

ЗОШИТ

**для виконання лабораторних робіт
з дисципліни „Контроль та керування ХТП”**

студента групи _____

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ТА ІНСТРУКЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ №1 ТА №2

1.1. Основні методи вимірювання температури промислових середовищ

1.1. 1. Загальні відомості про вимірювання температури середовищ

В хімічній промисловості більшість технологічних процесів проходить із виділенням чи поглинанням теплоти. Температура технологічних середовищ є одним з найважливіших технологічних параметрів, який визначає кінцеві результати технологічного процесу.

Температура – фізична величина, що характеризує середньостатистичну інтенсивність руху елементарних часток (атомів, молекул) тіла.

Одиницею температури є кельвін (К)-1/273.16, частина термодинамічної температури потрібної точки води (СТ СЕВ 1052-78).

СІ допускає використання Міжнародної практичної температурної шкали МПТШ68 (ДСТ 8.157-75), одиницею в якій є градус, що позначається символом °С. Кельвін і градус зв'язані залежністю $T, K = 273,16 + T, ^\circ C$.

Безпосереднє вимірювання температури неможливе. Її вимірюють за зміною різних властивостей контрольованого тіла чи середовища, які функціонально пов'язані зі зміною температури. Але таке беззондове вимірювання температури застосовують рідко. Частіше використовують контактний метод, при якому спеціальний термодинамік – зонд контактує з вимірюваним середовищем. Вимірювання температури засноване на явищі теплового обміну між середовищем і зондом. Відлік температури виконують при досягненні теплової рівноваги між зондом і вимірюваним середовищем.

У залежності від принципу дії термоприймачів промислові прилади для вимірювання температури у відповідності з ДСТ 13417-76 поділяють на наступні групи:

манометричні термометри (ДСТ 8624-71), які засновані на зміні тиску робочої речовини, що знаходиться в замкнутому об'ємі, при зміні температури;

термоелектричні термометри (ДСТ 3044-77), що включають у свій склад термоелектричний перетворювач (термопару) і вторинний прилад (мілівольтметр чи потенціометр); дія термоперетворювача заснована на використанні залежності термоелектрорушійної сили від температури:

термометри опору (ДСТ 6651-78), що включають у свій склад термоперетворювач опору провідниковий чи напівпровідниковий і вторинний прилад (логометр чи міст); дія термоперетворювача заснована на використанні залежності опору елемента від температури:

пірометри випромінювання, які у свою чергу можна підрозділити на такі:

квазімонохроматичні пірометри, дія яких заснована на використанні залежності температури від спектральної енергетичної яскравості (ДСТ 8335-81);

пірометри спектрального відношення, дія яких заснована на залежності від температури тіла відношення енергетичних яскравостей у двох чи декількох спектральних інтервалах (ДСТ 18951-73),

пірометри повного випромінювання, дія яких заснована на використанні залежності температури від інтегральної енергетичної яскравості випромінювання (ДСТ 6923-81).

1.1.2. Термоелектричні термометри

Термоелектричний термометр – це комплект, що включає у свій склад термоелектричний перетворювач (термопару) і вторинний прилад – мілівольтметр чи потенціометр.

Термопара – це спай двох різнорідних провідників, один кінець якого знаходиться в зоні вимірюваної температури і називається робочим, чи гарячим, а другий – при постійній температурі і називається вільним, чи холодним

Перепад температури на робочому чи вільному кінцях спаїв викликає термоЕРС, пропорційну цьому перепаду температур. Неодмінна умова при вимірюванні температури термоелектричним перетворювачем – сталість температури холодних спаїв термопар.

Для під'єднання вимірювального приладу ланцюг термопар розривають або в місцях холодного спаю, або в одному з електродів. При цьому необхідно дотримувати рівність температур у місцях розриву електродів і приєднання третього провідника.

Промисловість випускає термопары з благородних і неблагородних металів. Характеристика промислових типів термопар приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика промислових типів термопар (ДСТ 3044-84)

Найменування термопар	Позначення	Градуювання	Межі вимірювання температури, °С, при експлуатації:		
			тривалій		короткочасній
			від	до	
1	2	3	4	5	6
Платинородій-платинова	ТПП	ПП	-20	1300	1600
Платинородій-платинородієва	ТПР	ПР 30/6	+300	1600	1800
Хромель-алюмелева	ТХА	ХА	-50	1000	1300
Хромель-копелева	ТХК	ХК	-50	600	800
Зі сплавів НК-СА	ТНС	НС	+300	1000	-
Вольфрамений-вольфрамєнієва	ТВР	ВР-5/20	0	2200	2500

Примітки:

1. У назві термопар першим прийнято називати позитивний електрод.

2. Для виготовлення термопар застосовують сплави: платинородій - платини і родію; хромель - хрому і нікелю; алюмель - алюмінію, нікелю і заліза; копель - міді і нікелю; НК-СА - нікелю і кобальту.

3. Перетворювачі термоелектричні ДСП за ДСТ 6616-74. Залежність термоЕРС від температури наведена в градуювальних таблицях ДСТ 3044-77.

Усі стандартні термопары надійно працюють у нормальних і окисних середовищах і особливо при наявності окислів металів і кремнезему. І тільки термопара НК-СА може працювати в будь-яких середовищах.

З числа нестандартних термопар широке поширення одержали мідь-константанова, залізо-константанова, мідь-копелева, залізо-копелева. Для контактного вимірювання температури в межах 1500...3000°C і вище застосовуються металокерамічні термопары і термопары на основі тугоплавких металів: вольфраму, ренію, молибдену і їхніх сплавів, танталу і ніобію (вольфрам-молибденіві W-Mo, вольфрам-ренієві W-Re).

Термопары з'єднуються з вторинними приладами термоелектродними (компенсаційними) дротами, виготовленими з тих же матеріалів, що і термоелектроди термопары, чи з інших сплавів, що розвивають з термоелектродами в інтервалі нормальних температур навколишнього середовища (у межах 100°C) таку ж термоЕРС, як і сама термопара. Ці дроти подовжують термопару і переносять холодні спаї термопары на клеми вимірювального приладу.

Виміряти термоЕРС можна потенціометричним методом. Сутність потенціометричного методу полягає в тому, що вимірювана термоЕРС компенсується відомим падінням напруги, яке знімається з реохорда, яким протікає постійний струм. Так, якщо з'єднати два джерела постійного струму за схемою, зображеної на рис. 1.1, і якщо E_1 дорівнює E_2 , то нуль-прилад (НП) покаже відсутність струму в ланцюзі, тобто $J=0$. Це значить, що ЕРС джерела E_1 компенсує ЕРС джерела E_2 . Аналогічне явище відбувається в потенціометрі (рис. 1.2), де невідома термоЕРС термопари компенсується падінням напруги на частині реохорда R_{AD} за рахунок проходження струму від стороннього джерела живлення.

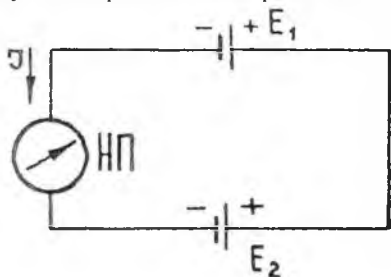


Рис. 1.1. Схема компенсації двох джерел E_1 та E_2

Таким чином, якщо термоЕРС термопари дорівнює падінню напруги на ділянці реохорда, тобто $E_{Т.П} = J \cdot R_{AD}$, то нуль-прилад показує відсутність струму в ланцюзі. Якщо ж термоЕРС не дорівнює падінню напруги на ділянці реохорда АД, то стрілка нуль-приладу відхилиться від нульового положення вправо чи вліво. Щоб її повернути в нульове положення, переміщують движок реохорда Д. Реохорд за звичай має шкалу в мілівольтах, по якому здійснюють відлік вимірюваної термоЕРС термопари.

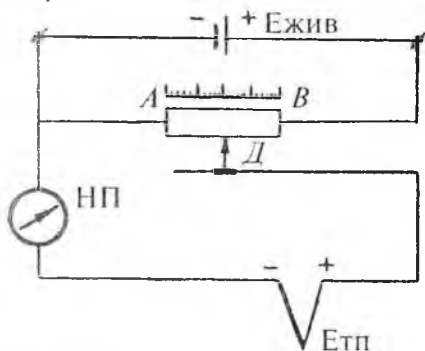


Рис. 1.2. Принципова схема потенціометра

Мілівольтметри – прилади магнітоелектричної системи, призначені для показу, запису і регулювання температури в комплекті з термопарою, телескопом радіаційного пірометра й інших величин, перетворених за допомогою датчиків в електричну напругу. Мілівольтметри виготовляються у відповідності з ДСТ 9736-68 і бувають типів: М-64; МР-64; МВУ-6; ШИ 500; ШИ 501; Ш 6903.

Принцип роботи мілівольтметра заснований на взаємодії між провідником, по якому протікає електричний струм, і магнітним полем постійного магніту. При виборі приладу необхідно звертати увагу на відповідність градуювання мілівольтметра і термопари.

1.1.3. Термометри опору

Вимірювання температури термометрами опору засновано на зміні електричного опору провідника зі зміною температури. якщо відома залежність між зміною температури й опором. При цьому необхідно враховувати, що опір усіх металів із збільшенням температури зростає, а опір напівпровідників падає.

З металів для виготовлення термометрів опору найбільш придатні мідь, платина і нікель. Типи промислових термометрів опору, градування і межі вимірювання наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2
Типи промислових термометрів опору та межі вимірювання (ДСТ 6651-84)

Тип ТО	Номінальне значення опору при 0°C, Ом	Умовне позначення номінальної статичної характеристики (НСХ) термоперетворювача	Діапазон вимірювання температури, °C	
			від	до
1	2	3	4	5
Платиновий (ТОП)	1	1П	0	1100
	10	10П	-200	1000
	50	50П	-200	1000
	100	100П	-200	1000
	500	500П	-260	300
Мідний (ТОМ)	10	10М	-50	200
	50	50М	-200	200
	100	100М	-50	200

Чутливі елементи термометрів опору (ТО) являють собою тонкий мідний чи платиновий дріт, намотаний біфілярно на спеціальний слюдяний, порцеляновий чи пластмасовий каркас.

Для захисту чутливих елементів ТО від зовнішніх впливів їх укладають у металеві чохла, а виводи виносять на електроізоляційну голівку для підключення до них з'єднувальних дротів. ТО працюють у комплекті з мостами ручними й автоматичними, урівноваженими і неуврівноваженими, рідше з логометрами. ТО під'єднують в одне з пліч моста чи логометра за двох- і трьохпровідною системою під'єднання.

Принципові схеми під'єднання ТО у ланцюг вимірювального моста показані на рис. 1.3 і 1.4.

Трьохпровідна система під'єднання ТО застосовується для того, щоб виключити вплив температури навколишнього середовища на зміну опору з'єднувальних дротів.

Залежності опору від температури для різних типів ТО наведена в градувальних таблицях ДСТ 6651-84.

Міст являє собою електричну систему, що складається з двох діагоналей (ab – діагональ живлення, у яку включається джерело струму (Б), і cd – діагональ вимірювання, у яку включається нуль-прилад (НП)) і чотирьох пліч: $ac=R_1$ і $ad=R_3$ – постійні опори пліч моста; $cb=R_2$ – калібрований змінний опір з движком Д і шкалою, який зветься реохордом; $ab=R_t+2R_{др}$ – опір ТО, що залежить від температури об'єкта і приєднаний до системи приладу мідними дротами з опором $R_{др}$.

В момент рівноваги у вимірювальній діагоналі струм відсутній, і стрілка НП встановлюється на нулі. При зміні температури об'єкта змінюється R_t , рівновага моста порушується, НП показує наявність струму в діагоналі dc ; переміщенням движка Д уздовж реохорда міст приводять до нового стану рівноваги. Движок Д має показчик (стрілку), який на шкалі показує нове значення температури в об'єкті. Шкалу можна проградувати у градусах чи в омах.

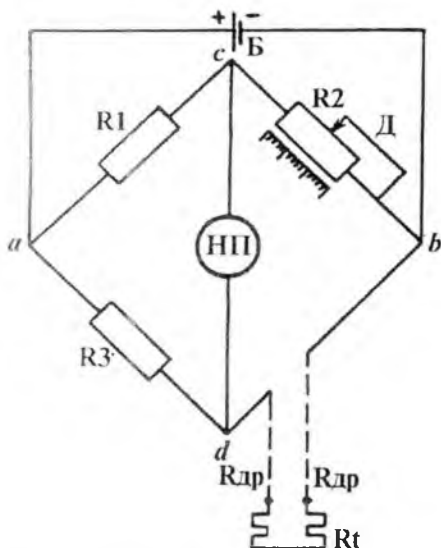


Рис. 1.3. Схема врівноваженого вимірювального моста з двопровідною системою підключення ТО

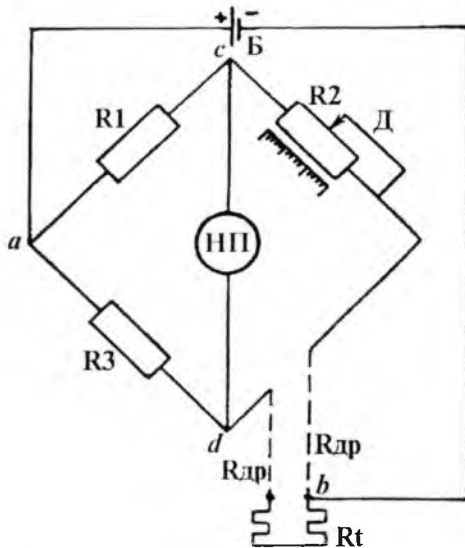


Рис.1.4. Схема врівноваженого вимірювального моста з трипровідною системою підключення ТО

Умови рівноваги моста, показаного на рис. 1.3, можна записати у вигляді рівняння (1.1), а зображеного на рис. 1.4 – у вигляді рівняння (1.2):

$$R_1(R_t + 2R_{дп}) = R_3R_2; \quad (1.1)$$

$$R_1(R_t + R_{дп}) = R_3(R_3 + R_{дп}), \quad (1.2)$$

тобто у момент рівноваги добутки сум опорів протилежних пліч моста рівні. Розв'язавши рівняння (1.1) і (1.2) відносно опору R_t , одержимо вирази (1.3) і (1.4):

$$R_t = \frac{R_3}{R_1} R_2 - 2R_{дп}; \quad (1.3)$$

$$R_t = \frac{R_3}{R_1} R_2 + R_{дп} - R_{дп}. \quad (1.4)$$

З огляду на те, що в симетричних мостах $R_1 = R_3$, вирази (1.3) і (1.4) приймуть вигляд (1.5) і (1.6):

$$R_t = R_2 - 2R_{дп}; \quad (1.5)$$

$$R_t = R_2. \quad (1.6)$$

У першому випадку опір R_t пропорційний положенню движка Д на реохорді R_2 , але залежить від опорів дротів $R_{дп}$, які необхідно вимірювати додатково і враховувати аналітично. В другому – опір R_t прямо пропорційний опору R_2 ; з врахуванням того, що довжина обох з'єднувальних дротів однакова, покази моста не залежать від опору $R_{дп}$ і, отже, від температури навколишнього середовища, у якому прокладені дроти.

