплекті з термопарою?
6. Як самостійно сконструювати термопару?
7. Чим відрізняється характеристика термопар, яка експериментально отримана при температурі вільних кінців, яка дорівнює 30°C , від дійсної характеристики градуювання термопар?
8. Який вигляд мають характеристики градуювання теплових перетворювачів?

ЛІТЕРАТУРА

1 Коваль А. О. Динамічні характеристики засобів вимірювальної техніки, Підручник, Форт, Харків: 2019, с. 211.