

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово-економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора з НР
_____ С.В.Бондаренко
_____ 20__ р.

**Методичні вказівки і завдання щодо виконання
лабораторних робіт з дисципліни
Технологічні вимірювання
спеціальності 5.05070104 "Монтаж та експлуатація
електроустаткування підприємств і цивільних споруд"**

Уклав

О.В. Шевченко

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних електротехнічних дисциплін
Протокол №__ від __ _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

Інструкція для виконання лабораторної роботи №1

Тема: Повірка вимірювального приладу

1. Мета: Набути практичні навички по розрахунку визначенню похибки в залежності від класу точності

2. Матеріально-технічне та навчально- методичне забезпечення:

- 2.1.1 Калькулятор
- 2.1.2 Таблиці вибору значень
- 2.1.3 Аркуш формату А4
- 2.1.4 Вимірювальний прилад
- 2.1.5 Зразковий прилад

3. Теоретичні відомості:

Для знаходження основної похибки в різних точках шкали приладу він через певні терміни (чи в міру необхідності) перевіряється, тобто його покази порівнюють з показами зразкового приладу, що має в кілька разів меншу похибку вимірювань, ніж прилад, що перевіряється.

Повірка приладів виконується як на спеціальних лабораторних стендах, так і на робочому місці. Порядок повірки різних приладів у лабораторії встановлюється відповідними державними стандартами та інструкціями, користування якими є обов'язковим. При повірці в лабораторії число точок шкали, що перевіряються, для промислових приладів складає звичайно 3-5, а для лабораторних і зразкових – не менше 10. Результати перевірки заносяться до протоколу, на підставі якого у випадку придатності приладу виписується посвідчення. У цьому документі, крім паспортних даних приладу для всіх значень шкали, що перевіряються, наводяться дійсні значення і поправки. Крім того, у посвідченні вказуються дата перевірки і термін її дії.

Повірка промислових приладів на робочому місці здійснюється паралельним підключенням до них лабораторних (переносних) приладів. Цей вид повірки є неповним, тому що в більшості випадків дозволяє порівняти покази приладу, що перевіряється, тільки в одній (робочій) точці.

За даними повірки іноді будується крива поправок до показів приладу (рис.1), що полегшує визначення поправок у межах всієї шкали.

Повірку приладів виконують спочатку для зростаючого значення вимірюваної величини (прямий хід), а потім для спадаючого (зворотній хід). Різниця між двома показами засобу вимірювання, коли одне й те саме значення вимірюваної величини досягається внаслідок її збільшення чи зменшення називається *варіацією показів засобу вимірювання*. Поява варіації зазвичай викликається пружною чи термічною післядією чутливого елемента, тертям рухливих частин, наявністю зазорів (люфтів) у механізмах тощо.

Варіація показів приладу v' у відсотках діапазону показів знаходиться за формулою:

$$v' = \frac{v}{N_k - N_n} \cdot 100\% , \quad (15)$$

де v - найбільша різниця показів, отримана для одного й того самого значення вимірюваної величини з незмінними зовнішніми умовами,

N_n і N_k - початкове і кінцеве значення шкали.

Термометр № 103256; повірка 23.12.2004р.



Рисунок 1 – Крива поправок термометра

Характерними величинами є також *відтворюваність вимірювання* і *поріг чутливості приладу*.

Відтворюваність вимірювання – це характеристика якості вимірювання, що відображає близькість результатів вимірювань однієї й тієї самої величини, виконаних у різний час, в різних умовах, різними методами й засобами.

Поріг чутливості визначає найменше значення вимірюваної величини, що може бути виявлене засобом вимірювання.

Зона нечутливості - діапазон значень вимірюваної величини, в межах якого її зміни не викликають зміни показу засобу вимірювань.

Досить важливою метрологічною характеристикою є *діапазон вимірювань*. У ДСТУ 2681-94 розрізняють діапазон показів і діапазон вимірювань.

Діапазон показів - інтервал значень вимірюваної величини, який обмежений початковим та кінцевим її значеннями.

Початковим значенням вимірюваної величини називають найменше в діапазоні показів її значення, а кінцевим - її найбільше значення.

Діапазон вимірювань - інтервал значень вимірюваної величини, в межах якого пронормовані похибки засобу вимірювань.

Пронормованими є верхня x_{\max} і нижня x_{\min} межі вимірювання.

У вимірювальній практиці широко використовується також термін "повний діапазон", під яким розуміють відношення верхньої межі вимірювання x_{\max} до порогу чутливості

$$D = \frac{x_{\max}}{X_n}$$

де X_n - поріг чутливості.

Похибки засобів вимірювань

Похибки засобів вимірювань дозволяють кількісно оцінити інструментарну похибку вимірювань, тобто похибку, яка виникає через недосконалість конструкції засобу вимірювання, а також через кінцеві можливості технології його виготовлення.

Похибки засобів вимірювальної техніки поділяються на:

- абсолютні, відносні та зведені;
- систематичні та випадкові;
- адитивні, мультиплікативні і нелінійні;
- основні і додаткові;
- статичні і динамічні.