На відміну від урівноваженого моста в діагональ вимірювання cd неуврівноваженого моста під'єднують мілівольтметр. Живлення неуврівноваженого моста здійснюється тільки постійним струмом від сухого елемента чи батареї чи від

джерела стабілізованого живлення (ДСЖ).

Принципова схема неврівноваженого моста зображена на рис. 1.5.

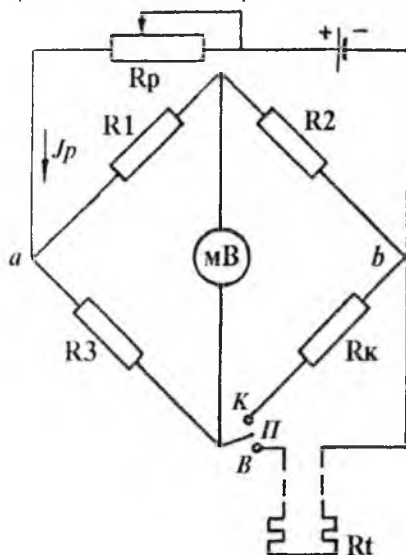


Рис. 1.5. Схема неврівноваженого моста

Три плеча моста з опорами R_1 , R_2 , R_3 мають постійні значення. У четверте плече включений термометр опору R_t . При зміні температури змінюється опір R_t і відбувається розбаланс моста, який фіксується мілівольтметром, відградуєваним звичайно в градусах.

Сила струму розбалансу залежить від напруги живлення U_{ab} і значення змінного опору R_t . Тому для одержання правильних вимірів потрібна строго постійна напруга живлення (U_{ab}) чи сила робочого струму (J_p). Для контролю сили робочого струму передбачений перемикач П і контрольний опір R_k , при включенні якого в схему моста замість R_t стрілка мілівольтметра повинна встановитися на червоній рисці. Коректування робочого струму здійснюють за допомогою опору R_p .

Істотним недоліком неврівноважених мостів є залежність їхніх показань від напруги живлення.

Логометри є електровимірними приладами магнітоелектричної системи, призначеними для вимірювання співвідношення двох струмів. Але найбільше поширення логометри одержали як вимірні прилади при вимірюванні температури в комплекті з термометрами опору стандартних градувань.

Рухлива система логометра складається з двох схрещених під гострим кутом і жорстко зв'язаних між собою рамок. Опори рамок рівні між собою, оскільки рамки мають однакове число витків. Магнітна система представлена постійним магнітом, магнітними наконечниками і осердям. Повітряний зазор між сердечником і наконечниками збільшується від центра полюсних башмаків до їхніх країв. Завдяки цьому магнітна індукція зменшується від центра до країв за квадратичним законом. Кут повороту рамок, а, отже, і стрілки, скріпленої з ними, є функцією відношення струмів, а виходить, і опорів. Промисловістю випускаються логометри Л-64, ЛР-64-02, Л-64Н, Ш 69000, Ш 69001, Ш 69006. Логометр може виконувати функції показання значень величини, регулювання значень величини. Встановлюється місцево і на шиті. При зовнішньому огляді приладу необхідно звертати увагу на відсутність градування

логометра і відповідного, працюючого з ним у комплекті, термометра опору.

1.2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 „ПОВІРКА ЕЛЕКТРОННИХ АВТОМАТИЧНИХ ПОТЕНЦІОМЕТРІВ”

1.2.1. Призначення та мета роботи

Мета роботи – ознайомитися з електронними автоматичними потенціометрами і методами їхньої повірки.

Завдання: виконати повірку електронного потенціометра за допомогою переносного потенціометра ПП-63.

1.2.2. Опис лабораторної установки

Повіркою приладу називається операція порівняння показань приладу, що повіряється, з показаннями більш точного – зразкового приладу з метою визначення похибки приладу, що повіряється. В якості точного приладу застосовують звичайно контрольні чи зразкові прилади, клас точності яких не менше, як у 3 рази вище ніж у приладу, що повіряється. Повірка автоматичних потенціометрів здійснюється за ДСТ 8.280-78.

Повірка автоматичного електронного потенціометра виконується за допомогою переносного потенціометра ПП-63 із вмонтованим у нього джерелом регульованої напруги. Схема установки для повірки зображена на рис. 1.6.

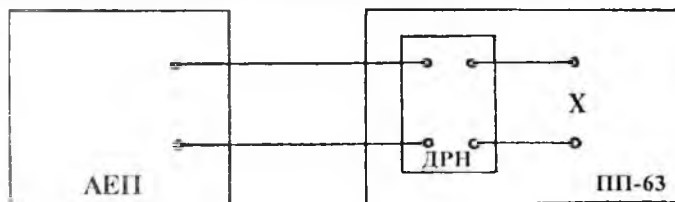


Рис. 1.6. Принципова схема для повірки автоматичного електронного потенціометра (АЕП) за допомогою ПП-63

Опис пристрою переносного потенціометра

В основу роботи потенціометра покладений компенсаційний метод виміру ЕРС (напруги), що полягає у врівноважуванні невідомої ЕРС протилежним за знаком падінням напруги, значення якої може бути визначене з високою точністю. Найпростіша потенціометрична схема складатиметься з трьох взаємозалежних електричних ланцюгів – робочого, вимірювального і контрольного (рис. 1.7).

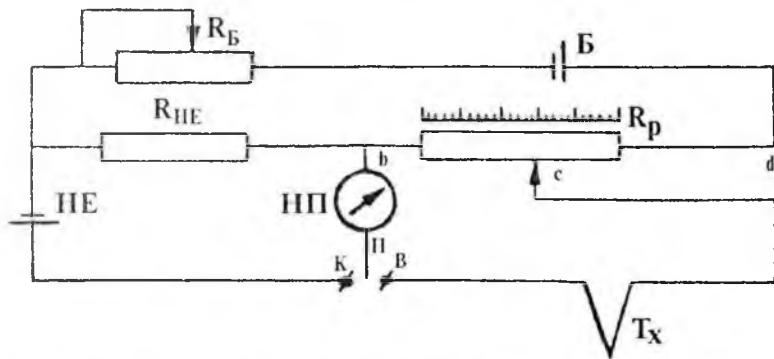


Рис. 1.7. Найпростіша потенціометрична схема

Робочий ланцюг містить у собі джерело живлення Б, регулюючий реостат R_R для установки робочого струму, постійний опір у ланцюзі нормального елемента R_{HE} і весь реохорд R_P (R_{cd}). Контрольний ланцюг замикається при установці перемикача П у положення К. В нього входять нормальний елемент НЕ, нуль-прилад НП і строго постійний опір у ланцюзі нормального елемента R_{HE} . Призначення цього ланцюга – контролювати значення робочого струму реохорда R_P , яке повинне бути строго постійним. Вимірювальний ланцюг складається з термопари T_X , частини реохорда R_P (R_{bc}) і нуль-приладу НП. Він замикається при установці перемикача П у положення В.

Робочий струм виставляють за допомогою контрольного ланцюга. Перемикач П встановлюють у положення К, включаючи нуль-прилад НП у ланцюг НЕ і одночасно розриваючи ланцюг термопари. Нормальний елемент НЕ, що має строго постійну ЕРС, рівну 1,0183 В, приєднується до кінців постійного опору R_{HE} . Таким чином ЕРС нормального елемента виявляється спрямованою назустріч ЕРС джерела Б.

Регулюючи струм у робочому ланцюзі реостатом R_R , домагаються такого положення, при якому ЕРС нормального елемента компенсується падінням напруги на опорі R_{HE} і стрілка нуль-приладу НП установлюється на нулі.

$$E_{HE} = J_P \cdot R_{HE}.$$

Звідси сила робочого струму

$$J_P = \frac{E_{HE}}{R_{HE}}.$$

Для вимірювання термоЕРС термопари перемикач П встановлюють у положення В, підключаючи тим самим термопару послідовно з нуль-приладом НП до вимірювального реохорда R_P в точці b і до ковзного контакту 0 . ТермоЕРС термопари буде діяти у бік, протилежний ЕРС джерела Б. Переміщаючи контакт c , знаходять таке положення, при якому падіння напруги між точками b і c вимірювального реохорда дорівнює ЕРС термопари. При цьому струм у ланцюзі термопари дорівнює нулю (стрілка НП установлюється на нулі).

ЕРС термопари

$$E_X = J_P \cdot R_{P(bc)}$$

У переносному потенціометрі реохорд R_P складаються із секційних опорів з ціною поділки 2 мВ і послідовно приєднаний плавний реохорд з ціною поділки 0,01 мВ.

У порівнянні з мілівольтметром потенціометр має одну істотну перевагу. Оскільки вимірювання термоЕРС здійснюється при відсутності струму в ланцюзі термопари, опір цього ланцюга в залежності від температури навколишнього середовища не впливає на точність вимірювання.

Опис автоматичного електронного потенціометра

Автоматичні електронні потенціометри виготовляють у відповідності з ДСТ 7164-78. Ці прилади призначені для безперервного вимірювання і регулювання температури при роботі в комплекті з термопарою і для вимірювання напруги постійного струму. Принципова схема електронного автоматичного потенціометра показана на рис. 1.8.

На відміну від переносних потенціометрів в автоматичному електронному потенціометрі компенсація вимірювань ЕРС відбувається безперервно і не вручну, а автоматично, за допомогою спеціальних пристроїв. При цьому нуль-прилад чи гальванометр, що показує небалансовий струм у вимірювальному ланцюзі потенціометра, замінений електронним нуль-індикатором, який складається з віброперетворювача, електронного підсилювача і реверсивного двигуна.

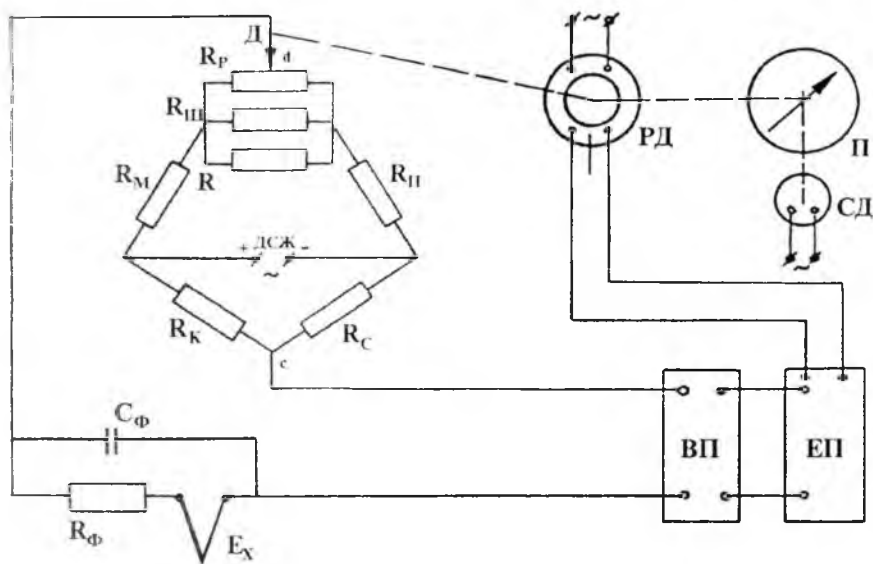


Рис. 1.8. Принципова схема електронного автоматичного потенціометра

При вимірюванні термоЕРС термопари у вимірювальній системі з'являється постійна напруга небалансу, що перетворюється в напругу змінного струму та підсилюється до значення, достатнього для обертання ротора реверсивного електродвигуна. Останній за допомогою кінематичного механізму переміщує движок реохорда в залежності від знака напруги небалансу в ту чи іншу сторону, автоматично врівноважуючи вимірювальну систему і переміщуючи стрілку показника П і перо самописа. Вимірювана термоЕРС термопари E_X порівнюється з напругою в діагоналі cd мостової схеми R_M, R_P, R_K, R_C . У діагональ ab включене джерело стабілізованого живлення постійним струмом ДСЖ. При роботі потенціометра різниця термоЕРС термопари і напруги, яка знімається з діагоналі cd мостової схеми, подається на віброперетворювач ВП і далі на вхід електронного підсилювача ЕП. Якщо вимірювана термоЕРС і напруга у вершинах cd рівні, то ВП і ЕП отримують нульовий сигнал і вся система знаходиться в рівновазі. При зміні термоЕРС E_X рівновага системи порушується і на вхід підсилювача подається напруга розбалансу. Остання перетворюється віброперетворювачем у змінну напругу, підсилюється і запускає в хід реверсивний двигун РД, який переміщує движок реохорда Д до моменту, коли різниця між вимірюваною термоЕРС і напругою на діагоналі cd стане нижче порогу чутливості підсилювача. Градування шкали виконується безпосередньо в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$).

Для автоматичної компенсації температури холодних спайів термопари в одне плече моста включений резистор R_K , виконаний з міді чи нікелю, у той час як усі інші опори виконані з манганіну, який має властивість не змінювати опір до 60°C . Резистор поміщений поблизу вільного кінця термопари, виведеного на клему приладу, і має з ним однакову температуру. Тому при зміні температури вільного спаю термопари на резисторі виникає додаткове падіння напруги і, отже, змінюється напруга на вершинах cd . Мостова схема розраховується таким чином, що напруга у вершинах cd змінюється на стільки ж, на скільки відхиляється термоЕРС при зміні температури навколишнього середовища.

