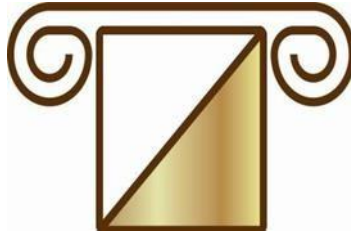


**ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО**



ІВАНЧУК А. В.

ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт



Вінниця -2025

УДК 621.52

<https://doi.org/10.31652/621.52-1-99>

Іванчук А. В. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Основи автоматизації виробничих процесів» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта, предметної спеціальності 014.10 Середня освіта (Трудове навчання та технології). Вінниця : ВДПУ, 2025. 99 с.

Рецензенти:

Соловей В. В. – кандидат педагогічних наук, доцент, заступник декана факультету мистецтв і художньо-освітніх технологій з наукової роботи Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського;

Гаркушевський В. С. – кандидат технічних наук, доцент Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.

Методичні рекомендації призначені для організації практикуму з навчальної дисципліни «Основи автоматизації виробничих процесів». При відборі змісту практичних робіт, виходили з того, що майбутній вчитель має донести основи знань про суть сучасної автоматизації виробничих процесів до учнів середніх загальноосвітніх шкіл. При цьому зусилля спрямовувалися на чітке дотримання дидактичних принципів науковості та природовідповідності. Особливу увагу приділено питанням морфології автоматичного керування технічними системами.

Рекомендовано вченою радою факультету мистецтв і художньо-освітніх технологій Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (протокол №10 від 09.04.2025 р.)

Навчальний посібник розглянуто і схвалено на засіданні навчально-методичної комісії факультету мистецтв та художньо-освітніх технологій Протокол від «16» квітня 2025р. № 8

© Іванчук А. В., 2025

ЗМІСТ

Практична робота № 1. Аналіз тексту про автоматизацію виробничих процесів зі шкільного навчального посібника.	4
Практична робота №2. Аналіз роботи автоматичного регулятора температури води.	8
Практична робота №3. Принципи побудови систем телекерування.	9
Практична робота № 4. Засоби вимірювання температури.	15
Практична робота №5. Засоби вимірювання витрат і кількості речовини	21
Практична робота №6. Засоби вимірювання тиску	28
Практична робота №7. Засоби вимірювання рівня рідини.	35
Практична робота №8. Засоби визначення властивостей на складу речовин	41
Практична робота №9. Безконтактні датчики положення.	51
Практична робота №10. Реле в автоматичних системах керування	56
Практична робота №11. Вимірювання в системах автоматичного керування.	63
Практична робота № 12. Автоматизація роботи асинхронного електродвигуна.	71
Практична робота №13. Процес гарячого водопостачання як об'єкт автоматизації.	77
Практична робота №14. Статична і динамічна точність регулювання.	86

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

АНАЛІЗ ТЕКСТУ ПРО АВТОМАТИЗАЦІЮ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЗІ ШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

Мета роботи: здійснити аналіз навчального матеріалу про автоматизацію виробничих процесів та, на його основі, оцінити його дидактичну цінність.

Завдання: аналіз оформити, як відповіді на контрольні питання.

Літературне джерело:

Туташинський В. І. Технології сучасного виробництва: навч. посіб. Київ: КОНВІ ПРІНТ, 2021. 155 с.

ВИТЯГ ІЗ ЗМІСТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

Анотація навчального посібника: Зміст ґрунтується на компетентнісному, діяльнісному та особистісно орієнтованому підходах у навчанні й реалізується за допомогою проєктної технології. Доповнює вивчення «Технологій» та профільного предмета «Основи машинознавства» у професійних ліцєях і є частиною навчально-методичного забезпечення профільної технологічної освіти учнів 10-11 класів закладів загальної середньої освіти.

Призначений для учнів ліцєїв і класів технологічного профілю загальноосвітніх шкіл, МНВК та міжшкільних ресурсних центрів.

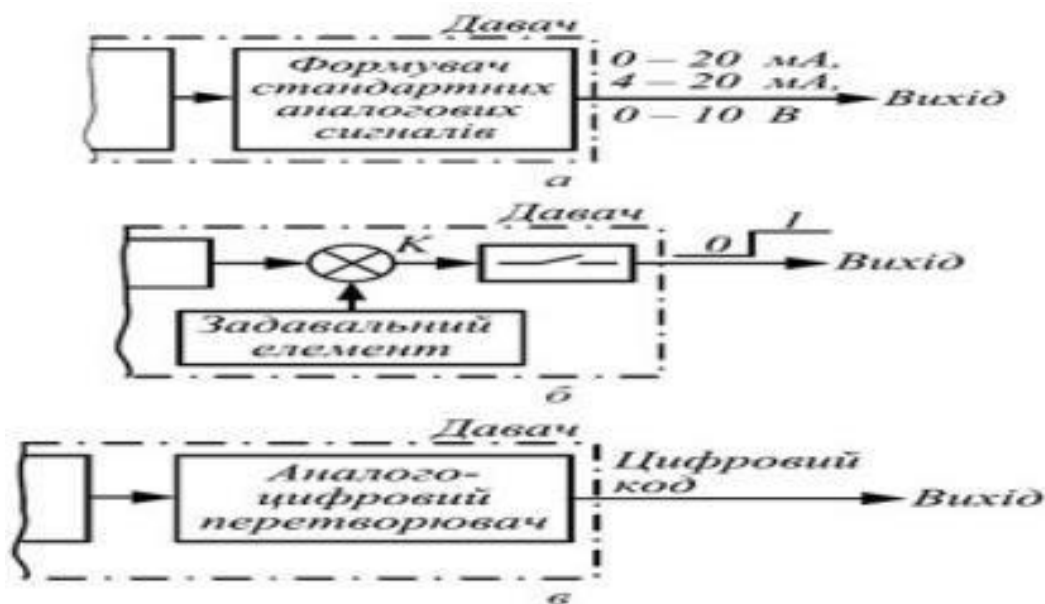
Проєктування автоматичних пристроїв розпочинають із визначення призначення, яке завдання виконуватиме пристрій. Першим автоматом була пастка на звіра – спрацьовувала автоматично. Філософ Платон, жив у 427-347 рр. до н.е., збирав учнів автоматичним сигналом від статуї з флейтою. У призначений час статуя сповіщала про початок занять. Флейта за допомогою трубки з'єднувалась із водяним годинником, вода якою стискала повітря. Коли тиск повітря ставав достатньо, щоб відкрити клапан, повітря надходило до флейти і вона звучала.

Автоматичні пристрої – це машини-автомати та автоматичні системи керування, які функціонують за допомогою елементів автоматики, блоків автоматичної системи керування. Наприклад, подача сигналів для автоматичного увімкнення чи вимкнення освітлення, сигналізації, відкривання або закривання водопровідного крана, виконання технологічних операцій.

Для сприйняття, вимірювання, сигналізації, регулювання та керування процесами використовуються **давачі (датчики)**, що перетворюють величину

(переміщення, тиск, температура, витрата, електрична напруга) у сигнал, зручний для вимірювання (електричний, оптичний, ультразвуковий, пневматичний) (мал. 39).

До складу чутливого елементу (давача або датчика) входять перетворювачі для вироблення електричного сигналу, зручного для передачі, в системах автоматичного керування. У першому випадку давач — це електронний елемент, наприклад, терморезистор, фотодіод, який використовують для створення електричних сигналів. У другому випадку — це прилад, який з'єднують до автоматичної системи керування чи реєстрації, тут чутливий елемент давача буде називатись сенсором (від лат. *sensorium* — чуття).



Мал.39. Схема давача

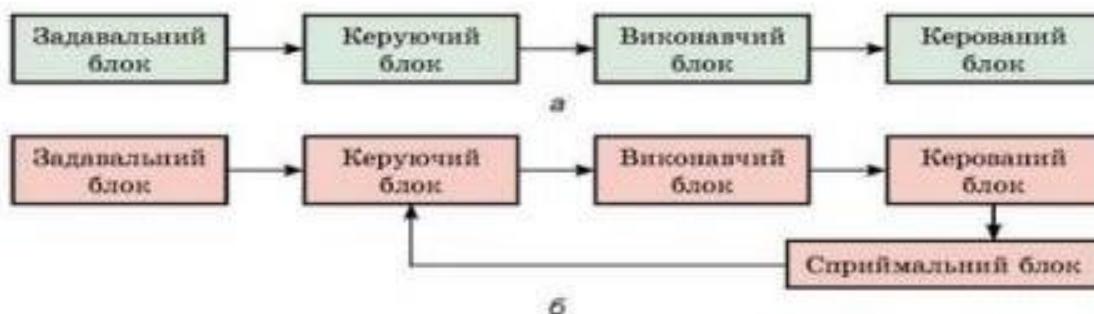
Вихідні сигнали давача бувають: аналогові у вигляді сили струму чи напруги, дискретні або цифрові двійкові коди (формати вихідного сигналу).

Давач характеризується сукупністю входних параметрів та сукупністю вихідних електричних параметрів (сила струму, напруга, опір).

Давачі і сенсори перетворюють фізичні величини, що характеризують об'єкт керування в електричний сигнал, а виконавчі пристрої перетворюють електричний сигнал системи керування у фізичну величину, яка змінює перебіг технологічного процесу.

Об'єкт, яким керують елементи автоматики називається *об'єктом керування*. Керуючий блок та об'єкт керування (керований блок) утворюють автоматичну систему керування (АСК).

За принципом дії автоматичні системи керування поділяються на системи з розімкнутим і замкнутим колом впливу (мал. 40)



Мал.40. Автоматичні системи керування:
а – з розімкнутим колом впливу; б –
із замкнутим колом впливу.

В автоматичних системах із розімкнутим колом впливу вхідні дії керуючого блоку наперед визначені. Автоматичні системи із розімкнутим колом впливу використовують для керування простими процесами, які відбуваються в однакових умовах і у постійній послідовності.

Якщо умови чи послідовність виконання технологічного процесу змінюються, застосовується автоматична система із замкнутим колом впливу. Вхідними для керуючого блоку є зовнішні та внутрішні (контрольні) дії. Наприклад, сигнали для здійснення керуючих дій виробляються порівнянням фактичного значення параметру з наперед заданим значенням, а такий називається автоматичним регулятором.

Автоматичні системи керування за принципом керування та керуючим впливом бувають *стабілізаційні, програмні і слідкуючі*. Стабілізаційна автоматична система підтримує керовану величину постійною. Наприклад, температуру в будинку. Програмна автоматична система змінює керовану величину. Наприклад, зміна температури і вологості повітря в приміщенні відповідно до заданих температурних режимів.

Слідкуюча автоматична система змінює керовану величину залежно від фактичного значення параметра, тобто слідкує за змінами, які відбуваються. Наприклад, зміна діаметра оброблюваної деталі, довжини.

Прикладом розімкнутого кола впливу є автоматичні лінії, які в заданій послідовності виконують технологічні операції. Кожен верстат, виконавши технологічну операцію, передає деталь іншому верстату за допомоги автоматичного пристрою.

Керування автоматичною лінією, контроль технологічних операцій, здійснюється з пульта керування. У разі неполадки необхідно зупинити технологічний процес втручанням людини. Наприклад, виникає поломка верстата оператор технологічної лінії отримує сигнал про збій у роботі

керованого об'єкта (верстата). Зупиняється технологічний процес. З пульта керування оператор автоматичної лінії повідомляє про поломку верстата наладчику, який і усуває поломку.

Для автоматичної заміни інструментів, налагодження технологічних процесів є автомати, у яких це вирішуються автоматичними пристроями. Тобто, задавальний блок зафіксує неполадку, подасть команду на керуючий блок, який виконає дії для усунення неполадок (автоматами з числовим програмним керуванням). Робота автомата залежить від програми — послідовності дій, яку задає людина. Програма роботи може бути закладена в конструкцію як у терморегуляторах прасок, запобіжниках і автоматичних вимикачах електричного струму, або ж вводиться ззовні за допомоги носіїв інформації.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Автоматична лінія — сукупність машин-автоматів, які послідовно виконують технологічні операції.

Слідкувальна система — сукупність пристроїв, що стежать за перебігом технологічної операції.

Стабілізувальна система — сукупність пристроїв, які забезпечують незмінність процесів.

Практична робота. Складання електричних схем та підключення давачів, запобіжників, сигналізації, інших автоматичних пристроїв у процесі виконання проєктів «Розумна майстерня», «Розумний автомобіль», «Безпечний і розумний дім» «Безпечна і розумна школа».

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким чином автор навчального посібника здійснив спробу зацікавити і мотивувати старшокласника?

2. Чи є пояснення, чим відрізняється машина-автомат від автоматичної системи керування?

3. Чи влучно автор використав термін давач, як синонім датчика?

4. Як було висвітлено факт, що вихідні сигнали давача можуть мати різні формати?

5. Чи вдало виконана заміна стандартних термінів кібернетичної системи на терміни синоніми «керуючий блок» і «керований блок»?

6. На скільки, на Вашу думку, мал. 40 виконує дидактичну функцію та який зміст цієї дидактичної функції?

7. Чи вдало автор використав синоніми системи «з розімкнутим колом впливу» і системи «із замкнутим колом впливу»?

8. Зробіть висновок, чи розкриті для старшокласників принципи автоматичного керування, а також про дидактичну цінність наведеного навчального матеріалу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

АНАЛІЗ РОБОТИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ

Мета роботи: навчатись аналізувати найпростіші системи автоматичного регулювання

Завдання: переписати і перемалювати, а також відповісти на запитання.

Література: Гушулей Й. М. Основи техніки: навч. посіб. Київ: Освіта, 1996. 144 с. (дана робота на сторінках 117 – 118).

Загальні відомості

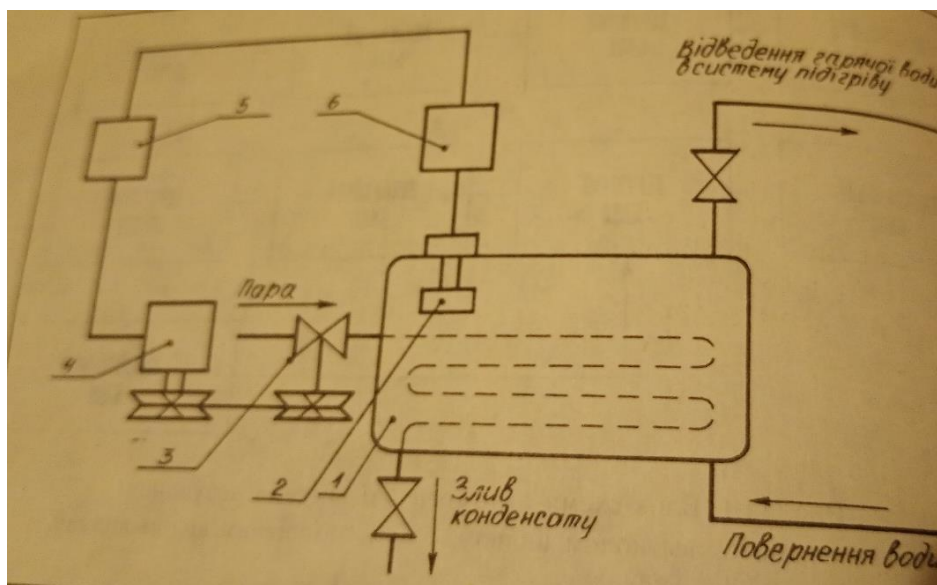


Рис. 2.1. Структурна схема автоматичного регулятора температури води:

1- бойлер; 2-термометр; 3-вентиль; 4-колонка; 5-магнітний пускач; 6- підсилювально-регулювальний пристрій

Регулятор температури води (рис.1) підігріває воду та підтримує її температуру за допомогою бойлера 1. Від бойлера гаряча вода надходить у систему підігрівання. У системі підігрівання термометр 2 та підсилювально-регулювальний пристрій 6 призначені для вмикання або вимикання бойлера.

Вхідний сигнал регулятора подається до магнітного пускача 5 колонки 4. Колонка виконує функцію керування вентилем 3 подачі водяної пари в змійовик бойлера.

Послідовність виконання роботи

1. Записати об'єкт керування та автоматичний регулятор.
2. Пояснити принцип дії установки.
3. Визначити, до якого типу відноситься регулятор температури рідини залежно керуючого впливу – стабілізуюча, програмна чи слідкуюча. Чому?
4. Визначити, до якого типу автоматичних систем відноситься регулятор температури води залежно від принципу керування (за збуренням (розімкнуте коло впливу), за відхиленням (замкнене коло впливу). Чому?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ТЕЛЕКЕРУВАННЯ

Мета роботи: вивчити принципи побудови систем керування віддаленими об'єктами.

Загальні відомості

Керування – це процес надання на технічний пристрій, – **об'єкт керування, дій ззовні**, спрямованих на отримання потрібного результату.

Керуючий пристрій розташований на пункті керування (ПК), а керовані об'єкти – в одному або декількох контрольованих пунктах (КП) на відстані від ПК. Організація керування ПК і КП відбувається шляхом з'єднання їх лінією зв'язку (ЛЗ).

Способи керування об'єктами керування: місцевий, дистанційний і телекерування.

Місцевий спосіб (рис. 3.1, а) на ПК розташовані органи керування та джерело енергії для живлення об'єктів, а на КП – керовані об'єкти. По лінії зв'язку передаються дії, що здійснюють керування об'єктами – спосіб прямопровідного керування. Наприклад, на рис. 3.1, б **органами керування є ключі К1, К2, К3** для вмикання або вимикання об'єктів керування. Лінійна батарея (ЛБ) для загального живлення розташована на ПК.

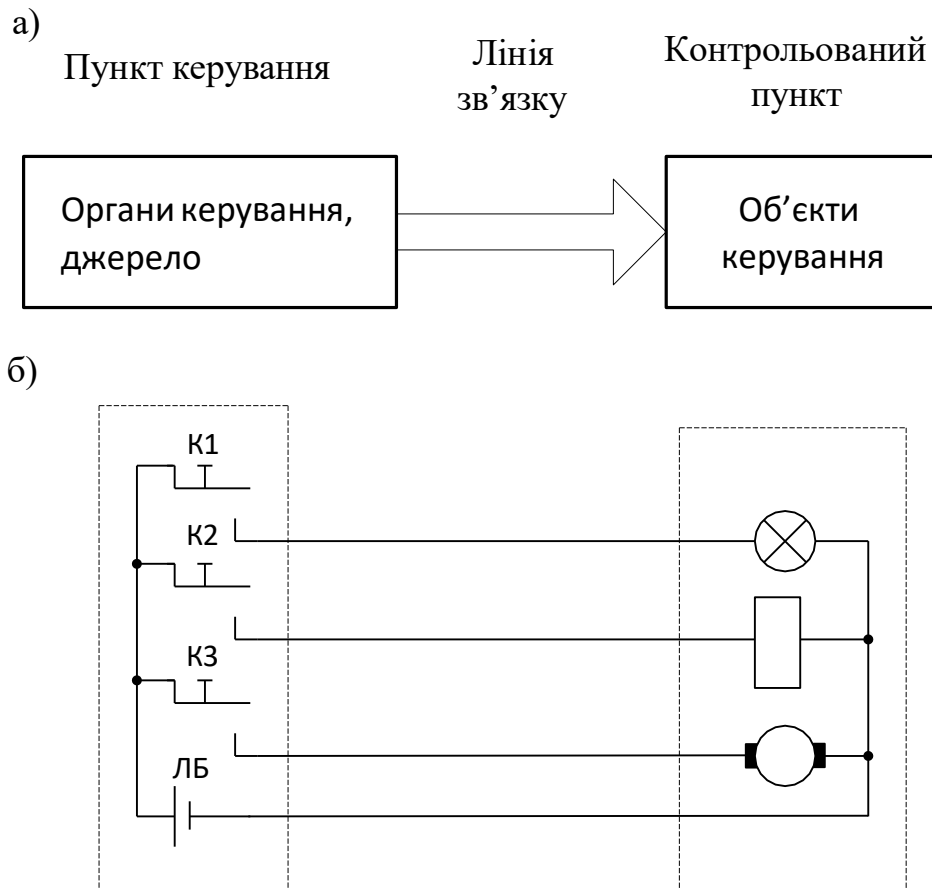


Рис. 3.1 Місцеве керування

Перевага місцевого способу керування - ушкодження каналу зв'язку (дроту) не порушує керування іншими об'єктами. Тут **центральне живлення** об'єктів – енергія для керування об'єктами, передається по лінії зв'язку (дротах) з пункту керування. Недоліки – мала дальність керування через втрати енергії в лінії зв'язку та багатопровідність. Щоб включити N об'єктів за схемою рис. 3.1, б, потрібно $N + 1$ дрiт (один зворотний). Спосіб застосовують на невеликих відстанях (десятки, сотні метрів).

Наприклад, у залізничній автоматиці у системах електричної централізації (ЕЦ). Органи керування (сигнальні кнопки, стрілочні комутатори) розташовані на пульті-табло на посту ЕЦ. Об'єкти керування (стрілки і світлофори) розташовані на початку станції і пов'язані з постом ЕЦ кабелями.

Дистанційний спосіб (рис. 3.2) – по лінії зв'язку передаються команди керування об'єктами, а не енергія для їх функціонування. На ПК задають команди керування, які по ЛЗ передаються на КП. Наприклад, для підключення на КП вибраних об'єктів до місцевих джерел енергії.

На рис. 1.2, б на КП через лінію зв'язку включаються проміжні лінійні реле КУ1 – КУ3, через яких здійснюється керування об'єктами. Центральне джерело енергії (ЛБ) живить проміжні реле, а об'єкти керування живляться від місцевого джерела енергії (МБ).

Збільшується дальність керування, бо по лінії зв'язку передається малий струм для включення реле (5-20 міліампер), що менше струму, споживаного об'єктами. Багатопровідність зберігається. Застосовують на середніх відстанях (сотні метрів, кілометри). Наприклад, у системах електричної централізації з місцевим живленням (рис. 3.3). На початку залізничної станції релейна шафа, в якій проміжні реле, джерела живлення і інша апаратура.