За способом вираження похибки засобів вимірювальної техніки поділяють на абсолютні, відносні та зведені.

Абсолютною похибкою засобу вимірювань називають різницю між показом засобу вимірювань та істинним значенням вимірюваної величини за відсутності методичних похибок і похибок від взаємодії засобу вимірювань з об'єктом вимірювання

$$\Delta_{ca} = X_{ca} - X_i.$$

Відносною похибкою засобу вимірювань називають відношення абсолютної похибки засобу вимірювань до істинного значення вимірюваної величини

$$\delta_{ca} [\%] = \frac{\Delta_{ca}}{X_i} \cdot 100\%.$$

Зведеною похибкою засобу вимірювань називають відношення абсолютної похибки засобу вимірювань до нормованого значення

$$\gamma [\%] = \frac{\Delta_{ca}}{X_n} \cdot 100\% ,$$

де X_n – нормоване значення.

Похибки засобів вимірювань містять ряд систематичних і випадкових складових, статичні та динамічні похибки, які визначаються аналогічно визначенням похибок вимірювань.

Залежно від того, в яких умовах експлуатується засіб вимірювань, розрізняють основну (для нормальних умов) і додаткову похибки (якщо одна або більше впливних величин виходять за межі нормальних умов).

Основна похибка – похибка засобу вимірювальної техніки за нормальних умов його використання.

Додаткова похибка – похибка засобу вимірювальної техніки, яка додатково виникає під час використання засобу вимірювань в умовах відхилення хоча б однієї з впливних величин від нормального значення або її виходу за границі нормальної зони значень.

Щоб наперед оцінити похибку, яку внесе дане устаткування в кінцевий результат, користуються нормованими значеннями похибки.

Під нормованим значенням розуміють похибки, які є граничними для даного типу засобів вимірювань.

Стандартами регламентуються способи нормування і форми вираження допустимих границь похибок.

Границею допустимої похибки засобу вимірювань називають найбільше значення, без урахування знаку, похибки засобу вимірювань, за яким цей засіб ще може бути визнаний придатним до застосування.

Границі допустимих абсолютної, відносної і зведеної похибок засобів вимірювань можуть виражатись одним числом

$$\Delta_i = \pm a; \quad \delta_i = \pm q; \quad \gamma_i = \pm p ,$$

де a - позитивне число, незалежне від X ;

q, p - абстрактні позитивні числа, вибрані з ряду

$$[1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0] \cdot 10^n,$$

де n може набувати значення 1; 0; -1; -2;

Границі допустимих абсолютної і відносної похибок можуть також виражатися у вигляді лінійної функції

$$\Delta_{ca} = \pm (a + b \cdot x) ,$$

де a, b - позитивні числа, незалежні від x .

Перший доданок поданої функції (рис.5, а) характеризує адитивну похибку (похибку нуля, незалежну від x), а другий (рис.5, в) – мультиплікативну (похибку чутливості, залежну від x).

Клас точності. Узагальненою характеристикою засобу вимірювальної техніки є клас точності, що визначається границями його допустимих основної і додаткових похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність, значення яких регламентується.

Клас точності характеризує точність засобу вимірювань, але не є безпосередньою характеристикою точності вимірювання, виконаного за допомогою даного засобу вимірювань.

В основу присвоєння класу точності береться основна похибка засобу вимірювань і спосіб її вираження. Якщо основна похибка виражається в одиницях вимірюваної величини або в поділках шкали, то класи точності позначають порядковими номерами. Номери визначаються відповідними стандартами.

Якщо границі допустимої основної похибки задаються відносною або зведеною похибкою, то позначення класів точності вибирають із наведеного раніше ряду.

Якщо границі допустимої основної похибки залежать від значення вимірюваної величини, наприклад,

$$\delta = \pm [c + d \cdot (|X_k / X| - 1)],$$

то при значеннях $c=0.02$ і $d=0.01$ клас точності позначають дробом: 0.02/0.01.

4 Хід роботи: вивчити будову приладу

4.1 Отримати схему повірки у викладача

4.2 Зібрати схему повірки приладу

4.3 Перевірити метрологічні характеристики приладу, дані занести в протокол повірки

Протокол повірки

Тип приладу _____ № _____ шкала _____

Прилад призначений для роботи з _____

Клас точності _____

При повірці використано зразковий прилад _____

Температура навколишнього середовища _____

Напруга живлення приладу _____

Вхідні дані, покази		Покази приладу С°		Похибки	
По шкалі С°	По магазину Ом	Прямий хід	Зворотній хід	Абсолютна С°	Приведена %
0					
50					
100					
150					
200					

5 Висновки

Зробити висновки про здобуті навички

6 Контрольні запитання

- поясніть принцип дії приладу;
- поясніть призначення приладу;
- призначення градувальних характеристик.