Наприклад, при збільшенні температури холодних спайів термопари загальна ЕРС її зменшується. Одночасно зростає опір, по якому протікає постійний робочий струм. На

цьому опорі відбувається додаткове напіння напруги, яке компенсує ту ЕРС, що загублена термопарою за рахунок збільшення температури холодних спаїв.

1.2.3. Обсяг і порядок виконання роботи

У відповідності зі схемою повірки обидва прилади (який повіряється і контрольний) підключені до джерела регульованої напруги (ДРН). Поворотом рукоятки ДРН створюється напруга, яка вимірюється приладом, що повіряється, і контрольним. ДСТ 8.280-78 установлює кількість і порядок операцій повірки, у число яких входять зовнішній огляд; повірка робочого струму потенціометра; повірка характеру заспокоєння приладу; визначення часу проходження показником усієї шкали; визначення відповідності основної похибки показань значенням, що допускаються; визначення відповідності варіації показань значенням, що допускаються, і інші операції.

У зв'язку з обмеженням часу, що відводиться на виконання лабораторної роботи, для студентів число операцій повірки скорочено.

Визначення відповідності основної похибки і варіації показань значенням, що допускаються

Відповідність звичайно визначають за оцифрованими поділками шкали приладу, але не менш ніж на п'ятьох поділках шкали. інтервал між якими не повинен перевищувати 30 % довжини шкали. У число поділок, що повіряються, повинна входити початкова поділка шкали.

Рекомендується наступний порядок виконання роботи:

включити в мережу автоматичний потенціометр для прогрівання;

установити ртутний термометр у гніздо для визначення температури клем (холодних спаїв);

установити робочий струм на переносному потенціометрі, для чого перемикач установити в положення "К", натиснути кнопку включення нуль-приладу НП і обертанням рукоятки "Робочий струм" установити стрілку нуль-приладу на 0, після чого перемикач знову установити в положення «В»;

за показаннями ртутного термометра визначити виправлення на температуру холодних спаїв термопар;

установити показчик режиму роботи на переносному потенціометрі в положення «Потенц.», включити натисканням кнопки нуль-прилад і за допомогою рукояток реохорда послідовно установити показчик приладу точно на оцифровані поділки шкали.

Повірку виконують при плавній (без перескакувань) зміні напруги як при зростаючому, так і при убутному зміні вимірюваної величини. При кожнім вимірюванні записують показання переносного потенціометра з урахуванням виправлення на температуру холодних спаїв термопар, що підсумовують з показаннями переносного потенціометра.

Переміщення стрілки показчика від меншого значення до більшого у бік зростаючих значень вимірюваної величини називається прямим ходом. Переміщення стрілки показчика від більшого значення до меншого при убутному значенні вимірюваної величини називається зворотним ходом.

Результати повірки заносять до табл. 1.3 і потім обробляють їх.

1.2.4. Обробка результатів повірки й оформлення звіту

Обробка результатів містить у собі розрахунок абсолютних похибок, абсолютних варіацій і основної приведенної похибки показань приладу.

Абсолютною похибкою вимірювального приладу називається різниця між його показаннями і істинним значенням вимірюваної величини. Оскільки останнє встановити не можна, то у вимірювальній техніці використовують так зване дійсне значення, отримане за допомогою зразкового приладу:

$$\begin{aligned} a_1 &= R_{гп1} - R_1, \\ a_2 &= R_{гп2} - R_2, \\ a_i &= R_{гпи} - R_i, \end{aligned} \quad (1.7)$$

де $a_1, a_2 \dots a_i$ – абсолютна похибка; $R_{гп1}, R_{гп2} \dots R_{гпи}$ – виміряне значення, отримане на приладі, що перевіряється, і переведене за градуювальною таблицею в мілівольти; $R_1, R_2 \dots R_i$ – дійсне значення вимірюваної величини, отримане за допомогою переносного потенціометра.

Абсолютна похибка виражається в одиницях вимірюваної величини, тобто є іменованим числом. У випадку вимірювання температури потенціометром абсолютна похибка може бути виражена в градусах Цельсія (°C) чи в мілівольтах (мВ).

Порівнянням абсолютних значень погрешностей знаходиться a_{MAX} – максимальна абсолютна похибка показань приладу.

Основною приведеною похибкою показань приладу є відношення максимальної абсолютної похибки до діапазону шкали вимірювального приладу, виражене у відсотках:

$$\Delta = \frac{a_{MAX}}{R_B - R_H} \cdot 100\%, \quad (1.8)$$

де Δ – основна приведена похибка приладу; a_{MAX} – максимальна абсолютна похибка приладу; R_B, R_H – відповідно верхня і нижня межі вимірювання приладу.

Основна приведена похибка показань приладу Δ не повинна перевищувати допустиму основну приведену похибку показань потенціометру $\Delta_{доп}$. Припустиму основну приведену похибку показань приладу $\Delta_{доп}$ визначають за класом точності, абсолютні значення яких збігаються:

$$\begin{aligned} |\Delta_{доп}| &= |\kappa|, \text{ тобто} \\ |\Delta| &< |\kappa|. \end{aligned}$$

Абсолютна варіація показань приладу являє собою різницю між показаннями потенціометра при прямому і зворотному ході для того самого дійсного значення:

$$V = R_{гпР} - R_{гзВ}, \quad (1.9)$$

де V – абсолютне значення варіації, мВ; $R_{гпР}$ – покази прилада при прямому ході, мВ; $R_{гзВ}$ – покази прилада при зворотному ході, мВ.

Максимальна приведена варіація:

$$\gamma_B = \frac{V_{MAX}}{R_B - R_H} \cdot 100\%, \quad (1.10)$$

де V_{MAX} – максимальна абсолютна варіація.

Вона не повинна перевищувати основну допустиму приведену похибку прилада:

$$\gamma_B < \Delta_{доп}$$

Контрольні питання

1. У чому полягає призначення і пристрій термоелектричного перетворювача температури (термопари)?
2. Назвати промислові типи термопар та області їх використання.
3. Назвати вторинні прилади, що працюють у комплекті з термопарами.
4. У чому полягає сутність потенціометричного вимірювання температури?
5. Схема лабораторної установки для перевірки вторинних приладів термоелектричних термометрів.
6. Схема і робота переносного потенціометра типу ПП-63.
7. Принципова схема та робота автоматичного електронного потенціометра.
8. Послідовність та сутність операцій перевірки автоматичного електронного потенціометра.
9. Врахування впливу змінної температури середовища, де є вільні кінці

первинного термоелектричного перетворювача. при роботі із вторинними приладами.

10. Похибки, методи їх розрахунків.

Таблиця 1.3

Результати повірки автоматичного потенціометра

Показання				Абсолютна похибка, мВ		Абсолютна варіація, мВ
потенціометра, що повіряється		контрольного чи зразкового приладу, мВ				
за шкалою, °С	за градувальн ою таблицею, мВ	прямий хід	зворотній хід	прямий хід	зворотній хід	

$$\Delta = \frac{a_{MAX}}{R_B - R_H} \cdot 100\% =$$

$$\gamma_B = \frac{V_{MAX}}{R_B - R_H} \cdot 100\% =$$

Протокол

повірки потенціометра типу _____, заводський номер _____, градування _____, межі вимірювання _____, клас точності _____, що належить кафедрі АВП.

Повірка виконана за зразковим переносним потенціометром № _____ типу _____, верхньої межі вимірювання 50 мВ і нормальному елементу з ЕРС 1,0183 В при температурі навколишнього середовища _____ °С.

У результаті отримана максимальна приведена похибка приладу $\Delta =$ _____, що (менше) більше припустимого класу точності. Прилад до експлуатації (придатний) не придатний.

Повірку виконав _____ (підпис)

/Прізвище/

1.3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 „ПОВІРКА АВТОМАТИЧНОГО УРІВНОВАЖЕНОГО МОСТА”

1.3.1. Призначення та мета роботи

Мета роботи – ознайомитися з автоматичними урівноваженими мостами і методами їхньої повірки.

Завдання: провести повірку автоматичного урівноваженого моста за допомогою зразкового магазину опорів (ЗМО).

1.3.2. Опис лабораторної установки

Повірка – це операція порівняння показань приладу, який повіряється, з показаннями зразкового (більш точного) приладу чи з мірою для визначення придатності до роботи приладу, який повіряється.

При повірці моста використовують такі засоби:

магазин опорів, використовуваний як міра опорів МО;

дві манганінові котушки $R_{л1}$ і $R_{л2}$. Значення опору кожної котушки разом із з'єднувальними дротами дорівнює $R_{лз} \pm 0,01$ Ом, де $R_{лз}$ – значення опору лінії зв'язку (включаючи опір дротів), зазначене в технічній документації на прилад, який повіряється. Котушки разом із з'єднувальними дротами повинні бути атестовані органами метрологічної служби;

засоби вимірювання, використовувані як міри вхідного сигналу приладу, який повіряється, наприклад ЗМО, повинні мати діапазон вимірювань, що забезпечує повірку моста в діапазоні його вимірювань;

вимірювальний ланцюг (включаючи міри вхідного сигналу) повинен забезпечити неперевищення абсолютної похибки $1/3 \Delta_n$, де Δ_n – межа допустимого абсолютного значення основної похибки моста, який повіряється;

мегаомметр для вимірювання опору ізоляції з номінальною напругою 100 і 500 В;

установка для іспиту електричної міцності ізоляції – за ДСТ 7164-78, розд. 5;

електричний синхронний годинник, що забезпечують вимірювання часу не менше 5 хв., із похибкою не більше 0,1 %;

термометр із ціною поділок шкали не більше 0,1 °С;

психрометр, який вимірює вологість навколишнього повітря з похибкою не більше 7 %.

При повірці моста використовують схему, зображену на рис. 1.9.

Опис зразкового магазину опорів

Зразковий магазин опорів (рис. 1.9) має секційні перемикачі, кожний з яких приєднує до загального опору п-ю частку в омах. Зміною положення перемикачів домагаються необхідного вхідного сигналу автоматичного урівноваженого моста. Рукоятки зразкового магазину опорів (ЗМО) обертаються від положення 0 за годинниковою стрілкою до значення 10 і при цьому одиниця з даного розряду переходить у наступний розряд. Прикладати зусилля для подальшого обертання рукоятки ЗМО забороняється, тому що можлива поломка упорного штифта і буде зіпсований прилад.

При користуванні ЗМО варто встановлювати значення опорів так, щоб цифри на секційних перемикачах були суміщені з показниками.

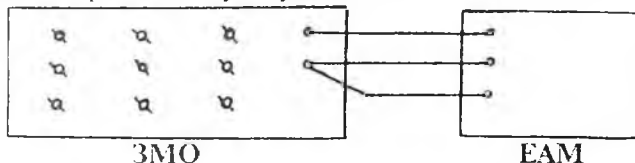


Рис. 1.9. Схема повірки моста: ЗМО – зразковий магазин опорів, ЕАМ – електронний автоматичний міст

Опис і робота автоматичного урівноваженого моста

Автоматичні урівноважені мости, які випускаються згідно ДСТ 7164-78, призначені для безперервного виміру, запису і регулювання температури в комплекті з термометрами опору стандартних градусувань. Їх застосовують і для визначення інших величин, які можуть бути перетворені в зміну опору датчика.

За конструктивним виконанням електронні автоматичні мости можуть бути показуючими, самописними, регулюючими.

В основу роботи електронного автоматичного моста покладений принцип врівноважування мостової схеми, в одне з пліч якої включений термометр опору. Врівноважування здійснюється електромеханічною стежачою системою, реагуючої на сигнал розбалансу у вимірювальній діагоналі моста.

Принципова електрична схема урівноваженого електричного автоматичного моста зображена на рис. 1.10.

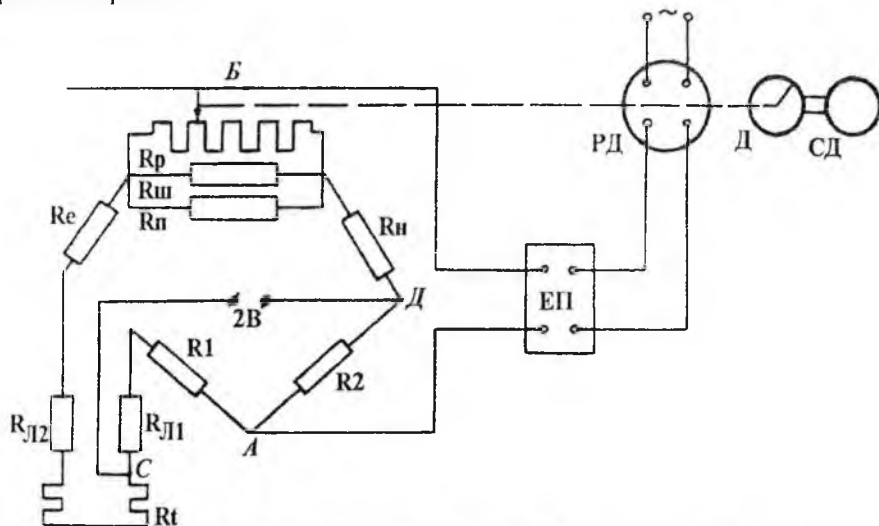


Рис. 1.10. Принципова електрична схема врівноваженого електронного автоматичного моста

При відхиленні температури контрольованого середовища від сталого значення змінюється опір термометра опору (ТО) R_p , що приводить до виникнення напруги в діагоналі AB . Ця напруга подається до електронного підсилювача (ЕП) і через нього до керуючої обмотки реверсивного двигуна (РД). В результаті РД починає обертатися і напрямок його обертання залежить від знака розбалансу. Вісь РД зв'язана з движком реохорда R_p і з системами Д, які вказують і реєструють. Двигун зупиняється при досягненні в мостовій схемі рівноваги, стрілка показчика вказує вимірювану температуру контрольованого середовища.

Привод діаграмного папера Д здійснюється від синхронного двигуна СД чи від годинникового механізму.

Живлення автоматичних мостів здійснюється або від батарей сухих елементів (мости постійного струму), або від обмотки знижуючого форматора (мости змінного струму). Мости змінного струму більш поширені, оскільки вони простіше й дешевше. У них відсутні джерело струму і віброперетворювач.