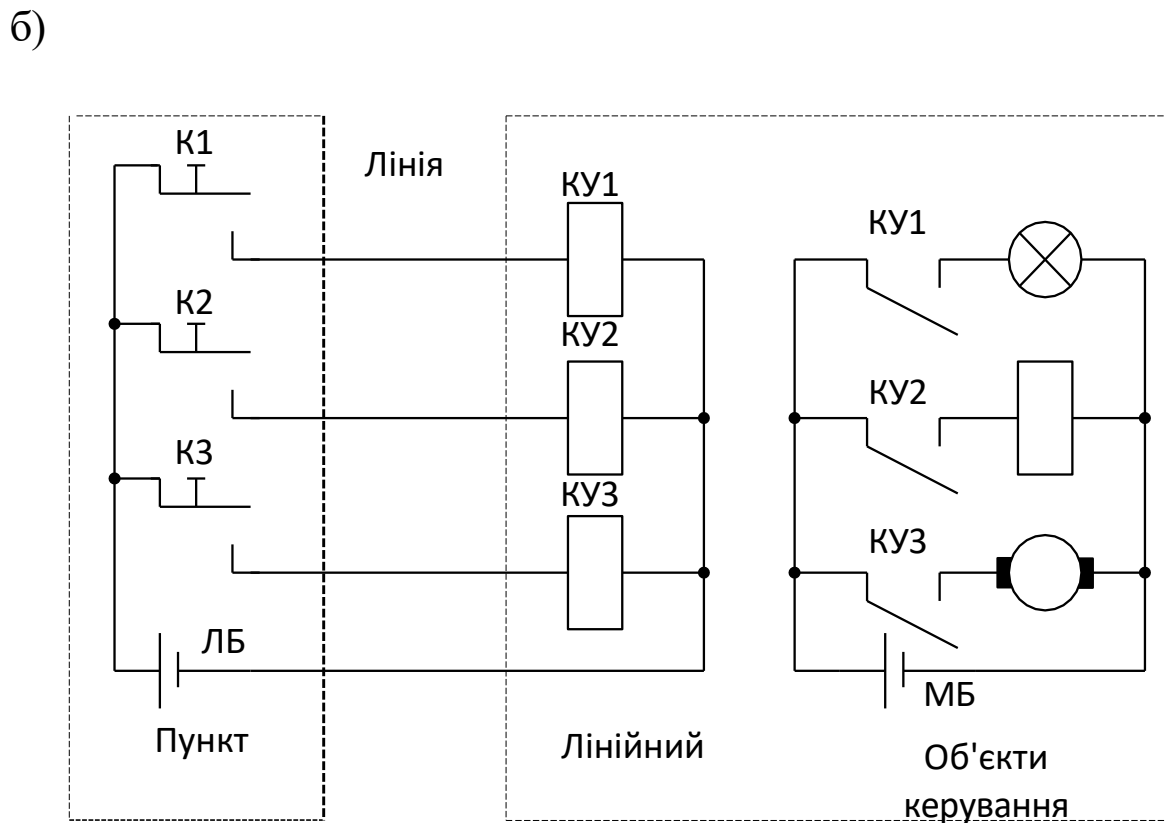
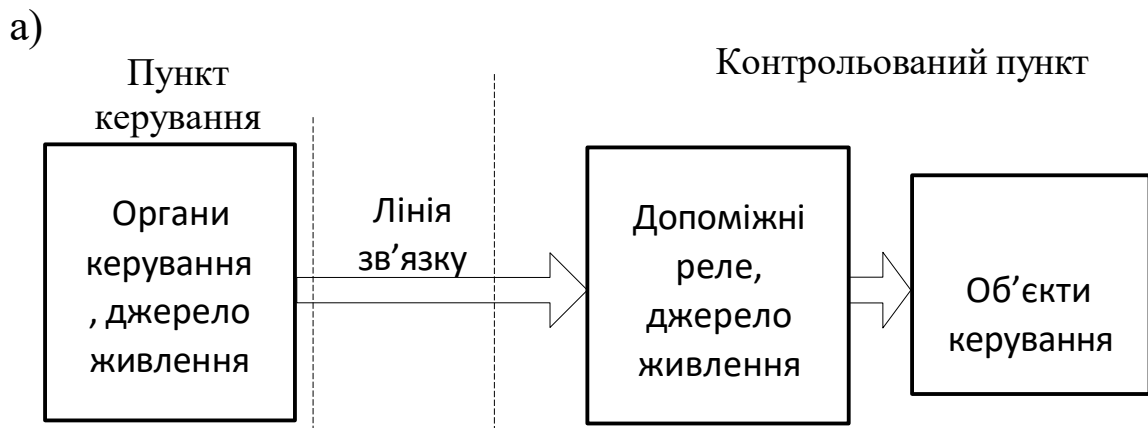


Рис. 3.2. Дистанційне керування

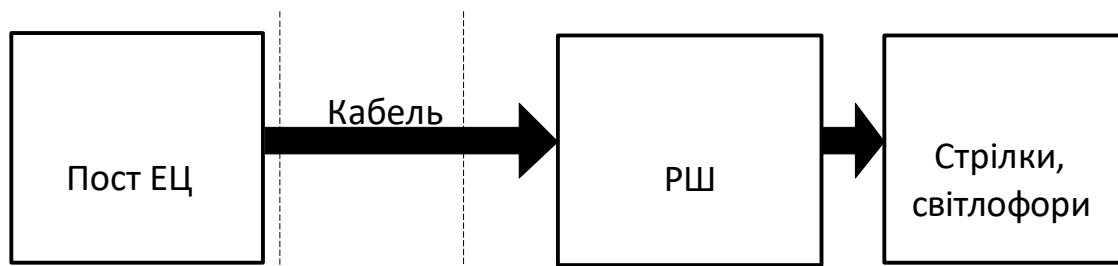


Рис. 3.3. Структурна схема ЕЦ з місцевим живленням

У способі телекерування ліній зв'язку менше числа об'єктів керування. При великому числі команд та об'єктів керування об'єднують всі команди (сигнали) у загальній лінії зв'язку з подальшою селекцією в контрольованих пунктах. Об'єднання та селекція команд (сигналів) досягається такими методами:

- кодуванням команд та їх декодуванням (дешифрацією) у пунктах прийому;
- модуляцією сигналів – перетворенням команд або кодів на параметри електричних сигналів та їх демодуляцією – зворотним перетворенням прийнятих сигналів у команди або коди.

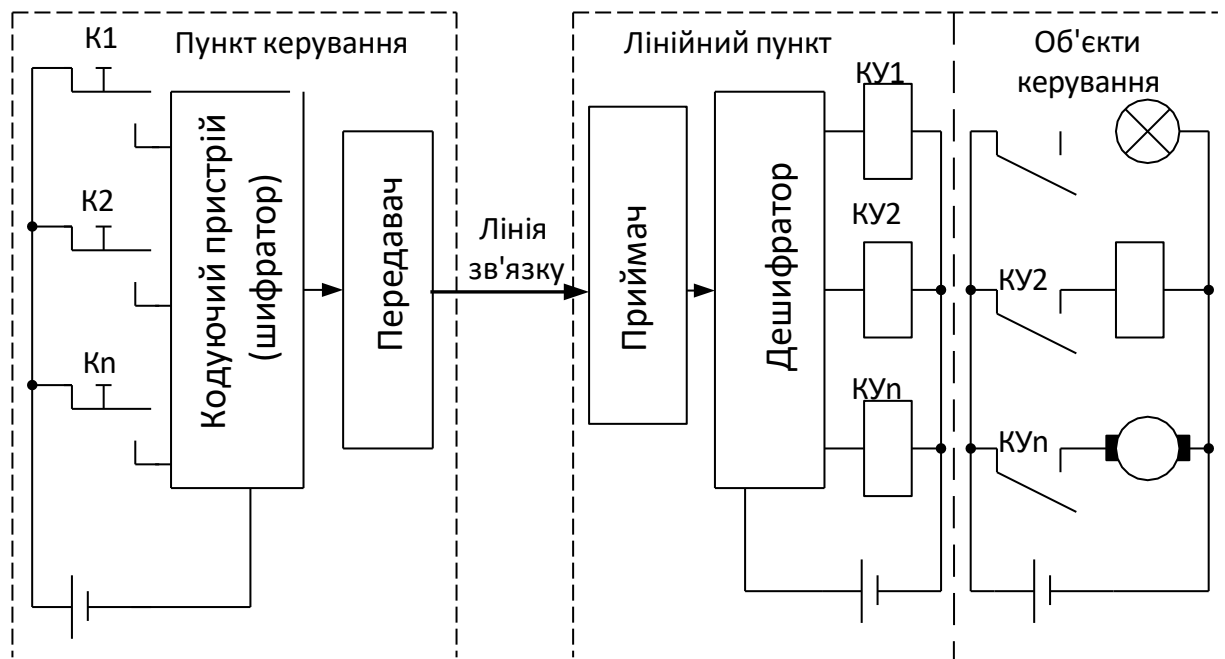


Рис. 3.4. Телекерування

На пункті керування (рис. 3.4) оператор або автоматична система діє на органи керування, формуючи первинні сигнали (команди) – від кнопок, комутаторів, датчиків. Первинні сигнали надходять у кодувальний пристрій (шифратор), який перетворює сукупність сигналів в один кодований вихідний сигнал (первинні сигнали перетворюється у кодову комбінацію).

Передавальний пристрій з модулятором, перетворює послідовність кодових комбінацій у лінійний електричний сигнал і подає його на лінії зв'язку. На контрольованому пункті лінійний сигнал сприймається приймальним пристроєм, підсилюється і демодулюється – перетворюється з електричного сигналу в послідовність кодових комбінацій. Далі здійснюється декодування (дешифрація) кодових комбінацій – з кодових комбінацій відновлюються первинні команди керування об'єктами. Ці команди керування подають на вихідні перетворювачі (реле КУ1, КУ2, ..., КУn), які здійснюють задані операції з об'єктами керування.

Застосовується при великих відстанях та великому числі об'єктів з одним каналом зв'язку. Дальність керування визначається чутливістю і потужністю приймально-передавальних пристроїв. Наприклад, здійснюється передача інформації під час космічних польотів.

Контрольні запитання

- 1 Визначте поняття керування, керований об'єкт та керуючий пристрій.
- 2 Наведіть та поясніть схеми основних способів керування.
- 3 Наведіть характерні особливості основних способів керування.
- 4 Наведіть переваги та недоліки основних способів керування.
- 5 Виберіть спосіб, найбільш ефективний для керування за різних умов.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

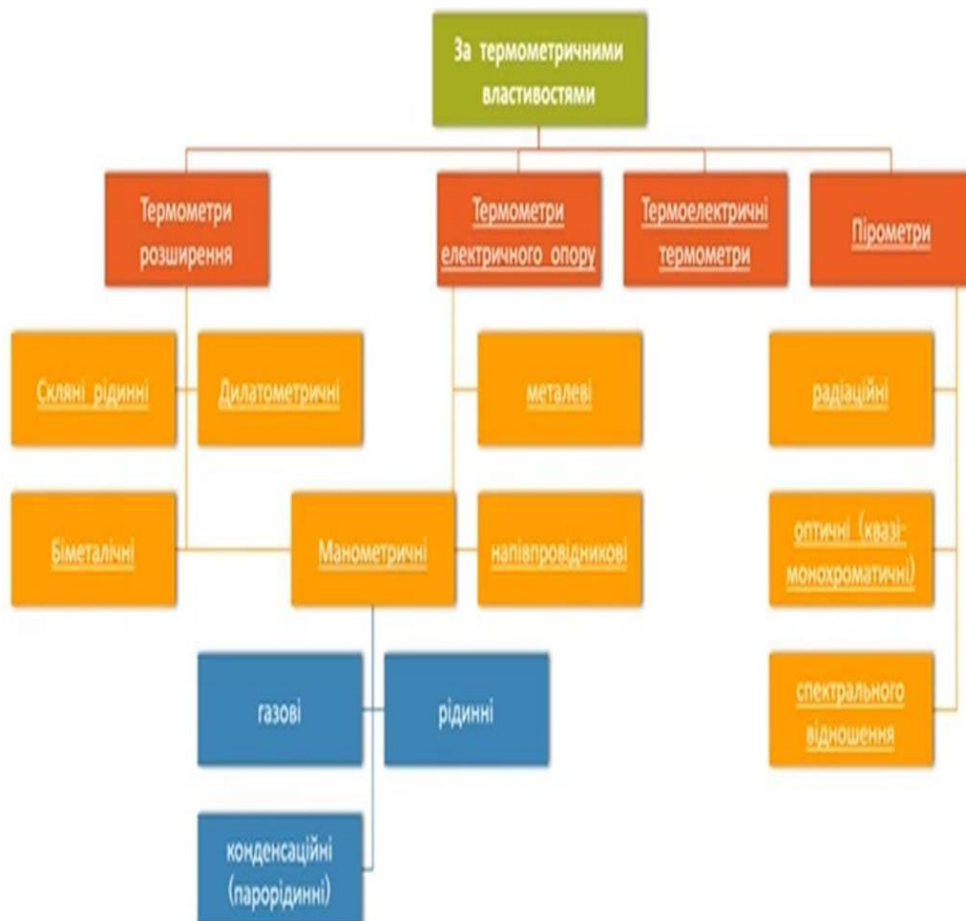
ЗАСОБИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Мета роботи: сформулювати про різновиди засобів вимірювання температури, які використовуються в технологічних лініях та автоматичних системах керування технологічними процесами.

Загальні відомості

Температура належить до основних показників стану протікання технологічних процесів та визначає якість продукції. Температура визначається кількістю внутрішньої кінетичної енергії теплового руху молекул. Температура вимірюється опосередковано через властивості термометричного тіла, наприклад, через зміну об'єму, лінійних розмірів, електричного опору, терморушійної сили та ін.

Класифікація засобів вимірювання температури



Термометри розширення. Рідинні



Принцип дії

- теплове розширення рідини у скляному циліндрі залежно від вимірюваної температури

Недоліки

- погана видимість шкали
- неможливість автоматичного запису показань, передавання їх на відстань, ремонту

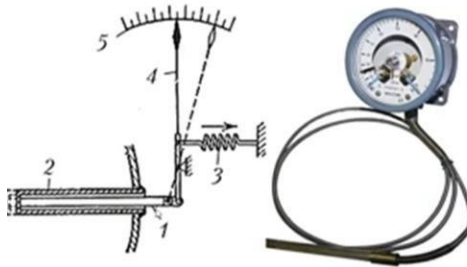


Переваги

- простота застосування
- досить висока точність вимірювання

Рідина	Межі вимірювань, °C	
	нижня	верхня
Ртуть*	-35	650
Толуол	-90	200
Етиловий спирт	-80	70
Гас (керосин)	-60	300
Петроліїний ефір	-120	25

Термометри розширення. Дилатометричні



Принцип дії

- теплове розширення твердих тіл

Матеріал	Трубка	Стрижень
	кварц, інвар	латунь, мідь, алюміній, сталь
Коефіцієнт лінійного розширення	малий: від $(0,77 \text{ до } 1,5) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	великий: від $(13 \text{ до } 22,2) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Діапазон вимірювання	Від $-30 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $+700 \text{ } ^\circ\text{C}$	

стабільністю коефіцієнтів лінійного розширення

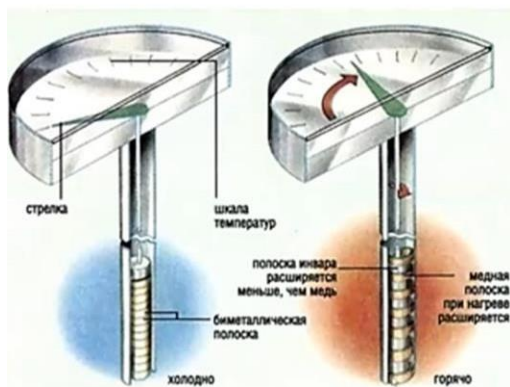
хімічною стійкістю

тепловою міцністю робочого тіла

Обмеження

Трубка 1 виготовлена з інвару або кварцу, які мають малий коефіцієнт лінійного розширення, осердя 2 виготовлене з латуні, міді, алюмінію, які мають великий коефіцієнт лінійного розширення. Інвар – це сплав заліза і нікелю. Через наявність різниці коефіцієнтів лінійного розширення **при зміні температури осердя переміщується**. Переміщення передається стрілці 4, яка на шкалі показує величину температури. Дилатометричні термометри використовуються в якості **електроконтактних пристроїв автоматичних систем керування**.

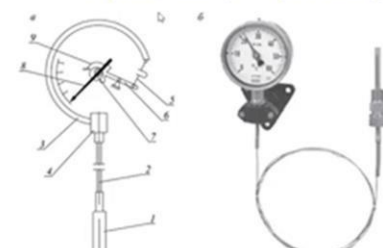
Термометри розширення. Біметалічні



Діапазон вимірювання Від $-150 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $+700 \text{ } ^\circ\text{C}$

Принцип дії біметалічних термометрів заснований на зміні лінійних розмірів біметалічної пластини під впливом температури. Внутрішня сторона біметалічної пластини у формі пружини має більший коефіцієнт лінійного розширення, чим зовнішня її сторона, тому при нагрівання пластина випрямляється, а переміщення передається стрілці.

Термометри розширення. Манометричні



Тип термометру	Робоче середовище	Межі вимірювань
Рідинні	ртуть, толуол, ксилол, метиловий або пропіловий спирт	Від -150°C до 400°C
Газові	азот, гелій	Від -150°C до +600°C
Конденсаційні	легкокиплячі рідини (пропан, хлористий етил, етиловий ефір, ацетон, бензол)	Від -50°C до +300°C

Переваги

- проста конструкція
- можливість автоматичної реєстрації вимірювань
- передавання показань на відстань
- можливість використання на вибухонебезпечних об'єктах

Недоліки

- необхідність часткої повірки
- складність ремонту

Принцип дії манометричних термометрів заснований на розширенні газів, рідин або їхніх сумішей від температури. На рисунку: 1 – термічний балон з газами, рідинами або їхніми сумішами; 2 – капілярна трубка; 3 – трубчаста пружина; 4 – втулка для кріплення; 5,6,7 – механізм передачі руху до стрілки; 8- стрілка.

Термометри електричного опору

Принцип дії	властивість металів і напівпровідників змінювати свій електричний опір із зміною температури
Діапазон вимірювання	Від -260°C до +1100°C
Градуювальна характеристика	$R_t = f(t)$



Висока точність вимірювань (зазвичай краще $\pm 1^\circ\text{C}$) може досягати $0,013^\circ\text{C}$

Можливість виключення впливу зміни опору ліній зв'язку на результат вимірювання при використанні 3- або 4-провідної схеми вимірювань

Відносно малий діапазон вимірювань (порівняно з термопарами)

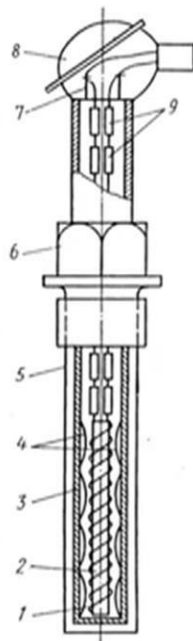
Дорожнеча (порівняно з термопарами з благородних металів)

Потрібне додаткове джерело живлення для завдання струму через датчик

Вимоги до термометрів опору

- стабільність та відтворюваність градуювальної характеристики
- лінійність функції $R_t = f(t)$
- високе значення температурного коефіцієнта електричного опору
- великий питомий опір
- невисока вартість матеріалу

Термометри електричного опору. Металеві

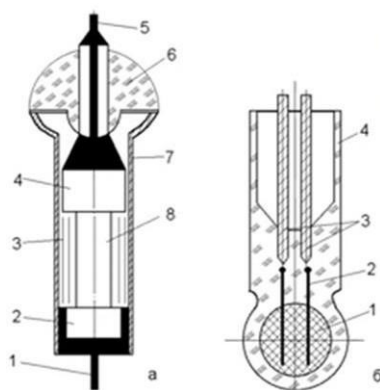


Елемент	Матеріал
Дріт, стрічка	Мідь, платина
Каркас	кераміка, слюда, кварц, скло, пластмаса
Гільза	алюміній
Зовнішній чохол	сталь

	Платинові	Мідні
Температурний коефіцієнт опору	$3,9 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$4,3 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Питомий опір	$1 \cdot 10^{-7} \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$
Межі вимірювань	Від -260°C до $+1100^\circ\text{C}$	Від -50°C до $+200^\circ\text{C}$
Ø дроту	Від 0,05 мм до 0,1 мм на 0,1 мм діапазоні до $+750^\circ\text{C}$; 0,5 мм на діапазоні від $+750^\circ\text{C}$ до $+1100^\circ\text{C}$	

Принцип дії термометрів електричного опору заснований на зміні електричного опору провідників при зміні температури. На рисунку: 1- мідний (діаметр 0,1 мм) або платиновий дрот (діаметр 0,07 мм), 2 – осердя з ізоляційного матеріалу; 3 – керамічний порошок; 4 – пористий керамічний циліндр; 5 – захисна трубка з нержавіючої сталі; 6- різьбова втулка для установки термометра на об'єкті. Працюють в комплекті із зрівноваженими або незрівноваженими мостами та цифровими приладами.

Термометри електричного опору. Напівпровідникові



Матеріал	оксиди магнію, кобальту, марганцю, титану, міді, кристали германію
Діапазон вимірювань	Від -100°C до $+300^\circ\text{C}$
Форма чутливого елементу	Циліндр, шайба, намистинка (кулька)

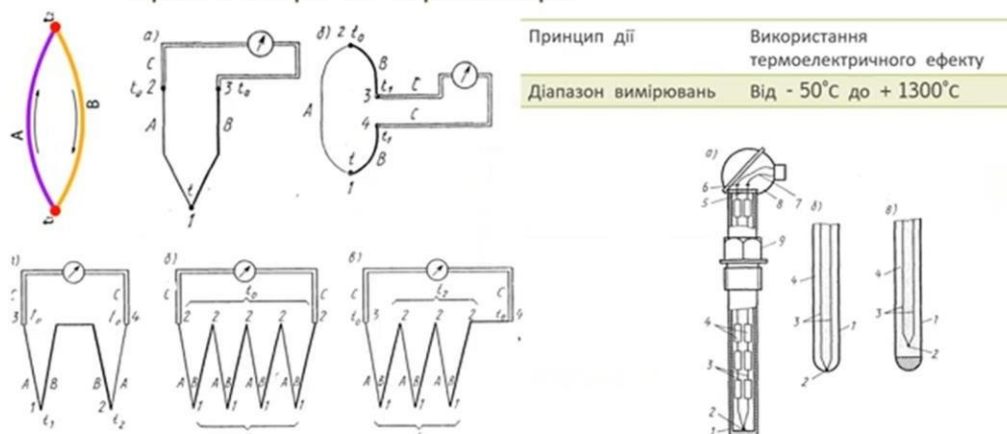


великий негативний температурний коефіцієнт опору
можливість безінерційного вимірювання температури
висока чутливість



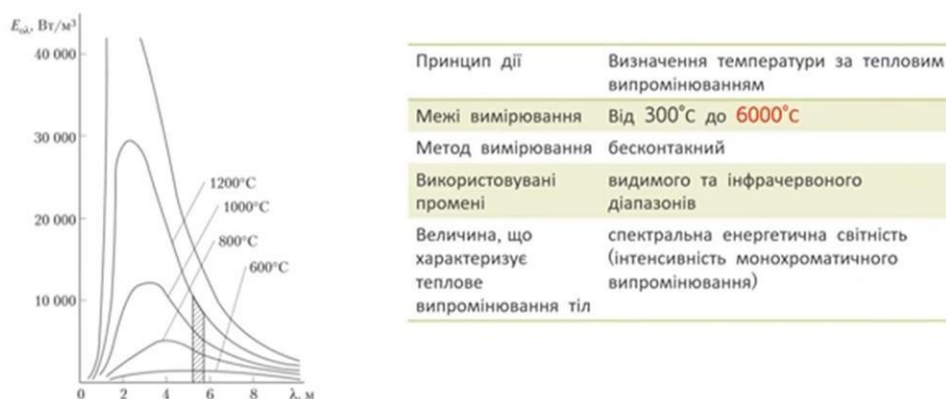
значна нелінійність та невідтворюваність градуваньної характеристики

Термоелектричні термометри



Принцип дії термоелектричних термометрів або термопар заснований на використанні термоелектричного ефекту у спаві двох металів (виникає термоелектрорушійна сила). Термоелектричний ефект полягає в тому, що в двох металів наявна різна кількість вільних електронів в одиниці об'єму. а) простий спосіб під'єднання термопар; б) диференціальний спосіб під'єднання термопар.

Пірометри

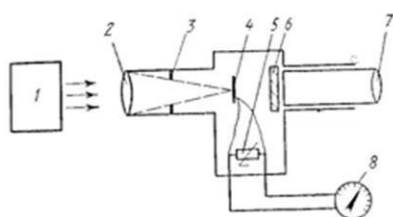


Пірометри вимірюють потужність теплового випромінювання об'єкта в діапазоні інфрачервоного випромінювання та видимого світла.

Пірометри. Оптичні



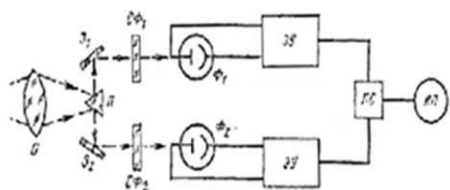
Пірометри. Радіаційні



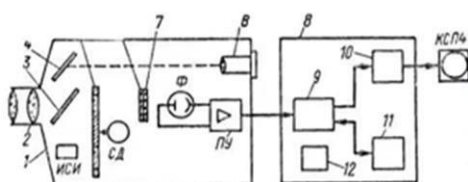
Принцип дії	порівняння спектральної яскравості тіла із спектральною яскравістю градуйованого джерела випромінювання
Діапазон вимірювання	Від 50°C до 2000°C і вище
Чутливий елемент	теплові приймачі випромінювання – термоелектричні перетворювачі або термоперетворювачі опору
Клас точності	1,0 та 1,5

На рисунку: 1 – джерело випромінювання; 2 і 3 – оптична система; 4 – термочутливий елемент (послідовно з'єднанні термопари);

Пірометри спектрального відношення (колірні)



Принцип дії	залежність відношення інтенсивностей випромінювання, виміряних у двох досить вузьких спектральних інтервалах, від температури випромінюючого тіла
Діапазон вимірювання	Від 800°C до 3000°C
Відносна похибка	±1%



Переваги

- показання не залежать від відстані та середовища
- не обов'язково мати абсолютно чорне тіло

Недоліки

- відносна складність конструкції

Протокол результатів аналізу рисунків

Назва термометра	Діапазон вимірювань, °C	Принцип дії
1. Рідинний		
2. Дилатометричний		
3. Біметалічний		
4. Манометричний		
5. Електричного опору металічний		
6. Електричного опору напівпровідниковий		
7. Термоелектричний		
8. Пірометр оптичний		
9. Пірометр радіаційний		

10. Пірометр спектрального відношення		
---------------------------------------	--	--

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (на Ваш вибір). Обсяг конспекту до 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол результатів аналізу рисунків.
4. Написати висновок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ

Мета роботи: сформулювати поняття про різновиди засобів вимірювання витрати та кількості речовини, які використовуються в технологічних лініях та автоматичних системах керування технологічними процесами.