7 Література

- 1 Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и регулирования.- М.: Высшая школа, 1989.- 336 с.
- 2 Исакович Р.Я. Технологические измерения и приборы. Изд. 2-е переработанное. – М.: Недра, 1979. – 344 с.

Інструкція для виконання лабораторної роботи №2

Тема: Манометричний термометр, влаштування, метрологічні характеристики

1 Мета роботи: вивчити влаштування, різновиди манометричних термометрів, перевірити метрологічні характеристики.

2 Матеріально-технічне та навчально- методичне забезпечення:

Олівець
Лінійка
Аркуш формату А4
Вимірювальні прилади

3 Загальні відомості

Принцип дії манометричних термометрів ґрунтується на механічному переміщенні пружного чутливого елемента в замкненій герметичній системі від зміни або тиску газу, або зміни об'єму рідини, або зміни тиску насиченої пари в залежності від вимірюваної температури.

Манометричний термометр (рис.1) складається із: термобалона 1, який розміщується в об'єкті вимірювання; капілярної трубки 2 довжиною до 60 м і внутрішнім діаметром 0,1-0,5 мм з захисним металорукавом та манометричного приладу, який складається із чутливого елемента в вигляді трубчатої пружини 3 овального перерізу (одно або багато виткової, остання може бути спіралевидної чи гелікоїдальної форми, а замість трубчатої пружини може використовуватись і сильфон); передавального механізму, який в свою чергу складається з біметалевого термокомпенсуючого повідка 8, зубчатого сектору 7, та шестерні 6, на якій закріплена стрілка 1 та шкали 5.

Межі вимірювання температури для різних наповнювачів:

Термометри	Термометрична речовина	Межі температур, °С
газові	азот, гелій, водень	-260...+600
рідинні	ртуть	-40...+600
	ксилол, метиловий спирт	-40...+180
	силіконова рідина	-150...+300
конденсаційні	хлорметил	-20...+150
	ацетон	-60...+200
	бензол	-100...+250

Під впливом температури тиск термометричної речовини в термобалоні 1 збільшується і передається по капіляру 2, манометричній пружині 3, яка під дією тиску розкручується і її вільний кінець через повідок 5 і кінематичну схему переміщує стрілку 4 чи перо самописця. Термобалон 1 виготовляють із корозієстійкої сталі, а капіляр 2 - із сталевий чи мідної трубки внутрішнім діаметром в межах 0,15- 0,5 мм..

Залежно від термометричної речовини термометри бувають газові, рідинні та парорідинні для різних меж вимірювання. Довжина капіляру штатна: 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; і 40(60)м і від неї залежить основна похибка вимірювання. Чим менше довжина капіляра і менший діапазон вимірювання, тим менше основна похибка.

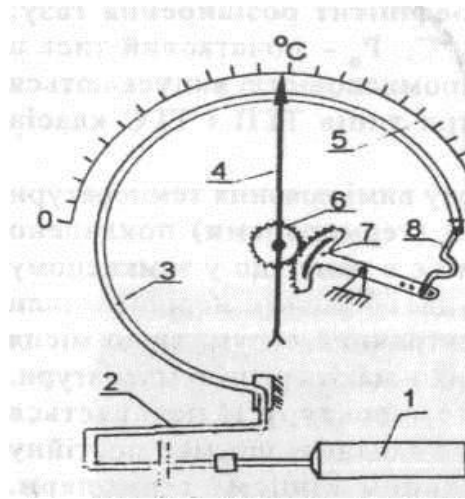


Рисунок 1 Манометричний термометр

Принцип дії газових манометричних термометрів ґрунтується на тепловому розширенні газів і для них залежність тиску в термосистемі від температури підпорядкована закону Шарля:

$$P_t = P_0 * [1 + \alpha * (t - t_0)], \quad (1)$$

де P_0 – початковий тиск в термосистемі при температурі заповнення t_0 , [МПа]; $\alpha = 1/273,15$ [1/К] – температурний коефіцієнт розширення газу.

P_0 вибирають в межах (3...10) МПа, щоб зменшити вплив атмосферного тиску на манометричну систему. Похибка вимірювань залежить також від співвідношення об'єму термобалону та неробочого об'єму манометричної системи.

Випускаються промисловістю газові манометричні термометри типів:

ТПГ – показувальні; ТПГ-СК – показувальні і сигнальні; ТГС – показувальні і самописні. Класи точності: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5.

Газові термометри використовуються також для вимірювання дуже низьких температур, які відповідають температурам конденсації газу наповнювання. Наприклад, при заповненні термосистеми азотом, нижня межа вимірювання температури складає: -195°C , а гелієм- (-269°C).

Випускаються рідинні термометри типу ТЖС – показувальні і самописні.

Рідинні термочутливі системи розвивають значні зусилля і їхня робота практично не залежить від атмосферного тиску, що дозволяє використовувати їх також в термореле з потужними контактами на розмикання.