1.3.3. Обсяг і порядок виконання роботи

Завдання на виконання лабораторної роботи №2:

- 1) зробити зовнішній огляд;
- 2) перевірити характер заспокоєння покажчика моста;
- 3) визначити час проходження покажчиком усієї шкали;
- 4) визначити відповідність основної похибки і варіації показань значенням, що допускаються та заповнити табл. 1.4;
- 5) обробити результати перевірки та написати висновок про придатність моста до подальшої експлуатації.

1.3.4. Обробка результатів перевірки й оформлення звіту

Обробка результатів містить у собі розрахунок абсолютних похибок, абсолютних варіацій і основної приведеної похибки показань автоматичного урівноваженого моста за формулами (1.7) – (1.10).

Контрольні питання

1. У чому полягає призначення та влаштування термоперетворювача опору (електричного термометра опору)?
2. Назвати основні типи термометрів опору. Їх номінальні статичні характеристики.
3. Назвати вторинні прилади, що працюють у комплекті з термометром опору.
4. У чому полягає сутність компенсаційного вимірювання температури за допомогою термометра опору?
5. Назвати пристрої, що входять у схему лабораторної установки для перевірки електронного автоматичного урівноваженого моста.
6. Назвати схеми під'єднання термометра опору до вторинних приладів.
7. Яка різниця між урівноваженими мостами та неуврівноваженими?
8. Як улаштований та працює електронний автоматичний урівноважений міст типу КСМ?
9. Які операції входять до складу перевірки електронного автоматичного урівноваженого моста?
10. Похибки, методи їх розрахунків.

Таблиця 1.4

Результати перевірки урівноваженого автоматичного моста

[illegible]

$$\Delta = \frac{a_{MAX}}{R_B - R_H} \cdot 100\% =$$

$$\gamma_B = \frac{V_{MAX}}{R_B - R_H} \cdot 100\% =$$

Протокол

повірки автоматичного урівноваженого моста типу _____, заводський номер _____, градування _____, межі вимірювання _____, клас точності _____, що належить кафедрі АВП УДХТУ.

Повірка зроблена за зразковим магазином опору (ЗМО) № _____ типу _____; верхньої межі вимірювань _____ Ом, при температурі навколишнього середовища _____ °С.

У результаті повірки маємо:

основна приведена похибка показань моста становить $\Delta =$ _____ та (не) задовольняє вимогам ДСТ 7164-78, розд. 2.

приведена варіація показань становить $\gamma_B =$ _____ та (не) задовольняє вимогам ДСТ 7164-78, розд. 2.

Автоматичний урівноважений міст до експлуатації (не) придатний.

Повірку виконав _____ (підпис)

/Прізвище/

2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 „АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТИСКУ СЕРЕДОВИЩА КОМПЛЕКТМ ПНЕВМАТИЧНИХ ПРИЛАДІВ І ЙОГО ПОВІРКА”

2.1. Призначення та мета роботи

Мета роботи – ознайомлення з контуром автоматичного контролю тиску;

ознайомлення з пристроєм і принципом дії первинного прибору-перетворювача тиску;

ознайомлення з пристроєм і принципом дії пневматичного вторинного приладу;

ознайомлення з принципом роботи пневматичної передачі показань на відстань;

ознайомлення з методикою і повіркою комплексу пневматичних приладів (контур автоматичного контролю тиску) і виконання повірки.

Завдання: провести повірку комплексу пневматичних приладів для вимірювання тиску, що складається з перетворювача тиску пневматичного сильфонного МС-ПІ моделі 9121 і вторинного приладу ПВ 10.2Э с допомогою манометра зразкового типу МО.

2.2. Опис лабораторної установки

Тиск – один з найважливіших параметрів технологічних процесів. Під тиском у загальному випадку розуміють межу відношення нормальної складової сили до площі, на яку діє сила. Основна одиниця вимірювання тиску – паскаль (Па).

Установка, функціональна і монтажна схеми якої приведені на рис. 2.1, складається з безшкального ПВП (2-1) – перетворювача тиску пневматичного сильфонного типу МС-ПІ моделі 9121 з межами вимірювання від 0 до 0,1 МПа (0-1 кгс/см²), основна припустима похибка $\pm 0,5\%$ (зазначена на маркувальній таблиці); вторинного пневматичного показуючого і самописного приладу типу ПВ10.2Э (2-2) з межами вимірювання від 0 до 100% (можна проградувати в одиницях вимірювання параметра), основна припустима похибка $\pm 1\%$ від діапазону вимірювання; манометра зразкового типу МО (2-4), показання якого приймаються за дійсні значення вимірюваної величини і панелі керування

пневматичної ПП12.2 (2-3). Редуктором на ПП12.2 регулюється тиск повітря (імітується зміна тиску в об'єкті вимірювань), що надходить на вимірювання комплектом, що повіряється, і зразковим манометром.

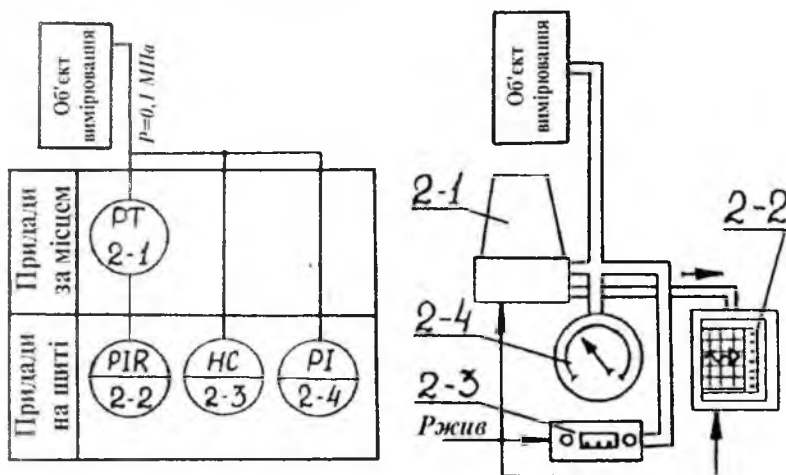


Рис. 2.1. Функціональна та монтажна схеми установки для повірки

Прибори-датчики тиску з уніфікованим пневматичним перетворювачем, до яких відноситься комплект, що повіряється, призначені для вимірювання і перетворення надлишкового, абсолютного, вакууметричного тисків і перепаду тиску. Вони складаються з вимірювального блоку, пневмосилового перетворювача, пневмопідсилювача і (часто) із вторинного приладу.

Принципова схема перетворювача з підсилювачем приведена на рис. 2.2. Вхідне зусилля в пневматичних перетворювачах (ПП) перетворюється в тиск стиснутого повітря від 0,2 до 1,0 кгс/см². Принцип дії ПП заснований на пневмосилової компенсації: момент сили, створюваний чутливим елементом, врівноважується моментом сили сильфона вузла зворотного зв'язку. Тиск у сильфоні є одночасно і вихідним сигналом ПП.

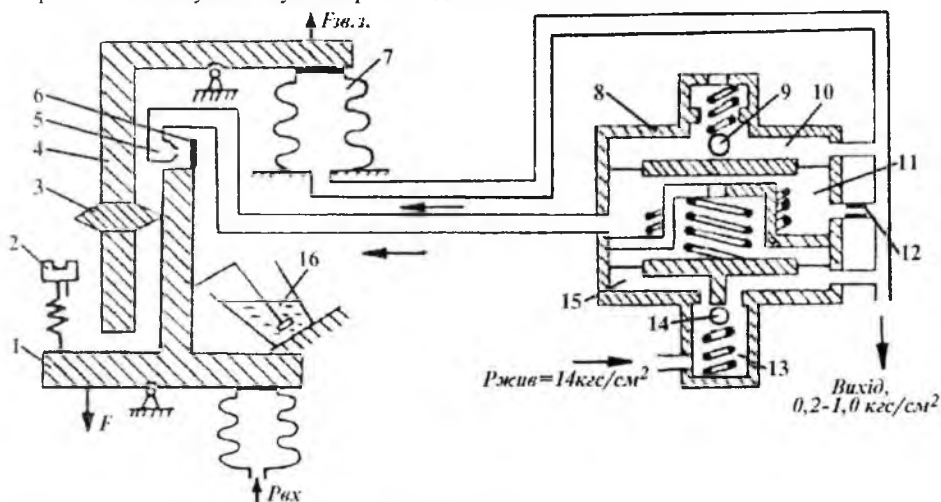


Рис. 2.2. Принципова схема ПП з підсилювачем

Сила $P_{ВХ}$ (чи F), що розвивається чутливим елементом і пропорційна вимірюваному параметру, викликає незначне переміщення важільної системи (важелів 1 і 4) і зв'язаної з нею заслінки 6 відносно нерухомого сопла 5. Індикатор неузгодженості типу "сопло - заслінка" перетворює переміщення заслінки в керуючий сигнал тиску стиснутого повітря. Цей сигнал керує тиском, що передається з пневмопідсилювача 8 у сильфон зворотного зв'язку 7. Керування тиском здійснюється таким чином: повітря живлення надходить у камеру 13, відкля через клапан 14 у камери 15 і 10. З останніх через дросель 12 повітря надходить у камеру 11 і до сопла. Камери 16 і 10 відділені від камери 11 мембранами з прогумованої тканини. При підвищенні чи зниженні тиску в лінії сопла і камері 11 відкриваються відповідно клапани 14 чи 9. і підвищується чи знижується тиск повітря в камерах 15 і 10.

Цей тиск передається в сильфон зворотного зв'язку, створюючи зусилля зворотного зв'язку $F_{ЗВЗ}$, і є одночасно вихідним сигналом ПП. Дросель 12 зменшує вплив тиску живлення на зміну вихідного сигналу. Зусилля $F_{ЗВЗ}$ через важільну систему врівноважує вимірюване зусилля $P_{ВХ}$ (чи F).

За допомогою рухливої опори 3 перетворювач налаштовується на заданий діапазон вимірювання шляхом зміни передатного відношення важелів 1 і 4 в інтервалі 1:10. Коректор нуля 2 дозволяє регулювати початкове значення вихідного сигналу (0,2 кгс/см²). Рідинний демпфер 16 служить для усунення автоколивань.

ПП можуть працювати з будь-яким пневматичним вторинним приладом, а також з іншим пристроєм пневмоавтоматики ДСП.

В установці вимірюваний тиск $P_{ВХ}$, перетворений у пневматичний сигнал, підсилюється в підсилювачі й у виді стандартного пневматичного сигналу ($P_{ВІХ}=0,02-0,1$ МПа) надходить на вхід вторинного пневматичного приладу системи "Старт" типу ПВ.

У вторинному приладі (рис. 2.3) при зміні $P_{ВХ}$ від 0,02 до 0,1 МПа сильфон 6 переміщує важіль 7, змінюючи зазор між соплом 8 і заслінкою 9, що знаходиться на кінці важеля 7. Це приводить до зміни тиску повітря в лінії сопла й у силовому елементі 3, чашкова мембрана якого переміщує важіль 5. Останній за допомогою лавсанової нитки 2 і пружини 1 зв'язаний з важелем 7, завдяки чому зусилля на прийомному елементі 3 врівноважується зусиллям від тиску в лінії зворотного зв'язку (нитка 2 і пружина 1). 3 ниткою 2 зв'язаний покажчик з пером 4, що переміщується щодо шкали приладу і здійснює безупинний запис і показання вимірюваного параметра на плоскому стрічковому діаграмному папері.

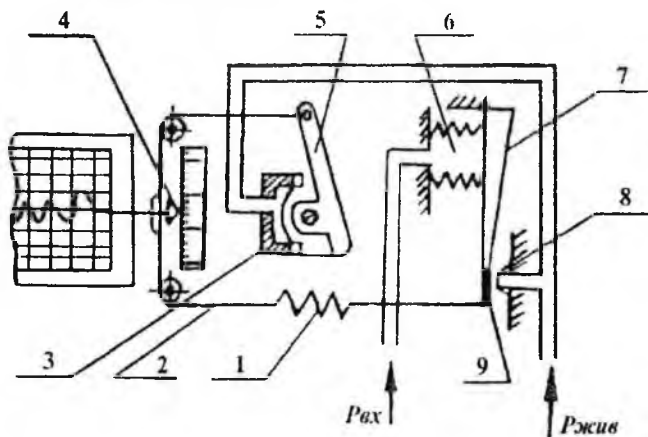


Рис. 2.3. Схема вторинного пневматичного приладу системи „Старт” (тип ПВ)

У даній роботі повірці підлягають числові поділки шкали вторинного приладу спочатку при зростаючих значеннях, а потім при убутніх (витримка часу 5 хв.) на максимальній числовій поділці шкали. Відлік по зразковому манометрі виконують при точному встановленні стрілки вторинного приладу на відповідній числовій поділці шкали (перпендикулярно останньої). Результати відліку заносять у таблицю результатів повірки і розраховують абсолютну похибку і варіацію вимірювального комплекту, попередньо визначивши відповідність числових поділок шкали вторинного приладу, виражених у відсотках до одиниць вимірювання тиску (кгс/см^2), необхідним для порівняння з показаннями зразкового манометра, виражених у тих самих одиницях вимірювання.

Повірочні числові поділки шкали вторинного приладу і похибки розрахувати в одиницях вимірювання тиску – Па чи МПа ($1 \text{ кгс/см}^2 = 98065,5 \text{ Па} = 0.098 \text{ МПа}$; $\text{Па} = 0.0000102 \text{ кгс/см}^2$, $\text{МПа} = 10,2 \text{ кгс/см}^2$).

2.3. Обсяг і порядок виконання роботи

Завдання на виконання лабораторної роботи і порядок виконання:

вивчити повірочну установку, методику і порядок виконання роботи (розд. 2.1; 2.2 дійсних вказівок);

провести повірку контуру автоматичного контролю тиску (комплекту ВП: перетворювача тиску типу МС-ПІ і вторинного приладу типу ПВ 10.2Э) відповідно до методики проведення роботи;

розрахувати тиски і похибки відповідно до методики проведення роботи за формулами (1.7) - (1.10);

оформити протокол.