Загальні відомості



Вимірювання кількості та витрат рідин, газів та сипучих речовин важливе для контролю технологічних режимів та керування технологічними процесами.

Кількість речовини – це сумарна маса або об'єм речовини, які пройшли через поперечний переріз транспортного каналу за одиницю часу.

Витрата речовини – це миттєве значення маси або об'єму речовини, які протікають через поперечний переріз транспортного каналу.

Витратомір – це пристрій для вимірювання витрат.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВИТРАТОМІРІВ



ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ І МАСИ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ



Рис. 1. Автоматичні терези

Автоматичні терези використовують для обліку сировини і готової продукції. Принцип дії автоматичних терезів ґрунтується на безперервному зважуванні сипучого матеріалу, який рухається на стрічці конвеєра. У процесі роботи товщина шару сипучого матеріалу регулюється заслінкою 1 (лівий рисунок).

Лічильник – це пристрій для вимірювання кількості рідин і газів і який контактує з вимірювальним середовищем.

ЛІЧИЛЬНИКИ РІДИН ТА ГАЗІВ. ОБ'ЄМНІ



Принцип дії об'ємних лічильників ґрунтується на періодичному або безперервному відліку постійних об'ємних порцій рідкої, газоподібної або сипкої речовини, що проходить через пристрій.

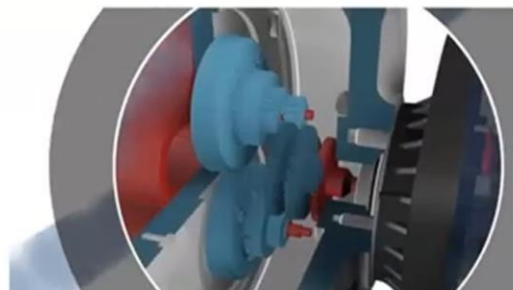
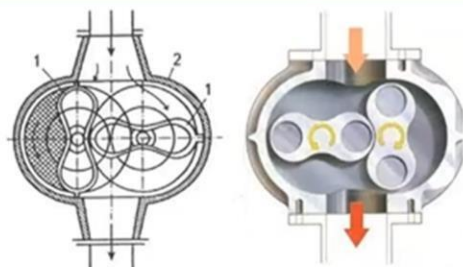
ЛІЧИЛЬНИКИ РІДИН ТА ГАЗІВ. ОБ'ЄМНІ. З ОВАЛЬНИМИ ШЕСТЕРНЯМИ



Завдяки овальним шестерням може вести облік рідин з різною в'язкістю – дизпаливо, гас, масло моторне або гідравлічне, пічне паливо, фарби, жир.

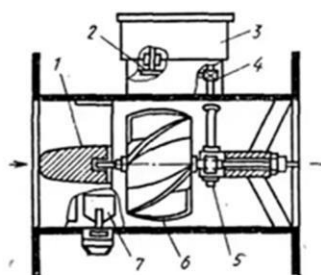
Роторний лічильник витрати палива має дві овальні шестерні, які знаходяться в зачепленні і приводяться в рух від потоку рідини. **Кожен оборот шестернею відповідає певній кількості рідини.** У документації для кожної моделі лічильника вказано кількість рідини на один оборот.

ЛІЧИЛЬНИКИ РІДИН ТА ГАЗІВ. ОБ'ЄМНІ. РОТАЦІЙНІ



Калібр D	Від 50 мм до 1200 мм
Межа вимірювань	Від 40 м³/год до 40000 м³/год
Клас точності	2 та 3

ЛІЧИЛЬНИКИ РІДИН ТА ГАЗІВ. ШВИДКІСНІ З АКСІАЛЬНОЮ ТУРБІНОЮ



Калібр D	Від 50 мм до 300 мм
Межа вимірювань	Від 3 м³/год до 1300 м³/год
Клас точності	1: 1.5: 2

$$n = kW$$

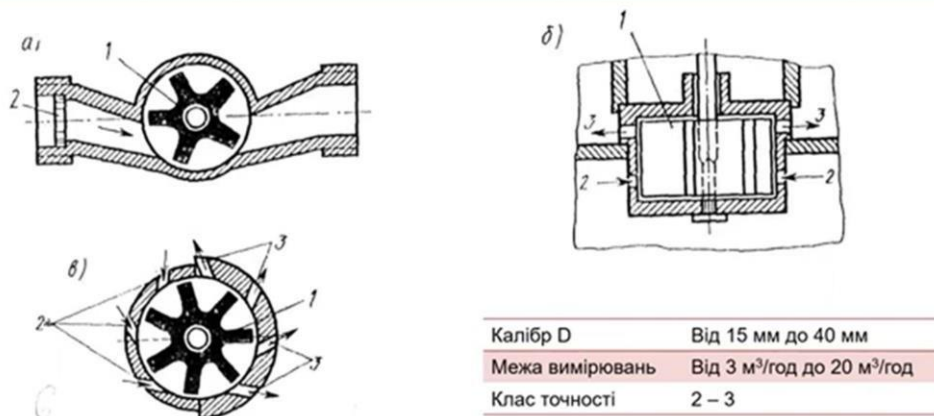
$$Q = WF$$

$$n = Qk / F$$

Принцип дії швидкісних лічильників ґрунтується на залежності швидкості обертання робочого органу від середньої швидкості потоку речовини, що рухається.

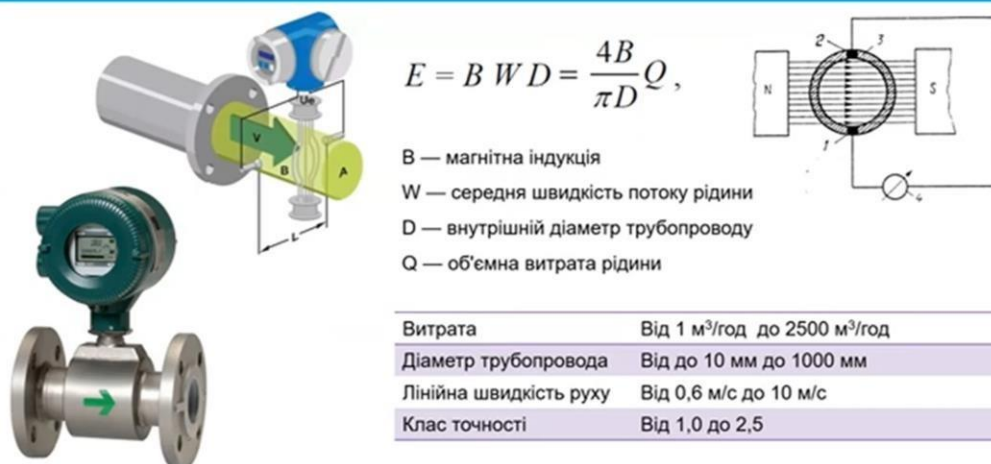
На рисунку позиція 6 – це робочий орган (турбіна), розташований вздовж осі потоку рідини або газу, іншими словами аксіально (від латин. аксон – вісь).

ЛІЧИЛЬНИКИ РІДИН ТА ГАЗІВ. ШВИДКІСНІ З ТАНГЕНЦІАЛЬНОЮ ТУРБІНОЮ



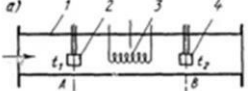
На рисунку позиція 1 – це робочий орган (турбіна або крильчатка), розміщений перпендикулярно до осі потоку рідини або газу.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ (ІНДУКЦІЙНІ) ВИТРАТОМІРИ

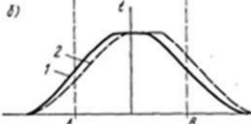


Принцип дії електромагнітного витратоміра ґрунтується на явищі електромагнітної індукції та полягає у вимірюванні електрорушійної сили, яка виникає в потоці рідини, який переміщується в магнітному полі.

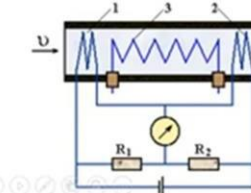
ТЕПЛОВІ ВИТРАТОМІРИ. КАЛОРИМЕТРИЧНІ



а)



б)



в)

Середовище	Малі витрати чистих газів
Перевага	вимірювання масової витрати газу без вимірювання параметрів його стану
Клас точності	Від 0,5 до 1,0

за значенням потужності N , що подається до нагрівача, яка забезпечує постійну задану різницю температур Δt

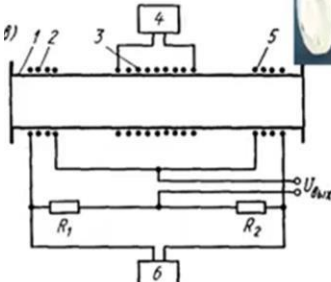
за значенням різниці Δt при постійній N

$G = N / (k c P \Delta t)$

Вимірювання масової витрати



ТЕПЛОВІ ВИТРАТОМІРИ. НАГРІВАЧ І ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІ НА ЗОВНІШНІЙ СТІНЦІ ТРУБИ

а)



Датчики температури

Нагрівальний елемент

Потік газу

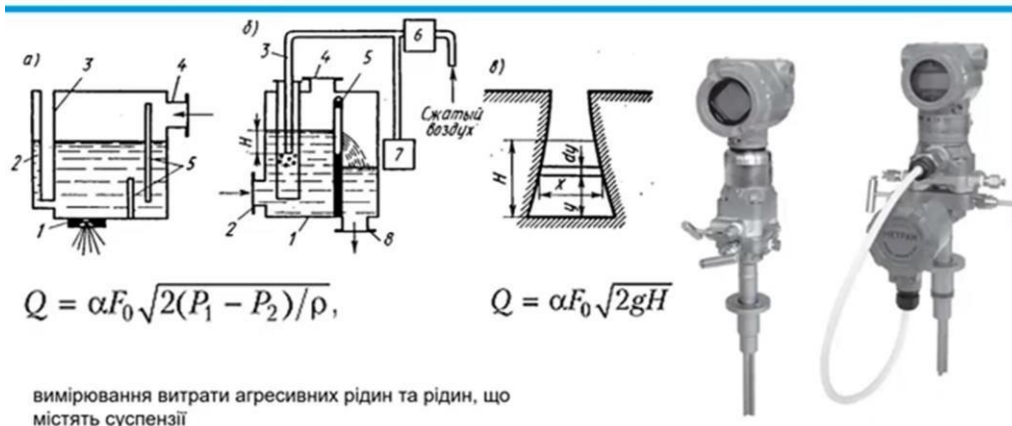
Профіль температури

	Діаметр труби
Витратоміри прикордонного теплового шару	Більше 50 мм
Квазікалориметричні	Від 1,5 мм до 25 мм
Довжина намотування на трубі	Від 10 мм до 100 мм
Клас точності	Від 1,5 до 3

Використовують для вимірювання витрат рідин з великою густиною. У трубопроводі встановлюється два датчика температури (див. верхній правий рисунок, тільки на рисунку помилка, нагрівник повинен бути ближче до правого датчика) та нагрівний елемент. Відстань від лівого датчика температури до нагрівного елемента більша, ніж від правого датчика.

При нерухомому середовищі правий датчик температури покаже більше значення, бо він ближче до нагрівного елемента. При русі рідини в трубопроводі, лівий датчик охолоне до початкової температури рідини в трубопроводі, однак правий не охолоне і буде показувати більше значення температури. Величина нагріву правого датчика залежить від швидкості руху потоку рідини. Отже, принцип дії ґрунтується на вимірюванні різниці температур, тобто при її збільшенні зростає витрата рідини.

ВИТРАТОМІРИ ЗМІННОГО РІВНЯ



Принцип дії ґрунтується на залежності висоти рівня рідини в посудині, яка вільно витікає з неї через щілинний отвір (позиція 5 рисунок б)) від витрати рідини, яка надходить у посудину.

Протокол результатів аналізу рисунків

Назва пристрою	Діапазон вимірювань, м³/год	Принцип дії
1. Автоматичні терези		
2. Лічильники з овальними шестернями		
3. Лічильники ротаційні		
4. Лічильники швидкісні з осьовою турбіною		
5. Лічильники швидкісні з тангенційною турбіною		
6. Індукційні витратоміри		
7. Теплові витратоміри		
8. Витратоміри змінного рівня		

Примітка. Деякі діапазони вимірювань, не наведені в змісті, знайти самостійно в літературі (в Інтернеті).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (на Ваш вибір). Обсяг конспекту до 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол результатів аналізу рисунків.
4. Написати висновок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Мета роботи: сформуванати поняття про різновиди засобів вимірювання тиску, які використовуються в технологічних лініях та автоматичних системах керування технологічними процесами.

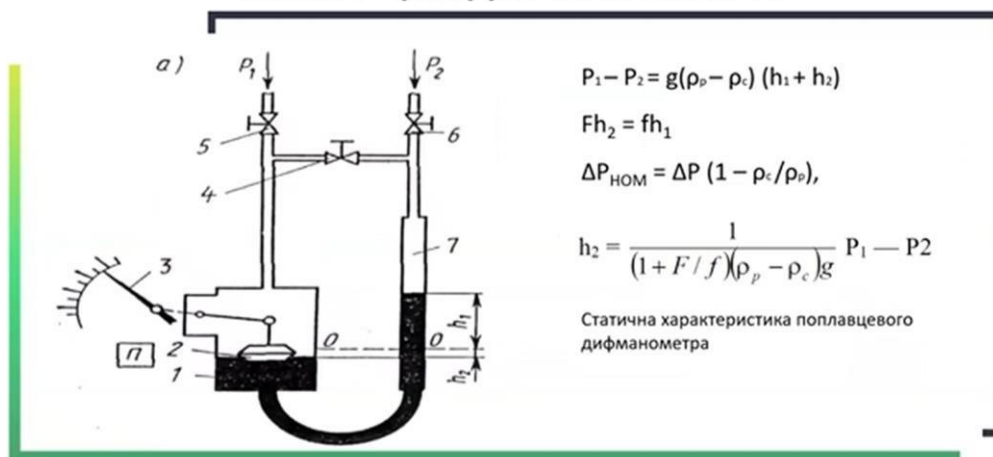
КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ



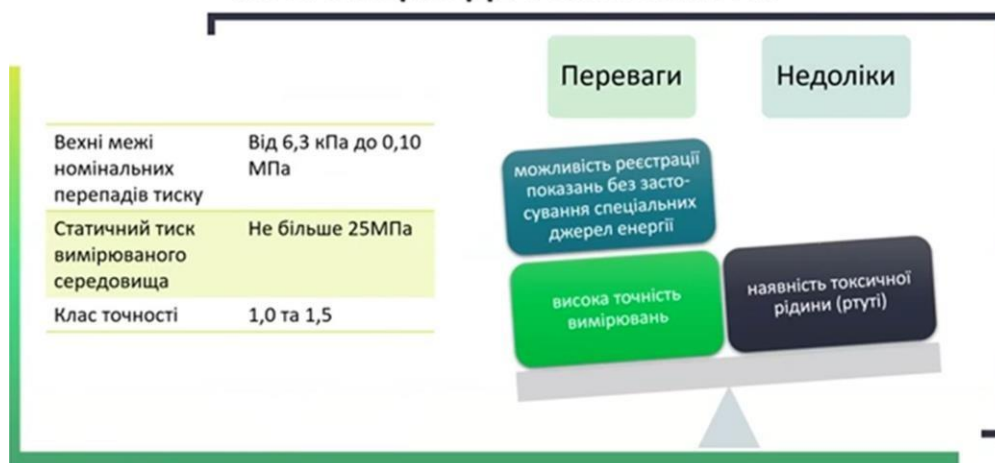
КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ



ПОПЛАВЦЕВІ ДИФМАНОМЕТРИ



ПОПЛАВЦЕВІ ДИФМАНОМЕТРИ



Поплавцеві диференційні манометри – це дві сполучені посудини різного об'єму (позиція 1 – великий об'єм, позиція 7 – малий об'єм), заповнені робочою рідиною (ртуттю) до нульового рівня 0-0. На рисунку позиція 2 – поплавець, позиція 4 – вентиль для правильного відключення манометра, позиція 5 і 6 вентилі для підключення до технологічного апарату, різні тиски в якому необхідно виміряти.

Принцип дії заснований на зрівноваженні різниці тисків на вході до манометру стовпом робочої рідини (ртуті) в сполучених посудинах. Візуально рівновага означає, що ртуть в сполучених посудинах перестає рухатися (зупиняється).

На рисунку p_1 і p_2 різні значення тиску в технологічному апараті, 0-0 нульовий рівень, або рівень ртуті у невідключеному манометрові. h_1 і h_2 – різниці рівнів робочої рідини для більшої і меншої посудин (відносно нульового рівня 0-0).

ЧУТЛИВІ ЕЛЕМЕНТИ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ ТИСКУ

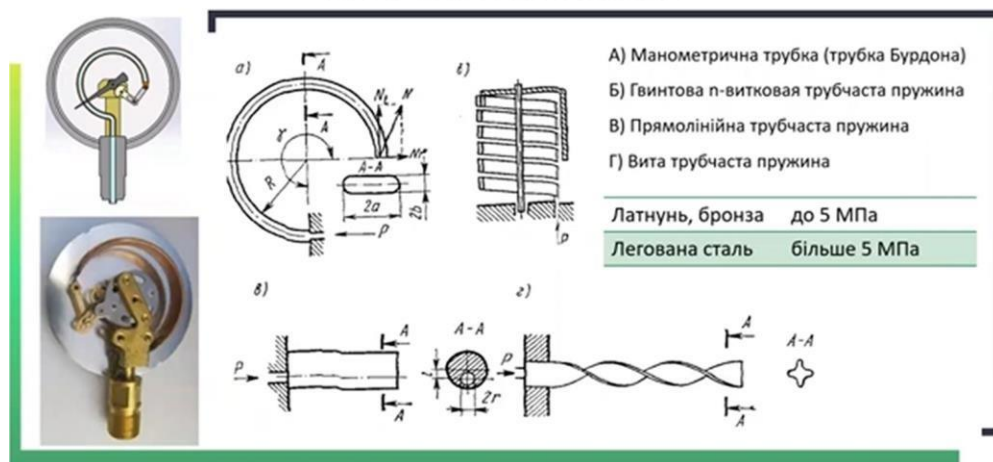
ТРУБЧАСТІ ПРУЖИНИ,
СИЛЬФОНИ, МЕМБРАНИ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ



Принцип дії деформаційних манометрів ґрунтується на вимірюванні величини деформації пружних елементів або сили пружності у них.

ТРУБЧАСТІ ПРУЖИНИ



СИЛЬФОНИ

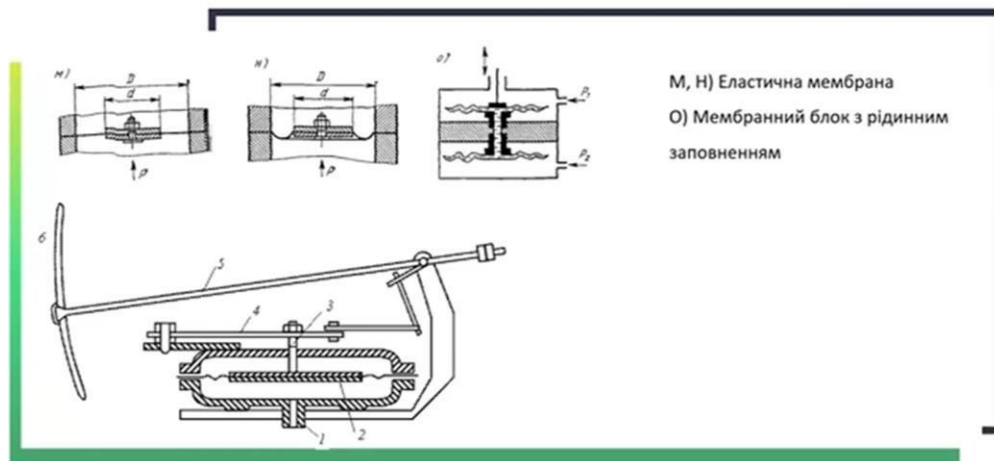


Термін сильфон походить від назви фірми виробника (англ. Sylphon) – тонкостінна металева трубка або камера з гофрованою (хвилеподібною) бічною поверхнею.

МЕМБРАНИ. ПРУЖНА МЕМБРАНА



МЕМБРАНИ. ЕЛАСТИЧНА МЕМБРАНА



МАНОМЕТРИ З ТРУБКОЮ БУРДОНА



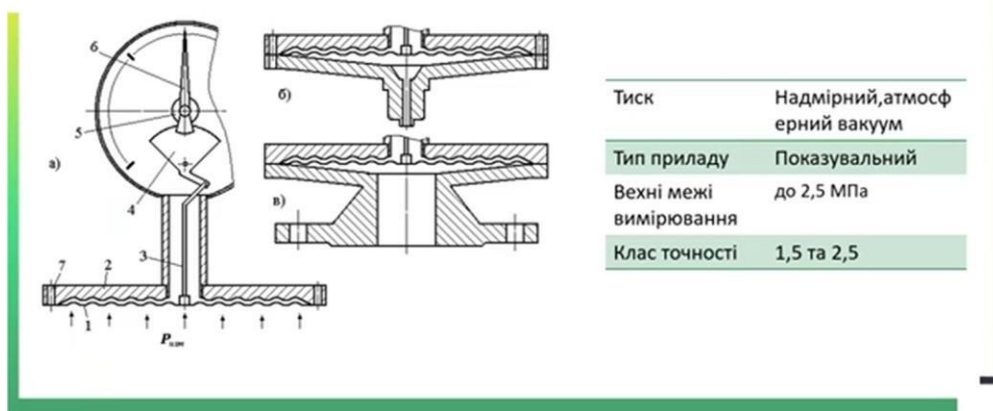
На рисунку позиція 5 – це С-подібна трубка овального або еліптичного поперечного перерізу. Так як площа верхньої внутрішньої поверхні С-подібної трубки більша площі її нижньої внутрішньої поверхні, то при одному тиску сили, що діють на верхню і нижню поверхню різні, тому вільний кінець С-подібної почне рух (трубка розпрямляється). Отже, принцип дії манометра з трубкою Бурдона у зміні форми С-подібної трубки при подачі в неї надлишкового тиску.

МАНОМЕТРИ З СИЛЬФОНОМ



Принцип дії манометра з сильфоном у стисканні або розтягуванні сильфону при подачі всередину нього надлишкового тиску.

МАНОМЕТРИ З МЕМБРАНОЮ

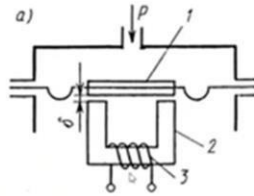


На рисунку позиція 3 – шток, позиція 1 – мембрана; позиція 2 – кришка мембранної коробки, $p_{\text{над}}$ – подача надлишкового тиску, 6 – стрілка пристрою. Принципи дії манометра з мембраною ґрунтується на переміщенні штока при деформації мембрани.