Принцип дії конденсаційних (або парорідинних) манометричних термометрів ґрунтується на залежності тиску насиченої пари від температури. Особливість їхньої роботи в тому, що в робочому діапазоні температур в манометричній системі наповнювач знаходиться завжди в двох фазах: рідкій та пароподібній. Тиск в такій системі визначається температурою границі розподілу рідина – пара і вони розрізняються з парорідинним та паровим наповненням.

Парорідинне наповнення – кількість рідини в системі складає 50÷60 % об'єму, причому об'єм термобалону повинен складати не менше 50% всього об'єму. Це дає те, що границя розподілу, рідина – пара завжди знаходиться в термобалоні, не залежно від температур окремих частин і положення термобалону. Переваги такого заповнення: 1) можливість роботи, в умовах, коли температура термобалона вища або нижча за температуру інших частин термосистеми; 2) швидка реакція на зміну температури. Недолік – необмежене зростання тиску в системі з ростом температури.

З паровим наповненням – відрізняються тим, тому що пара вводиться в термосистему при температурі дещо більшій, чим максимальна можливе її зачення в робочих умовах. Наприклад, в холодильних машинах терморегулюючі вентиля із заповненням термосистеми фреоном працюють при максимальній температурі до $t^0 = +10^\circ\text{C}$, і відповідно їхнє

заповнення проводять при тиску насичення, що відповідає $+(20-30)^{\circ}\text{C}$. При зниженні температури в термобалоні конденсується невелика кількість рідини. Основна перевага – обмеження тиску в термосистемі при температурах вищих температури заповнення, так як в цьому випадку вони перетворюють у газові термометри, зростання тиску в яких від температури значно менше, що знижує вимоги до термосистеми по запасу міцності.

Особливість термометрів з використанням тиску насиченої пари – суттєва нелінійність тиску від температури, що приводить до нерівномірності шкал. Але вони є найбільш чутливі при відносно малому діапазоні вимірювання до 250°C . На їхні покази впливає зміна атмосферного тиску, але не впливає зміна температури навколишнього середовища. Типи конденсаційних термометрів: ТПП – показувальний, ТПП-СК – показувальний і сигнальний. Клас точності 1 – 1,5. Конденсаційні (або парорідинні) манометричні термометри найбільше вживають в холодильній автоматичі як температурні регулятори, терморегулюючі вентилі.

4 Хід роботи: вивчити будову приладу

4.1 Отримати схему повірки у викладача

4.2 Зібрати схему повірки манометричного термометра

4.3 Перевірити метрологічні характеристики приладу, дані занести в протокол повірки

Протокол повірки

Тип приладу _____ № _____ шкала _____

Прилад призначений для роботи з _____

Клас точності _____

При повірці використано зразковий прилад _____

Температура навколишнього середовища _____

Напряга живлення приладу _____

Вхідні дані, покази		Покази приладу $^{\circ}\text{C}$		Похибки	
По шкалі $^{\circ}\text{C}$	По магазину Ом	Прямий хід	Зворотній хід	Абсолютна $^{\circ}\text{C}$	Приведена %
0					
50					
100					
150					
200					

5 Висновки

Зробити висновки про здобуті навички

6 Контрольні запитання

- поясніть принцип дії приладу;
- поясніть призначення приладу;
- призначення термобалона.

7 Література

1. Сергеев А. Г., Крохин В.В. Метрология. – М.:«Логос», 2001.
2. Петров И.К. Технические измерения и приборы в пищевой промышленности. - М., Пищевая промышленность, 1973.
3. Головки Д.Б., Рега К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань.-Київ.: Либідь, 2001. - 408 с.

Інструкція для виконання лабораторної роботи №3

Тема: Автоматичний міст КСМ-2, влаштування, метрологічні характеристики

1 Мета: вивчити принцип роботи та будову автоматичного моста, навчитись виконувати повірку приладу.

2 Матеріально-технічне забезпечення:

- аркуш паперу
- лінійка
- олівець
- автоматичний міст КСМ-2
- магазин опорів

3 Теоретичні відомості

Принцип дії ґрунтується на властивості матеріалів змінювати електричний опір зі зміною температури. Мідні термометри опору (ТО) працюють до температури 500°C, платинові до 1100°C.

Якщо потенціали вершин моста, до яких підключається вимірювальна діагональ, різні, то в вимірювальній діагоналі йде струм, який надходить в електричний підсилювач ЄУ. Вхідний сигнал примушує обертатися реверсний двигун РД, який зміщує повзунк реохорда R_p до тих пір, поки не наступить рівновага моста.

Опір, що вимірюється, ввімкнений в плече, яке належить реохорду. Тому залежність переміщення повзунка від зміни опору є лінійним.

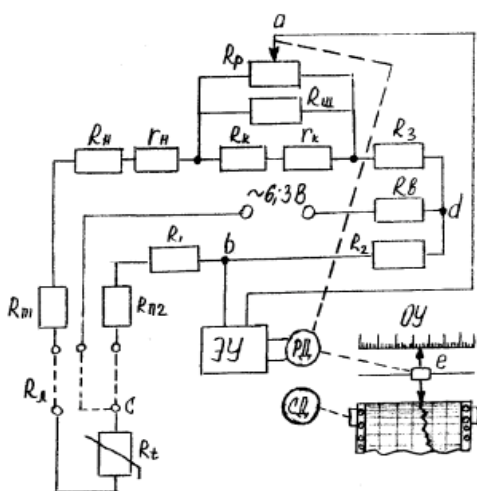
Переваги даної схеми (рис.1):

- покази моста не залежать від напруги живлення;
- покази приладу лінійно залежать від зміни температури, яка вимірюється;
- вимірювання виконується автоматично.

Недоліки схеми:

Необхідність пристрою для врівноваження та складність вимірювання малих опорів.

На рисунку1 приведена принципова схема автоматичного урівноваженого моста, який, так само як ручний урівноважений міст, реалізує нульовий метод вимірювання опору.



Термометр опору R_t підключений до приладу по трипровідній схемі. У вимірювальну схему моста входять врівноважуючий реохорд R_p з шунтуючим його резистором $R_{ш}$ (обмежує струм, що проходить по реохорду); резистори R_n і R_k , що визначають початок і кінець шкали; спіралі r_n і r_k , що забезпечують точну підгонку діапазону шкали і є частиною резисторів R_n і R_k ; резистори R_1 , R_2 і R_3 , що створюють постійні плечі моста; ТО R_t є змінним плечем; баластний резистор R_b , який обмежує струм в мостовій схемі і забезпечує мінімальний нагрів ТО; підгоночні резистори $R_{п1}$ і $R_{п2}$, що забезпечують опір лінії, що підводить, $R_{л}=5$ Ом (кожний з двох сполучних дровів має опір 2.5 Ом).

Електронний підсилювач змінного струму ЕУ включений в діагональ ab і забезпечує посилення розбалансу, що виникає у вимірювальній схемі при зміні опору ТО R_t . Посилений сигнал поступає на вхід двигуна РД, який обертанням валу примушує переміщатися рухому каретку реєструючого

пристрою е і реохорда Rp. Обертання валу відбувається до тих пір, поки не наступить нова рівновага схеми; напруга розбалансу стане рівною 0, сигнал на вході РД також зникне і двигун зупиниться.

Живлення вимірювальної схеми моста проводиться через діагональ d за допомогою силового трансформатора ЕУ змінним струмом напругою 6.3 В і частотою 50 Гц. Синхронний двигун СД переміщає діаграмний папір щодо пера або друкуючого пристрою з постійною швидкістю.

4 Хід роботи: вивчити будову приладу КСМ-2

4.1 Отримати схему повірки у викладача

4.2 Зібрати схему повірки приладу КСМ-2

4.3 Перевірити метрологічні характеристики приладу КСМ-2, дані занести в протокол повірки

Протокол повірки

Тип приладу _____ № _____ шкала _____

Прилад призначений для роботи з _____

Клас точності _____

При повірці використано зразковий прилад _____

Температура навколишнього середовища _____

Напруга живлення приладу _____

Вхідні дані, покази		Покази приладу С°		Похибки	
По шкалі С°	По магазину Ом	Прямий хід	Зворотній хід	Абсолютна С°	Приведена %
0					
50					
100					
150					
200					

5 Висновки

Зробити висновки про здобуті навички

6 Контрольні запитання

- поясніть принцип дії приладу;
- поясніть призначення приладу;
- призначення три провідної лінії.

7 Література

- 1 Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и регулирования. - М.: Высшая школа, 1989.- 336 с.
- 2 Исакович Р.Я. Технологические измерения и приборы. Изд. 2-е переработанное. – М.: Недра, 1979. – 344 с.

Інструкція для виконання лабораторної роботи №4

Тема: Манометр типу МВП-160, влаштування, метрологічні характеристики

1 Мета: вивчити будову зразкового вагопоршневого манометра та манометра МВП-160, навчитись виконувати повірку приладу

2 Матеріально-технічне забезпечення:

- аркуш паперу
- лінійка
- олівець
- вагопоршньовий манометр
- манометр МВП-160

3 Теоретичні відомості:

3.1 Зразковий вагопоршневий манометр

Принцип дії поршневого манометра базується на врівноваженні сил, створених, з одного боку, тиском, що вимірюється, а з іншого – масою вагів і поршня в циліндрі. Зразкові поршневі манометри застосовують для повірки пружинних манометрів і розділяються на три групи: 1-го, 2-го та 3-го розрядів. Прилади 1-го розряду мають клас точності 0,02 і служать для перевірки поршневих манометрів 2-го розряду. Прилади 2-го розряду мають клас точності 0,05 і призначені для перевірки зразкових поршневих і пружинних манометрів. Прилади 3-го розряду мають клас точності 0,2 і застосовуються для перевірки робочих пружинних манометрів.

Вагопоршневий манометр складається з вагопоршневої колонки і гвинтового преса, заповненого машинним маслом. Колонка складається з вертикального циліндра, в якому переміщується поршень. В верхній частині поршень має тарілку для встановлення змінних вагів. Колонка, насос і гвинтовий прес з'єднані каналами з стійками, які мають штуцери для підключення манометрів. Голчасті вентиля служать для підключення манометрів, колонки, зливу масла. Протягом всього часу роботи необхідно, щоб поршень був занурений в канал колонки на $2/3$ своєї довжини. Оскільки повірка виконується для прямого і зворотного ходів, перед встановленням або зняттям ваг манометр, який перевіряється, повинен бути відключений від колонки за допомогою вентиля. При досягненні верхньої межі вимірювання, манометр, який повіряється, залишають під навантаженням протягом двох-трьох хвилин, після чого навантаження знижують.

Ефективна площа поршня S дорівнює $1,0 \text{ см}^2$, маса однієї ваги m_i , це створює номінальний тиск:
$$D_i = \frac{m_i \cdot g}{S}$$

Для повірки робочих манометрів колонка відключається вентиляем і тиск створюють гвинтовим пресом. В такому випадку за еталон беруть покази зразкового пружинного манометра. Зразкові пружинні манометри, що розраховані на тиск до 25 МПа мають клас точності 0,1; 0,25; 0,4.

Абсолютна похибка Δ пружинного манометра визначається як різниця між його показами P_i і дійсним тиском P_g , котрий створюється вагопоршневим манометром. Максимальна зведена похибка пружинного манометра обчислюється відносно межі шкали P_{max} :

$$\gamma_{max} = \frac{\Delta_{max}}{P_{max}} \cdot 100\% . \quad (3.1)$$

Дійсний тиск визначається за формулою:

$$P_g = \frac{a}{b} \cdot P_{H20} , \quad (3.2)$$

де $a=g/g_{20}$ – поправковий множник до прискорення сили тяжіння на широту і висоту м. Чернігова над рівнем моря;

$$g = 9,78049(1 + 0,528 \cdot 10^{-2} \cdot \sin^2 \varphi - 0,6 \cdot 10^{-5} \cdot \sin^2 2\varphi) - 0,3086 \cdot 10^{-3} \cdot H,$$

де $\varphi = 46^\circ 30'$ - широта м. Вінниці;

$H = 100$ м – висота над рівнем моря;

$g_{20} = 9,8066$ – нормальне прискорення сили тяжіння, м²/с;

$b = 1 + (\alpha + \beta)(t - 20)$ - поправочний множник на теплове розширення поршня і циліндра;

α, β - коефіцієнти теплового розширення матеріалу поршня і циліндра (для сталі

$\alpha = 11 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹; для латуні $\beta = 19 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹);

$$P_{H_{20}} = \frac{G_T + \sum G_i}{S_{20}}, \text{ кгс/см}^2 \text{ – номінальний тиск, розвинутий манометром;}$$

G_T, G_i - ваги тарілки з поршнем і вантажем відповідно, кгс;

S_{20} – площа поршня для 20°C.

Максимальна абсолютна похибка варіації показів обчислюється так:

$$\Delta_{\max b} = \left| \Delta_{\bar{M}_i} - \Delta_{\bar{B}_i} \right|, \quad (3.3)$$

де $\Delta_{M_i}, \Delta_{B_i}$ – найбільші і найменші значення абсолютних похибок для прямого і зворотного ходів Δ_{np}, Δ_{zv} в досліді з вагою m_i .

Середнє арифметичне значення варіації показів \bar{b} визначається так:

$$\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n}, \quad (3.4)$$

4 Хід роботи: вивчити будову вагопоршневого манометра та манометра МВП-160

4.1 Отримати схему повірки у викладача

4.2 Зібрати схему повірки манометра МВП-160

4.3 Перевірити метрологічні характеристики приладу, дані занести в протокол повірки

Протокол повірки

Тип приладу _____ № _____ шкала _____

Прилад призначений для роботи з _____

Клас точності _____

При повірці використано зразковий прилад _____

Температура навколишнього середовища _____

Напруга живлення приладу _____

Вхідні дані, покази		Покази приладу С°		Похибки	
По шкалі мПа	По зразковому приладу мПа	Прямий хід	Зворотній хід	Абсолютна С°	Приведена %
0,0					
0,1					
0,2					
0,3					
0,4					
0,5					

5 Висновки

Зробити висновки про здобуті навички

6 Контрольні запитання

- поясніть принцип дії приладу МВП-160;
- поясніть призначення приладу МВП-160;
- призначення вагопоршньового манометра.

7 Література

7.1 Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и регулирования.- М.:Высшая школа, 1989.- 336 с.

7.2 Исакович Р.Я. Технологические измерения и приборы. Изд. 2-е переработанное. – М.: Недра, 1979. – 344

Інструкція для виконання лабораторної роботи №5

Тема: Цифровий регулятор температури ТРМ, влаштування, метрологічні характеристики

1 Мета роботи: вивчити влаштування, метрологічні характеристики, цифрового регулятора температури ТРМ.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

Олівець

Лінійка

Аркуш формату А4

Вимірювальний прилади ТРМ

3 Загальні відомості

3.1. Призначення приладу

Прилад спільно зі стандартним термоперетворювачем опору (ТО) або термоелектричним перетворювачем (ТП) призначений для контролю температури.

Прилад дозволяє здійснювати наступні функції:

- вимірювання температури за допомогою датчика;
- цифрова фільтрація результату вимірювання;
- відображення результату поточного вимірювання на вбудованому світлодіодному цифровому індикаторі;
- автоматичне регулювання параметра шляхом управління клапаном по ПІД-закону;
- управління клапана вручну;
- світлову індикацію режимів роботи приладу;
- формування візуального сигналу «Аварія» при несправності датчика або виходу температури за встановлені межі;
- передачу даних по інтерфейсу RS485 у відповідності з протоколом ModBus.

3.2. Функціонування приладу

Прилад містить два виходи: для підключення термоперетворювача опору або термоелектричного перетворювача і вхід зворотного зв'язку від керованого пристрою(клапана).

Комутатор сигналів працює під управлінням мікроконтролера і забезпечує підключення різних проводів датчика до підсилювача сигналу.

Мікроконтролер перетворює отримані сигнали в цифровий код, перераховує в технічні одиниці, виводить на індикатори значення і керує виходами. Прилад дозволяє виконувати управління клапаном по ПІД-закону. Мікроконтролер контролює справність первинного термоелектричного перетворювача, термоперетворювача опору на відповідність вимірюваних параметрів заданому користувачем допустимому діапазону. Вихід з ладу термоперетворювача або обрив сигнального проводу індикуються у вигляді напису «ErrS» на верхньому семисегментному індикаторі і світінням відповідного світлодіодного індикатора. Прилад порівнює необхідне положення клапана з обчисленим результатом і залежно від результату порівняння відкриває або закриває клапан. Тривалість дії розраховується виходячи з часу повного ходу клапана. Прилад перестає рухати клапан, коли його виміряне положення дорівнює необхідному. Управління клапаном

здійснюється з урахуванням гістерезису. При роботі приладу в ручному режимі відкриття / закриття клапана проводиться з клавіатури приладу.

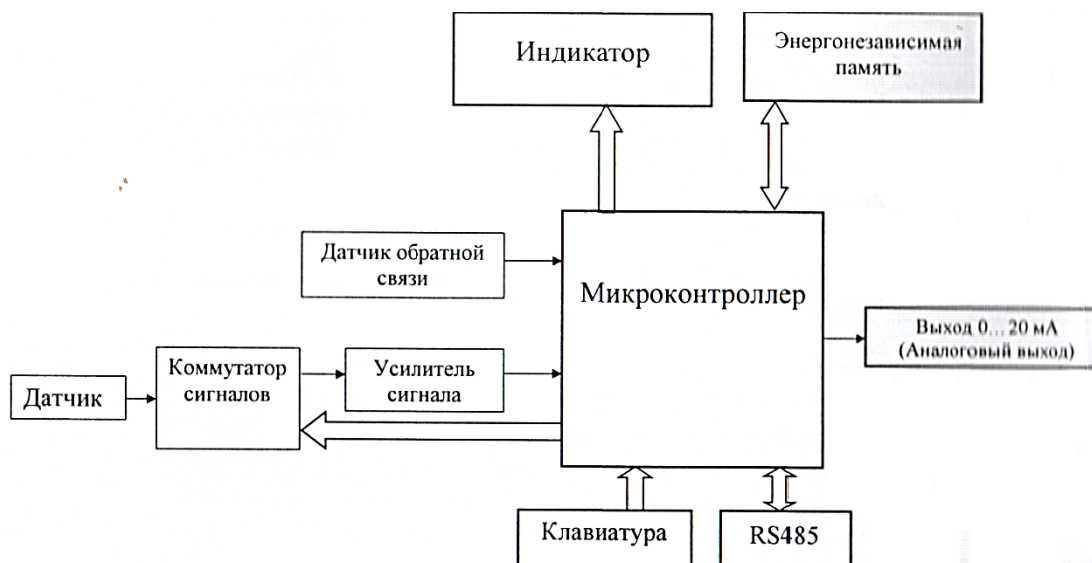


Рисунок 1 - Узагальнена функціональна схема приладу

4 Хід роботи

- 4.1 Вивчити, описати принцип дії
- 4.2 Накреслити схему
- 4.3 Одержати схему повірки у викладача
- 4.4 Перевірити метрологічні характеристики, цифрового регулятора температури ТРМ.

5 Висновки

Зробити висновки про виконану роботу

6 Контрольні запитання

- 6.1 Опишіть роботу та призначення мікроконтролера
- 6.2 Призначення датчика зворотнього зв'язку.
- 6.3 Поясніть призначення аналогового виходу.

7 Література

- 1 Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка - Львів: Видавництво Бескид Біт, 2003р 544с.
- 2 Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка - Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004 -252с.
- 3 Фарзане Н.Г., Илясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы.- М.: Высш. шк., 1989.- 456с

Інструкція для виконання лабораторної роботи №6

Тема: Вимірювання вологості психрометром

1 Мета: Навчитися визначати відносну вологість повітря.

Вивчити будову психрометра і з його допомогою визначити відносну вологість повітря.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:
психрометр; психрометрична таблиця; баротермогігрометр.

3 Теоретичні відомості:

В атмосфері Землі завжди є водяна пара. Вологість повітря зумовлюється вмістом у ньому водяної пари при будь-якій температурі. Її наявність в повітрі характеризується абсолютною і відносною вологістю. Абсолютна вологість ρ_a визначається масою водяної пари, що міститься в 1 м^3 повітря при даній температурі, тобто густиною водяної пари.

При певних умовах водяна пара, що знаходиться у повітрі може його насичувати. Масу водяної пари, що насичує 1 м^3 повітря при даній температурі, називають максимальною вологістю повітря ρ_n , або густиною насиченої водяної пари.

Абсолютну вологість ρ_a можна визначити по температурі точки роси - температурі, при якій пара, що міститься в повітрі, стає насиченою. На практиці найчастіше користуються поняттям відносної вологості повітря $V(\varphi)$, яка вимірюється

відношенням абсолютної вологості ρ_a до максимальної вологості ρ_n повітря при цій же температурі, вираженої в процентах:

$$V = \frac{\rho_a}{\rho_n} \cdot 100\%$$

Відносна вологість V показує, скільки процентів складає абсолютна вологість від густини ρ_n водяної пари, що насичує повітря при даній температурі. Саме від відносної вологості повітря залежить інтенсивність випаровування.

Відносну вологість повітря у даній роботі вимірюють за допомогою психрометра.

4 Хід роботи :

1. Перевірте наявність води в стакані психрометра і при необхідності долийте її.
2. Визначте температуру сухого термометра t_c .
3. Визначте температуру вологого термометра t_b .
4. Обчисліть різницю показів сухого і вологого термометрів $\Delta t = t_c - t_b$
5. Користуючись психрометричною таблицею, визначте відносну вологість повітря.
6. Визначте відносну вологість за баротермогігрометром.
7. Результати по визначенню V порівняйте і зробіть висновок.
8. Визначте абсолютну вологість повітря ρ_a для температури t_c сухого термометра за формулою:

$$\rho_a = \frac{V \cdot \rho_n}{100\%}$$

Густину насиченої пари ρ_n для цієї температури візьміть із таблиці 1.

Таблиця 1

t, °C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\rho_{\text{H}} \cdot 10^{-3}$	6,80	7,30	7,80	8,30	8,80	8,40	10,0	10,7	11,4	12,1

t, °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$\rho_{\text{H}} \cdot 10^{-3}$ кг/м ³	12,8	13,6	14,5	15,4	16,3	17,3	18,3	19,4	20,6	21,8	23,0	24,4

10. Користуючись тією ж таблицею визначте точку роси t_p при якій $\rho_a = \rho_{\text{H}}$. Для цього отримане значення ρ_a знайдіть в таблиці, і температура, яка відповідає цьому значенню буде точкою роси.

11. Результати вимірювань і обчислень запишіть в таблицю 2 і зробіть висновок.

Таблиця 1

Покази сухого термометра		Різниця показників сухого і вологого термометрів											
К	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
278	5	100	86	72	58	45	32	19	6				
	6	100	86	73	60	47	35	23	10				
	7	100	87	74	61	49	37	26	14				
	8	100	87	75	63	51	40	28	18	7			
	9	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
283	10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4		
	11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
	12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
	13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
	14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9	
288	15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
	16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	8
	17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
	18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20	13
	19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
293	20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
	21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
	22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
	23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
	24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
298	25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27

Таблиця 2

Показники термометрів		Різниця показників термометрів Δt , °C	Відносна вологість повітря В, %	Абсолютна вологість повітря ρ_a , кг/м ³	Точка роси t_p , °C
Сухого t_c , °C	Вологого t_b , °C				

Визначити різницю температур:

$$\Delta t = t_c - t_b$$

Визначити абсолютну вологість:

$$\rho_a = \frac{B \cdot \rho_{\text{H}}}{100\%} =$$

5 Висновки

Зробити висновки про виконану роботу

6 Контрольні запитання

Що таке насичена пара? Ненасичена пара?

Що таке відносна вологість?

Що таке абсолютна вологість?

Що таке психрометр? Опишіть будову і принцип його дії.

Яке явище лежить в основі роботи психометра?

Як користуватись психрометричною таблицею?

Назвіть і поясніть способи вимірювання відносної вологості повітря.

7 Література

1. Сергеев А. Г. , Крохин В.В. Метрология. – М.:«Логос», 2001.
2. Петров И.К. Технические измерения и приборы в пищевой промышленности. - М.:Пищевая промышленность, 1973.
3. Головки Д.Б., Рега К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань.- Київ.: Либідь, 2001. - 408 с.