2.4. Обробка результатів повірки й оформлення звіту

За отриманими даними повірки, внесеними до табл.2.1:

розрахувати повірені числові поділки шкали вторинного приладу (МПа) і внести до протоколу;

обчислити абсолютну похибку (МПа) для всіх повірених числових поділок шкали і внести до протоколу;

обчислити варіації вимірювального комплекту;

обчислити максимальну приведену похибку вимірювального комплекту за максимальним значенням абсолютної похибки;

розрахувати припустиму похибку вимірювального комплекту за формулою:

$$\Delta_{\text{доп}} = \sqrt{K_1^2 + K_2^2};$$

прийняти рішення про придатність вимірювального комплекту приладів до експлуатації (роботи) і внести це до протоколу;

оформити протокол повірки.

Контрольні питання

1. Призначення і мета роботи,
2. Завдання на виконання лабораторної роботи.
3. Дати визначення поняття тиску.
4. Одиниці вимірювання тиску.
5. З яких елементів складається установка і як позначаються її пристрої на функціональній схемі?
6. Розповісти про прибори-датчики тиску.
7. Розповісти, з чого складається і як працює перетворювач ПП із підсилювачем.
8. Як налаштовується перетворювач?
9. Розповісти про конструкцію та роботу вторинного приладу системи "Старт" типу ПВ.
10. Розповісти про повірку, проведену в цій лабораторній роботі.

Таблиця 2.1

Результати повірки контуру автоматичного контролю тиску

Покази						Абсолютна похибка. МПа		Варіація, МПа
прилада, який повіряється		зразкового манометра						
% шкали	тиск, МПа	прямий хід		зворотній хід		прямий хід	зворотній хід	
		поділки шкали, кгс/см ²	тиск, МПа	поділки шкали, кгс/см ²	тиск, МПа			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

$$\Delta = \frac{a_{MAX}}{P_B - P_H} \cdot 100\% =$$

$$\gamma_B = \frac{V_{MAX}}{P_B - P_H} \cdot 100\% =$$

$$\Delta_{доп} = \sqrt{K_1^2 + K_2^2} =$$

Протокол

повірки комплексу приладів контуру автоматичного контролю тиску:

перетворювача тиску пневматичного сильфонного типу _____ моделі

_____, заводський номер _____, межі вимірювання _____, клас точності _____;

вторинного пневматичного показуючого і самописного приладу типу

_____, заводський номер _____, межі вимірювання _____, вхідний сигнал _____, клас точності _____.

Повірка виконана за допомогою зразкового манометра типу _____, заводський номер _____, верхня межа вимірювання _____, клас точності _____.

В результаті повірки отримано:

основна приведена похибка $\Delta =$ _____, що більше (менше) припустимої похибки вимірювального комплексу;максимальна приведена варіація $\gamma_B =$ _____, що більше (менше) припустимої похибки вимірювального комплексу.

Комплект приладів (не) придатний до експлуатації.

Повірку виконав _____ (підпис)

/Прізвище/

3. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ТА ІНСТРУКЦІ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ №4 ТА №5

3.1. Основні методи вимірювання витрати середовищ

3.1.1. Загальні відомості про вимірювання витрати середовищ

Автоматичний контроль за витратою реагентів у хімічних виробництвах дозволяє вести їх на оптимальному технологічному режимі, враховувати матеріальні потоки готової продукції і напівфабрикатів.

Витратою речовини називається кількість речовини, що проходить через даний переріз за одиницю часу. Витрату вимірюють у кілограмах за секунду (масова витрата), у кубічних метрах за секунду (об'ємна витрата). Прилади, що вимірюють витрату, називаються витратомірами. Вони можуть бути оснашені пристроєм – інтегратором (лічильником). Такі витратоміри дозволяють вимірювати одночасно витрату і кількість речовини.

У залежності від прийнятого методу вимірювання їх класифікують на витратоміри:

змінного перепаду тисків, засновані на залежності від витрати перепаду тисків у звужувальному пристрої внаслідок часткового переходу потенційної енергії потоку в кінетичну;

постійного перепаду тисків, засновані на залежності від витрати речовини вертикального переміщення тіла (поплавка), який змінює при цьому площу перерізу прохідного отвору приладу таким чином, що перепад тисків по обидві сторони поплавка залишається постійним;

швидкісного напору для вимірювання витрати за динамічним напором потоку за допомогою пневмометричних трубок;

змінного рівня, засновані на залежності від витрати висоти рівня рідини в ємності при вільному витіканні її через отвір у дні чи бічній стінці ємності;

безконтактні (електромагнітні, ультразвукові, тахометричні, теплові й ін.).

Всі ці витратоміри здійснюють непряме вимірювання витрати за тим чи іншим ефектом взаємодії вимірюваного потоку з первинним перетворювачем вимірювального контуру.

3.1.2. Вимірювання витрати методом змінного перепаду тиску

Найбільш розповсюджений метод вимірювання витрати рідини, пари і газу – метод змінного перепаду тисків, заснований на тому, що при проходженні речовини через звужувальний пристрій середня швидкість потоку збільшується і частина потенційної енергії (статичного тиску) потоку переходить у кінетичну енергію. У результаті цього статичний тиск потоку після звужувального пристрою зменшується, що викликає перепад тиску на ньому.

Вимірювання витрати речовини методом змінного перепаду тиску можливо, якщо потік заповнює весь поперечний переріз трубопроводу і є практично сталим; фазовий стан речовини не повинен змінюватися при проходженні його через звужувальний пристрій (рідина не випаровується, пара не конденсується і т.п.).

У якості звужувального пристрою для створення в трубопроводі перепаду тиску найчастіше застосовується стандартні звужувальні пристрої (рис. 3.1), не потребуючі індивідуального градування (діафрагми (а), сопла (б) і труби Вентурі (в)), і нестандартизовані (труби Вентурі, спеціальні сопла і діафрагми).

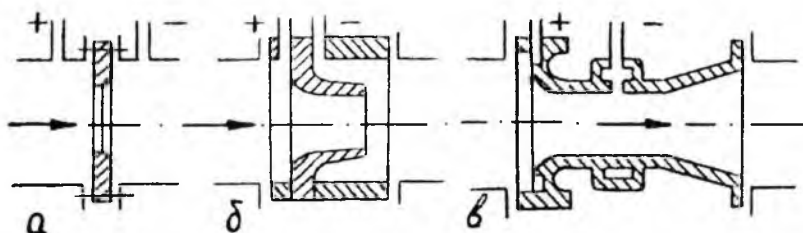


Рис. 3.1. Звужувальні пристрої

Витратоміри, які використовують метод змінного перепаду тиску є основними приладами для вимірювання великих та середніх витрат середовищ в промислових умовах.

3.1.3. Вимірювання витрати методом постійного перепаду тиску

Витратоміри постійного перепаду тиску найчастіше використовують для автоматичних вимірів малих витрат рідких і газоподібних середовищ у хімічній, нафтопереробній, авіаційній, харчовій і інших галузях промисловості. Вони складають близько 10 % від усіх типів приладів, що вимірюють витрати середовищ.

Робота витратомірів постійного перепаду тиску заснована на зміні прохідного перерізу потоку і висоти положення чутливого елемента (поплавка), що знаходиться в стані витання під дією гідродинамічного напору середовища і власної сили ваги. Про витрату рідини чи газу судять по висоті підйому поплавка.

Найбільш відомим і розповсюдженим з витратомірів постійного перепаду тиску є ротаметр, що складається з конічної прозорої трубки й обертового поплавка, що дозволяє йому вертикально переміщуватися по осі потоку вимірюваного середовища, яке проходить через трубку.

Схема ротаметра з конусною трубкою й обертовим поплавком показана на рис. 3.2.

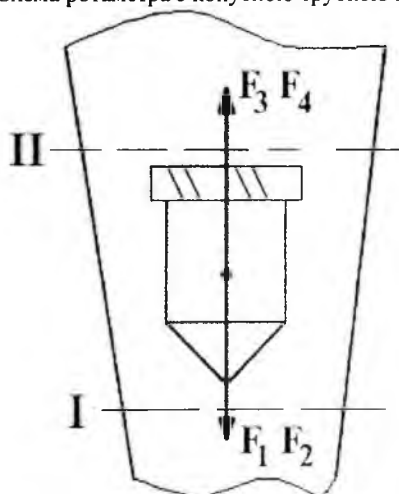


Рис. 3.2. Схема ротаметра з конусною трубкою

Потік середовища, який проходить через ротаметр знизу нагору, піднімає поплавок доти, поки кільцева щілина, що розширюється, між тілом поплавка і стінками конусної трубки досягає величини, при якій діючі на поплавець сили врівноважуються і він установлюється на тій чи іншій висоті в залежності від величини витрати середовища.

На поплавков ротаметра (див. рис. 3.2) діють вертикальні осьові сили, спрямовані в протилежні сторони F_1, F_2, F_3, F_4 .

Зверху вниз діють:

- сила ваги поплавка $F_1 = V_{\text{п}} \cdot D_{\text{п}} \cdot g$,

де $V_{\text{п}}$ – об'єм поплавця; $D_{\text{п}}$ – щільність матеріалу поплавка; g – прискорення сили ваги.

- сила від тиску потоку на верхню площину поплавка $F_2 = P'_2 \cdot S$,

де P'_2 – середній тиск потоку на одиницю верхньої поверхні поплавка; S – площа найбільшого поперечного перерізу поплавка.

Знизу нагору на поплавок діють:

- сила від тиску потоку на нижню поверхню поплавка $F_3 = P'_1 \cdot S$,

де P'_1 – середній тиск потоку на одиницю нижньої поверхні поплавка;

- сила тертя потоку об поплавок $F_4 = K \cdot V_{\text{к}}^n \cdot S_{\text{б}}$,

де K – коефіцієнт опору, що залежить від числа Рейнольдса і від ступеня шорсткості поверхні поплавка; $V_{\text{к}}$ – середня швидкість потоку в кільцевому каналі, що охоплює бічну поверхню поплавка; $S_{\text{б}}$ – бічна поверхня поплавка; n – показник ступеня, що залежить від величини швидкості потоку.

Поплавок урівноважений у тому випадку, коли

$$V_{\text{п}} \cdot D_{\text{п}} \cdot g + P'_2 \cdot S = K \cdot V_{\text{к}}^n \cdot S_{\text{б}} + P'_1 \cdot S$$

или

$$P'_1 - P'_2 = \frac{V_{\text{п}} \cdot D_{\text{п}} \cdot g - K \cdot V_{\text{к}}^n \cdot S_{\text{б}}}{S}$$

Оскільки збільшується витрата, то збільшується площа кільцевого каналу, але швидкість потоку в каналі залишаються постійною (інші величини, що входять у залежність, є для даного приладу постійними).

Це значить, що різниця тисків на поплавок буде також постійною, і тому ротаметр є витратоміром постійного перепаду тиску.

Основні переваги ротаметрів:

- простота конструкції;
- відсутність тертьових деталей;
- надійність дії;
- можливість вимірювання витрат слабозабруднених рідин із дисперсними включеннями сторонніх матеріалів;
- можливість вимірювання витрат агресивних середовищ (при умові підбирання відповідних матеріалів);
- порівняно широкий діапазон вимірювань;
- невеликі втрати енергії вимірюваного потоку;
- сталість відносної похибки по всьому діапазоні шкали.

Недоліком ротаметрів є висока чутливість до зміни фізичних властивостей вимірюваного середовища. У зв'язку з цим їхня експлуатаційна похибка може мати в ряді випадків велику величину. Останнє відбувається тому, що ротаметри звичайно градують за водою чи повітрям при нормальних умовах, а фізичні умови середовища, при яких працюють ротаметри в промисловості, дуже різноманітні.

Переміщення поплавка ротаметра звичайно переводять у пропорційний електричний чи пневматичний сигнал, а потім передається на вторинний прилад, шкала якого проградуйована в одиницях вимірювання витрати.

На рис. 3.3 приведена схема такого ротаметра з електричною дистанційною передачею показань. Вимірювальна частина цього ротаметра складається з циліндричного

металевого корпуса 1 з діафрагмою 2, у конусному отворі якої переміщується поплавок 3, насаджений на шток 4.

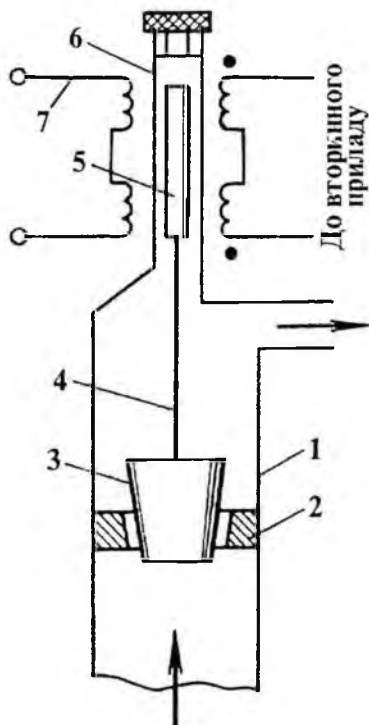


Рис. 3.3. Схема ротаметра з електричною дистанційною передачею

На верхньому кінці штока закріплено осердя 5 диференційно-трансформаторного перетворювача. Осердя переміщується усередині розділової трубки 6, зовні якої знаходиться котушка 7. Такі ротаметри розраховані на роботу при тиску до $6,27 \text{ МН/м}^2$. Межі їхнього вимірювання (у перерахуванні на воду) від $0,7 \times 10^5$ до $0,44 \times 10^2 \text{ м}^3/\text{с}$.

3.2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 „АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИТРАТИ СЕРЕДОВИЩА КОМПЛЕКТОВИМ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЛАДІВ І ЙОГО ПОВІРКА”

3.2.1. Призначення та мета роботи

Мета роботи – ознайомлення з контуром автоматичного контролю витрати; вивчення способу вимірювання витрати методом змінного перепаду тиску; ознайомлення з пристроєм і принципом дії комплекту приладів, застосовуваного для вимірювання витрати методом змінного перепаду тисків; ознайомлення з принципом роботи електричної системи передач показань на відстань; ознайомлення з методикою і повіркою комплекту електричних приладів і виконання повірки.