**ДЕФОРМАЦІЙНІ
ВИМІРЮВАЛЬНІ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІ
ТИСКУ, ЗАСНОВАНІ
НА МЕТОДІ ПРЯМО-
ГО ПЕРЕТВОРЕННЯ**

ІНДУКТИВНІ, ДИФЕРЕН-
ЦІАЛЬНО-ТРАНСФОРМАТОРНІ,
ТЕНЗОРЕЗИСТОРНІ, П'ЄЗОЕЛЕ-
КТРИЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ

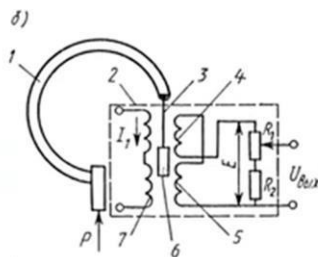
ІНДУКТИВНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ



Тиск	Товщина мембрани
Від 0,5 МПа до 1,0 МПа	Від 0,1 мм до 0,3 мм
до 30 МПа	1,3 мм
Основна похибка	$\pm (0,2 - 5) \%$
Постійна часу	$(2,2 - 3) 10^{-4} \text{ с.}$

На рисунку р-надлишковий тиск, позиція 1 – якір електромагніту на мембрані, позиція 2 – осердя електромагніту, позиція 3 – котушка індуктивності електромагніту. Принцип дії індуктивного перетворювача тиску ґрунтується за зміни електричного опору електромагніту при зміні зазору δ між якорем та осердям.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНО-ТРАНСФОРМАТОРНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ



$$e_1 = 2P f I_1 M_1$$

$$e_2 = 2P f I_1 M_2$$

$$\delta = e_1 - e_2 = 2P f I_1 (M_1 - M_2) = 2P f I_1 M$$

$$U_{\text{вих}} = 2P f I_1 M_{\text{вих}}$$

$$M_{\text{вих}} = M_{\text{MAX}} \delta / \delta_{\text{MAX}}$$

$$U_{\text{вих}} = \frac{2\pi f I_1 M_{\text{MAX}}}{\delta_{\text{MAX}}} \delta$$

Статична характеристика
уніфікованого ДТ-перетворювача
переміщення

На рисунку позиція 1 – С-подібна трубка Бурдона, позиція 2 – диференціально-трансформаторний елемент, позиція 3 – шток, позиція 6 – рухоме осердя трансформатора, позиції 4 і 5 – вторинні обмотки трансформатора, позиція 7 – первинна обмотка трансформатора, I_1 – сила струму у первинній обмотці, e_1 і e_2 – електрорушійні сил, індуковані силою струму I_1 у вторинних обмотках, M – індуктивність (залежно від індексів: в котушках вторинної обмотки (1 і 2); вихідна (вих.); максимальна (max)), δ – переміщення осердя відносно котушок трансформатора, f – частота струму.

Принцип дії диференціально-трансформаторного вимірювального перетворювача тиску у зміні електрорушійних сил у котушках вторинної обмотки

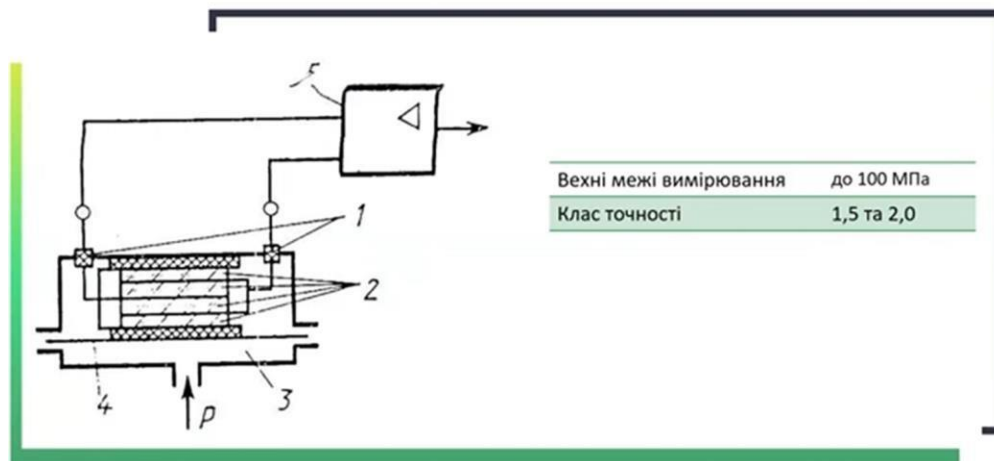
при переміщенні на величину δ осердя та отриманні вихідної напруги $U_{\text{вих.}}$, пропорційній надлишковому тиску всередині С-подібної трубки Бурдона.

ТЕНЗОРЕЗИСТОРНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ



На рисунку позиція 3 – мембрана, 1 і 2 – тензорезистори. Принцип дії ґрунтується на тому, що деформація мембрани розбалансиує тензометричний міст з тензорезисторів 1 і 2, розбалансування пропорційне надлишковому тиску, поданому на мембрану.

П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ



На рисунку вимірювальний тиск «р» за допомогою мембрани 1 перетворюється на зусилля, яке стискає кварцові пластини 2. Електричний заряд, який виникає на площинах кварцових пластин, пропорційний зусиллю з боку мембрани та, відповідно, поданому надлишковому тиску «р».

Принцип дії п'єзоелектричних вимірювальних перетворювачів тиску ґрунтується на властивостях кристалів кварцу накопичувати електричні заряди на поверхні під дією на них тиску.

Протокол результатів аналізу рисунків

Назва пристрою	Діапазон вимірювань,	Принцип дії
----------------	----------------------	-------------

	МПа	
1. Поплавцеві диференційні манометри		
2. Манометри з трубкою Бурдона		
3. Манометри з сильфоном		
4. Манометри з мембраною		
5. Індуктивні вимірювальні перетворювачі тиску		
6. Диференціально-трансформаторні вимірювальні перетворювачі тиску		
7. Тензорезисторні вимірювальні перетворювачі тиску		
8. Пізоелектричні вимірювальні перетворювачі тиску		

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (на Ваш вибір). Обсяг конспекту до 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол результатів аналізу рисунків.
4. Написати висновок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РЕЧОВИНИ

Мета роботи: сформулювати поняття про різновиди засобів вимірювання рівня речовини, які використовуються в технологічних лініях та автоматичних системах керування технологічними процесами.

Загальні відомості

У технологічних процесах нерідко виникає потреба у вимірюванні рівня рідин та сипких матеріалів або потреба в сигналізації мінімально чи максимально допустимих їхніх рівнів у апаратах, резервуарах.

Засоби для вимірювання рівня речовини поділяють на **дві групи**: рівневі (показують величину рівня); сигналізатори рівня (спрацьовують при пороговій величині рівня).

За принципом дії засоби вимірювання рівня бувають: механічні, гідростатичні, кондуктометричні, ємнісні, радіоізотопні, акустичні, ультразвукові.

До вимірювачів механічного принципу дії відносять поплавцеві.

Принцип дії ґрунтується на законі Архімеда, що на занурене в рідину тіло діє виштовхувала сила, яка дорівнює вазі рідини, витісненої зануреним тілом.

Якщо переміщення поплавця перетворюється перетворювачем на вихідний сигнал, тоді говорять про магнітострикційні, магнітні, байпасні перетворювачі відповідних рівнемірів.

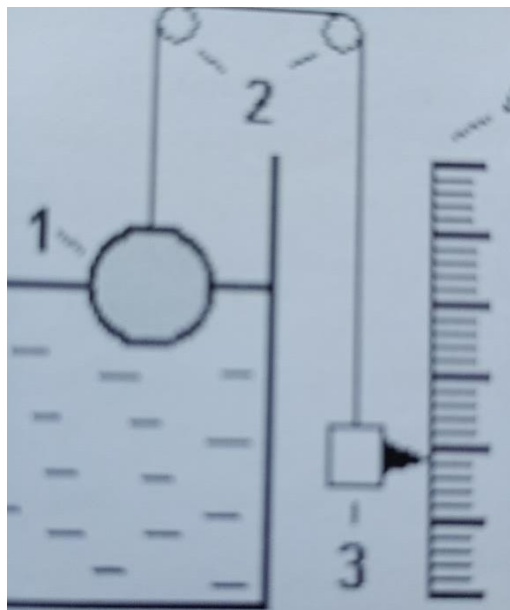


Рис. 7.1. Поплавцевий рівнемір:

1 – поплавець, 2 – ролик, 3 – протизага покажчиком, 4 – шкала.

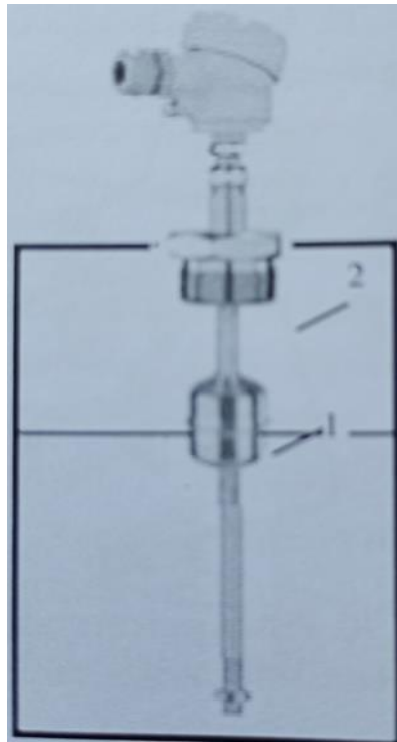


Рис. 7.2. Магнітний рівнемір: 1 – рухомий магніт-поплавець, 2 – трубка.

Поплавець з магнітним диском поз. 1 може переміщатися в трубці поз. 2. Усередині трубки розміщені герконові реле, які спрацьовують під дією магнітного поля поплавця. **Геркон** – це щільно закритий двоконтактний електромеханічний пристрій – перемикач з пружинними контактами, що виготовлені з феромагнітного матеріалу і стикаються під впливом магнітного поля; функціонує аналогічно вимикачу; на електричних схемах позначається як обведений колом вимикач, поруч з яким зображено магніт. Слово **геркон** скорочення від слів герметичний контакт. До різних контактів герконових реле підключені різні резистори, змінюючи таким чином електричний опір реле. Принцип дії магнітного рівнеміра ґрунтується в зміні електричного опору герконового реле при зміні положення поплавця.

Байпас – це трубопровід для відведення рідини від резервуару, елементів основного трубопроводу, клапанів та інших пристосувань. Слово байпас походить від англійського bypass – обхід.

На рисунку 3 ліворуч резервуар, праворуч підключений до нього байпас і байпасний рівнемір.

Байпасний рівнемір має вигляд прозорої колонки для візуального контролю за рівнем рідини в резервуарі (посудині). Також він може працювати в режимі точного вимірювання рівня рідини з точністю до 0,5 мм. У цьому випадку вони додатково обладнуються перемикачами граничних значень рівня та магнітострикційними перетворювачами рівня з діапазоном вимірювання 500...3500 мм.

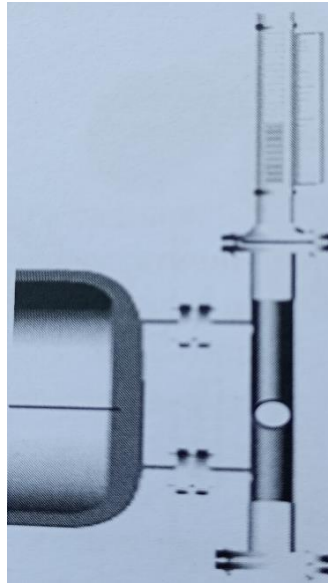


Рис. 7.3. Байпасний рівнемір

Принцип дії гідростатичних рівнемірів ґрунтується на вимірюванні тиску, який створює стовп рідини за формулою:

$$P_{ст} = \rho g H, \quad (1)$$

де ρ – густина рідини;

g – прискорення вільного падіння;

H – висота стовпа рідини.

За способом вимірювання тиску гідростатичні рівнеміри бувають із безпосереднім продуванням повітря (п'єзометричні рівнеміри) та з безпосереднім вимірюванням тиску стовпа рідини.

На рисунку 4 такі позначення: 2 – резервуар з рідиною; 1 – п'єзометрична трубка; 3 – манометр; 4 – ротаметр; 5 – вентиль.

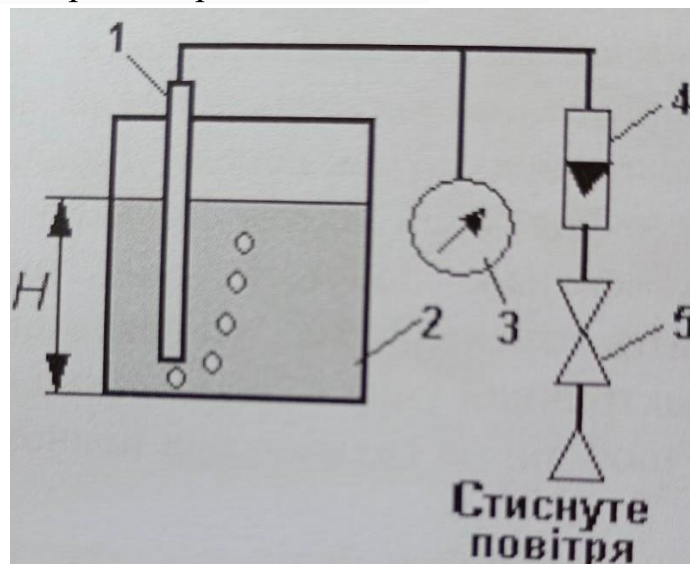


Рис. 7.4. П'єзометричний рівнемір

У п'єзометричному рівнемірі стиснуте повітря через дросель 5 та ротаметр 4 подається у п'єзометричну трубку 1, занурену в резервуар 2. Тиск повітря в

п'єзометричній трубці створюється протидіючим тиском стовпа рідини в резервуарі та дорівнює йому за величиною. Отже, тиск, виміряний манометром з пропорційний рівню рідини в резервуарі.

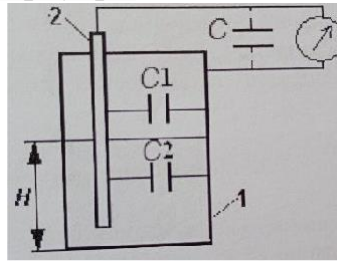


Рис. 7.5. Ємнісний рівнемір: 1 – резервуар; 2 - електрод

Принцип дії ємнісних рівнемірів, рис.5, ґрунтується на перетворенні величини рівня на електричну ємність датчика – електричного конденсатора. Стінка резервуара металічна і разом з електродом утворює циліндричний конденсатор, ємність якого змінюється пропорційно величини рівня рідини в резервуарі та обчислюється за формулою:

$$C=KH, \quad (2)$$

де $K = C_1 + C_2$, - загальна ємність конденсатора C_1 – ємність всередині рідини; C_2 – ємність конденсатора в повітрі;

H – величина рівня рідини в резервуарі.

Отже, з врахування C_1 і C_2 при зміні рівня рідини в резервуарі змінюються розміри обкладинок вказаного конденсатора, а також властивості діелектрика всередині конденсатора. Величина зміни ємності конденсатора перетворюється перетворювачем в покази приладу.

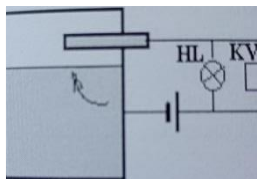


Рис.7.6. Кондуктометричний сигналізатор рівня

Походження слова кондуктометрія від англ. conductivity – електропровідність та від грецьк. метрія – міряти..

Принцип дії кондуктометричних сигналізаторів рівня ґрунтується на замиканні електричного ланцюга електропровідним середовищем. За конструкцією кондуктометричний датчик подібний до ємнісного. До його складу також входять два або більше електродів, одним з яких може бути металічна стінка резервуару, а інші – металічні електроди (стрижні). Як і для ємнісних сигналізаторів, електроди встановлюються на відповідному рівні, досягнення якого потрібно сигналізувати. Але в ємнісних сигналізаторах рівня при дотику електрода поверхні рідини в резервуарі змінюється електрична ємність, а в кондуктометричних сигналізаторах замикається електричний ланцюг між стінкою

резервуара та електроприводом, що призводить до спрацювання включеного в це коло релейного блоку.

Принцип дії ультразвукового рівнеміра ґрунтується на залежності часу проходження ультразвукових коливань (40...70 кГц) від межі розподілу двох середовищ з різною густиною або діелектричною проникністю.

Розрізняють рівнеміри, в яких використовується принцип відбиття з боку рідини (датчик встановлюється на дні резервуару, а також, ті, в яких використовується розповсюдження ультразвукових коливань у повітрі до межі розподілу з рідиною або твердою речовиною і вони називаються акустичними рівнемірами, див. рис. 7.

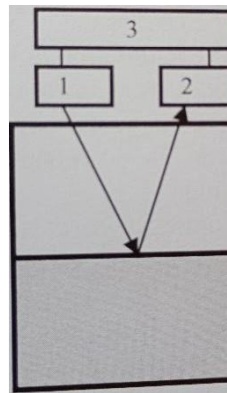


Рис. 7.7. Акустичний рівнемір: 1 – випромінювач; 2 – приймач; 3 – мікропроцесор для обробки сигналів.

Принцип дії радарних рівнемірів ґрунтується на використанні мікрохвильових імпульсів високої частоти (від 6 до 26 ГГц), які надходять через антену у вимірюване середовище. Принцип дії радарних рівнемірів ґрунтується на залежності часу проходження мікрохвильових імпульсів від межі розподілу двох середовищ з різною густиною або діелектричною проникністю.

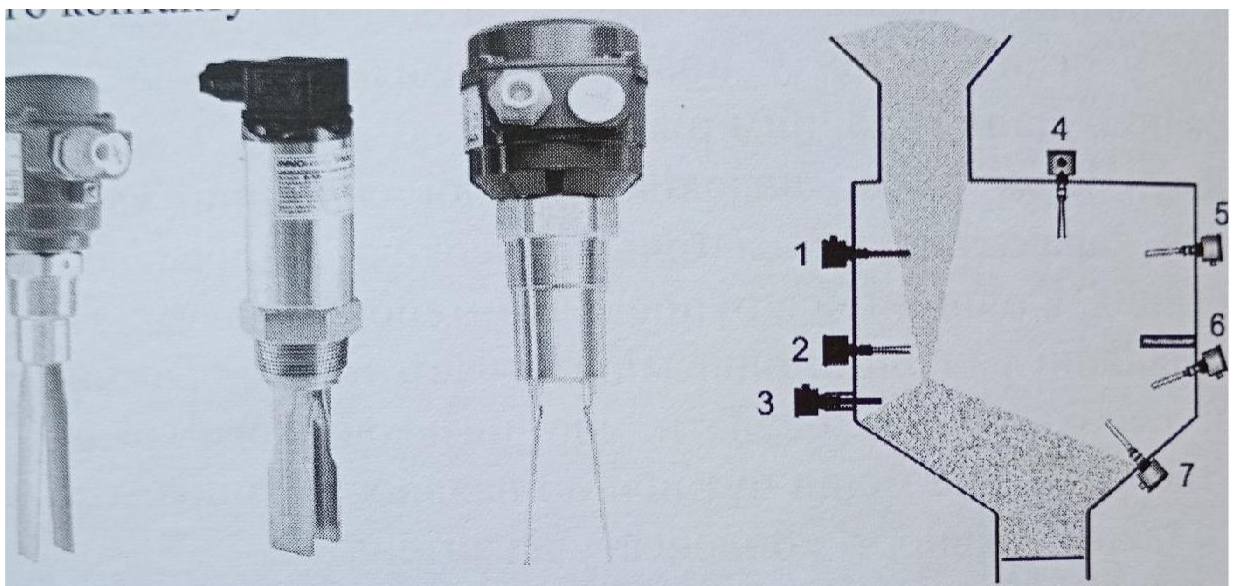


Рис. 7.8. Загальний вигляд вібраційних сигналізаторів рівня та приклади їх монтажу

Вібраційний сигналізатор рівня використовується для сигналізації рівня заповнення, звільнення або проміжного рівня в резервуарах із сипкою речовиною або рідиною. Конструкція вібраційного датчика має вигляд камертону (вилки), одна половина якого є джерелом коливань, які генеруються п'єзокристалом, інша половина – приймачем. Принцип дії ґрунтується на спрацюванні датчика в момент дотику з матеріалом, який з'являється між пластинами камертону. Камертони налаштовані на вібрацію при резонансній частоті в повітрі за допомогою п'єзоелектричного елемента. Мікропроцесор обробляє цей сигнал. При досягненні максимального рівня вихідний контакт замикається або розмикається.

Протокол результатів аналізу рисунків

Назва пристрою	Діапазон вимірювань, (самостійно знайти модель приладу в Інтернеті та записати її діапазон)	Принцип дії
1. Поплавцевий рівнемір		
2. Магнітний рівнемір		
3. Байпасний рівнемір		
4. П'єзометричний рівнемір		
5. Ємнісний рівнемір		
6. Кондуктометричний сигналізатор рівня		
7. Акустичний рівнемір		
8. Вібраційні сигналізатори рівня		

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (на Ваш вибір). Обсяг конспекту до 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол результатів аналізу рисунків.
4. Написати висновок.

Практична робота №8

ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СКЛАДУ РЕЧОВИН

Мета роботи: сформувати поняття про різновиди засобів визначення властивостей та складу речовин, які використовуються в технологічних лініях та автоматичних системах керування технологічними процесами.

Загальні відомості

Засоби визначення фізико-хімічних властивостей та складу речовин називаються *аналізаторами*.

Густина рідини є однією з основних характеристик технологічних процесів. Густина – це відношення одиниці маси m до об'єму V :

$$\rho = m/V, \text{ кг/м}^3$$

За принципом дії густиноміри бувають поплавцеві, гідростатичні, вагові, акустичні, ультразвукові, радіоізотопні.

Принцип дії поплавцевих густиномірів полягає в тому, що на занурений у рідину поплавець діє виштовхувальна сила (сила Архімеда). Наприклад, у скляному ареометрі мірою густини рідини є глибина занурення поплавця в рідину. Інший вид поплавцевих густиномірів – це буйкові густиноміри (рис.1).

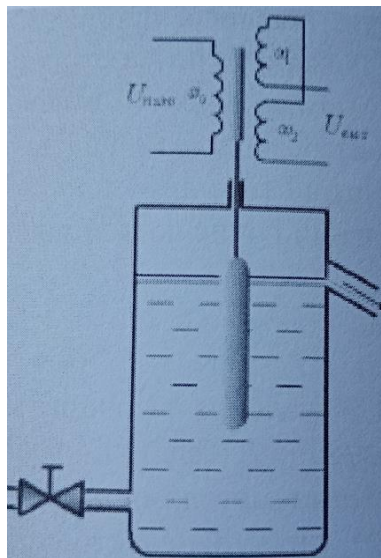


Рис. 8.1. Схема буйкового густиноміра

У них глибина занурення буйка стала, але змінюється, відповідно до густини рідини, сила виштовхування. Сталість глибини занурення забезпечується

компенсуючим зусиллям соленоїда. Компенсуюче зусилля соленоїда дорівнює величині виштовхувальної сили.

Схема вагового густиноміра наведена на рис. 2. По V-подібній трубці 1 протікає контрольована рідина. Так як об'єм цієї трубки постійний, то при зміні густини рідини пропорційно змінюється маса трубки з рідиною в ній. Вільний кінець трубки відповідно опускається або піднімається, переміщуючи заслінку пневмоперетворювача 2.

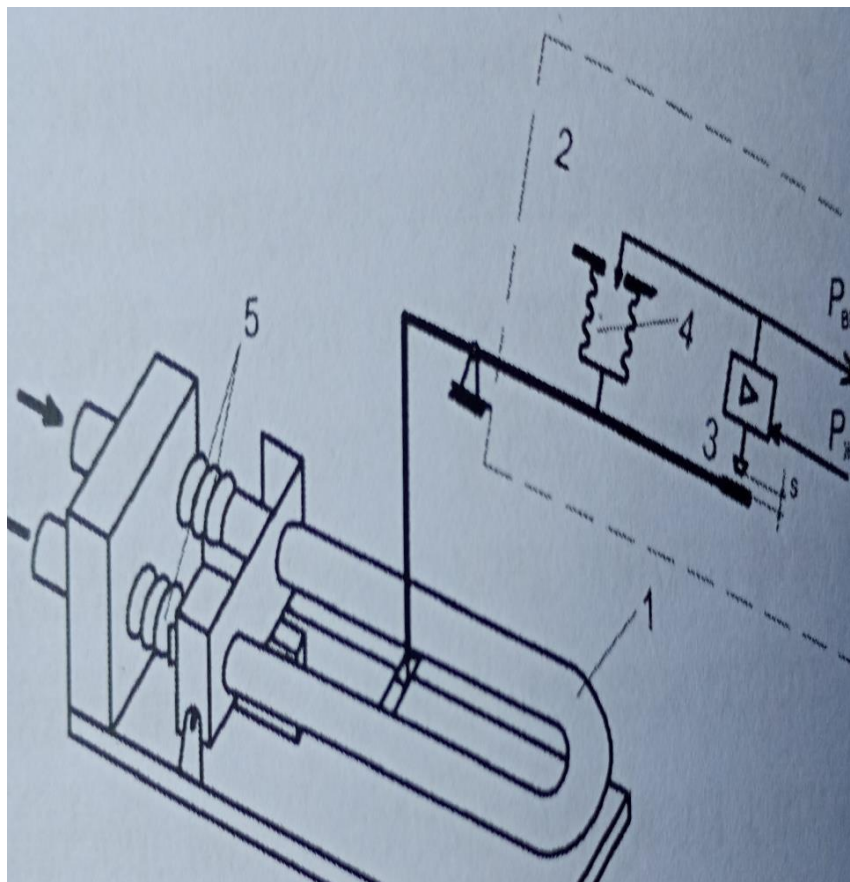


Рис. 8.2. Ваговий витратомір

Гідростатичний густиномір APR-2200D має принцип дії заснований на зміні гідростатичного тиску рідини при зміні її густини (рис. 3).