Завдання. Провести повірку витратоміра змінного перепаду тиску, що складається з дифманометра ДМ моделі 3583М і вторинного приладу КСД1, за допомогою манометра зразкового МО.

3.2.2. Опис лабораторної установки

Функціональна і монтажна схеми повірочної установки приведені на рис. 3.4.

У даній лабораторній роботі повірочна установка складається з імітаційного об'єкта вимірювання – трубопроводу, на якому встановлений звужувальний пристрій – діафрагма (рис. 3.4, поз. 3-1). Перепад тиску, який виникає на діафрагмі, за допомогою каналу зв'язку – імпульсних трубок – сприймається ПВП – дифманометром типу ДМ (поз. 3-2) моделі 3583 М с диференційно-трансформаторним перетворювачем з межами вимірювання (перепад тиску) від 0 до 100 кПа (0-1 кгс/см²), основна допустима похибка $\pm 1.5\%$ максимальної межі вимірювання, установленого по місцю вимірювання. Перетворений в електричний сигнал перепад тиску по каналу зв'язку передається на відстань на вторинний прилад з диференційно-трансформаторною схемою типу КСД1 (поз. 3-3) модифікації 028, діапазон вимірювання (шкала) від 0 до 8 м³/год, основна допустима похибка $\pm 1\%$ діапазону вимірювання, установлений на щиті. У вторинному приладі електричний сигнал, пропорційний перепаду тиску (витраті), перетворюється в показання і запис.

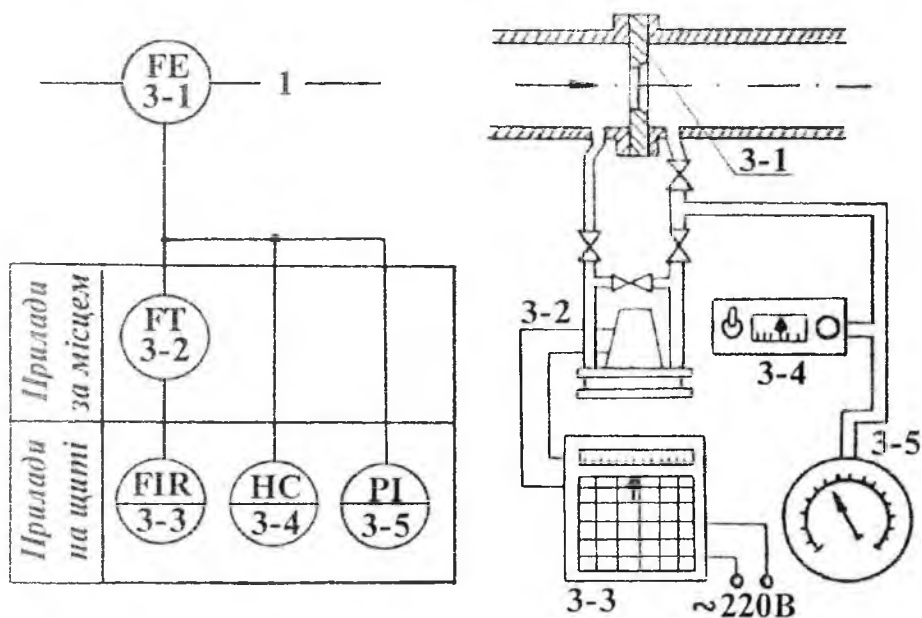


Рис. 3.4. Функціональна і монтажні схеми установки для повірки

На схемах показаний зразковий манометр типу МО (рис. 3.4, поз. 3-5), установлений на щиті. Його показання приймаються за дійсні значення вимірюваної величини. Установлена на щиті пневматична панель керування типу ПП12.2 (рис. 3.4, поз. 3-4) служить для зміни тиску повітря за допомогою рукоятки редуктора тиску і тим самим для імітації зміни перепаду тиску на звужувальному пристрої.

Для дифманометра заснована на використанні деформації пружного чутливого елемента приладу при впливі на нього різниці тиску (перепаду). Чутливим елементом дифманометра є мембранний блок (рис. 3.5), поміщений у корпусі 5 і 10, що включає мембранні коробки 6 і 8, зварені з чотирьох мембран, які мають концентричні гофри. Внутрішні порожнини коробки, заповнені дистильованою водою чи її сумішшю з гліцерином, з'єднуються між собою через отвір 7 у перегородці 9. Мембрани виготовляються з нержавіючої сталі з високими пружними властивостями.

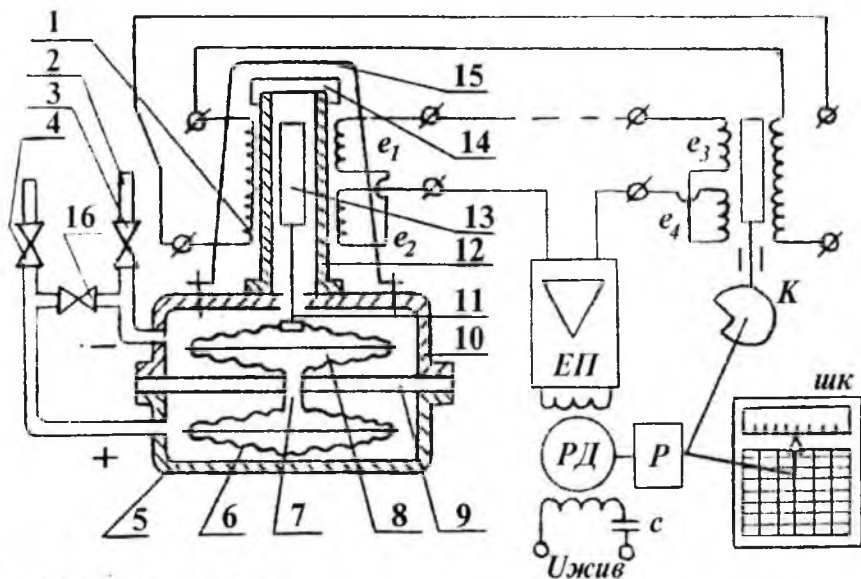


Рис. 3.5. Мембранний блок

Перепад тиску передається через імпульсні лінії 2, на яких установлені два запірних вентиля 3 і 4 і зрівняльний вентиль 16. Центр верхньої мембрани через шток 11 зв'язаний із осердям 13 (магнітодротом) диференційно-трансформаторної котушки з обмотками 1 диференційно-трансформаторного перетворювача, закритим ковпаком 15, на якому знаходиться рознімне штепсельне з'єднання для підключення котушки за допомогою дротів до вторинного приладу, який працює в комплекті з дифманометром.

Осердя ізолюване від зовнішнього середовища трубкою з немагнітного матеріалу з кришкою 14, вкрученої в корпус приладу.

Більший тиск подається в нижню (плюсову) камеру 6, а менший – у верхню (мінусову). Під впливом різниці тисків у камерах нижня мембранна коробка стискується, рідина з неї надходить у верхню коробку, викликаючи переміщення верхнього центра і зв'язаного з ним осердя перетворювача. Деформація продовжується доти, поки сили, викликані перепадом тиску, не зрівноважаться пружними силами мембранних коробок.

Диференційно-трансформаторний перетворювач складається з двох однакових котушок, одна з яких знаходиться в первинному приладі – дифманометрі, а інша – у вторинному приладі. Первинні обмотки котушок включені послідовно і живляться напругою змінного струму від обмотки силового трансформатора електронного підсилювача. Вторинні обмотки котушок складаються з двох секцій з однаковою кількістю витків, включених назустріч одна одній, тобто з протилежним напрямком намотування, у зв'язку з чим ЕРС (e_1-e_2 і e_3-e_4), індуктуємі в секціях, протилежні за знаком. У середині кожної котушки знаходиться осердя (плунжер), виготовлене з м'якого заліза.

Коли осердя обох котушок знаходяться в середніх положеннях, то ЕРС, індуктуємі в секціях вторинних обмоток, рівні по величині, але протилежні за знаком. Напруги на виході вторинної обмотки котушки дифманометра і вторинного приладу відсутні, тобто $\Delta E_1 = e_1 - e_2 = 0$, $\Delta E_2 = e_3 - e_4 = 0$. Результуюча напруга, що надходить на вхід електронного підсилювача, у цьому випадку дорівнює різниці напруг на виході котушок $\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2 = 0$, тобто система урівноважена.

При зміні перепаду тиску осердя дифманометра зміщується, від чого магнітні потоки, що пронизують секції вторинної обмотки, стануть різними для кожної секції, відповідно будуть розрізнятися і ЕРС, індуктуємі в секціях. Між початками на виході котушки дифманометра з'явиться напруга, рівна різниці ЕРС, індуктованих у цих секціях, причому значення і фаза цієї напруги залежать від напрямку і ступеня зсуву осердя в котушці дифманометра, тобто від зміни перепаду тиску.

Отже, при розузгоджених положеннях осердь у котушках і нерівності напруг ΔE_1 і ΔE_2 на вхід електронного підсилювача надійде результуюча напруга розбалансу:

$$\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2.$$

Посилена напруга розбалансу подається в керуючу обмотку реверсивного двигуна (РД), на осі якого через редуктор Р установлений кулачок К, зв'язаний за допомогою важеля із осердям котушки вторинного приладу. При обертанні РД переміщує осердя у бік зменшення неузгодженості доти, поки положення осердь не стануть симетричними, тобто напруги на виході котушок порівнюються. результуюча напруга розбалансу стане рівною нулю, і система збалансується.

Таким чином, в урівноваженому стані системи кожному значенню вимірюваної витрати (перепаду тиску) відповідає визначене положення осердя в котушці дифманометра і симетричне йому положення осердя в котушці вторинного приладу.

РД кінематично зв'язаний також зі вказувальною стрілкою і пером приладу, що фіксує значення вимірюваної величини (у даному випадку витрати).

3.2.3. Обсяг і порядок виконання роботи

У лабораторній роботі виконується перевірка контуру автоматичного контролю витрати, що складається із звукувального пристрою – діафрагми, первинного приладу – дифманометра, що сприймає перепад тиску, який виник на діафрагмі, і вторинного приладу.

Повіркці підлягають числові поділки шкали вторинного приладу спочатку при зростаючому значенні, а потім при убутному (витримка часу 5 хв.) на максимальній числовій поділці шкали. Відлік за зразковим манометром виконують при повній зупинці стрілки вторинного приладу на відповідній числовій поділці шкали (перпендикулярно останній). Результати відліку занести в таблицю результатів перевірки. Потім розраховують абсолютну похибку і варіацію вимірювального комплексу приладів, попередньо визначивши відповідність числових поділок шкали вторинного приладу, виражених відношенням в одиницях витрати ($\text{м}^3/\text{ч}$) до одиниць вимірювання перепаду тиску (МПа чи $\text{кгс}/\text{см}^2$), необхідну надалі для порівняння з показаннями зразкового манометра, вираженими в тих же одиницях вимірювання.

Для виконання роботи необхідно:

вивчити повірочну установку, методику і порядок виконання роботи (розд. 3.2.2 і 3.2.3 дійсних вказівок);

зробити перевірку контуру автоматичного контролю витрати (комплекту ВП: дифманометра мембранного типу ДМ і вторинного приладу типу КСД1-028) відповідно до методики проведення роботи;

розрахувати витрату і похибку відповідно до методики проведення роботи;

оформити необхідну документацію і дати висновок про придатність.

3.2.4. Обробка результатів перевірки й оформлення звіту

За отриманими даними перевірки, внесеними до табл. 3.1:

розрахувати повірені числові поділки шкали вторинного приладу (МПа) за формулою:

$$\Delta P = \left(\frac{b}{b_{\text{MAX}}} \right)^2 \cdot \Delta P_{\text{MAX}},$$

де ΔP – значення перепаду тиску, що відповідає повіреній числовій поділці шкали

вторинного приладу. кгс/см²; b – значення повіреної числової поділки шкали вторинного приладу, м³/год; b_{MAX} – значення верхньої межі вимірювання вторинного приладу. м³/год; ΔP_{MAX} – максимальний перепад тиску (межа вимірювання) дифманометра, кгс/см²;
 обчислити абсолютну похибку (МПа) для всіх повірених числових поділок шкали і внести до протоколу:

обчислити варіації вимірювального комплекту;

обчислити максимальну приведену похибку вимірювального комплекту за максимальним значенням абсолютної похибки;

розрахувати припустиму похибку вимірювального комплекту за формулою:

$$\Delta_{доп} = \sqrt{K_1^2 + K_2^2};$$

прийняти рішення про придатність вимірювального комплекту приладів до експлуатації (роботи) і внести це до протоколу;

оформити протокол повірки.

Контрольні питання

1. Призначення і мета роботи.
2. Дати визначення поняттям витрата і кількість, одиниці їхнього вимірювання.
3. Назви приладів для вимірювання витрати.
4. Класифікація витратомірів у залежності від прийнятого методу вимірювання і принцип їхньої дії.
5. Розповіді про контур автоматичного контролю витрати, про елементи, з яких він складається, їхнє призначення.
6. На чому заснований метод змінного перепаду тиску?
7. Призначення, пристрій і принцип роботи мембранного дифманометра типу ДМ.
8. Призначення, пристрій і принцип роботи вторинного приладу типу КСД 1.
9. Призначення повірочної установки і її окремих елементів.
10. Методика і порядок виконання роботи.

Таблиця 3.1

Результати повірки контуру автоматичного контролю витрати

Покази						Абсолютна похибка, МПа		Варіація, МПа
прилада, який повіряється		зразкового манометра						
витрата, b , м ³ /год	перепад тиску, ΔP , МПа	прямий хід		зворотній хід		прямий хід	зворотній хід	
		поділки шкали, кгс/см ²	тиск, МПа	поділки шкали, кгс/см ²	тиск, МПа			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

$$\Delta = \frac{a_{MAX}}{P_B - P_H} \cdot 100\% =$$

$$\gamma_B = \frac{V_{MAX}}{P_B - P_H} \cdot 100\% =$$

$$\Delta_{доп} = \sqrt{K_1^2 + K_2^2} =$$

Протокол

повірки комплексу приладів контуру автоматичного контролю витрати:
дифманометра типу _____ моделі _____, заводський номер
_____, верхня межа вимірювання _____, клас точності _____

вторинного приладу типу _____, заводський номер _____, межі
вимірювання _____, клас точності _____.

Повірка виконана за допомогою зразкового манометру типу _____,
заводський номер _____. верхня межа вимірювання _____, клас
точності _____.

В результаті повірки отримано:
основна приведена похибка $\Delta =$ _____, що більше (менше) припустимої
похибки вимірювального комплексу:

максимальна приведена варіація $\gamma_B =$ _____, що більше (менше)
припустимої похибки вимірювального комплексу.

Комплект приладів (не) придатний до експлуатації.

Повірку виконав _____ (підпис)

/Прізвище/

3.3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 „ГРАДУЮВАННЯ РОТАМЕТРА ТИПУ РС”

3.3.1. Призначення та мета роботи

Мета роботи – ознайомитися з принципом дії, пристроєм витратомірів постійного перепаду тиску, методикою градуювання ротаметрів, витратомірною установкою;

- одержати навички градуювання витратомірів постійного перепаду тиску і зробити градуювання ротаметрів типу РС за водопроводною водою.

3.3.2. Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис. 3.6) складається із ємності Маріотта 1, яка є джерелом постійного напору води, градуювального ротаметра 4 з поплавком 5, мірного циліндра 7 на 500 см³, крана 8 для вимірювання подачі води і з'єднувальних трубок 2, 3, 6.

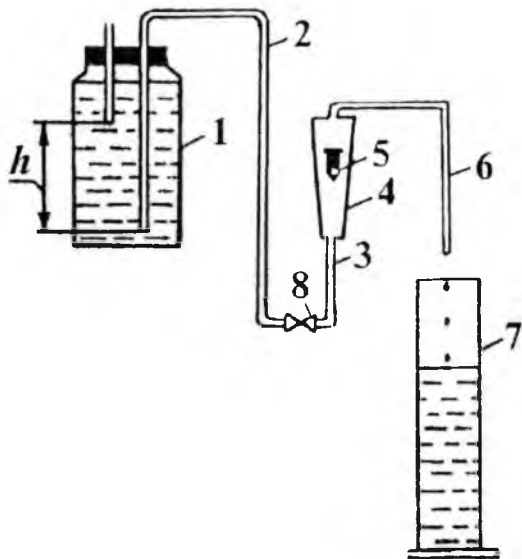


Рис. 3.6. Схема лабораторної установки для градуювання ротаметрів

3.3.3. Обсяг і порядок виконання роботи

Градуванням називають метрологічну операцію, за допомогою якої поділкам вимірального приладу надаються значення, виражені у встановлених одиницях вимірювання.

Шкала ротаметра, як правило, рівномірна і розбита в умовних одиницях пропорційно ходу поплавка. Для того щоб довідатися, чи істинна витрата рідини чи газу, користуються градувальною характеристикою, представленою у вигляді таблиці чи графіка, яка виражає залежність витрати від положення поплавка.

Температура градувального середовища вказується в технічних вимогах і звичайно дорівнює $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Зміна температури градувального середовища і навколишнього повітря в процесі градування повинна бути не більше 1°C , тому що при цьому фізичні властивості середовища змінюється на незначну величину.

Як відомо, показання ротаметрів не лінійні в залежності від витрати, тому градування краще робити на декількох точках шкали, щоб повніше виявити залежність показань від витрати. Звичайно для скляних ротаметрів типу РМ і РС вибирають точки, що відповідають поділкам 0, 20, 40, 60, 80 і 100% умовної рівномірної шкали, а для металевих ротаметрів типу РП і РЭ – поділки 20, 40, 60, 80 і 100% шкали вторинного приладу. Значення витрати на кожній поділці шкали знімають двічі – при прямому і зворотному ході поплавка.

Порядок проведення градування

- плавно змінити витрату води краном 8 доти, поки поплавок 5 ротаметра 4 не встановиться верхньою площадкою на 0; 20; 40; 60; 80 і 100% умовної розмірної шкали;
- на кожному рівні положення поплавка 5 відмірювати секундоміром час витікання 100 мл води (в секундах);
- аналогічну операцію одержання інформації про градувальну характеристику ротаметра повторюють при прямому ході (збільшенні витрати) до досягнення поплавком 100% шкали, і при зворотному ході (зниженні витрати) до досягнення поплавком 0% шкали;

- занести всі отримані дані в таблицю 3.2;
- переконатися, що установка знаходиться у вихідному положенні. з'єднання трубок не підтікають. поплавков 5 знаходиться в положенні нижче 0% шкали. кран 4 закритий, у ємності Маріотта забезпечується різниця висот h ;
- зафіксувати температуру градувального середовища. При цьому зміна температур градувального середовища і навколишнього повітря не повинна перевищувати 1°C .

3.2.4. Обробка результатів градування й оформлення звіту

За отриманими даними градування, внесеними до табл.3.2 розраховують середньосекундну витрату за формулою $Q = V / \tau$, л/с,

де V - об'єм рідини, яка витікла та була виміряна за допомогою мірного циліндра V , л;
 τ – час витікання заданого об'єму рідини, с.

За отриманими даними (розрахованою Q та відомими n – поділками шкали) будують градувальну криву для прямого та зворотного ходу.

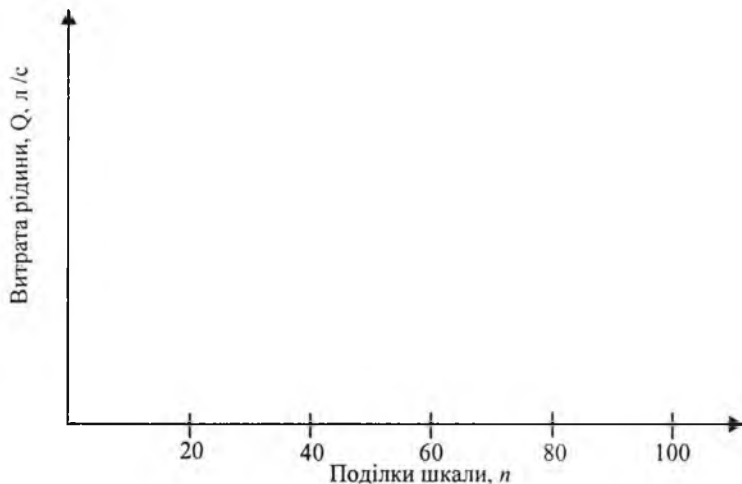
Контрольні питання

- 1.Призначення і мета роботи.
- 2.Класифікація витратомірів у залежності від прийнятого методу вимірювання і принцип їхньої дії.
- 3.Принцип дії ротаметра.
- 4.Які сили діють на поплавок ротаметра?
- 5.Принцип дії ротаметра з електричною дистанційною передачею.
- 6.Назвіть переваги ротаметрів.
- 7.Що є недоліком ротаметрів.
- 8.Склад лабораторної установки, порядок проведення роботи.
- 9.Дайте визначення терміну градування.
- 10.3 якою метою будують градувальну криву.

Таблиця 4.1

Дослідні лабораторні дані

Контрольні оцифровані точки, %	Об'єм рідини, V , л	Час витікання рідини фіксованого об'єму, τ , с			Витрата рідини, Q , л/с
		прямий хід	зворотній хід	середній час	
1	2	3	4	5	6
0					
20					
40					
60					
80					
100					



4. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ТА ІНСТРУКЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №6

4.1. Основи автоматичного регулювання технологічних процесів

4.1.1. Основні поняття та термінологія

Автоматичне регулювання (АР) – один із самих простих видів автоматичного керування (АК). Автоматичні системи керування та регулювання досі є основними елементами локальних систем автоматизації виробничих процесів. Таким чином, автоматичні системи керування (АСР) складають основу нижнього рівня ієрархії керування промислового виробництва.

Суть АР полягає в тому, що АК піддається одна вихідна регульована величина об'єкту, при цьому у більшості випадків стабілізується її завдане (оптимальне) значення.

За регульовану величину або параметр звичайно вибирають найбільш вагому, яка у достатній мірі відображає функціональне призначення керованого об'єкту (КО). Так, наприклад, для теплообмінника (призначення теплообмінника – підігріти відповідне середовище) – температура середовища на його виході.

Крім стабілізуючих АСР, є також програмні АСР, у яких завдане значення регульованої вихідної величини є функцією часу. Це перемінне завдання виробляється за допомогою програмного завдатчика, увімкненого у структуру такої АСР.

У більшості випадків у промисловій практиці використовують стабілізуючі АСР, які забезпечують рівень часткової автоматизації ХТП.

Тут об'єктом регулювання є канал АР, який являє собою залежність вихідної регульованої величини КО від тієї вхідної її величини, яку найбільш доцільно змінювати при регулюванні. Так, наприклад, для теплообмінника каналом АР є залежність "температура середовища на виході об'єкта - витрата теплоносія", У загальному випадку ОР називають будь-який апарат, агрегат або установку, що потребує АР.

4.1.2. Структура автоматичної системи регулювання

На рис. 4.1 показана структурна схема стабілізуючої одноконтурної АСР, яка використовує принцип АР по відхиленню. Розглянемо взаємодію елементів структури АСР, проаналізувавши здійснення процесу регулювання.

Процес регулювання, що здійснюється всією АСР, відбувається таким чином.

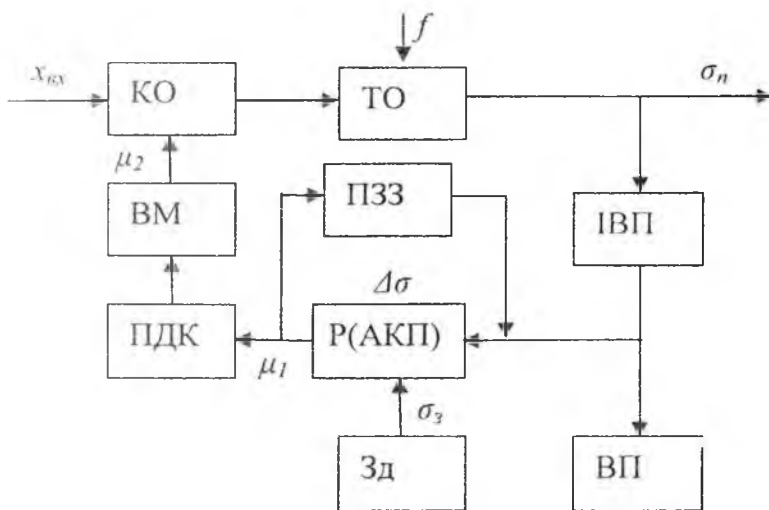


Рис. 4.1. Структурна схема стабілізуючої одноконтурної АСР:

σ_n , σ_z – поточне та задане значення регулюючої величини; $x_{вх}$ – вхідна величина об'єкта; f – зовнішня дія (збурювання); μ_1 – керуюча дія на виході регулятора; μ_2 – керуюча дія на регулюючому органі (переміщення регулюючого органу); $\Delta\sigma$ – відхилення, або розбіжність

КО - керований об'єкт; ІВП - інформаційно-вимірjuвальний пристрій; ВП - вторинний прилад; Р(АКП) - регулятор (автоматичний керуючий пристрій в АСР); Зд - блок завдатчика; ПДК - пристрій дистанційного керування; ВМ виконавчий механізм; РО - регулюючий орган; ПЗЗ - пристрій зворотного зв'язку регулятора.

На КО приходить збурення f , яке відхиляє КО від стійкого рівноважного стану. До збурювань можливо віднести будь-які зміни входів КО та навколишнього середовища, які діють на об'єкт. Тоді порушуються матеріальний та енергетичний баланси в КО, внаслідок чого поточне значення регульованої величини σ_n перестас бути рівним заданому значенню σ_z . Значення σ_n сприймається інформаційно-вимірjuвальним пристроєм ІВП, передається на регулятор Р та на вторинний прилад ВП, який знаходиться у пункті централізованого контролю та керування (щит оператора, щит агрегування диспетчера і т.д.), де фіксується у вигляді, зручному для спостереження та подальшого використання (показ, запис та ін.).

Одночасно з величиною σ_n на регулятор Р згідно із завданням від блоку завдатчика Зд поступас сигнал заданого значення регульованої величини σ_z . У пристрої порівнювання регулятора Р одержують величину $\Delta\sigma$ – відхилення між завданням та поточним значеннями регульованої величини. Згідно з тим або іншим законом регулювання, який у загальному вигляді записується $\mu = f(\Delta\sigma)$, регулятор Р потім формує регулюючу дію μ_1 , яка з виходу Р через ПДК надходить до ВМ. ПДК забезпечує переключення АСР з режиму „автоматичний” на режим керування „дистанційний”, а також здійснює дистанційний режим роботи АСР. Два режими керування в АСР потрібні для підвищення її надійності. Якщо вийдуть з ладу елементи АСР, розміщені до ПДК (ІВП, ВП, Р, Зд), то з його допомогою можливе керування роботою ТО (не допускаючи його аварійної зупинки) оператором.

Керуюча дія μ_1 включає ВМ регулюючого органу РО, встановлений на матеріальному

чи енергетичному вхідному потоці ТО. Переміщення μ , регулюючого органу РО безпосередньо діє на вхідну величину x_{ex} об'єкта, змінюючи її так, щоб відхилення $\Delta\sigma$ стало рівним нулю. Тоді в кінці процесу регулювання забезпечується його кінцева мета, яка полягає в тому, що АСР завжди повинна в результаті своєї роботи забезпечувати $\sigma_n = \sigma_s = const$, тобто автоматичну стабілізацію вихідної регульованої величини ТО на протязі всього періоду його роботи.

4.1.3. Властивості об'єктів регулювання

При розробці та дослідженні АСР для конкретних об'єктів регулювання (ОР) велике значення мають специфічні властивості даних об'єктів. Ці властивості визначаються експериментально або аналітично дослідженням математичної моделі ОР. До властивостей об'єктів регулювання (канал в АР) відносяться:

- навантаження ОР по обраному каналу АР;
- самовирівнювання ОР;
- ємкість ОР;
- запізнювання об'єкта по обраному каналу АР.

Під навантаженням ОР розуміють кількість речовини (або енергії), яка проходить через об'єкт за одиницю часу. Навантаження розрізняють на притоці та стоці об'єкта. Його зміна є збурюванням. Керуючі дії також подають на навантаження, змінюючи його. Навантаження визначає розміри ОР, типорозміри первинних перетворювачів та виконавчих пристроїв АСР.