APR-2200D призначений для вимірювання густини нафтопродуктів, рідкого палива, в тому числі скрапленого вуглеводневого газу, а також інших неагресивних по відношенню до нержавіючої сталі середовищ.



Рис. 8.3. Гідростатичний густиномір APR-2200D

Технічна характеристика густиноміра APR-2200D

Діапазон вимірювання густини, $\text{г} / \text{см}^3$:

статичний тиск рідини

0 ... 1

тиск рідини до 4 Мпа

0 ... 2

Вихідний сигнал, мА

4 ... 20

Для вимірювання абсолютної і відносної вологості використовують вологоміри. Абсолютна вологість газу – це маса водяної пари, яка міститься в одиниці об'єму пароповітряної суміші, $\text{кг} / \text{м}^3$. Відносна вологість газу – відношення фактичної абсолютної вологості до максимально можливої за даної температури, %.

Вологоміри поділяють на дві групи: вологоміри газів та вологоміри твердих і сипучих матеріалів. За принципом дії вологоміри газів бувають: психрометричні, конденсаційні, сорбційні, електрометричні, кулонометричні, ємнісні.

Принцип дії психрометричних вологомірів ґрунтується на залежності швидкості випаровування води від вологості навколишнього середовища або психрометричного ефекту (рис. 4). Для вимірювання ефекту використовують сухий і «мокрый» термометри. Температура «морого» буде менша і залежить від інтенсивності випаровування води з поверхні чохла на ньому. Чим менша вологість середовища, тим інтенсивніше буде випаровуватися вода з чохла «морого» термометра та тим менші будуть його покази. За різницею температур сухого і морого термометрів визначають величину відносної вологості.

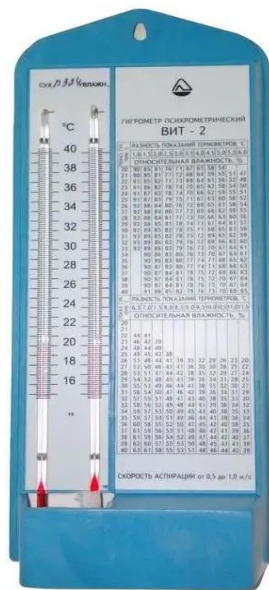


Рис. 8.4. Вологомір (гігрометр) психрометричний

Ємнісні вологоміри – це конденсатори з повітряними зазором (рис. 5). Діелектрична проникність повітря залежить від вологості, тому її зміна призводить до зміни ємності конденсатора.

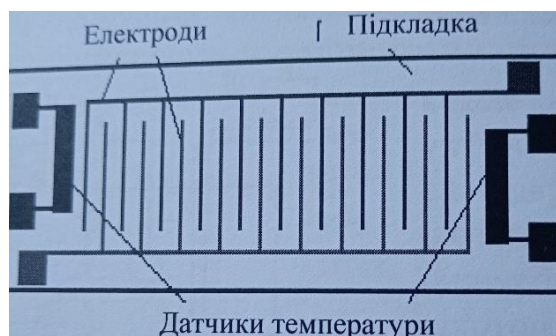


Рис. 8.5. Будова ємнісного вологоміра



Рис. 8.6. Ємнісний вологомір ВСП-100

Технічна характеристика вологоміра ВСП-100

Діапазон вимірювання абсолютної вологості, %	5 ...90
Роздільна здатність, %	до 0,1
Маса, кг... ..	0,09

За допомогою кондуктометричних аналізаторів вимірюють концентрації електролітів солей, лугів та кислот у загальній суміші за електропровідністю. У кондуктометричних аналізаторах рідин використовується питома електропровідність. Залежність питомої електропровідності від концентрації та хімічної природи речовин наведена на графіку рис. 7.

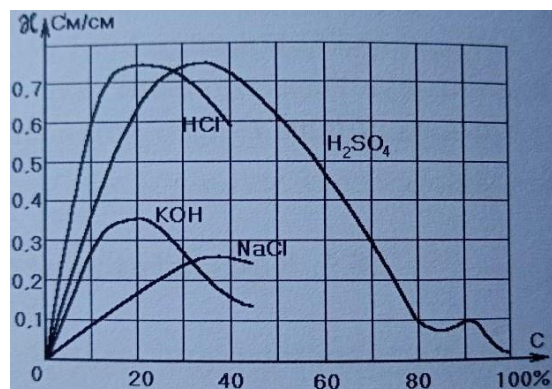


Рис. 8.7. Графік залежності питомої електропровідності розчинів від концентрації розчинених речовин

Концентраомір кондуктометричний КВЧ 5М призначений для вимірювання (рис. 8):

- електропровідності водних розчинів і пульп;
- концентрації кислот, солей і лугів у водних розчинах;



Рис.8.8. Кондуктометричний концентраомір КВЧ -5М

Технічна характеристика кондуктометричного концентраоміра КВЧ -5М

Діапазон вимірювань:

за провідністю, См/м (розмірність Сіменс на метр)	0,5 ... 100
за температурою, °С	0 ...100

Для вимірювання питомої електропровідності використовують двоелектродні вимірювальні комірки рис. 9.

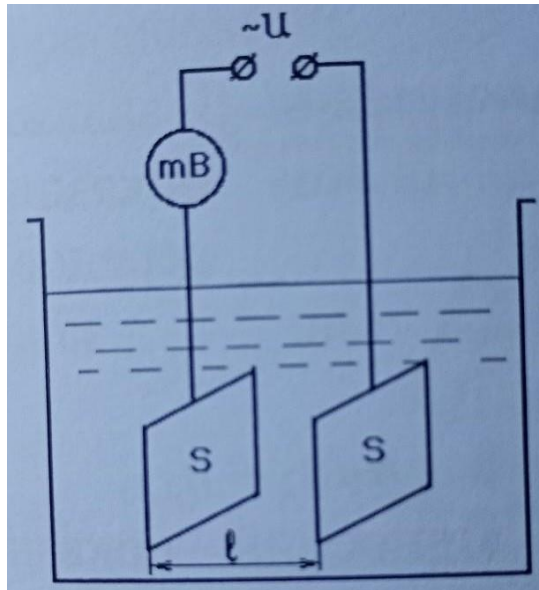


Рис. 8.9. Двоелектродна вимірювальна комірка

Для вимірювання використовують змінний струм з метою уникнення поляризації електродів та пов'язаною з нею похибкою вимірювання.

В'язкість – це властивість рідин або газів чинити опір зсуву або ковзанню шарів рідини. Динамічна в'язкість – це величина, яка дорівнює відношенню сили тертя на поверхні шару рідини, до площі шару та градієнта швидкості руху шарів dV/dn , де V – швидкість руху шарів рідини один відносно одного, n – товщина рухомого шару рідини, Па*с. Кінематична в'язкість – це відношення динамічної в'язкості рідини до її густини, m^2/s .

Для вимірювання в'язкості використовують віскозиметри. Залежно від принципу дії віскозиметри бувають: капілярні, кулькові, ротаційні, вібраційні.

Принцип дії капілярного віскозиметра ґрунтується на залежності часу протікання певного об'єму рідини через малий діаметр отвору трубки від її в'язкості.

Принцип дії кулькового віскозиметра ґрунтується на залежності швидкості падіння кульки у рідині від її в'язкості.

Принцип дії ротаційного віскозиметра ґрунтується на визначенні протидіючого обертового моменту при обертанні тіла у в'язкій рідині. Тіла

обертання бувають: диски, кулі, циліндри, лопаті. Структурна схема ротаційного віскозиметра наведена на рис. 10.

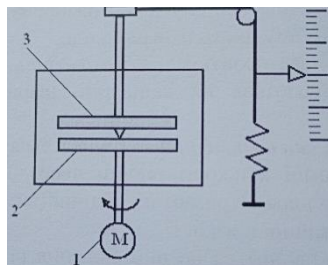


Рис. 8.10. Схема ротаційного віскозиметра

Два паралельних диски 2 і 3 занурені у посудину з рідиною. Через в'язкі властивості рідини на диск 3 передається обертальний момент, який врівноважується та вимірюється на шкалі. Робочий орган (диск) приєднується до електродвигуна. Чим більша в'язкість рідини, тим більша протидія обертанню електродвигуном диска. В електродвигуні постійного струму струм на якорі пропорційний обертальному моменту на валу. Показання струму якоря обробляються контролером та передаються на монітор оператора.



Рис. 8.11. Ротаційний віскозиметр EVO Expert L

Технічна характеристика EVO Expert L

Діапазон вимірювання в'язкості, мПа *С: 20 ...6000000

Діапазон швидкостей, хв⁻¹: 0,01 ... 250

Точність: $\pm 1\%$ повної шкали

Автоматичні газоаналізатори призначені для автоматичного вимірювання об'ємного відсоткового вмісту контролюваного газу в газовій суміші. За принципом дії газоаналізатори бувають хімічні, теплові, оптичні, електрохімічні, магнітні, звукові, іонізаційні. За функціональним призначенням газоаналізатори бувають лабораторні, промислові. За режимом роботи газоаналізатори бувають періодичної і безперервної дії.

До промислових газоаналізаторів безперервної дії електрохімічного принципу дії належить **Searchpoint Optima Plus** (рис. 12).



Рис. 8.12. Загальний вигляд газоаналізатора вуглеводневих газів
Searchpoint Optima Plus

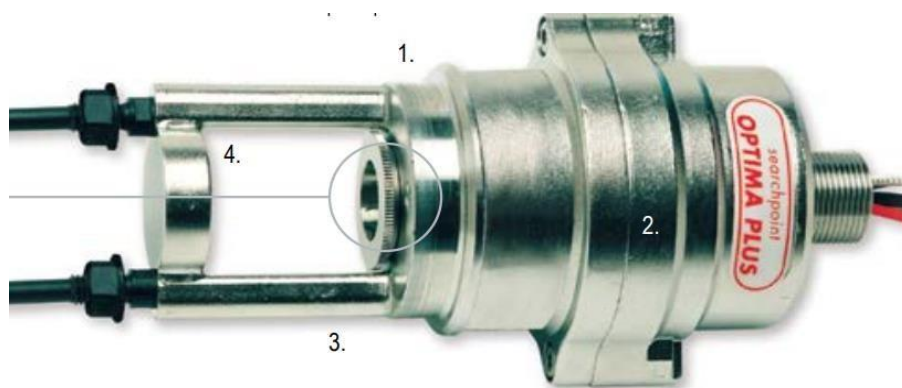


Рис. 8.13. Будова газоаналізатора вуглеводневих газів
Searchpoint Optima Plus:

1 – оптичний блок; 2 – мікропроцесор; 3 – система підігріву оптики;

4 – камера віддаленого підводу газів

**Технічна характеристика газоаналізатора вуглеводневих газів
Searchpoint Optima Plus**

Діапазон вимірювань: 0 ... 100% нижньої межі утворення вибухової суміші

Вихідний сигнал, мА 4 ... 20

Маса, кг 1,6

Протокол результатів аналізу рисунків

Назва пристрою	Технічна характеристика	Принцип дії
1. Гідростатичний густиномір APR-2200D		
2. Ємнісний вологомір ВСП-100		
3. Кондуктометричний концентратомір КВЧ -5М		
4. Ротаційний віскозиметр EVO Expert L		
5. Газоаналізатор вуглеводневих газів Searchpoint Optima Plus		

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (на Ваш вибір). Обсяг конспекту до 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол результатів аналізу рисунків.
4. Написати висновок.

Практична робота №9

БЕЗКОНТАКТНІ ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕННЯ

Мета роботи: сформулювати поняття про різновиди датчиків положення, які використовуються в технологічних лініях та автоматичних системах керування технологічними процесами.

Загальні відомості

Безконтактні датчики використовуються для виявлення положення об'єкта, підрахунку, позиціювання, сортування предметів на конвеєрах (тут мова йде про датчики положення, а продовженні речення – про інші види) , контролю переміщення і швидкості, виявлення поломок механізмів, визначення кута повороту, визначення перекосу тощо. За принципом дії датчики бувають: оптичні, індуктивні, ємнісні.

Оптичні датчики призначені для безконтактного визначення наявності або відсутності об'єкта в контрольованому просторі з використанням світлочутливих елементів. Складається з випромінювача і приймача оптичного випромінювання, розміщені в одному або різних корпусах. Приймач реагує на відбитий від об'єкта світловий потік або його переривання. Види оптичних датчиків: бар'єрний (Т); рефлекторний (R); дифузійний (Т).

Бар'єрний оптичний датчик має окремі випромінювач та приймач. Приймач спрацьовує при перериванні оптичного променя. Дальність його дії до 150 м. Використовуються на пакувальних лініях, для вимірювання рівня рідини в прозорих посудинах (рис.1).

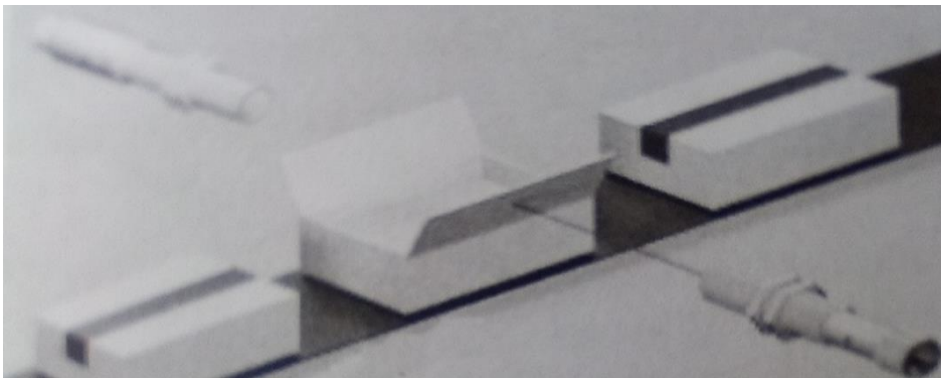


Рис. 9.1. Використання бар'єрного оптичного датчика

Рефлекторний оптичний датчик має випромінювача і приймача в одному корпусі. Світло випромінювача відбивається від рефлектора та потрапляє до приймача. Спрацьовує при перериванні світлового потоку. Дальність його дії до 8 м. Застосовуються на технологічних лініях для підрахунку виробів (рис. 2).

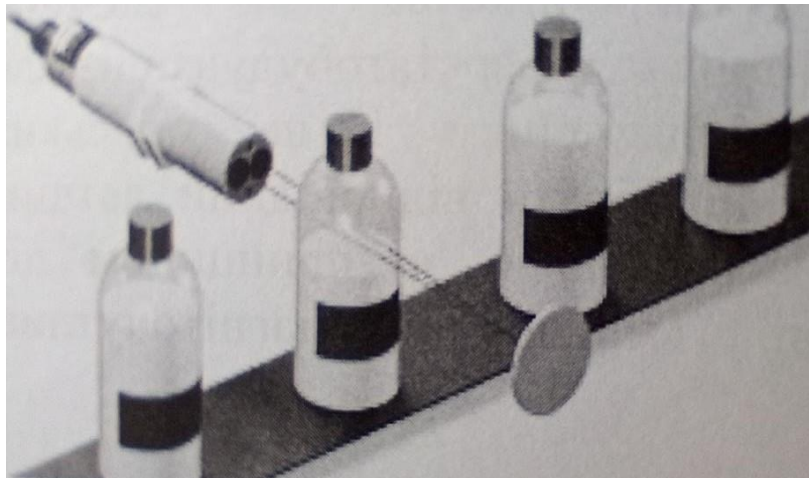


Рис. 9.2. Використання рефлекторного оптичного датчика

Дифузійний оптичний датчик має випромінювач і приймач в одному корпусі. Світло випромінювача дифузно відбивається від об'єкта. Спрацьовує при наявності предмета в зоні дії датчика. Дальність його дії до 2 м.



Рис. 9.3. Оптичний дифузійний датчик моделі **ITR9909**

Технічна характеристика оптичного дифузійного датчика моделі ITR9909

Номінальна відстань виявлення об'єкта, мм.....	3...12
Напруга живлення, V.....	5...30
Струм на виході, мА	10
Маса, кг... ..	0,045

Індуктивні датчики положення реагують на металічні, магнітні, феромагнітні або аморфні матеріали. Принцип дії заснований на зміні амплітуди коливань генератора при потраплянні об'єкта в зону дії датчика.



Рис. 9.4. Індуктивний датчик металу моделі **LJ12A3-4-Z/BX**

**Технічна характеристика індуктивного датчика
металу моделі LJ12A3-4-Z/BX**

Номінальна відстань виявлення об'єкта, мм.....	4
Напруга живлення, V.....	6...36
Струм на виході, мА	≤ 300

Ємнісні датчики положення реагують на металічні і неметалічні об'єкти. Принцип дії ґрунтується на зміні ємності конденсатора (чутливого елемента) при внесенні до зони дії об'єкта. Використовують для підрахунку , виявлення і позиціонування об'єктів, а також рівня рідин і сипких речовин у резервуарах. Наближення об'єкта змінює ємність між електродами конденсатора і викликає зміну амплітуди коливань генератора. При досягненні амплітудою генератора порогового значення, формується вихідний сигнал, який використовується для комутації або сигналізації. Датчик налаштований на мінімальний зазор при спрацюванні від металічного об'єкта, а для об'єкта з діелектричного матеріалу робочий зазор змінюється залежно від діелектричної проникності матеріалу об'єкта.



Рис. 9.5. Ємнісний датчик моделі **C18P/A0-1A M.D** (загальний вигляд)

Технічна характеристика ємнісного датчика моделі **C18P/A0-1A M.D**

Номінальна відстань виявлення об'єкта, мм 3...12
 Напруга живлення, V 20 ...250
 Струм на виході, мА ≤ 100
 Маса, кг... 0,065

Протокол результатів аналізу рисунків

Назва пристрою	Технічна характеристика	Принцип дії
1. Оптичний дифузійний датчик моделі ITR9909		
2. Індуктивний датчик металу моделі LJ12A3-4-Z/BX		
3. Ємнісний датчик моделі C18P/A0-1A M.D		

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (на Ваш вибір). Обсяг конспекту до 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол результатів аналізу рисунків.
4. Написати висновок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №10

РЕЛЕ В АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

Мета практичної роботи: сформувані знання про реле як елемент автоматичних систем керування; проаналізувати відеофільм; оформити протокол аналізу відеофільму

Загальні відомості про реле

Реле - це електричний **комутаційний пристрій**, який автоматично виконує перемикання в контрольованому ним електричному колі.

При досягненні певного значення вхідної величини X , вихідна величина Y змінюється стрибкоподібно та приймає обмежену кількість значень. Пристрій, реагує на зміни конкретного параметра (температури, тиску, освітленості), якщо **параметр досягає заданого значення, відкриває або закриває електричне коло.**

Використовується, де потрібно **контролювати електричне коло за допомогою сигналу з низьким споживанням енергії** або коли декілька схем повинні керуватися одним сигналом.

Класифікують за ознаками: тип вхідних фізичних величин, завдання, які виконують у системах керування, будова. За типом фізичних величин реле бувають: **електричними, механічними, тепловими, оптичними, магнітними, акустичними** та ін.

Можуть реагувати не тільки на конкретні значення величини, але й на різницю між значеннями (диференційне реле), зміну знаку величини (поляризоване реле) або швидкість зміни вхідної величини.

Основні компоненти: сприймальний, проміжний та виконавчий елементи. Сприймальний елемент визначає контрольовану величину та перетворює її на іншу фізичну величину. Проміжний елемент порівнює значення цієї величини з заданим значенням i , якщо воно перевищує його, передає вплив на виконавчий

елемент. Виконавчий елемент передає вплив від реле **до керованих електричних кіл.**

За типом виконавчого елемента реле бувають контактні і безконтактні. Контактні реле впливають на кероване коло за допомогою електричних контактів (замкнутих або розімкнутих, забезпечуючи розмикання або замикання контактів).

Якщо використовують електронні, магнітні, оптичні компоненти без рухомих частин, реле називається твердотільним. У залежності від типу фізичної величини, на яку реле реагує бувають: теплові, механічні, електричні, оптичні, акустичні реле. Застосовуються в системах автоматичного керування, контролю, сигналізації, захисту, комунікації. Реле з каліброваними експлуатаційними характеристиками або з декількома операційними котушками використовуються для захисту електричних кіл від перевантажень та збоїв.

10.1. Реле рівня рідини

Для автоматизації управління різними системами: опалення, освітлення, безперебійної роботи електроживлення застосовуються вироби з лінійки релейної автоматики: фотореле, і таймери (добові, тижневі, астрономічні), регулятори температури, реле напруги і фаз та ін.

Наприклад, з метою автоматизації роботи насосних установок використовуються реле контролю рівня рідини. Завданням реле рівня є підтримання необхідного рівня рідини в резервуарі. Для цього реле передає керуючі сигнали для системи, що управляє насосною установкою. Надходять сигнали на реле рівня рідини з датчиків. Датчики можуть бути електродними, поплавковими, радіоактивними, манометрами. За їх допомогою вдається підтримувати потрібний рівень рідини в резервуарах.

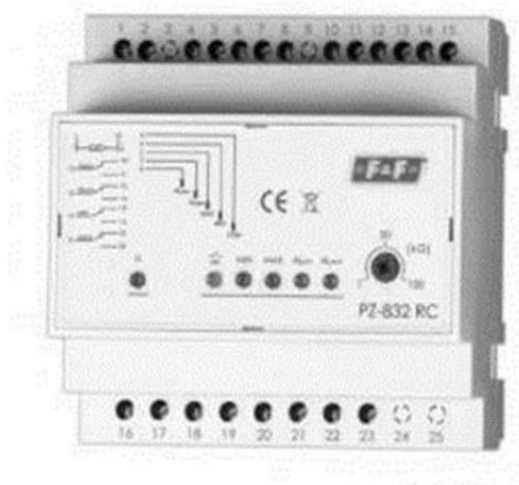


Рис. 10.1. Загальний вигляд реле рівня рідини

Для контролю рівня рідини використовують електронні реле. Їх датчики передають сигнали на реле, яке в свою чергу комутує виконавчі складові (клапани, електродвигуни насосів), підключені до вихідних контактів реле. Електродні датчики рівня застосовуються для контролю рівня рідин, які є електропровідними. Схема їх роботи заснована на відстеженні опору води зануреними електродами (однополюсними). Для цього використовується змінна напруга. У комплектації реле два довгих електрода і один маленький. Закріплені вони в коробці затискачів. Перші два застосовуються для контролю рівня води нижнього, а маленький - для моніторингу рівня верхнього. Реле рівня з'єднується з датчиком, а також схемою управління насосним двигуном. У разі якщо вода доходить до маленького електрода (верхнього рівня) здійснюється вимикання насоса, коли ж рівень рідини знижується до двох нижніх електродів - насос приводиться в дію.

10.2. Реле тиску

Реле тиску застосовується для автоматизації роботи систем теплопостачання, вентиляції та захисту механізмів. У побуті часто використовуються такі "народні назви" для реле тиску, як "реле перепаду тиску", "реле включення насоса", "реле насоса", "реле води", "реле тиску води", "реле тиску повітря" т він.

1935 року німецька компанія "CONDOR" розробила пристрій на основі мембрани та пружини - реле тиску, створений для автоматизації процесу включення та відключення *насосів або компресорів*. Реле тиску вирішує декілька завдань: 1. Повна автоматизація процесу включення та відключення, що звільняє людей від необхідності контролювати роботу систем опалення та водопостачання. 2. Робота системи в заданому діапазоні тиску, що збільшує ресурс та зменшує витрати електроенергії. 3. Гарантоване відключення при досягненні верхнього межі тиску або включення при досягненні нижнього діапазону, забезпечуючи безпеку системи. Реле тиску використовується для контролю та моніторингу систем сигналізації в різних галузях промисловості. Його універсальність полягає в можливості працювати як при підвищенні, так і при зниженні тиску. За допомогою контактора або через шафи управління з контактором.

10.3. Шафа керування насосом

Підключення насоса до автоматики в електричній шафі. Всередині шафи розміщують всі вузли керування, контролю і запобіжники.

Встановленими в шафі пристроями виконують плавний пуск двигуна. Легкий доступ до обладнання дозволяє регулювати частотний перетворювач, вимірювати характеристики струму на клеммах, регулювати швидкість обертання насосного валу. Якщо використовується кілька свердловин з насосами, всі прилади управління можна розмістити в одній шафі. На рис.2 показана типова схема обладнання, яка може перебувати в шафі.

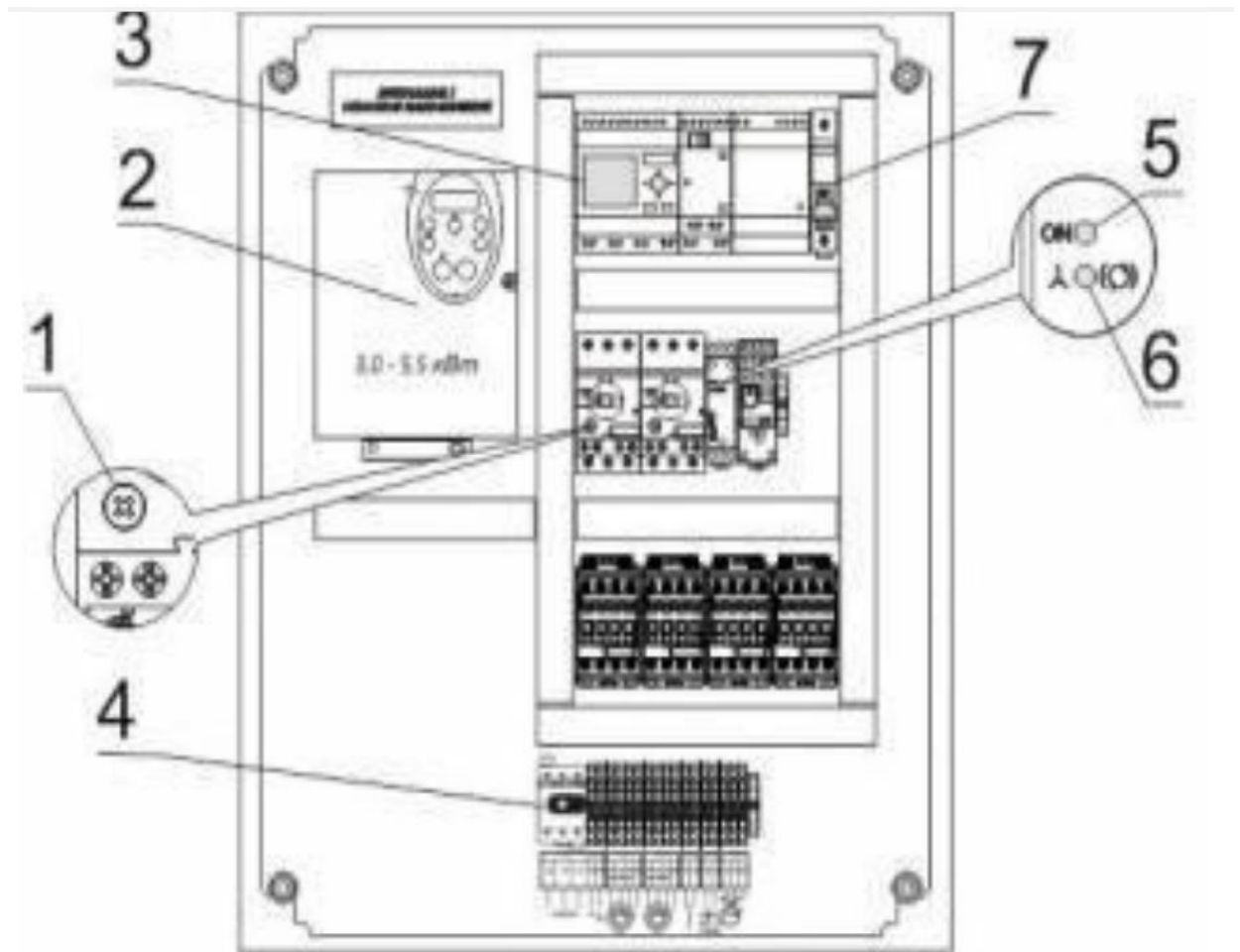


Рис. 10.2. Шафа автоматичного керування насосом:

1- перетворювач частоти; 2-контролер; 3 – рубильник; 4 – реле контролю напруги живлення; 5 –світлодіод; 6 – автоматичний вимикач кола керування роботою насосу.

Алгоритм роботи автоматичної системи виглядає так: при відкритті крана в будинку або включенні побутової техніки, що потребує подачі води, тиск у системі зменшується, що призводить до спрацювання реле. Реле тиску видає команду на включення насоса, який надсилає воду до гідроакумулятора, підключеного до водопровідної системи. При досягненні необхідного тиску в гідроакумуляторі, насос відключається. Таким чином, система підтримує постійний тиск води, а насосне обладнання включається тільки при необхідності.

Для порівняння розглянемо підключення насосу без автоматичного керування, рис. 3.

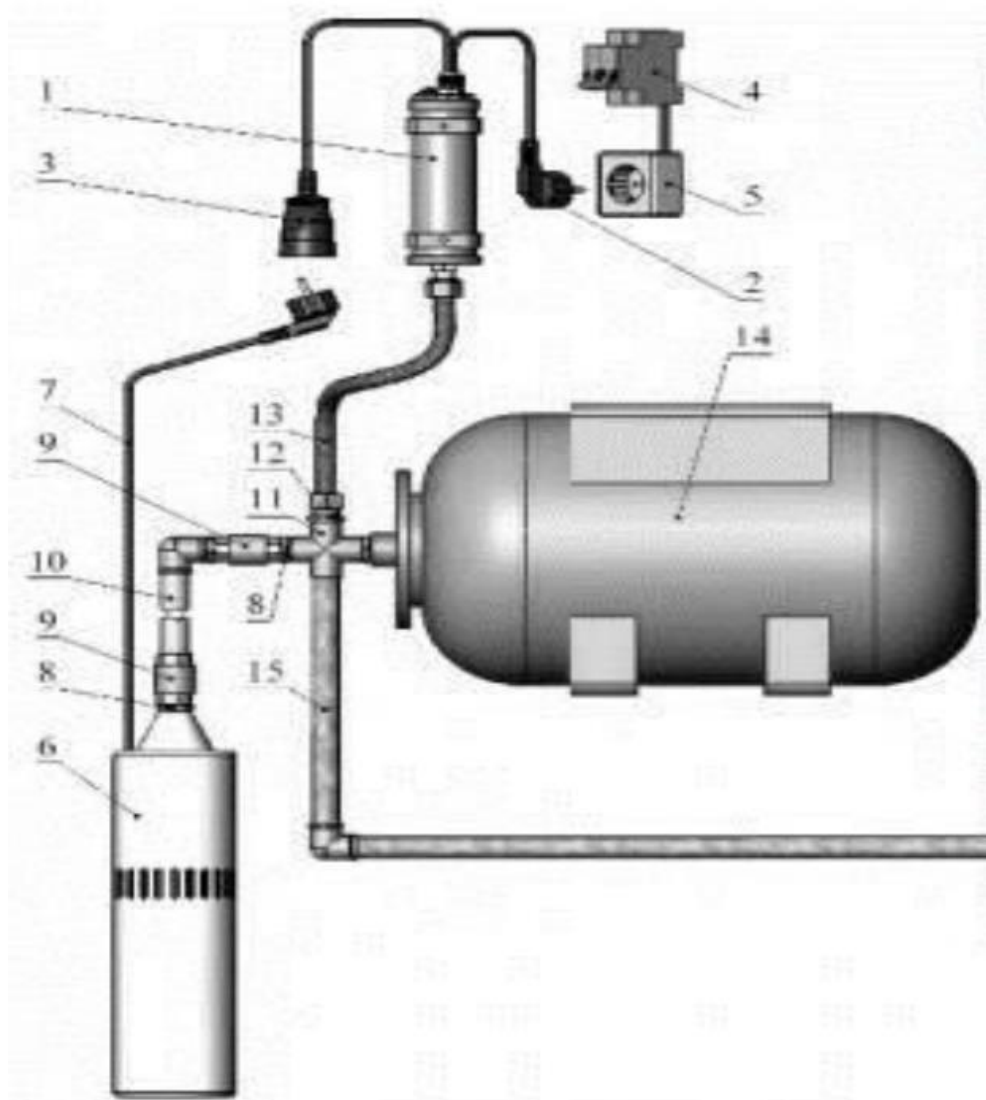


Рис. 10.3. Підключення насосу без автоматичного керування:

- 1- станція керування;
- 2- кабель з вилкою;
- 3- кабель з розеткою;
- 4- автоматичний вимикач;
- 5-розетка;
- 6- насос;
- 7- кабель насосу;
- 8- зворотний клапан;
- 9-труба;
- 10- хрестовина;
- 11- перехідний ніпель;
- 12- гайка затискна;
- 13- гнучка трубка;
- 14- гідроаккумулятор;
- 15- труба для споживання води.

Аналітична частина роботи

Перед переглядом відеофільму розглянемо будову і принцип дії електромагнітного реле, рис. 4.

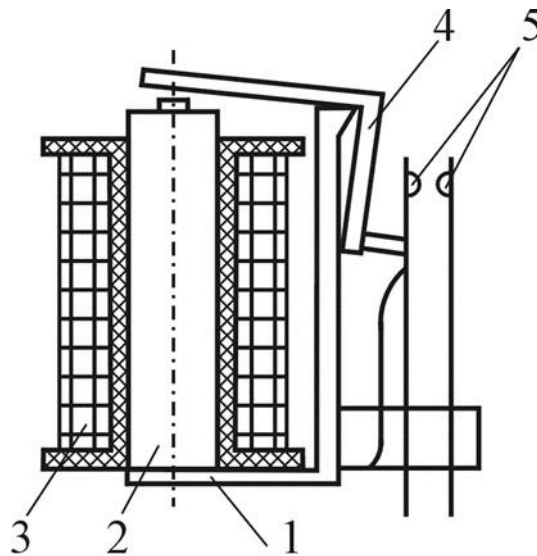


Рис. 10.4. Електромагнітне реле:
1- магнітопровід; 2-осердя; 3-котушка; 4 – якорь; 5 – контакти.

Електромагнітні реле найбільш поширені в системах автоматики. Бувають нейтральні і поляризовані. Нейтральні реле реагують на зміну величини струму, а поляризовані – на зміну величини струму і напрямку постійного струму.

Нейтральне електромагнітне реле складається з таких частин (рис. 4): магнітопроводу 1, осердя 2 та обмотки котушки 3, якоря 4 та контактної групи 5.

Принцип дії електромагнітного реле заснований на взаємодії між феромагнітним якорем та магнітним полем обмотки. При проходженні струму через обмотку реле створюється магнітний потік, який проходить через осердя. Магнітний потік створює механічне зусилля, яке притягує якорь до осердя. Переміщуючись, якорь перемикає робочі контакти реле (виконавчий орган) – реле спрацьовує.

При вимкненні подачі струму на обмотку якорь повертається в початкове положення за допомогою зворотної пружини – дія «відпускання реле».

Протокол аналізу відеофільму

Епізод, с	Пояснення
07:18 – 07:09	Функція осердя (записати)

05:38 – 05:16	Види контактів (записати)
04:44-04:34	Технічна характеристика (записати)
04:17-04:02	Перше призначення реле (записати)
03:47-02:05	Друге призначення реле 2 (записати)

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Записати назву і мету практичної роботи.
2. Здійснити стисле конспектування теоретичного матеріалу (основне в кожному пункті, на Вашу думку). Обсяг конспекту 2 сторінки, включаючи рисунки.
3. Оформити протокол аналізу відеофільму.
4. Написати висновок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11 ВИМІРЮВАННЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи: засвоїти базові поняття про процес вимірювання в системах автоматичного керування.

Завдання: оформити звіт (тема, мета, відповіді на контрольні питання тести, висновки)

Загальні відомості

Методи вимірювань

Вимірювання бувають: *прямі, непрямі і сукупні*. Якщо вимірювання дає шукане значення величини - це **пряме**, наприклад, вимірювання сили струму амперметром. Якщо вимірювану величину визначають на основі прямих вимірювань інших фізичних величин, то таке вимірювання буде **непрямим**. Наприклад, вимірювання опору елемента електричного кола при визначенні напруги вольтметром і струму амперметром. Якщо кінцевий результат є результатом декількох прямих і непрямих вимірювань окремих величин таке

вимірювання називатиметься **сукупним**. Наприклад, визначення температурного коефіцієнта опору матеріалу при різних температурах.

Засоби вимірювань

За видом вимірюваних величин засоби вимірювань бувають таких видів:

температури — термометри, пірометри, тепловізори;

тиску — манометри, вакуумметри, напороміри і барометри;

витрати і кількості речовини — витратоміри, лічильники і ваги;

рівня рідини і сипучих тіл — рівнеміри і покажчики рівня;

складу газових сумішей та їх вологості — газоаналізатори і психрометри;

густини денсиметри;

в'язкості-віскозиметри;

теплоти згорання – калориметри.

Повірка точності засобі вимірювання

Еталонні і зразкові прилади призначені для повірки точності засобів вимірювання і бувають первинними і вторинними. Зразкові прилади використовуються шляхом повірки і градування правильних значень одиниць вимірювання від еталонів до робочих приладів.

Промислова автоматика включає такі

види робочого устаткування:

- Програмовані контролери призначені для автоматизації процесів керуванням обладнанням. Зменшують роль людського фактору в робочих процесах і підвищують продуктивність обладнання.
- Панелі оператора забезпечують налаштування роботи автоматичної системи керування, а також при наявності монітора відображають інформацію про поточний стан обладнання і процесів.

- Лічильники для підрахунку частоти виникнення подій, а також для акумуляції отриманих величин протягом часу.
- Таймери призначені для відстеження часу роботи системи і завдання моменту запуску і зупинки обладнання.
- Промислові джерела живлення для подачі на пристрої автоматики електричної енергії, для перетворення і стабілізації напруги, для забезпечення додаткової електричної захисту.
- Регулятори потужності призначені для плавного керування навантаженням на робочому обладнанні.
- Контролери датчиків призначені для підключення датчиків до робочого обладнання, а також керування ними.
- GSM-контролери дозволяють дистанційно керувати робочим обладнанням завдяки роботі в GSM-мережі. Використання забезпечити зв'язок обладнання без безпосереднього з'єднання між собою і отримувати інформацію про робочих процесах на мобільний телефон.
- Ємнісні датчики наближення поширені в промисловості і застосовуються у всіх галузях.
- Ультразвукові датчики види датчиків контролю, що працюють на принципі аналізу звукових хвиль, можуть використовуватися для контролю положення, рівня, відстані та інші.
- Оптичні датчики призначені для безконтактної роботи з об'єктами контролю. працюють за допомогою інфрачервоного, видимого або ультрафіолетового випромінювання і застосовуються для виробничих процесів, що працюють з об'єктами, недоступними для інших форм контролю,
- Індуктивні датчики положення призначені для контролю наявності металевих об'єктів в активній зоні дії датчика. застосовується з метою збору інформації про знаходження і переміщення металевих елементів, а також деталей і органів машин і механізмів.
- Датчики для автоматичних дверей і воріт, визначають

присутність або відсутність контрольованого об'єкта в зоні дії, подаючи сигнали на привід управління автоматичними дверима.

- Енкодер або датчики кута повороту для перетворення вимірюваного параметра в електричний сигнал. Для вимірювання кута повороту обертових об'єктів та елементів системи, що дозволяє вимірювати і контролювати процес обертання і переміщення об'єктів з плином часу.
- Засоби візуалізації даних, програмне забезпечення для налаштування робочого обладнання, збору і аналізу інформації, яка надходить від нього, а також пристрої для візуального відображення - дисплеї та монітори.
- Перемикачі і кнопки в промисловості використовуються для замикання і розмикання ланцюга керування або перемикання станів ланцюга між різними режимами.
- Сигнальні лампи призначені для оптимізації роботи оператора виробничого процесу за допомогою сигналізації про поточні стани ланцюгів керування.
- Зумери в промисловості застосовуються для звукової сигналізації роботи обладнання і звукового супроводу різних виробничих процесів.

Похибки вимірювальних приладів

При багаторазовому вимірюванні одного і того ж параметра результати вимірювання відрізнятимуться, зокрема буде спостерігатися відхилення результату вимірювання від середнього значення вимірювальної величини.

Проведення вимірювань того ж параметра в інший проміжок часу дає інші відхилення від середнього значення та інше середнє значення вимірювальної величини. Причина в тому, що вимірювальна величина параметру, протягом часу вимірювань зазнає змін, зумовлених впливом різних чинників, наприклад: зміною температури середовища, атмосферного тиску, вологості повітря, вібрації приміщення, електростатичними зарядами, струмами тощо.

Відхилення від середнього результату вимірювань називають похибками вимірювань. Похибка – це кількісна характеристика результату вимірювання. Чим більша кількість вимірювань, тим більше нівелюється вплив зовнішніх чинників на вимірювальну величину та тим менше відхилення від середнього значення вимірювальної величини, менше похибка вимірювання.

Джерелами похибок вимірювань можуть бути:

1. Похибка інструменту. Вимірювальний прилад неможливо виготовити абсолютно точно.
2. Похибка методу вимірювань. Наприклад, при зважуванні тіла не враховуємо виштовхувальну силу повітря, а вона впливає на тіла, щонають різну густину.
3. Похибки, пов'язані з фізіологією спостерігача. Наприклад, , помиляється через поганий зір або має повільну реакцію.
4. Похибки, пов'язані з особливостями об'єкта. Наприклад, вимірюємо діаметр деталі на токарному верстаті, а вона нагрілася і має температуру вище кімнатної.
5. Похибки, пов'язані із впливом неконтрольованих зовнішніх умов. Наприклад, при зважуванні на аналітичних вагах на точність показань можуть впливати потоки повітря, електричні поля, пил тощо.

Таким чином, результат вимірювання $x_{вим}$ відрізняється від істинного значення x .

Абсолютною похибкою вимірювання різниця між фактичним та істинним значенням фізичної величини:

$$\pm \Delta_x = x_{вим} - x.$$

форма подання результату вимірювання така:

$$x = x_{вим} \pm \Delta_x.$$

істинне значення з високою ймовірністю перебуває в інтервалі:

$$x_{вим} - \Delta_x \leq x \leq x_{вим} + \Delta_x$$

Інтервал називається довірчим *інтервалом*.

Відносна похибка вимірювання — відношення абсолютної похибки до вимірюваної величини у відсотках:

$$\delta = \Delta / x_{вим} 100\%$$

Контрольні запитання

1. Яка відмінність між контролером та контролером датчиків і GSM - контролером?
2. Чим відрізняється еталонний прилад від зразкового?
3. Чим відрізняється зразковий прилад від робочого?
4. Яке призначення енкодера?
5. Що таке похибка та, які її джерела?

Тести до практичної роботи

Термопара



Контролер



Датчик температури і вологості повітря

1. Наведені зовнішні вигляди приладів. Необхідно вибрати назву приладу у випадку вимірювання температури: А контролер; Б термопара; В датчик температури і вологості

2. Яка буде відносна похибка вимірювань, якщо абсолютна 1, результат вимірювання 10

А. 100%, Б. 10 %, В. 1%

3. Енкодер призначений для

А. кодування сигналів, Б. з'єднання, В. визначення кута повороту

4. Якщо відносна похибка вимірювання становить 10 %, абсолютна 1 результат вимірювання буде

А. 100, Б. 10, В. 1

5. На годиннику використано вимірювання
- А. пряме, Б. непряме, В. нульового методу
6. Сигналізують про стан ланцюгів управління
- А. перемикачі; Б. контролери; В. сигнальні лампи
7. Людина є джерелом
- А. помилок, Б. похибок вимірювання, В. збурень
8. Глобальна система мобільного зв'язку використовується для
- А. датчиків, Б. контролерів, В. термопар
9. Довірчий інтервал стосується
- А. похибок, Б. вимірюваної величини, В. істинного значення
10. Зумер створює
- А. світловий сигнал, Б. електричний сигнал, В. звуковий сигнал

ПРАКТИЧНА РОБОТА №12

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Мета роботи: вивчити призначення, будову, принцип роботи та правила вибору апаратів ручного і електромагнітного керування, та роботу схем керування асинхронними електродвигунами.

Загальні відомості

До апаратів автоматичного керування відносяться магнітні пускачі. Їхня будова така: контактор, теплове реле, кнопки «Пуск», «Стоп», «Реле» та контактна приставка (рис. 12.1)

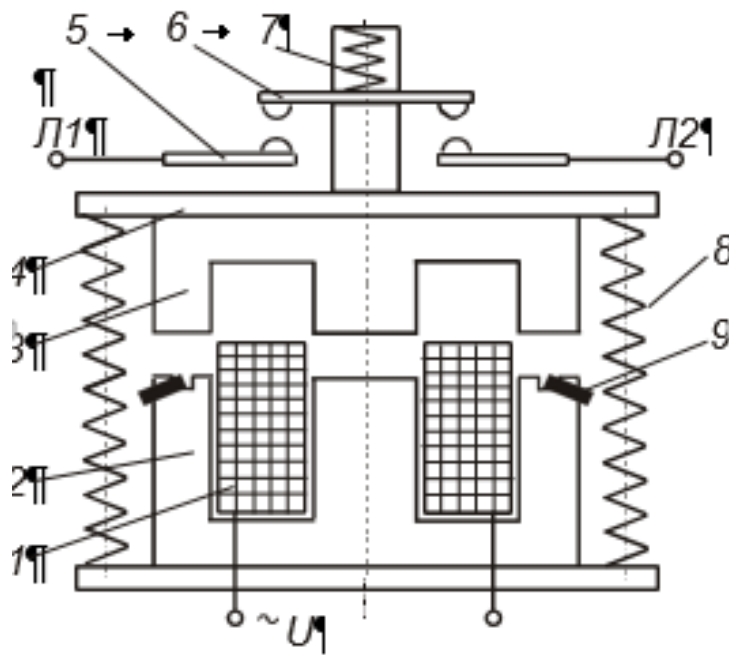


Рис. 12.1. Магнітний пускач

Контактор складається (див. рис. 12.3) із електромагніту, трьох силових контактів для під'єднання до мережі та одного або декількох (залежно від типу магнітного пускача) блокуючих контактів. Електромагніт складається з : котушки 1 і осердя (з рухомим якорем 3 і нерухомим елементом 2).

Якір 3 з'єднаний з ізолюючою траверсою 4, яка має рухомі контакти 6 із пружинами 7. На корпусі контактора знаходять нерухомі контакти 5, до яких підведені проводи Л1 та Л2. Якір 3 відтискними пружинами 8 утримується на заданій відстані від нерухомої частини осердя 2.

Електричний струм створює навколо котушки 1 магнітне поле, яка створює зусилля на якорі 3, здатне здолати опір пружини 8 та притягнути його до нерухомої частини 2, замкнувши таким чином контакти 5 і 6, а також допоміжні контакти (на рис. не зображені).

Якщо живлення від котушки 1 відключити, то магнітне поле навколо неї зникає і пружина 8 повертає якір з рухомими контактами 6 у вихідне положення. Притягання якоря 3 до осердя 2 зменшує повітряний зазор між ними та, відповідно, індуктивний опір котушки 1 зростає та зменшить силу струму в котушці 1 у 5-10 разів у порівнянні величини струму в котушці при непритягнутому до осердя якорі. Тобто, при наближенні величини струму в

котушці 1 до нульової величини, пружина 8 відштовхує якір 3 від осердя 2, але при зростанні величини струму – знову притягує до осердя, створюючи звуковий ефект (гуде). З метою зменшення цього гулу в магнітопровід (осердя) запресовують короткозамкнутий виток 9 з міді, чи алюмінію. Крім цього, він утримує якір біля осердя у моменти, коли

значення сили струму у котушці при зміні напрямку його протікання рівне нулю за рахунок магнітного поля струму, який індукується у коротко замкнутому витку 9 при зникненні магнітного поля котушки. Контактні пружини 7 забезпечують притискання контактів у замкненому стані. Допоміжні контакти (від 1 до 4) встановлюються з боків контактора і приводяться у дію від якоря. Контактори змінного струму виготовляють на номінальні сили струму 25, 40, 75, 130, 150, 600 А.

Електромагнітний пускач, призначений для керування асинхронним двигуном, підбирати так, щоб номінальний струм його головних контактів $I_{ПН}$ був не меншим номінального струму електродвигуна $I_{ДН}$:

$$I_{ПН} \geq I_{ДН}.$$

Номінальна напруга головних контактів пускача U_H повинна бути не меншою напруги мережі U_M , у яку вона включається:

$$U_H \geq U_M.$$

Напруга котушки електромагнітного пускача $U_{КОТ}$ повинна бути рівною напрузі мережі, у яку вона включатиметься:

$$U_{КОТ} = U_M.$$

Підбираючи пускач, враховують характер та режим роботи електродвигуна (функцію реверсу, теплового захисту), категорію розміщення та ступінь захищеності.

Крім функцій керування, електромагнітні пускачі здійснюють нульове блокування, запобігаючи самовільному вмиканню двигуна при відновленні напруги після її зникнення або надмірного зниження. Пускачі із тепловим реле

здійснюють також захист двигуна від перевантажень та неповно фазного режиму роботи (при обриві фази).

Якщо до затисків 1 і 2 під'єднати вимикач SA (варіант 1 на схемі рис. 12.2) буде схема керування електродвигуном без нульового блокування. Для автоматичного керування до затисків 1 і 2 під'єднують реле KV (варіант 2 і 3). Відповідно у варіанті 2 при спрацюванні реле KV електродвигун вмикається, а у варіанті 3 – вимикається.

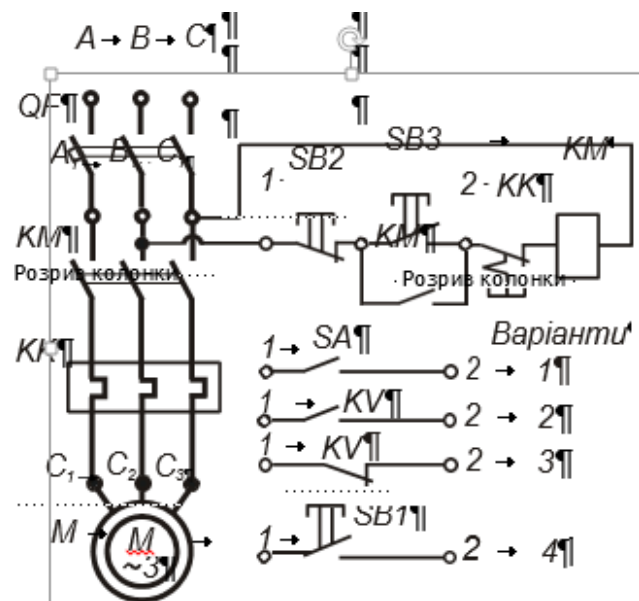


Рис. 12.2. Принципова схема керування асинхронним електродвигуном нереверсивним магнітним пускатчем

Якщо необхідно вмикати двигун короткочасно («поштовхом») для випробувань, наладки робочої машини або забезпечити роботу приводу під наглядом персоналу, тоді живлення на котушку пускача подається через замикаючий контакт кнопки SB1, який з'єднується із затисками 1 та 2 за варіантом 4.

При натисканні на кнопку SB3 – «Пуск». По котушці електромагнітного пускача KM протікатиме струм, пускач спрацює і контактами з'єднає двигун з електромережою, а допоміжними контактами зашунтує кнопку SB3. Після пуску кнопку відпускають, живлення котушки буде через допоміжний контакт KM.

Для зупинки двигуна натискають на кнопку SB2 – «Стоп», струм по котушці не протікатиме і пускач вимкне двигун. Якщо напруга у мережі зникне або знизиться більше за допустимі межі, контакти електромагнітного пускача під дією пружин розімкнуться і двигун зупиниться. При відновленні попередньої величини напруги пускач не спрацює, тому що коло його котушки розімкнуте (розімкнуті контакти кнопки «Пуск» і допоміжний контакт КМ), здійснюється нульове блокування.

Для зміни напрямку обертання (реверсу) двигуна необхідно поміняти місцями два лінійних провідники на затискачах електродвигуна. Це здійснюють реверсивні магнітні пускачі, що являють собою два нереверсивні контактори та системи блокування від одночасного їх спрацювання. Одночасне спрацювання двох контакторів реверсивного пускача призведе до двофазного короткого замикання. Блокування може бути механічним та електричним.

Механічне блокування здійснюється за допомогою двоплечого важеля, з кінцями якого зв'язані рухомі частини двох контакторів. При замиканні контактів одного контактора, контакти другого відтягуються і їх включити неможливо, доки буде включений перший контактор. Окрім цього, механічне блокування здійснюється у кнопковій станції.

При вмиканні замикаючого контакту кнопки у колі котушки одного контактора розмикається її контакт, що включений у коло котушки другого контактора, тому одночасне вмикання двох контакторів неможливе. Електричне блокування здійснюється допоміжними розмикаючими контактами контакторів, які включають послідовно у коло «чужих» котушок. Якщо застосовується механічне блокування у реверсивному магнітному пускачі, то електричне блокування можна не застосовувати.

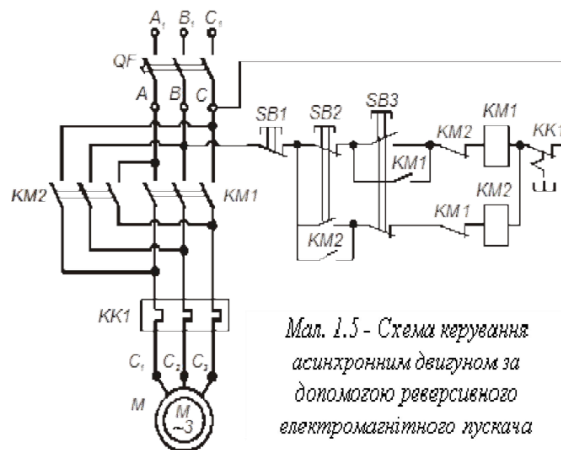


Рис. 12.3. Принципова схема керування

асинхронним електродвигуном реверсивним магнітним пускачем

Схему реверсивного керування асинхронним електродвигуном наведено на рис. 12.3. Для запуску двигуна «Вперед» натискають на кнопку SB3 при цьому спрацьовує контактор KM1. Зупинку двигуна здійснюють натиском на кнопку SB1 – «Стоп». Для пуску двигуна «Назад» натискають на кнопку SB2 і вмикають контактор KM2. Також є можливість здійснювати реверс двигуна «з ходу». Так при обертанні двигуна, наприклад, «назад», натискають на кнопку SB3. При цьому вимикається контактор KM2 та вмикається контактор KM1. Двигун загальмовується методом гальмування проти вмикання, а потім починає обертатись у зворотному напрямі.

Якщо при роботі двигуна «приварились» контакти одного із контакторів, то вмикання іншого контактора неможливе, оскільки розмикаючий контакт першого контактора у колі котушки другого залишився розімкнутим.

Контрольні запитання

1. Призначення, будова, принцип роботи та правила вибору магнітних пускачів.
2. Як працює схема керування асинхронним електродвигуном нереверсивним магнітним пускачем, а також як здійснюється нульовий захист?
3. Як працює схема керування асинхронним електродвигуном реверсивним магнітним пускачем?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13

ПРОЦЕС ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Мета роботи: ознайомитись з процесом гарячого водопостачання організованого за двоступінчатою схемою; визначити входи, виходи та збурення таких систем; перевірити дію захистів та блокувань в системі.

Загальні відомості

Завданням роботи системи гарячого теплопостачання (ГВП), обладнання якої встановлене в типовому тепловому пункті, є забезпечення постійної температури води, що подається в систему ГВП, при змінній її витраті протягом доби.

Температура гарячої води в місцях відбору повинна бути не нижче:

- 60 °С для систем центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до відкритих (залежних) систем теплопостачання;
- 55 °С для систем центрального гарячого водопостачання, які приєднуються до закритих (незалежних) систем теплопостачання.

В обох випадках температура гарячої води в системі не повинна перевищувати 75 °С. Температура циркуляційної води в системі повинна бути не меншою за 50 °С.

Існують різні технологічні схеми систем ГВП. Розглянемо двоступінчатую з приєднанням до залежної системи теплопостачання. Головним елементом системи є двоступінчатий водоводяний теплообмінник.

У зимовий період холодна вода надходить у 1-ий ступінь теплообмінника, де підігрівається зворотним теплоносієм від системи опалення. Отже, від зворотного теплоносія системи опалення відбирається теплова енергія і схема дозволяє тепловому пункту будівлі працювати більш ефективно. Температура гарячої води на виході 1-ого ступеня теплообмінника не регулюється, тобто теплова енергія відбирається наскільки це можливо. Але її недостатньо для

підігріву гарячої води в системі до необхідної температури. Тому підігріта вода надходить до 2-ого ступеня теплообмінника, куди подається подавальний теплоносіє з тепломережі, кількість якого регулюється двоходовим клапаном, за рахунок чого на виході теплообмінника підтримується задана температура гарячої води TE5.

У літній період, коли система опалення не працює, підігрів гарячої води в системі здійснюється тільки за рахунок тепла теплоносія, що надходить з тепломережі. Система гарячого водопостачання – це відкрита система, тобто система з якої **відбирається** гаряча вода. Відбір коливається від 0% (нічні години, в які є періоди повної відсутності користування гарячою водою) до 100% (вранішні і вечірні години – всі жителі активно користуються водою), що характеризує роботу системи ГВП житлового будинку. В офісних та адміністративних будівлях піки та спади споживання відбуваються в інші години доби.

Отже, система ГВП працює досить непередбачувано. Якщо така система організована за тупиковою схемою (трубопровід гарячої води закінчується у останнього в системі водорозбірного крану), то, при відсутності розбору, вода в трубопроводах системи поступово охолоджується. При цьому, на виході теплообмінника вона ще достатньо тепла і регулятор температури не дає команди на її підігрів. Тому, при тупиковій схемі гарячого водопостачання споживач може відкрити кран і довго чекати поки вода потеплішає. Щоб уникнути такої ситуації у новому будівництві використовуються схеми з циркуляційними трубопроводами гарячої води.

При повній відсутності відбору гаряча вода за допомогою циркуляційних насосів циркулює через 2-ий ступінь теплообмінника і не поповнюється холодною водою через його 1-ий ступінь. При наявності такої циркуляції, виміряна на виході з теплообмінника вода, що подається до системи, співпадає з температурою води в різних точках системи, що дає змогу регулятору температури реагувати на її охолодження. При появі будь-якого розбору гарячої

води з кранів, система починає поповнюватися холодною водою через 1-ий ступінь, при цьому циркуляція продовжує працювати.

Схема з циркуляційним трубопроводом може працювати в декількох режимах. Нормальний режим – режим постійної циркуляції, тобто циркуляційний насос постійно працює. При такому режимі є постійне споживання електричної енергії насосом, що робить експлуатацію системи більш затратною. Без режиму постійної циркуляції неможливо обійтись, коли є розбір гарячої води. А ось в години відсутності споживання, систему можливо перевести в ощадний режим, тобто здійснювати автоматичне ввімкнення та вимкнення робочого циркуляційного насоса згідно заданого часового графіку або здійснювати автоматичне ввімкнення та вимкнення робочого циркуляційного насоса згідно зниження/підвищення температури води в циркуляційному трубопроводі системи (температура TE6).

Схема технологічного процесу системи ГВП, реалізована у складі стенда, представлена на Рис. 13.1.

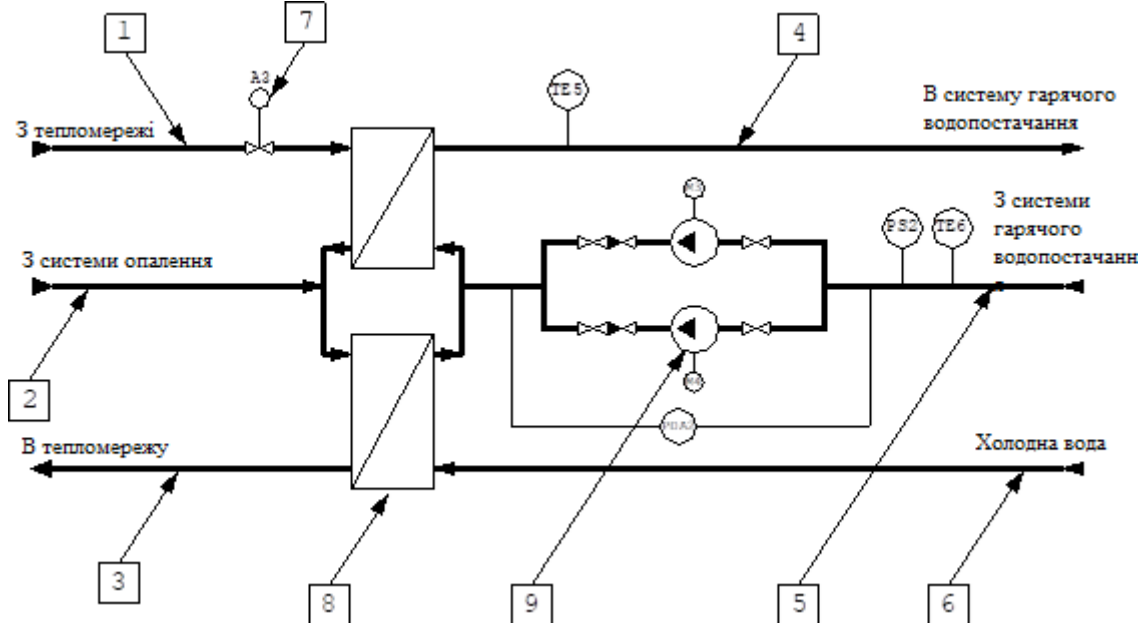


Рис. 13.1. Схема технологічного процесу системи гарячого водопостачання

Система складається з наступних елементів:

- подавальний трубопровід теплоносія з зовнішньої мережі на підігрів води в 2-ому ступені теплообмінника системи – 1;

- зворотний трубопровід теплоносія з системи опалення на підігрів води в 1-ому ступені теплообмінника системи – 2;
- зворотний трубопровід теплоносія до зовнішньої мережі – 3;
- подавальний трубопровід гарячої води до системи гарячого водопостачання – 4;
- циркуляційний трубопровід гарячої води з системи гарячого водопостачання – 5;
- трубопровід холодної води до системи гарячого водопостачання – 6;
- двоходовий регулюючий клапан – 7;
- двоступінчатий теплообмінник – 8;
 - група (1 робочий та 1 резервний) циркуляційних насосів – 9. В системі встановлені наступні засоби керування обладнанням:
- привод А2 двоходового клапана теплоносія в системі ГВП з можливістю встановлення значення відкриття від 0 до 100%;
- пускачі циркуляційних насосів.

В системі встановлені первинні перетворювачі наступних параметрів:

- температури подавальної гарячої води в системі ГВП – TE5;
 - температури циркуляційної гарячої води в системі ГВП – TE6. В системі встановлені сигналізатори наступних параметрів:
- перепаду тиску на групі циркуляційних насосів системи ГВП – PDA2;
- тиску перед групою циркуляційних насосів системи ГВП – PS2.

Опис системи гарячого водопостачання

Виходячи з призначення системи ГВП – подавання гарячої води споживачам, система автоматичного керування повинна підтримувати на постійному значенні температуру в **подавальному трубопроводі (TE5)**. Оскільки швидкісні теплообмінники мають невелику інерційність, то в системі

організована одноконтурна схема керування.

Структурна схема зображена на рис. 13.2.

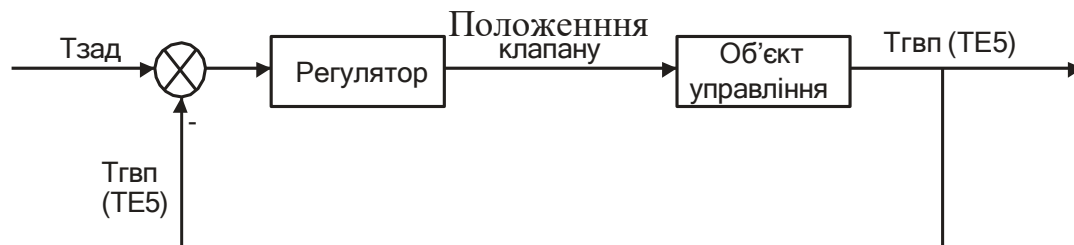


Рис. 13.2. Структура автоматичного керування

$T_{ГВП}$ – температура води гарячого водопостачання, яка вимірюється датчиком температури ТЕ5 (на рис. 13.2).

$T_{зад}$ – задане в контролері значення температури гарячої води.

Система опалення реалізована за допомогою моделі об'єкта, яка встановлена на персональному комп'ютері, що входить до складу системи.

Моделю отримує по інтерфейсу RS-485 по протоколу ЮНІВЕРС сигнали з контролеру, що характеризують стан обладнання:

- поточне положення регулюючого клапана;
- стан робочого циркуляційного насоса (команда на пуск).

Відповідно до отриманих даних модель робить обчислення та видає в мережу:

- значення температури подавальної води в системі ГВП;
- значення температури циркуляційної води в системі ГВП

такі, якими б вони були якби це була справжня система, а не її імітація.

- стан циркуляційного насоса.

Температури, обчислені моделлю на персональному комп'ютері, по інтерфейсу RS-485 (протокол ЮНІВЕРС) приймає пристрій зв'язку з об'єктом, який реалізований на базі вільно програмованого контролера «МахуСоп Flexu». Даний контролер запрограмований таким чином, що температури, які були обчислені моделлю, встановлюються на аналогових виходах пристрою (0-

10) В.

Для кожної температури є свій діапазон:

TE1 (температура зовнішнього повітря) від -30 до +45 °С.

TE10 (температура холодної води) від +3 до +10 °С.

Аналогові виходи пристрою зв'язку з об'єктом підключені до аналогових входів керуючого контролера, які також налаштовані на сигнал 0-10 В. Таким чином, контролер «вважає», що до нього підключені справжні датчики температури і відповідно його робота наближена до реальних умов.

Відповідно до «вимірюваних» значень температур, керуючим контролером виробляються команди на виконавчі механізми. Так, наприклад, при температурі гарячої води в системі ГВП нижчій за задане значення, контролер почне відкривати регулюючий клапан на подачі подавального теплоносія з зовнішньої тепломережі в теплообмінник.

Нові значення положення клапана знову ж передаються по інтерфейсній мережі на модель, де вона обраховує нові значення температур на об'єкті відповідно до нових даних, які далі передаються на пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО), встановлюються на виходах ПЗО, сприймаються контролером і цикл повторюється.

Паралельно з моделлю об'єкта на персональному комп'ютері встановлено SCADA систему ESM від компанії «РАУТ-автоматік». Хоча вони і встановлені на одному комп'ютері, але між собою в межах комп'ютера вони не взаємодіють. SCADA система підключена до контролера і за її допомогою можна керувати процесами або просто спостерігати за поточними параметрами. Взаємодіють між собою контролер та SCADA система через інтерфейс RS-485 та протокол ЮНИВЕРС.

Протокол ЮНИВЕРС є протоколом, який підтримується усім обладнанням від компанії «РАУТ-автоматік».

Інтерфейс RS-485 перетворюється через шлюз на USB, який вже безпосередньо підключається до комп'ютера.

На стенді використаний спеціалізований для роботи з системами теплопостачання контролер Waterheat-S1 (рис. 13.3).



Рис. 13. 3. Контролер Waterheat-S1

Контролер призначений для керування двома системами опалення або однією системою опалення та однією системою гарячого водопостачання (ГВП). Контролер може бути сконфігурований під керування двома системами в нижче перелічених поєднаннях:

1. Дві залежні системи опалення (клапани в обох системах з аналоговим або трипозиційним керуванням).
2. Залежна система опалення та незалежна система опалення без підживлення (клапани в обох системах з аналоговим або трипозиційним керуванням).
3. Залежна система опалення та незалежна система опалення з підживленням (клапани в обох системах тільки з аналоговим керуванням).
4. Дві незалежні системи опалення без підживлення (клапани в обох системах з аналоговим або трипозиційним керуванням).
5. Незалежна система опалення без підживлення та незалежна система опалення з підживленням (клапани в обох системах тільки з аналоговим керуванням).
6. Залежна система опалення та система ГВП (клапани в обох системах з аналоговим або трипозиційним керуванням).
7. Незалежна система опалення без підживлення та система ГВП (клапани в

обох системах з аналоговим або трипозиційним керуванням).

8. Незалежна система опалення з підживленням та система ГВП (клапани в обох системах тільки з аналоговим керуванням).

Програмне забезпечення, що сконфігуроване для контролера Waterheat-S1 встановленому на стенді, управляє залежною системою опалення та системою ГВП.

У системі гарячого водопостачання контролер здійснює керування:

- двоходовим регулюючим клапаном;
- групою з двох (1 робочий та 1 резервний) циркуляційних насосів.

Для всіх конфігурацій програмного забезпечення контролер Waterheat-S1 виконує такі загальні функції для обох систем:

1. Вибір типу закону регулювання («імпульс-пауза», П, ПІ, ПД, ПІД).
2. Вибір типу управляючого сигналу регулюючим клапаном (трипозиційний або аналоговий, в тих конфігураціях, де є така можливість). На стенді системи опалення та ГВП оснащені клапанами з керуванням аналоговим сигналом.
3. Можливість ввімкнення функції автоматичного контрольного відкриття/закриття (прогону) клапана із заданою періодичністю для запобігання його залипання в період тривалого простою.
4. Можливість завдання обмеження крайніх положень клапана (тільки для клапанів з аналоговим керуванням).
5. Ручне керування регулюючим клапаном з меню контролера.
6. Вибір робочого циркуляційного насоса.
7. Автоматична зміна робочого та резервного циркуляційних насосів із заданою періодичністю для їх рівномірного зношення.
8. Контроль роботи циркуляційних насосів.
9. Автоматичне ввімкнення резервного насоса в разі аварії робочого.
10. Захист циркуляційних насосів від «сухого ходу».
11. Можливість ввімкнення функції автоматичного перезапуску циркуляційного насоса при його вимкненні по сигналу «сухий хід» після

пропадання сигналу.

12. Можливість ввімкнення функції автоматичного перезапуску циркуляційного насоса при його вимкненні при відсутності живлення.

13. Ручне керування робочим циркуляційним насосом кнопкою на фасадній панелі контролера.

14. Аварійна сигналізація.

15. Автоматичне архівування стану обладнання та аварій.

16. Автоматичне архівування поточних значень вимірюваних та заданих параметрів, а також положень виконавчих механізмів.

17. Можливість конфігурування дискретних входів та виходів контролера, тобто можливість завдання типу контакта (нормально замкнений або нормально розімкнений).

18. Можливість налаштування аналогових входів контролера.

19. Можливість передачі даних по інтерфейсу RS-485 (протоколи MODBUS-RTU та ЮНИВЕРС) та LonWorks (TP/FT-10).

Для системи гарячого водопостачання контролер додатково здійснює:

1. Підтримання температури гарячої води, що подається в систему ГВП, на заданому значенні.

2. Можливість здійснювати автоматичне закриття регулюючого клапана в разі відключення циркуляційних насосів.

3. Можливість здійснювати автоматичне ввімкнення та вимкнення робочого циркуляційного насоса згідно заданого графіку.

4. Можливість ввімкнення роботи системи ГВП в економному режимі (ввімкнення/вимкнення циркуляційного насоса здійснюється по зниженню/підвищенню температури води в циркуляційному трубопроводі системи).

з автоматичного у дистанційний режим систему ГВП можливо перевести кнопкою зі SCADA- програми.

Контрольні запитання

1. За якою методикою були отримані передавальні функції об'єкта?
2. Охарактеризуйте особливості процесу гарячого водопостачання, як об'єкта керування.
3. Які канали логічно використовувати для керування процесом?
4. Які структури керування є сенс реалізовувати для даного об'єкта?
5. Яким чином можна реалізовувати енергозбереження при роботі системи?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №14

СТАТИЧНА ТА ДИНАМІЧНА ТОЧНІСТЬ РЕГУЛЮВАННЯ

Мета: Проаналізувати прямим методом роботу різних регуляторів на найпростіших об'єктах.

Загальні відомості

В автоматизації фармацевтичних виробничих процесів важливе значення набули датчики для виміру й реєстрації параметрів, що характеризують технологічні процеси. Вони є основними елементами в пристроях регулювання й керування.

З погляду технолога виробництва, краще застосовувати безконтактні датчики. Датчик повинен насамперед витримувати стерилізацію гострим паром протягом порівняно тривалого часу. Необхідність дотримання стерильності обумовлює застосування способів і засобів виміру, а також викликає потребу в додаткових пристроях (пробовідбірні системи).

На точність виміру параметрів у фармацевтичних і мікробіологічних виробництвах впливають специфічність технології й устаткування, склад середовищ. Формулюючи загальні вимоги до датчиків, як до **первинних приладів керування** виробничими процесами, необхідно враховувати їхню надійність в умовах експлуатації; можливість багаторазових стерилізацій; місце установки (контрольоване середовище не повинне забивати робочу область датчика). Вторинні

вимірювальні прилади, розташовувані в устаткуванні, зв'язуються з датчиком за допомогою погодженого кабелю. Ці прилади повинні забезпечувати проведення як дискретних, так і безперервних вимірів.

До основних вимірюваних і регульованих параметрів належить температура, тиск, витрата й рівень рідини, рН, концентрації кисню, діоксида вуглецю, вуглеводів, мікроорганізмів, сухих речовин, вологість або вміст сухої речовини. Теплоенергетичні параметри вимірюють в основному автоматичними методами, якісні показники – лабораторними (в окремих випадках – автоматичними).

Так, для вимірювання температури використовуються наступні термометри: дилатометричні, біметалеві, манометричні, термоелектричні, терморезистивні, напівпровідникові.

Вимірювання температури за допомогою **терморезисторів** засновано на властивості металів і напівпровідників змінювати свій електричний опір зі зміною температури. Ступінь відтворюваності температурної характеристики істотно залежить від наявності домішок у металевих провідниках або в складі напівпровідникової маси. Верхні межі виміру температури визначаються хімічною й механічною стійкістю матеріалів. Це визначило застосування в термометрах опору, в основному, двох металів – платини й міді.

Мідні термометри опору використовуються для вимірювання температури в діапазоні від мінус 50 до 200 °С. На всьому діапазоні залежність опору міді від температури лінійна і описується наступним рівнянням

$$R_T = R_0(1 + \alpha T),$$

де α – температурний коефіцієнт опору, який дорівнює $4,26 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Крім розглянутих типів є спеціальні конструкції поверхневих, багатозонних і малоінерційних термометрів опору.

В останні роки для виміру температури все більше застосування знаходять напівпровідникові терморезистори (термістори). Їх термочутливі елементи виконуються у вигляді пресованої напівпровідникової маси, що містить кілька компонентів. Найчастіше застосовуються напівпровідники на основі окислів, солей і карбідів марганцю, титану, міді, нікелю й т.п.

Активний опір більшості термісторів зменшується з ростом температури відповідно до формули:

$$R = A \exp\left(\frac{B}{T}\right),$$

де A, B – константи напівпровідника; T – абсолютна температура.

П'єзоелектричні вимірювальні перетворювачі тиску, засновані на властивості деяких кристалів, таких як кварц, турмалін, титанат барію створювати електричні заряди при дії на них сили. Величина заряду зв'язана з силою N наступним рівнянням

$$Q = kN,$$

де k – п'єзометрична стала.

Коефіцієнт k не залежить від розміру пластини й визначається природою кристалу. Наприклад, для кварцу $k = 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н}$. Вимірювальний тиск перетворюється мембраною 4 (рисунок 4.1) у зусилля, яке викликає стиснення кварцових пластин 2, котрі мають діаметр 5 мм і товщину 1 мм. Електричний заряд, який при цьому виникає, через відводи 1 подається в підсилювач 5 з великим вхідним опором (до 10 Ом).

Залежність величини електричного заряду від тиску описується рівнянням

$$Q = kF_{\text{эф}}P,$$

де $F_{\text{эф}}$ – ефективна площа мембрани.

П'єзоелектричні вимірювальні перетворювачі тиску, засновані на властивості деяких кристалів, таких як кварц, турмалін, титанат барію створювати електричні заряди при дії на них сили. Величина заряду зв'язана з силою N наступним рівнянням

$$Q = kN,$$

де k – п'єзометрична стала.

Коефіцієнт k не залежить від розміру пластини й визначається природою кристалу. Наприклад, для кварцу $k = 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н}$. Вимірювальний тиск перетворюється мембраною 4 (рисунок 4.1) у зусилля, яке викликає стиснення

кварцових пластин 2, котрі мають діаметр 5 мм і товщину 1 мм. Електричний заряд, який при цьому виникає, через відводи 1 подається в підсилювач 5 з великим вхідним опором (до 10 Ом).

Залежність величини електричного заряду від тиску описується рівнянням

$$Q = kF_{ef}P,$$

де F_{ef} – ефективна площа мембрани. Для зменшення інерційності перетворювача об'єм камери 3 мінімізують. П'єзоелектричні перетворювачі в динамічному відношенні практично **безінерційні**, тому знайшли широке використання для вимірювання тисків у системах з швидкоплинними процесами. Через витік заряду з кварцевих пластин такі перетворювачі не використовуються для вимірювання статичних тисків.

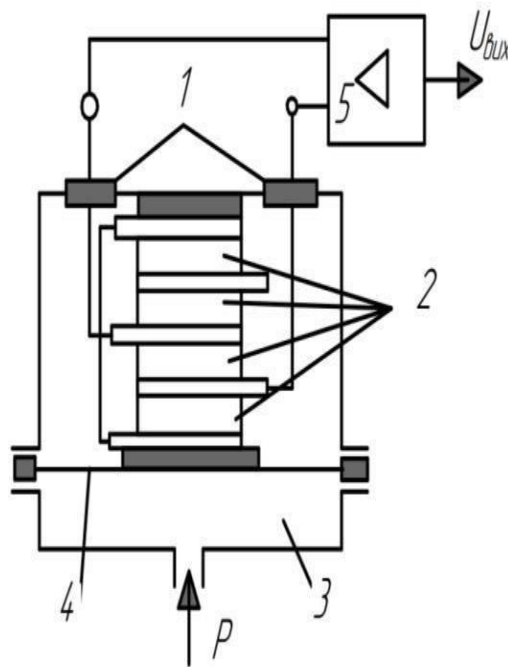


Рис. 14.1. Схема п'єзометричного перетворювача тиску .

Приклад 4.1.

Завдання: При градуванні термоелектричного термометра, який складається з хромель-копелевої термопари і потенціометра, вільні кінці термопари мали температуру $t_0 = 0^\circ\text{C}$. При вимірюванні, температура вільних кінців термопари $t_0 = 50^\circ\text{C}$, а показання потенціометра $E(t, 50) = 32,3 \text{ мВ}$, що відповідає температурі $409,2^\circ\text{C}$.

Визначити температуру яка вимірюється, розрахувавши поправку на температуру вільних кінців термопари, якщо:

- а) використати дійсну статичну характеристику перетворення хромель-копелевої термопари (рисунок 4.2), яка є нелінійною;
- б) допустити припущення про лінійну залежність термопари від температури.

Розв'язок. При використанні статичної характеристики перетворення необхідно визначити значення $E(t, t_0)$ хромель-копелевої термопари при температурі вільних кінців, яка дорівнює нулю $t_0 = 0^\circ\text{C}$, використовуючи

51

рівняння

$$E(t, 0) = E(t, 50) + E(50, 0),$$

де t – температура робочого спаю термопари.

Значення $E(50, 0) = 3,306 \text{ мВ}$ визначаємо, використовуючи статичну

характеристику перетворення хромель-копелевої термопари (рис. 14.1).

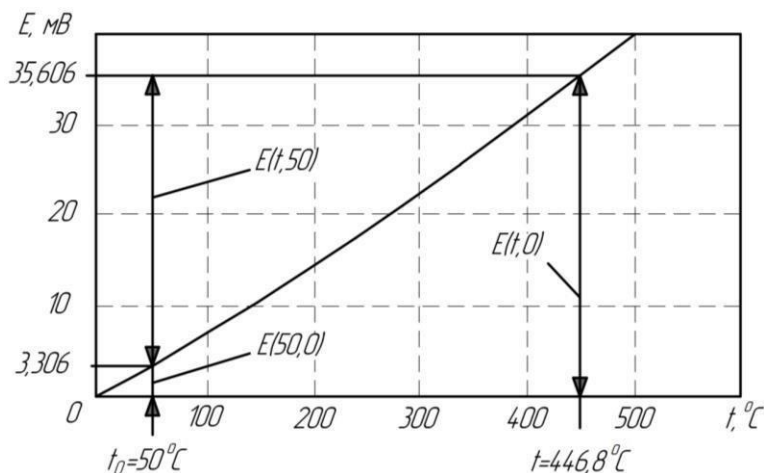


Рис.14.2. Статична характеристика перетворення хромель-копелевої термопари

Підставляючи значення $E(t, 50)$, $E(50, 0)$, отримаємо

$$E(t, 0) = 32,3 + 3,306 = 35,606 \text{ мВ},$$

якому відповідає температура робочого спаю $t = 446,8^\circ\text{C}$.

Припущення про лінійну залежність термопари від температури призвело б до хибного результату

$$t = 409,2 + 50 = 459,2^\circ\text{C}.$$

Приклад 4.2.

Завдання: Мідний термометр опору при 20°C має опір $R_{20} = 1,75 \text{ Ом}$. Температурний коефіцієнт $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}$. Визначити опір мідного термометра опору при температурі 100°C та 150°C .

Розв'язок. Опір R , мідного термометра при температурі t визначається за формулою:

52

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t),$$

де температурний коефіцієнт $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3}^\circ\text{C}$.

Якщо відомо опір R_{t_1} при температурі t_1 , то для визначення опору R_{t_2} при температурі t_2 необхідно попередньо знайти R_0 , а потім по знайденому R_0 знайти R_{t_2} за формулою

$$R_{t_2} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_2);$$

$$R_0 = \frac{R_{t_1}}{1 + \alpha \cdot t_1}.$$

Таким чином, можна отримати значення опору мідного термометра опору температурі 100°C та 150°C .

$$R_{100} = 2,30 \text{ Ом};$$

$$R_{150} = 2,65 \text{ Ом}.$$

Приклад 4.3.

Завдання: Визначити опір платинового термометра опору при температурах -200°C та $+200^{\circ}\text{C}$, якщо відомо, що при температурі 0°C вона дорівнює $7.45\ \text{Ом}$.

Розв'язок. Номінальна статична характеристика перетворення платинового термометра опору, для якого відношення опору при температурі 100°C до опору в потрійній точці води (температура 0.01°C , тиск $6.1\ \text{кПа}$) дорівнює $W_{100} = 1.3910$, може бути апроксимована наступними поліномами:

в інтервалі температур $-200^{\circ}\text{C} \leq t \leq 0^{\circ}\text{C}$

$$R_t = R_0 \cdot [1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + C \cdot t^3(t - 100)],$$

де $A = 3.9692 \cdot 10^{-3}\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$B = -5.8621 \cdot 10^{-7}\ ^{\circ}\text{C}^{-2}$

$C = -4.3301 \cdot 10^{-12}\ ^{\circ}\text{C}^{-4}$;

в інтервалі температур $0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 600^{\circ}\text{C}$,

$$R_t = R_0 \cdot [1 + A \cdot t + B \cdot t^2],$$

53

де $A = 3.9692 \cdot 10^{-3}\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$; $B = 5.8621 \cdot 10^{-7}\ ^{\circ}\text{C}^{-2}$.

З урахуванням поданих залежностей електричного опору від температури для платинових термометрів опору:

$$R_{-200} = 1.29\ \text{Ом};$$

$$R_{+200} = 13.9\ \text{Ом}.$$

Приклад 4.4.

Завдання: Оцінити значення додаткової похибки, що виникає через самонагрівання термометра опору, виготовленого у вигляді платинової нитки діаметром 0,05 мм і довжиною 10 мм і вимірює температуру повітряного потоку. Коефіцієнт тепловіддачі від платинової нитки до повітря $\alpha = 400 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{К}}$. Сила електричного струму, що протікає по платиновій нитці $I = 100 \text{ мА}$, опір термометра при робочій температурі $R_t = 0.54 \text{ Ом}$.

Розв'язок. Знаходимо кількість теплоти, що виділяється в одиницю часу на платиновій нитці при проходженні через неї струму:

$$Q = I^2 \cdot R_t = 0.1^2 \cdot 0.54 = 0.0054 \text{ Вт.}$$

Вважаємо, що ця кількість теплоти повністю віддається в повітряний потік і визначається за рівнянням:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot (t_H - t_B),$$

де t_H – температура платинової нитки, $^\circ\text{C}$;

t_B – температура повітряного потоку, $^\circ\text{C}$;

A – площа поверхні платинової нитки, м^2

З рівняння теплообміну можна знайти значення необхідного температурного напору:

$$\Delta t = t_H - t_B = \frac{Q}{\alpha \cdot A} = \frac{5.4 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 8.6 \text{ } ^\circ\text{C},$$

тобто температура термометра повинна бути завжди вище температури

повітряного потоку на $8.6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Приклад 14.5.

Завдання: Підключення термометра опору до врівноваженого моста відбувається по двоконтурній схемі (контакти 1 та 2 замкнені), та по трирівідній схемі (контакти 3 та 4 замкнені) (рис. 14.3).

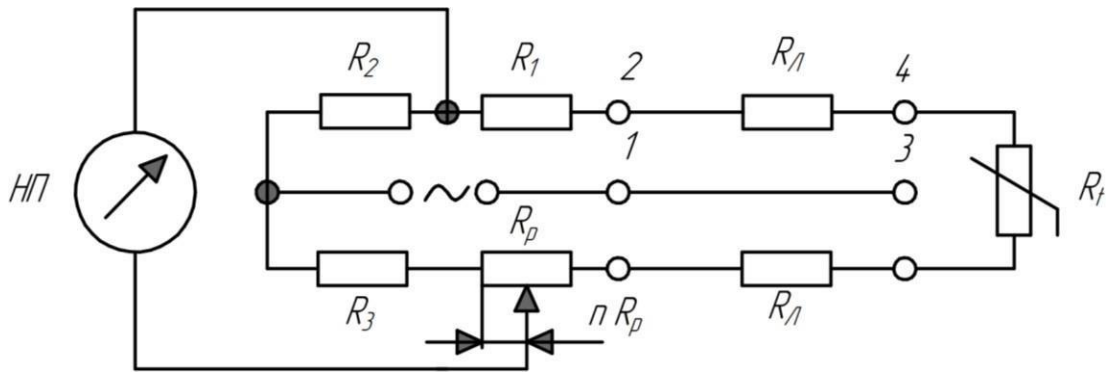


Рис. 14.3. Врівноважений міст.

Термометр опору R_t підключили до врівноваженого мосту (рис. 4.3) із допомогою з'єднувальних проводів за трипровідною схемою. Величини опорів та їх зміни залишаються такими ж, як у прикладі 4.4. Чи залишаться колишніми виміри показань мосту?

Розв'язок. Живильна діагональ підключена до затискача термометра опору, а трьохпровідникова схема підключення термометра опору, замкнена виходами 3-4.

Рівняння рівноваги моста для цього випадку має вигляд:

$$[R_2 + R_1 + (1-n) \cdot R_p] \cdot R_3 = (R_2 + R_1) \cdot (n \cdot R_p + R_t)$$

Звідки

$$n = \frac{R_t \cdot (R_2 - R_3) + (R_1 + R_p) \cdot R_2 - R_1 \cdot R_3}{R_p \cdot (R_1 + R_2 + R_3)} = 0.200$$

При зміні опору з'єднувальних проводів на $\Delta R_n = 0.50 \text{ м}$ покази врівноваженого моста будуть відповідати значенням:

$$n^* = \frac{(R_t + \Delta R_n) \cdot (R_2 - R_3) + (R_1 + R_p) \cdot R_2 - R_1 \cdot R_3}{R_p \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \Delta R_n)} = 0.20245,$$

55

тобто вони зміняться на величину

$$\Delta n = n^* - n = 0.20245 - 0.200 = 0.00245$$

Відносна похибка показань для трьохпровідної схеми включення термометра опору складе

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{0.00245}{0.200} \cdot 100\% = 1.225\%$$

Таким чином, при заданих параметрах врівноваженого моста трьохпровідна схема включення термометра опору зменшила в 4 рази відносну похибку показів, викликану вимірюванням опору з'єднувальних проводів.

Приклад 4.6.

Завдання: Металевий термоперетворювач опору встановили в газоході, футерованому вогнетривкою цеглою. Відомо, що температура термоперетворювача опору $t_T = 1420^\circ\text{C}$ температура внутрішньої стінки газоходу $t_c = 1100^\circ\text{C}$, коефіцієнт тепловіддачі від газового потоку до термоперетворювача $\alpha_k = 485 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, коефіцієнт випромінювання чохла термоперетворювача $\varepsilon_T = 0.92$. Визначте дійсну температуру газу t , вважаючи, що похибка вимірювання викликана променистим теплообміном між термоперетворювачем і внутрішньою стінкою газоходу.

Розв'язок. Абсолютна похибка вимірювання температури газу за рахунок променистого теплообміну між термоперетворювачем і внутрішньою стіною визначається рівнянням

$$\Delta t = t_T - t = \frac{\sigma_0 \cdot \varepsilon_{\text{пр}}}{\alpha_k} \cdot (T_T^4 - T_c^4) .$$

Так як площа поверхні стінки газоходу значно більше площі поверхні термоперетворювача, можна вважати, що наведений коефіцієнт випромінювання практично дорівнює коефіцієнту випромінювання термоперетворювача $\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_T$.

$$\Delta t = t_T - t = \frac{5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.92}{485} \cdot ((1420 + 273)^4 - (1100 + 273)^4) = -501^\circ\text{C} .$$

Дійсна температура газу:

$$t = t_T - \Delta t = 1420 - (-501) = 1921^\circ\text{C} .$$

Приклад 4.7.

Завдання: Металевий термоперетворювач опору встановили в газоході, який футерований вогнетривкою цеглою та навколо термоперетворювача встановлено екран. Температура стінки газоходу $t_c = 1100^\circ\text{C}$, коефіцієнт тепловіддачі від газового потоку до екрану $\alpha_k = 485 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, приведені коефіцієнти випромінювання систем «термоперетворювач - екран» і «екран – стінка газоходу» однакові і рівні $\varepsilon_{\text{пр}} = 0.92$, коефіцієнт тепловіддачі від газового потоку до термоперетворювача $\alpha_2 = 500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$, температура газу $t = 1921^\circ\text{C}$. Знайти температуру термоперетворювача опору.

Розв'язок. Похибка вимірювання, викликана променистим теплообміном між термоперетворювачем і екраном, визначається

$$\Delta t = t_T - t = \frac{\sigma_0 \cdot \varepsilon_{\text{пр}}}{\alpha_k} \cdot (T_T^4 - T_e^4) .$$

Для заданих умов температура термоперетворювача T_T , визначається методом підбору з рівнянь

$$T_T - T = - \frac{5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.92}{500} \cdot (T_T^4 - T_c^4)$$

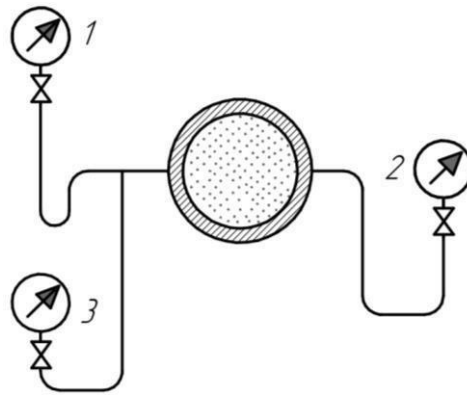
та

$$T_e - T_c = - \frac{5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.92}{485} \cdot (T_T^4 - T_e^4) + \frac{5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.92}{485} \cdot (T_e^4 - T_c^4) .$$

Остаточно знаходимо $T_T = 1859 \text{ К}$ або $T_T = 1586^\circ\text{C}$. В результаті встановлення екрану похибка вимірювання температури, викликана променевим теплообміном, зменшилася від 501°C до 335°C .

Приклад 14.8.

Завдання: На трубопроводі з водою, яка рухається під тиском $0,8 \text{ МПа}$, встановили три манометри (рисунок. 14.4). Які будуть їх показники (власними похибками манометрів нехтуємо)?



Рису. 14.4. Вимір тиску рідини в трубопроводі.

Розв'язок. Показники будуть різними, оскільки на показники манометрів впливає тиск, що створюється стовпом рідини, що заповнює імпульсну трубку. Найбільше значення тиску покаже манометр 3, найменше — манометр 1. На показник манометра 2 стовп рідини не робитиме впливу, оскільки місце відбору тиску і манометр 2 розташовані на одному рівні.

Приклад 14.9.

Завдання: Манометр, що вимірює тиск пари, встановили на 5 м нижче за точку відбору. Манометр показує $P = 5$ МПа. Середнє значення температури конденсату в імпульсній трубці $t = 60$ °С. Яке дійсне значення тиску в паропроводі?

Розв'язок. Якщо манометр встановлений нижче за паропровід, то імпульсна лінія заповнена конденсатом, і манометр показує завищені показники тиску в паропроводі на значено відношенню до гідростатичного тиску конденсату:

$$\Delta p = h \rho g = 5 \cdot 985,4 \cdot 9,8 = 48330 \text{ Па} = 0,05 \text{ МПа}.$$

Тоді дійсне значення тиску в паропроводі буде дорівнювати:

$$p_d = 5 - 0,05 = 4,95 \text{ МПа}.$$

Приклад 14.10.

Завдання: Рівень рідини у відкритому резервуарі $H_{\max}$ (рисунок 14.5) може досягати 3 м. Чи можна, для виміру рівня, гідростатичним методом застосувати мембранний дифманометр з граничним номінальним перепадом тиску $\Delta p_n = 0,04$ МПа, якщо він буде розташований нижче за мінімальний рівень на величину $h = 3$ м. Мінусова камера дифманометра сполучена з атмосферою.

Розв'язок. У такій схемі включення при $H = 0$ на дифманометр діє перепад тиску $\Delta p = 0,3$ кгс/см². При максимальній зміні рівня $H = H_{\max} = 3$ м перепад тиску зростає до $0,6$ кгс/см², що перевищує верхню межу виміру дифманометра

$\Delta p_n = 0,04$ Мпа = $0,4$ кгс/см². Отже, у вказаних умовах використовувати дифманометр не можливо. Для використання, за таких умов, дифманометра необхідне в мінусовій камері створити тиск, який дорівнює тиску в плюсовій камері при $H = 0$, а це можна зробити, якщо підключити до мінусової камери імпульсну трубку необхідної довжини, заповнену водою.

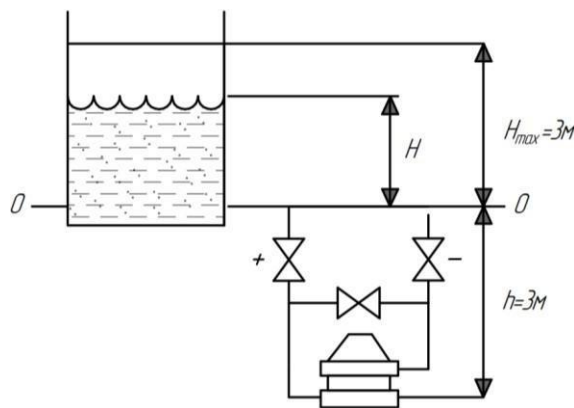


Рис. 14.5. Вимір рівня рідини у відкритому резервуарі за допомогою дифманометра.

Завдання для самостійної роботи

1. Виконати стислий конспект роботи.
2. За останньою цифрою в списку студентів групи вибрати приклад, переписати, розібрати його смисл та пояснити на захисті практичної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація фармацевтичних і біотехнологічних виробництв. Практикум : навч. посіб./ В. М. Мельник, В. П. Косова, М. В. Шафаренко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 90 с.
2. Автоматизація теплових процесів. Лабораторний практикум : навч. посіб. / В. П. Бунь, Т. Г. Баган, О. В. Степанець, Ю. І. Маріяш. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 55 с.
3. Головатюк М. О., Ярошенко Л. В. Лабораторний практикум з дисципліни «Апарати керування та захисту» : навч. посіб. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2015. 133 с.
4. Гушулей Й. М. Основи техніки: навч. посіб. Київ: Освіта, 1996. 144 с.
5. Іванчук А. В. Основи винахідницької діяльності : навч. посіб. Вінниця : ПП «ТД Едельвейс і К», 2012. 170 с.
6. Теорія автоматичного керування. Лабораторний практикум. Частина 2. Системи телекерування / В. Ш. Хісматулін, М. В. Ушаков, С. О. Змій. Харків : УДАЗТ, 2012. 100 с.
7. Туташинський В. І. Технології сучасного виробництва: навч. посіб. Київ: КОНВІ ПРІНТ, 2021. 155 с.