Самовирівнювання об'єкта характеризує його усталеність. Самовирівнюванням називають здібність усталеного об'єкта після надходження збурювання приходити до нового стану динамічної рівноваги. В ОР з самовирівнюванням після стрибкоподібного змінювання вхідної величини вихідна величина змінюється зі швидкістю, яка поступово зменшується до нуля, що зв'язано з наявністю в ОР внутрішнього негативного зв'язку. Кількісно ця властивість обумовлена мірою самовирівнювання ρ , під якою розуміють відношення відхилення вхідної величини об'єкта по досягненні об'єктом усталеного стану.

Чим більше ступінь самовирівнювання, тим менше відхилення вихідної величини від первісного значення.

Ємкість об'єкта - властивість, присутня усім ОР. Вона характеризує їх інерційність – ступінь впливу вхідної величини на швидкість змінення вихідної. Під ємкістю розуміють таке змінення вхідної величини, яке приводить до змінення вихідної величини на одиницю за одиничний відрізок часу.

Ємкість визначає здібність ОР акумулювати перероблюване середовище або енергію. Чим більше ємкість, тим менше швидкість змінення вихідної величини об'єкта, та навпаки. ОР бувають одноємкісні та багатоеємкісні.

Запізнювання в ОР характеризує час від нанесення збурювання до змінення вихідної величини. Усі реальні об'єкти мають запізнювання, бо змінення потоків середовища або енергії в ОР здійснюється з кінцевою швидкістю, тому необхідний час для проходження (транспортування) сигналом шляху від місця нанесення збурювання до місця, де фіксується змінена вихідної величини.

Крім того, потрібен час для поширення збурювання по усій ємності ОР, що також затримує появу реакції на збурювання на виході ОР.

Таким чином, повне запізнювання в ОР складається з транспортного (чистого) та ємкісного перехідного запізнювань.

Конкретна інформація за характером змінення навантаження, за значеннями ступеня самовирівнювання, коефіцієнта ємності та повного запізнювання в ОР служить початковим матеріалом для синтезу АСР, головним моментом якого є обґрунтований (за допомогою методик теорії АР) вибір регулятора з відповідним законом регулювання.

4.1.4. Вибір регулятора

При розробці АСР велику увагу приділяють вибору типу регулятора та розрахунку параметрів його настройки. За початкову інформацію при цьому беруть різні показники динаміки ОР, які визначаються, в основному, в результаті обробки кривої розгону – динамічної характеристики ОР по даному каналу АР, одержаною експериментально методом збурювань.

Типова S-подібна крива розгону, яка є характерною для об'єкта в хімічній технології, приведена на рис. 4.2.

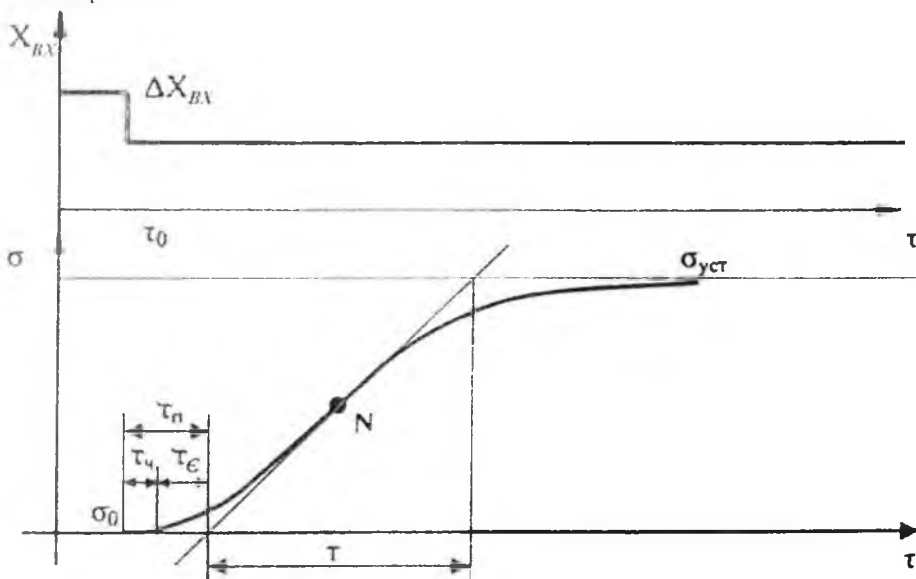


Рис. 4.2. Крива розгону

Тут τ_{Π} – повне запізнення ($\tau_{\Pi} = \tau_{\text{ч}} + \tau_{\epsilon}$); $\tau_{\text{ч}}$ – чисте (транспортне) запізнення; τ_{ϵ} – смісне запізнення; T – стала часу; ΔX_{BX} – збурення; $\Delta \sigma$ – приріст вихідної величини об'єкта.

Для зняття кривої розгону регулятор вимикають і працює тільки вимірювальна система АСР: КО приводить до усталеного стану при вибраному режимі (навантаженні). При цьому вплив інших збурюючих факторів на КО за можливістю повинен бути виключений.

Далі швидким переміщенням регулюючого органу наносять стрибкоподібне збурювання ΔX_{BX} ($0,1 \div 0,15$) $X_{BX}^{\text{ном}}$. Одночасно з нанесенням збурення у момент τ_{Π} слід записувати значення вихідного параметра доти, поки цей параметр не перестане змінюватися ($\sigma_{\text{уст}}$). Крива розгону будуватиметься у координатах: ордината – вихідний регульований параметр, абсциса – час. Обробка кривої розгону полягає у тому, що у точці перегину N проводять дотичну до перетину із віссю абсцис та новим усталеним значенням параметра $\sigma_{\text{уст}}$. У точці перегину швидкість змінення вихідного параметра максимальна.

Після обробки кривої розгону визначають: час повного запізнення τ_{Π} ; сталу часу об'єкта T ; коефіцієнт підсилення (передачі) K_{Π} . При цьому

$$K_{\Pi} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta x_{\text{вх}}} = \frac{\sigma_{\text{уст}} - \sigma_0}{x_{\text{вх}}}$$

Фактично K_D відображає реакцію КО на одиничне збурювання.

Стала часу – це умовна величина проміжку часу, на протязі якого вихідна величина після нанесення збурювання змінювалася б від σ_0 до $\sigma_{уст}$ із постійною швидкістю.

Час чистого запізнювання визначається проміжком часу між моментом нанесення збурювання та початком відхилення вихідної величини. Час ємнісного запізнювання залежить від ємності КО.

Тип регулятора (позиційний, безперервний або імпульсний) звичайно вибирають за співвідношенням $\frac{\tau_D}{T}$. Якщо $\frac{\tau_D}{T} < 0,2$, то вибирають позиційний (релейний) регулятор.

Якщо $\frac{\tau_D}{T} = 0,2 \div 1,0$, необхідний регулятор безперервної дії (І-, ПІ-, П-регулятори);

якщо $\frac{\tau_D}{T} > 1,0$, то треба застосувати імпульсний регулятор.

4.2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 „ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКА КРИВОЇ РОЗГОНУ”

4.2.1. Призначення та мета роботи

Мета роботи – ознайомитися з роботою АСР температури;

дослідити динаміку ОР та експериментально одержати динамічну характеристику (криву розгону) об'єкта за поданим каналом АР;

ознайомитися з принципом дії та особливостями будови елементів у даній АСР (регулюючого автоматичного моста КІМ-1-552, реле РПУ-2, термометра опору ТСМ-0879 та ін.).

Завдання: одержати, обробити та проаналізувати криву розгону об'єкта по каналу АР: "подача теплоти на об'єкт – температура середовища в об'єкті" з наступним використанням цієї інформації.

4.2.2. Опис лабораторної установки

На рис. 4.3. відображена функціональна схема позиційної АСР температури води в ємності та інших приладів, що використовуються при виконанні даної роботи.

Об'єктом регулювання в цій АСР є ємність 1, у якій за допомогою двох електронагрівачів (поз. 1-5) потужністю по 600 Вт кожний підігрівастись вода, що подається з водопроводу через трубку 2. Підігріта вода через зливну трубу 3 потім іде в дренаж. Налаштування подачі води у ємність 1 робиться за допомогою панелі дистанційного керування ПП12.2 (поз. 4-1) та регулюючого клапана з пневмоприводом ПРК (поз. 4-2), контроль подачі води до ємності – за допомогою ротаметра РМ (поз. 2-1). Для контролю рівня води в ємності використовується вказівне скло (поз. 3-1).

4.2.3. Обсяг і порядок виконання роботи

Студент вмикає та налагоджує лабораторний стенд (під керівництвом учебного майстра); знайомиться з улаштуванням та особливостями роботи приладів та пристроїв, що входять до складу лабораторної установки (див. рис. 4.1).

Знімають криву розгону (див. підрозділ 4.1.4, рис. 4.2), для чого:

- підготовляють секундомір та чорнову форму таблиці для одержаних результатів (значень температури води в ємності 1, що вимірюються термометром опору ТСМ-0879 та автоматичним мостом КІМ-1-552), визначають обов'язки студентів підгрупи – учасників експерименту;

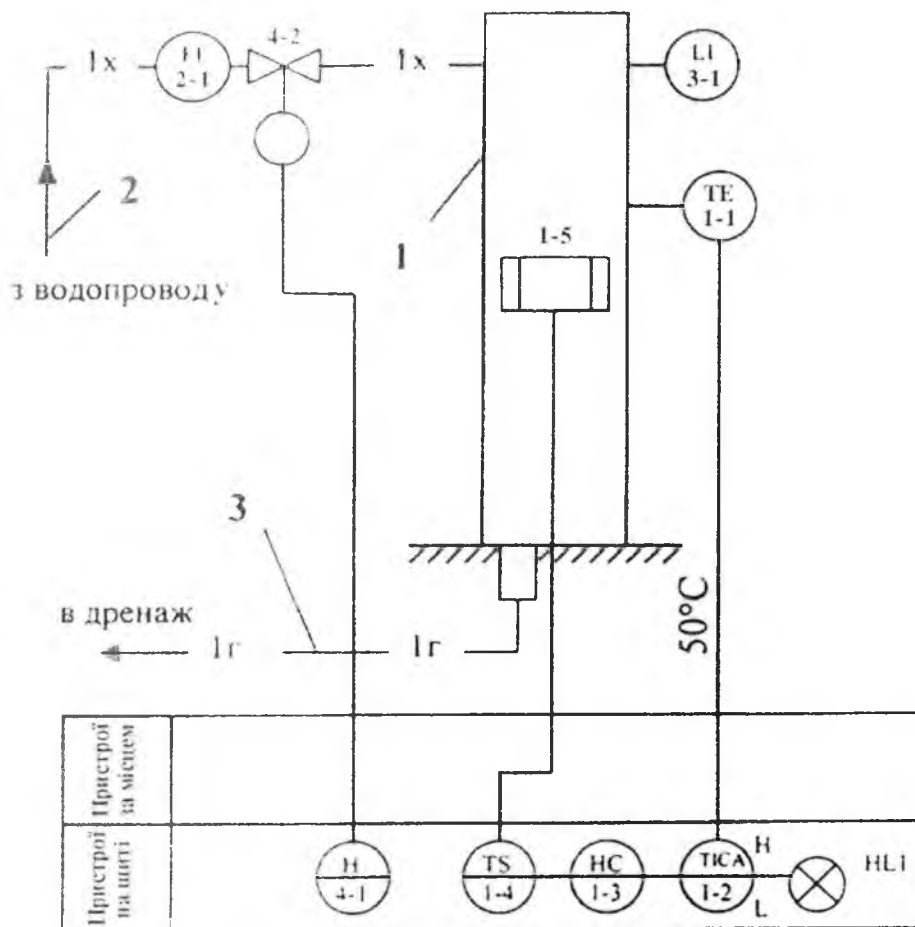


Рис. 4.3. Функціональна схема двопозиційної АСР температури води в ємності: 1-1 – термоперетворювач опору ТСМ-0879; 1-2 – електронний автоматичний зрівноважений міст з завдатником та позиційним регулюючим пристроєм КМП-1-552; 1-3 – пристрій дистанційного керування. 1-4 – проміжне реле РПУ-2, HL – сигнальний пристрій з трьох лампочок.

- одержані дані слід показати викладачу, який прийматиме рішення про їх достовірність та подальше використання;

- після цього у лабораторному зошиті будують та обробляють криву розгону, що дозволить визначити головні показники динаміки ОР;

- знаходять значення (див. рис. 4.2); при $\frac{\tau_p}{T} < 0,2$ робиться висновок про необхідність використання в даній АСР позиційного регулятора.

Контрольні питання

1. Основна мета та зміст даної роботи.
2. З яких елементів складається лабораторна установка (відповідно до функціональної схеми на рис. 4.3)?
3. За яким каналом здійснюється регулювання об'єкту на рис. 4.3?
4. Яким чином здійснюється процес регулювання за структурною схемою системи регулювання (рис. 4.1)?
5. Перелічить та охарактеризуйте властивості об'єктів регулювання.
6. Порядок обробки кривої розгону.
7. Які параметри визначають при обробці кривої розгону.
8. З яких частин складається час повного запізнювання та від чого вони залежать?
9. Що таке стала часу?
10. На підставі яких даних роблять вибір регулятора?

Таблиця 4.1

Вихідні дані для побудови кривої розгону

Час, хв	Температура, °C	Час, хв	Температура, °C
0		14	
0,25		15	
0,5		16	
0,75		17	
1		18	
1,25		19	
1,5		20	
1,75		21	
2		22	
2,5		23	
3		24	
3,5		25	
4		26	
4,5		27	
5		28	
6		29	
7		30	
8		31	
9		32	
10		33	
11		34	
12		35	
13		36	

Обчислені дані за кривою розгону:
коефіцієнт підсилення об'єкта

$$K_P = \frac{\Delta \sigma}{\Delta x_{\text{вх}}} = \frac{\sigma_{\text{уст}} - \sigma_0}{x_{\text{вх}}} =$$

постійна часу $T=$

запізнення

$$\tau_{\text{чист}} =$$

$$\tau_{\text{смк}} =$$

$$\tau_P = \tau_q + \tau_c =$$

$$\frac{\tau_P}{T} =$$

Висновок: