

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

І. М. Чуб
Г. І. Благодарна

МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології
всіх форм навчання)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

УДК 628.1:66.02(075.8)

Чуб І. М. Методи оперативного керування водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології всіх форм навчання / І. М. Чуб, Г. І. Благодарна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 97 с.

Автори :

канд. техн. наук, доц. І. М. Чуб,
канд. техн. наук, доц. Г. І. Благодарна

Рецензенти:

С. С. Душкін, професор, доктор технічних наук, професор кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод (Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова);

І. І. Капцов, доктор технічних наук, професор, заслужений працівник промисловості України, академік Української нафтогазової Академії, завідувач кафедри експлуатації газових і теплових мереж (Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол від № 1 від 02.09.2018.

Конспект лекцій складено з метою допомоги студентам будівельних спеціальностей ЗВО під час підготовки до занять, заліків та іспитів із дисципліни «Методи оперативного керування водопровідно-каналізаційних систем».

© І. М. Чуб, Г. І. Благодарна, 2025
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	5
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.1 УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ І СИСТЕМАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ.....	6
Лекція 1 Система водопостачання як об'єкт оперативного управління.....	6
1.1 Загальні уявлення про управління системами водопостачання...	6
1.2 Завдання диспетчерської служби.....	6
1.3 Структура диспетчерського управління.....	7
Лекція 2 Принципи автоматизованого управління системами водопостачання.....	10
2.1 Загальні завдання автоматизованих систем оперативного управління (АСОУ).....	10
2.2 Функції та режими функціонування АСОУ.....	10
2.3 Класифікація та види АСОУ водопостачання і їх особливості....	11
Лекція 3 Інформаційні функції систем оперативного управління процесом водопостачання.....	14
3.1 Централізований контроль і облік.....	14
3.2 Діагностика протікання технологічного процесу водопостачання.....	16
3.3 Забезпечення диспетчера оперативного інформацією.....	17
Лекція 4 Оперативне керування системами водопостачання в аварійних ситуаціях.....	19
4.1 Класифікація аварійних ситуацій.....	19
4.2 Аварійні ситуації на мережі водопроводу.....	20
4.3 Аварійні ситуації на спорудах.....	20
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ.....	23
Лекція 5 Системи управління технологічними процесами.....	23
5.1 Управління технологічним процесом.....	23
5.2 Локальні системи автоматизації.....	24
5.3 Автоматизовані системи управління технологічними процесами.....	24
5.4 Сучасні системи управління виробництвом.....	25
5.5 Державна система приладів та засобів автоматизації.....	28
Лекція 6 Технічні засоби автоматизації. Характеристики вимірювальних приладів.....	29
6.1 Методи вимірювання.....	29
6.2 Засоби вимірювання.....	29
Лекція 7 Вимірювання температури.....	31
Лекція 8 Вимірювання тиску.....	40
8.1 Рідинні манометри.....	40
8.2 Деформаційні манометри.....	41

Лекція 9 Вимірювання рівня, витрат та кількості речовин.....	45
9.1 Вимірювання рівня.....	45
Лекція 10 Контроль фізичних властивостей та якісних параметрів питних і стічних вод.....	48
10.1 Вимірювання концентрації складу рідини.....	48
Лекція 11 Керувальні та регулювальні пристрої автоматичних систем регулювання та управління.....	56
11.1 Функціональні елементи автоматичних регуляторів.....	56
11.2 Агрегатні комплекси технічних засобів автоматизації.....	58
11.3 Виконавчі механізми та регулювальні органи.....	59
11.4 Мікропроцесорні засоби автоматизації.....	61
11.5 Мікропроцесорний регулятор «МІКРОЛ».....	65
11.6 Багатоканальний реєстратор РМТ.....	66
Лекція 12 Автоматизація технологічних процесів у системах водовідведення.....	69
12.1 Автоматизація процесів механічного очищення стічних вод.....	69
12.2 Автоматизація процесів фізико-хімічного очищення стічних вод.....	71
12.3 Автоматизація процесів біологічного очищення стічних вод.....	72
12.4 Автоматизація процесу зброджування осадів стічних вод.....	74
12.5 Автоматизація процесу механічного зневоднення осадів.....	75
Лекція 13 Автоматизація процесу коагуляції природних вод.....	81
Лекція 14 Автоматизація насосних станцій.....	85
14.1 Схема автоматичного контролю рівнів води у всмоктувальних відділеннях водозабору.....	87
14.2 Схема автоматичного регулювання температури підшипників насосів.....	89
Список використаних джерел.....	96

ВСТУП

У комплексі містобудування інженерне обладнання населених місць виступає одним з найважливіших компонентів і включає системи теплопостачання, електропостачання, водопостачання, водовідведення, газопостачання. Завдяки ефективній роботі цих систем забезпечуються потреби населення в комфортному проживанні, роботі й відпочинку.

Зі зростом населення в містах гостро стоїть питання збільшення житлової площі шляхом будівництва нових житлових масивів та мікрорайонів. В зв'язку з цим зростає і необхідність у розробці систем забезпечення. Також на сьогоднішній день існує безліч житлових комплексів, які потребують модернізації подекуди всіх систем водо- та енергозабезпечення у зв'язку із великим строком експлуатації, що в будь-який момент може призвести до виходу з ладу обладнання.

Дисципліна «Методи оперативного керування водопровідно-каналізаційних систем» знайомить студентів з перспективними засобами автоматизації, принципами організації централізованого диспетчерського управління, вивчає питання оперативного управління системами розподілу води, насосними станціями систем водопостачання та водовідведення, очисними спорудами водопідготовки в різних реальних ситуаціях.

Дана дисципліна розкриває великі перспективи у напрямку створення автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами водопідготовки.

Головним завданням при розробці систем інженерного обладнання, що відповідає вимогам комфортності в різних природно-кліматичних умовах, є виявлення резервів економії водних і паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням вимог раціонального природокористування.

Метою вивчення дисципліни є формування у майбутніх фахівців знань і вмінь використання методів управління системами водопостачання, водовідведення із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.1 УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ І СИСТЕМАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ЛЕКЦІЯ 1 СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК ОБ'ЄКТ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ

1.1 Загальні уявлення про управління системами водопостачання

Системи водопостачання і водовідведення є одними з найважливіших чинників забезпечення життєдіяльності людини в сучасних умовах і разом з електро- і газопостачанням визначають рівень розвитку суспільства.

В управлінні системами водопостачання виділяють три види управління: адміністративно – господарське, технічне і оперативне. В даному курсі лекцій розглядається, в основному, останній вид управління – оперативне. Оперативне управління часто називають диспетчерським, оскільки воно реалізується за допомогою спеціальної диспетчерської служби.

Далі розглянуті організаційна структура, завдання, функції, технічні засоби і інші аспекти забезпечення диспетчерського управління системами водопостачання.

Диспетчерське управління – це централізоване управління режимами системи водопостачання, здійснюване вищим оперативним керівником системи – диспетчером. Диспетчерське управління проводиться безперервно.

Управління режимами системи водопостачання.

Функціонуючою системою водопостачання можна управляти двома способами:

1. Відключити (включити) який-небудь елемент системи – насосну станцію, насосний агрегат, водовод, споживача води.

2. Змінити деякі параметри режиму – тиск на виході насосної станції і на мережах, витрату води на насосній станції і на мережах, рівень води в резервуарах і ін.

При оперативному управлінні системами водопостачання виділяються ситуативна і часова ієрархії. Потреба в часовій ієрархії пов'язана з необхідністю виділення різних по тривалості відрізків часу при плануванні розвитку і режимів системи водопостачання. Виділяють два часові рівні – планування режимів системи і оперативне управління, що забезпечує виконання планових режимів.

Ситуативна ієрархія виділяє три ранги управління – нормальний, аварійний і післяаварійний режими.

1.2 Завдання диспетчерської служби

Головне завдання диспетчерського управління – це розробка режимів системи водопостачання і їх оперативне ведення. Розроблені режими повинні забезпечити безперебійне постачання споживачів водою при стандартній її якості і бути максимально економічними для системи.

Завдання управління системами водопостачання достатньо різноманітні. До їх числа входять:

- підтримка напорів і витрат води на насосних станціях і в мережі;
- підтримка рівнів води в резервуарах;
- прогноз добових графіків споживання води;
- оптимальне планування режиму на майбутній період;
- аналіз відхилень поточного режиму від планового, корекція і оптимізація режимів;
- ведення диспетчерської документації;
- інші.

Більшість цих завдань є складними оптимізаційними задачами. Для їх вирішення застосовуються математичні моделі керованих процесів. Управління проводиться за допомогою ЕОМ.

Організація диспетчерської служби. Комплекс інженерних споруд, що виконують завдання забезпечення водою різних споживачів, називають **системою водопостачання**. Централізована система водопостачання повинна забезпечувати прийом води з джерела, її очищення, якщо це необхідно, і подачу споживачу. З цією метою в систему водопостачання включаються наступні елементи:

- 1) водоприймальні споруди;
- 2) насосні станції;
- 3) споруди для очищення води;
- 4) запасні і регулюючі ємності;
- 5) водоводи і розподільні мережі.

Головним завданням експлуатації систем водопостачання є:

- 1) забезпечення безперебійної подачі води споживачам у необхідній кількості і під достатнім напором;
- 2) забезпечення належної якості води;
- 3) забезпечення оптимальних режимів роботи всіх елементів системи в цілях високої економічної ефективності.

Незважаючи на різноманітність умов роботи, будь-яка система водопостачання працює як єдине ціле і має потребу як в організаційно-адміністративному, так і в оперативному управлінні. Оперативне управління системою водопостачання покладається на диспетчерську службу.

1.3 Структура диспетчерського управління

Метою діяльності диспетчерської служби є встановлення найбільш економічного режиму роботи устаткування, що забезпечує безперебійну роботу водопроводу в ув'язці з графіком подачі води. Для досягнення вказаної мети диспетчерська служба вирішує наступні основні задачі:

- узгодження роботи всіх споруд з роботою мережі;
- санкціонування відключення устаткування і ділянок мережі для виконання ремонту;
- керівництво локалізацією і ліквідацією аварій;

- нагляд за засобами автоматики, телемеханіки і зв'язку;
- оперативна зміна графіків роботи системи;
- складання технічної звітності.

Диспетчерська служба виявляє основні якісні і кількісні показники роботи системи водопостачання, координує санітарний контроль за роботою споруд. В обов'язки диспетчера входить вирішення всіх оперативних питань, пов'язаних із забезпеченням надійності, безперебійності і економічності роботи споруд, цехів і всієї системи загалом.

Раціональна організація структури диспетчерського управління створюється з урахуванням технологічного взаємозв'язку водопровідних споруд, їх територіального розташування, вживаної стратегії оперативного управління, а також технічних можливостей сучасних засобів збору і передачі інформації.

У сучасних умовах, як правило, створюється двоступінчата диспетчерська служба, але може мати місце і одноступінчата (зазвичай в малих містах) або треступінчата (у найбільших містах). Організаційна структура диспетчерського управління представлена на рисунку 1.1

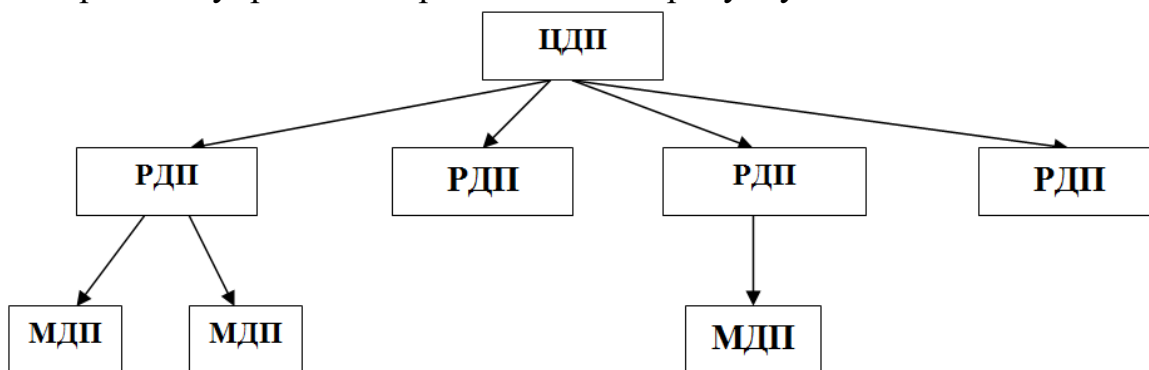


Рисунок 1.1 – Організаційна структура диспетчерського управління:

ЦДП – центральний диспетчерський пункт. РДП – районний диспетчерський пункт. МДП – місцевий диспетчерський пункт.

Диспетчеру ЦДП функціонально підпорядковані диспетчери РДП і МДП.

РДП здійснює безперервний контроль і управління технологічним процесом на групі водопровідних споруд (водопровідні станції, групи свердловин і т.д.), збір і попередню обробку даних про технологічні параметри і стан устаткування, виявлення аварій і управління в цих умовах. Диспетчер РДП підтримує зв'язок з диспетчером ЦДП і керує диспетчером МДП.

МДП призначений для управління найбільш складними технологічними об'єктами (цехом фільтрів, насосною станцією і т.п.), що входять до складу групи споруд. МДП є нижнім ступенем системи диспетчерського управління і забезпечує управління там, де немає можливості обійтися без чергового персоналу. По суті, функції оператора МДП аналогічні функціям РДП стосовно контролюваного ним об'єкту. Оператор МДП функціонально підпорядкований диспетчеру РДП, виконує його вказівки по управлінню і передає йому інформацію. МДП оснащується приладами контролю, апаратурою дистанційного керування устаткуванням і сигналізацією його стану.

До складу диспетчерської служби входять:

- оперативна група змінних диспетчерів;
- група профілактичного огляду обладнання споруд;
- група профілактичного огляду обладнання мережі;
- аварійна бригада;
- група автоматики, телемеханіки і зв'язку.

Наявність і штати вказаних груп і бригад залежать від потужності і розмірів системи, кількості споруд і протяжності мережі.

Технічне забезпечення диспетчерських служб. Для здійснення безперервного контролю і управління системою водопостачання найширше застосовуються засоби телефонного і радіо зв'язку. За допомогою телефонів, як правило здійснюється зв'язок з диспетчерами МДП. Радіозв'язок забезпечує постійний контакт з аварійно – відновними бригадами. Для оперативного управління ЦДП забезпечується спеціальним автомобільним транспортом.

Контрольні запитання:

1. Поняття диспетчерського управління (ДУ). Функції і завдання ДУ.
2. Організація диспетчерської служби. Структура ДУ.
3. Загальні завдання і функції АСОУ
4. Види АСОУ водопостачання та їх особливості.
5. Централізований контроль і облік технологічних параметрів, і забезпечення диспетчера оперативною інформацією.

ЛЕКЦІЯ 2 ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1 Загальні завдання автоматизованих систем оперативного управління (АСОУ)

Системи водопостачання є дуже складним комплексом взаємозв'язаних і взаємозалежних споруд. Тому для таких систем вимагається створення автоматичного управління на всіх водопровідних спорудах.

Рекомендований ступінь і способи автоматизації елементів водопроводу залежать від конкретних особливостей об'єкту. Визнано доцільним створення локальних автоматизованих систем управління (АСУ) окремими технологічними спорудами (водозаборами, насосними станціями), систем диспетчерського управління з дистанційним і телемеханічним контролем, а також автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) водопостачання. При цьому АСУТП – це вищий етап автоматизації системи диспетчерського управління, створюваний на базі використання ЕОМ, апаратури телемеханіки, засобів зв'язку і пристроїв локальної автоматики.

АСОУ вирішують наступні задачі:

- отримання інформації від встановлених на водопровідних спорудах датчиків про витрати, тиск, рівні і інші параметри;
- передача одержаної інформації в диспетчерський пункт;
- обробка одержаної інформації за допомогою ЕОМ для вибору оптимальних режимів роботи технологічного устаткування;
- видача результатів розрахунків диспетчеру або безпосередньо виконавчим механізмам, що керують роботою насосів, засувок і інших пристроїв.

Важлива роль в оперативному управлінні належить людині. Вона сприймає інформацію і результати її обробки, ухвалює остаточні рішення по вибору керуючих дій і віддає команди на їх реалізацію. Тому в число завдань, що вирішуються АСОУ, входять зручне представлення контролюючих параметрів, видача графіків, розрахунок техніко-економічних показників і т.д.

В якості критерія оптимального управління в АСУТП застосовується мінімум собівартості подаваної води за умови забезпечення її належної якості і задоволення потреб всіх споживачів.

2.2 Функції та режими функціонування АСОУ

Функції автоматизованих систем оперативного управління можна розділити на керівні, інформаційні і допоміжні.

До керівних функцій відносяться:

- регулювання або стабілізація окремих технологічних параметрів (наприклад, тиск в диктуючих точках водопровідної мережі);
- оптимальне управління технологічними процесами, тобто режимами роботи насосних станцій, очисних споруд і т.д.

До складу інформаційних функцій входять:

- централізований контроль і облік технологічних параметрів;
- обчислення техніко-економічних параметрів (наприклад, питома витрата електроенергії);
- формування і видача даних диспетчеру;
- узагальнена оцінка стану технологічних об'єктів;
- підготовка і передача інформації в організаційно-економічну систему управління підприємствами водопостачання.

Допоміжні функції включають рішення внутрісистемних задач контролю за станом технічних засобів, зберігання інформації і т.д.

Функції АСУ взагалі можуть виконуватись в автоматизованому (за участю людини) або автоматичному (без участі людини) режимах. Для АСОУ водопостачання характерний автоматизований режим реалізації функцій, при якому комплекс технічних засобів автоматично представляє оперативному персоналу інформацію, а вибір і здійснення керівних дій проводить людина – диспетчер.

Слід зазначити, що на перших етапах створення АСОУ можливий не автоматичний, а автоматизований режим реалізації інформаційних функцій, коли людина бере участь в операціях по отриманню і обробці інформації, тобто здійснюється передача даних від окремих об'єктів по телефону і ручне введення їх в ЕОМ.

При подальшому розвитку АСОУ передбачається режим «порадника диспетчера», при якому комплекс технічних засобів виробляє рекомендації по управлінню, а рішення по їх використанню ухвалюється і реалізується диспетчером.

Перспективним напрямом розвитку автоматизованого управління є діалоговий режим, при якому оперативний персонал бере участь у виробітку рекомендацій по оптимальному управлінню, має можливість коректувати умови завдання і навіть їх постановку.

2.3 Класифікація та види АСОУ водопостачання і їх особливості

Для окремих груп водопровідних споруд (група артезіанських свердловин, що працюють на РЧВ, цех фільтрів і ін.) можуть створюватися АСОУ з автоматичним режимом реалізації керівних функцій. При цьому можливий режим непрямого управління (коли керівні дії змінюють установки регуляторів) або режим прямого цифрового управління (коли керівні дії направлені безпосередньо на виконавчий механізм). При автоматичному режимі реалізація функцій АСОУ здійснюється без участі людини.

Виходячи з викладеного вище, АСОУ водопостачання по типу функціонування можна класифікувати на такі групи:

- 1) інформаційні системи, що здійснюють автоматичний збір і обробку технологічної інформації; рішення по управлінню ухвалює і реалізує диспетчер;
- 2) локально-автоматичні системи, в яких автоматично виконуються інформаційні функції, а також функції локального управління окремими

об'єктами; рішення по управлінню технологічним процесом в цілому приймає і реалізує диспетчер;

3) системи – порадики, які автоматично виконують інформаційні функції і формують поради диспетчеру по вибору керівних дій;

4) автоматичні системи, в яких всі функції (і інформаційні і керівні) виконуються автоматично, а диспетчер здійснює нагляд за ходом технологічного процесу і втручається в управління тільки у разі потреби.

Відзначимо, що автоматизація технологічних об'єктів, як правило, упроваджується поетапно і розвивається шляхом нарощування нових функцій управління, підвищення ступеня автоматизації об'єктів, вдосконалення технічних засобів контролю і управління. При цьому АСОУ проходять шлях від систем інформаційного типу до автоматичних систем.

Про діючі зараз системи оперативного управління слід сказати, що вони є в основному інформаційними системами з окремими елементами систем-порадників або автоматичних систем.

Перераховані вище системи управління можуть створюватися як для водопроводу в цілому, так і для окремих груп водопровідних споруд.

Склад споруд і структура кожної конкретної системи водопостачання залежать від характеру джерела і якості води в ньому, а також характеристик водоспоживача (об'єм споживаної води, вимоги до якості води, рельєф місцевості, протяжність, віддаленість від джерела). Як правило, споруди по підйому і очищенню води мають типову структуру, показану на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Типова структура споруд підйому і очищення води:

- 1 – водозабір; 2 – насосна станція I підйому; 3 – очисна станція;
4 – резервуари чистої води; 5 – насосна станція II підйому

А ось структури споруд подачі і розподілу води (ПРВ) вельми різноманітні. Вони створюються індивідуально для кожного міста. Проте для переважної більшості споруд ПРВ можна виділити характерні елементи, поєднання яких дає структуру найскладніших систем ПРВ, а саме:

- 1) одна насосна станція працює на мережу або ізольовану зону мережі;
- 2) декілька насосних станцій подають воду в мережу або ізольовану зону мережі;

3) декілька окремо розташованих артезіанських свердловин подають воду в мережу;

4) насосна станція подає воду в мережу через напірний резервуар. При цьому можливі два варіанти:

а) вода подається від насосної станції в резервуар, а з нього самопливом потрапляє в мережу;

б) напірний резервуар використовується як регулююча ємність:

- 1) насосна станція подає воду в мережу з контррезервуаром;

2) на мережі є один або декілька вузлів регулювання, кожний з яких включає безнапірний резервуар з підкачуючою насосною станцією. Ця структура може бути зведена до схеми 2 в режимі максимального водоспоживання і до схеми 5 в режимі заповнення резервуару (транзит);

3) складні структури ПРВ, що включають будь-які комбінації описаних вище схем.

У ряді випадків (для групових систем водопостачання) до складу об'єктів водопостачання входять споруди дальнього транспорту води, а саме: насосні станції перекачки, водоводи, резервуари. Вони призначені для транспортування води від джерел водопостачання до міст-споживачів.

З урахуванням перерахованих особливостей технологічних споруд водопостачання і рівня організаційно-виробничої підлеглості управління можна виділити наступні види АСОУ водопостачання:

- 1) АСУ нижнього рівня;
- 2) АСУ середнього рівня;
- 3) АСУ верхнього рівня.

До АСУ нижнього рівня відносяться системи, що здійснюють управління окремими групами водопровідних споруд:

- АСУ підйому води (управління групами артезіанських свердловин, насосними станціями I підйому);
- АСУ очищення води;
- АСУ ПРВ;
- АСУ дальнього транспорту води.

Необхідно відзначити, що автоматизації в основному піддаються системи ПРВ і дальнього транспорту. Причини тому наступні:

1) відносна стабільність роботи очисних споруд ($K_{\text{год}} = 1$, якість води по сезонам відносно постійна);

2) відсутність датчиків для поточного контролю більшості фізико-хімічних параметрів, необхідних для управління очисними спорудами.

Більшість токсикологічних і санітарно-гігієнічних показників визначаються зараз в лабораторії аналітичними методами. Тому в даний час можлива лише автоматизація окремих процесів (дозування реагентів, промивка фільтрів і т.п.) і контролю за технологічними параметрами, для яких є датчики: витрата води, рівень, рН, стан устаткування, витрата реагентів.

Системи середнього рівня створюються на водопровідних підприємствах міст і групових систем водопостачання і включають різні системи нижнього рівня (залежно від складу технологічних споруд). Вони здійснюють координацію роботи всіх об'єктів водопостачання.

До систем управління верхнього рівня відносяться регіональні системи управління водопостачанням, що включають АСУ групових і міських систем водопостачання, а також системи диспетчерського управління водопостачанням середніх і малих міст. Регіональні АСУ забезпечують централізоване виконання розрахунків оптимальних режимів роботи водопроводів для типових умов експлуатації.

Контрольні запитання:

1. Діагностика протікання технологічного процесу водопостачання (вибір диктує точки).
2. Що є головним завданням автоматизованих систем оперативного управління (АСОУ).
3. Охарактеризуйте інформаційні функції автоматизованих систем оперативного управління
4. Охарактеризуйте види АСОУ водопостачання та їх особливості.
5. Етапи створення АСОУ.

ЛЕКЦІЯ 3 ІНФОРМАЦІЙНІ ФУНКЦІЇ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Централізований контроль і облік

Основою для реалізації оптимального оперативного управління водопроводом в цілому і його окремими елементами є інформаційні функції АСУТП і перш за все – централізований контроль і облік технологічних параметрів і стану устаткування.

На водозабірних спорудах, насосних станціях, в резервуарах, водоводах і водопровідній мережі контролюється цілий ряд параметрів. А саме:

- 1) на водозабірних спорудах поверхневих вод:
 - рівень води у водоймищі і водоприймальному колодязі;
 - перепад тиску на сітках, що обертаються.
- 2) на водозаборах підземних вод:
 - температура повітря в наземному павільйоні і заглибленій камері;
 - витрата води свердловини (або іншої споруди);
 - аварійний рівень води в свердловинах і приймальних колодязях (якщо вони є);
 - тиск в напірному трубопроводі на кожній свердловині;
 - відкриття дверей.
- 3) у насосних станціях:
 - тиск в напірних водоводах;
 - витрата води по кожному водоводу;
 - тиск на виході з кожного насосного агрегату;
 - вакуум на всмоктуючих лініях насосів і у вакуум-установках;
 - рівень води в резервуарах;
 - рівень води в дренажних приямках;
 - температура підшипників насосних агрегатів;
 - температура в приміщеннях насосних станцій;
 - рівень води у вакуум-котлі;
 - аварійний рівень затоплення машинного залу.

4) у водоводах, водопровідній мережі і резервуарах:

- тиск і витрата води у водоводах;
- аварійне пошкодження водоводів;
- тиск в контрольованих точках водопровідної мережі;
- витрата води на окремих відповідальних ділянках магістральної водопровідної мережі;
- рівень води в резервуарах і водонапірних баштах;
- витрата води у водоводах, що підключають башти і резервуари.

Більшість названих параметрів служать для контролю за окремими показниками і використовуються на місцевому рівні. Диспетчеру ж передаються найбільш важливі показники, що характеризують роботу устаткування і споруд:

- 1) миттєва і інтегральна подача води по водоводам;
- 2) витрата активної і реактивної потужності;
- 3) струм електродвигунів насосних агрегатів;
- 4) рівень води в резервуарах;
- 5) величина залишкового хлора у воді;
- 6) тиск води в напірних водоводах;
- 7) сигналізація стану насосних агрегатів;
- 8) сигналізація положення регульованих засувок;
- 9) аварійна сигналізація.

У комплекс централізованого контролю і обліку входять наступні завдання, що вирішуються за допомогою ЕОМ:

1) безперервні, періодичні і (або) по виклику вимірювання, оперативне віддзеркалення і реєстрація технологічних параметрів і показників стану устаткування;

2) виявлення, оперативне відображення, реєстрація і сигналізація відхилень технологічних параметрів і показників стану устаткування від заданих значень (або положень);

3) контроль, оперативне відображення, реєстрація і сигналізація спрацьовування блокувань і захисту;

4) оперативне відображення і реєстрація результатів математичних і логічних операцій, що виконуються комплексом технічних засобів системи.

Комплекс технічних засобів системи забезпечує організацію періодичного опитування стану датчиків, прийом інформації і її обробку за допомогою ЕОМ. При прийомі інформації контролюється її достовірність, а у разі невірності слідує повторне опитування відповідного датчика. У разі непрацездатності яких-небудь датчиків комплекс технічних засобів видає диспетчеру відповідну інформацію.

3.2 Діагностика протікання технологічного процесу водопостачання

В автоматизованих системах оперативного управління водопостачанням ряд технологічних параметрів може отримуватись на основі непрямих вимірювань і обчислень, вироблюваних за допомогою ЕОМ. Непрямі вимірювання і розрахунки технологічних параметрів менш точні, чим безпосередні виміри і проводяться для отримання необхідної диспетчеру інформації у разі відсутності яких-небудь датчиків, або у разі виходу їх з ладу. Як правило, непрямі розрахунки необхідні для обчислення інтегральних показників. Таких як:

- 1) споживання електроенергії по спорудам;
- 2) кількість поданої насосної станцією води;
- 3) витрата реагентів по спорудам.

На перших етапах створення і впровадження АСУТП частина необхідної оперативної інформації збирається операторами відповідних споруд в неавтоматизованому режимі, тобто шляхом прочитування показань приладів і передачі їх диспетчеру телефоном. Як правило, в режимі «ручного введення» реалізуються наступні функції:

- 1) прийом добового графіка роботи об'єкту;
- 2) прийом відомості перемикачів і ремонтів насосних агрегатів;
- 3) прийом годинних інтегральних показників роботи об'єкту;
- 4) прийом планових показників роботи об'єкту;
- 5) прийом інформації про дози реагентів.

Оперативне управління технологічними процесами водопостачання здійснюється по відхиленням вихідних параметрів від заданих меж. Процеси подачі і розподілу води можуть характеризуватися тиском в контрольованих точках водопровідної мережі. В умовах АСУТП доцільно, щоб збиралася від датчиків інформація про тиск в мережі автоматично аналізувалася з метою видачі диспетчеру сигналів про виникнення відхилень, що вимагають його втручання. Для прикладу розглянемо алгоритм аналізу тиску в контрольованих точках з метою вибору диктуючої точки. Він зводиться до наступного. Значення тиску в контрольованих точках водопровідної мережі поступають в ЕОМ, де здійснюється їх порівняння з допустимими межами. Якщо зміряні значення в i -й точці H_i більше H_i^{\max} або менше H_i^{\min} , то визначається знак відхилення, тобто

$$\Delta H_i = (H_i - H_i^{\max}) > 0 \text{ або } \Delta H_i = (H_i - H_i^{\min}) < 0 \quad (3.1)$$

Одночасно визначаються тривалість і монотонність відхилень (тобто: чи має на певному часовому інтервалі відхилення H_i один і той же знак). Ініціативний сигнал для оперативного управління виробляється у тому випадку, коли величина монотонних відхилень H_i і їх тривалість більше заданих значень. Короткочасні зміни тиску в диктуючих точках, викликані коливаннями водоспоживання (або іншими причинами) не потребують втручання диспетчера.

Наступним етапом аналізу тиску є вибір диктуючої точки з числа контрольованих точок мережі. Тут можливі три варіанти:

1. Монотонні і тривалі відхилення тиску $H_i > 0$, тобто коли тиск в одній або декількох контрольованих точках більше $H_{i\max}$. Як диктуючу для кожного інтервалу часу слід прийняти точку з найменшим відхиленням H_i , а величину $(\Delta H_i + H_i^{\max} - H_i^{\min})$ вважати величиною коректуючої дії. Таке рішення обумовлено необхідністю зниження тиску у всіх контрольованих точках мережі, причому це зниження не повинне привести до того, щоб H_i стало менше необхідного значення.

2. Монотонні і тривалі відхилення тиску $H_i < 0$, тобто в одній або декількох точках мережі тиск менше потрібного: $H_i < H_i^{\min}$. В цьому випадку за диктуючу приймається точка з найбільшим по величині відхиленням, тобто з найменшим тиском. Виходячи з необхідності забезпечити в мережі тиски, не менші потрібних, як коректуючу слід прийняти величину $H_i + H_i^{\max} - H_i^{\min}$.

3. Монотонні і тривалі відхилення тиску, причому в одних точках $H_i > 0$, а в інших – $H_i < 0$. В цьому випадку з необхідності забезпечення надійного водопостачання диктуючою приймається точка з найменшим тиском, тобто з найбільшим негативним відхиленням $H_i < 0$. Коректуючою дією також слід рахувати величину $H_i + H_i^{\max} - H_i^{\min}$. Проте треба мати на увазі, що така ситуація вимагає детального аналізу поточкорозподілення в мережі і виявлення необхідності і доцільності розділення її на дві зони живлення. Причиною такого положення може бути також і аварія.

3.3 Забезпечення диспетчера оперативною інформацією

Для оцінки ходу технологічного процесу водопостачання диспетчеру необхідний також ряд техніко-економічних показників, що характеризують економічність роботи споруд, запаси води в резервуарах тощо. Це наступні показники:

- 1) фактичні питомі витрати електроенергії;
- 2) кількість поданої води;
- 3) фактична собівартість води;
- 4) фактичні питомі витрати реагентів;
- 5) запаси води в резервуарах і водосховищах;
- 6) питома водоспоживання на одну людину;
- 7) питома витрата води на власні потреби.

Початковою інформацією для цих розрахунків служать дані, занесені в пам'ять ЕОМ за результатами рішення задач обліку. Вихідна інформація необхідна диспетчеру для оцінки якості експлуатації і виявлення причин втрат води, неекономічної роботи насосів, а також для оцінки можливостей покриття «пікових» періодів водоспоживання.

Оперативна інформація про роботу технологічних споруд, зібрана за допомогою засобів телемеханіки або така, що передається диспетчеру телефоном, а також результати непрямих вимірювань або розрахунку техніко-економічних показників повинні бути представлені диспетчеру в

зручній формі. Це може бути набір необхідних показників, режимний лист, діаграми, умовні схеми технологічного об'єкту або його часті і т.п.

До характерних повідомлень, що видаються на відеомонітор для диспетчера, відносяться наступні:

1) показання датчиків поточного вимірювання по певній споруді (з вказівкою дати і часу видачі довідки);

2) довідка про стан насосних агрегатів (включений, вимкнений, в ремонті);

3) довідка про запас води в резервуарах;

4) перелік сигналів, прийнятих від даного об'єкту за поточну (або минулу) добу;

5) перелік параметрів, що вийшли за задані межі;

6) довідки про несправні датчики;

7) графіки погодинного коливання водоподачі протягом доби;

8) графік погодинного зміни напорів в диктуючих точках мережі.

Зібрана і та, що зберігається в ЕОМ, інформація дозволяє готувати і видавати диспетчеру і керівництву підприємства водопостачання наступні довідки і звіти:

- про виконання виробничої програми за добу, за місяць;
- про витрату електроенергії за добу, за місяць;
- про роботу устаткування і необхідність його ремонту;
- про витрату і рух реагентів.

Контрольні запитання:

1. Які параметри контролюються на водозабірних спорудах.

2. Які параметри контролюються на насосних станціях.

3. Які параметри контролюються в резервуарах, водоводах і водопровідній мережі.

4. Які найбільш важливі показники, що характеризують роботу устаткування і споруд, передаються диспетчеру.

5. Які завдання, що вирішуються за допомогою ЕОМ, входять у комплекс централізованого контролю і обліку.

6. Як здійснюються контроль технологічних параметрів на об'єктах водопостачання.

ЛЕКЦІЯ 4 ОПЕРАТИВНЕ КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Класифікація аварійних ситуацій

Аналіз технічного стану основних фондів підприємств водопровідно – каналізаційного господарства України показує, що за період з 1985 р. до 2000 р. кількість аварійних водопровідних мереж збільшилася з 3,3 тис. км до 17,1 тис км, а на початок 2005 р. складає більш 20 тис. км.; насосне устаткування, що вимагає заміни відповідно з 891 од. до 3 523 од. і на початок 2005 р. – більш 4 500 од. Спостерігаючи таку динаміку нескладно дійти висновку про те, що диспетчерським службам і всьому експлуатаційному персоналу підприємств ВКГ доводиться все більше і більше працювати в аварійно-відновних режимах.

Аварійні ситуації (АС) в системах водопостачання можна розділити на два види:

- АС на спорудах – водозаборах, очисних спорудах, насосних станціях;
- АС на мережах водопостачання.

Характерною особливістю АС першого виду є, як правило, локальний характер аварії з незначним впливом на всю систему подачі і розподілу води.

До АС першого виду відносяться: відмова насосного агрегату, обумовлена неполадками в подачі електроживлення, перегрівом підшипників, відмовою запірно-регулюючої арматури (ЗРА) на насосній станції; вихід з ладу очисного устаткування і ін. Мінімізація втрат в таких ситуаціях для всієї системи подачі і розподілу води досягається введенням в роботу резервного устаткування, включенням в роботу дублюючих схем подачі води на очисні споруди, перерозподілом навантаження на системи очищення води тощо.

До цього ж виду АС слід віднести і аварії, що виникають на внутрішньоквартальних мережах водопостачання.

Локалізуються і усуваються такі АС силами диспетчерських служб нижньої ланки управління і персоналом, обслуговуючим споруди і мережі.

До другого виду АС слід віднести аварії, що виникають на мережах водопостачання – на крупних магістральних і вуличних водоводах великих діаметрів. Причинами таких АС можуть бути розриви трубопроводів, пошкодження трубопроводів іншими міськими службами (енергомережі, теплові мережі, телефонні мережі і ін.).

Як правило, такі аварії зачіпають життєві інтереси значного числа споживачів і при локалізації і усуненні наслідків таких АС необхідно провести ряд великих організаційно – технічних заходів, які виконуються силами центральних диспетчерських служб, керівництва підприємства, міських властей.

4.2 Аварійні ситуації на мережі водопроводу

Розглянемо порядок і види робіт, що виконуються центральною диспетчерською службою при локалізації і ліквідації аварій на мережах водопроводу. Він наступний:

- оцінка масштабів АС;
- організація локалізації аварії: ЦДС керує перекриттям головної ЗРА і контролює перекриття другорядних водоводів, яке виконують експлуатаційні бригади;
- оповіщення керівництва підприємства і, при необхідності, інших міських служб;
- організація аварійно-відновних робіт (забезпечення технікою, персоналом);
- оповіщення населення і підприємств – споживачів води про виниклу аварійну ситуацію;
- забезпечення населення водою по альтернативним варіантам (наприклад, підвезення води на спеціальних машинах).

Залежно від масштабів АС роботи по їх ліквідації можуть займати значні проміжки часу.

Одним з найбільш відповідальних періодів по ліквідації АС є вихід на нормальний режим роботи мережі. Основними видами робіт по оперативному управлінню є:

- відновлення первинного (доаварійного) стану запірно-регулюючої арматури на мережах (випуски, засувки, вантузи);
- контроль заповнення водоводів по напорам в диктуючих точках;
- управління режимами насосних станцій для досягнення необхідного тиску в мережі;
- контроль поповнення резерву води;
- вихід на нормальний режим функціонування.

4.3 Аварійні ситуації на спорудах

Як показує практика, особливі складності створюють аварії на головних магістральних мережах систем водопостачання, які приводять до серйозних техногенних наслідків, на тривалий час порушуючи водопостачання частини територій міста, залишаючи без води населення. Значний негативний вплив на технічний стан водогінних мереж і споруд мають будівництво та ремонт доріг з відхиленням від проектних рішень. Збільшення динамічних навантажень на водопровідну лінію або споруди в сполученні з порушеннями вимог з їх прокладання приводить до виникнення аварійних ситуацій.

Для оцінки порушень у роботі мереж водопроводу проведений статистичний аналіз більше 3 000 аварій який показав, що 77 % з них доводиться на чавунні труби, що становлять 2/3 всієї довжини трубопровідних мереж, причому 41 % пов'язаний з розривом швів та 44 % – з деформацією ґрунту.

Аналіз причин аварій на трубопроводах показав, що причиною розривів швів у більшості випадків є гідравлічний удар, а причиною утворення наскрізних отворів – корозія матеріалу труб (85 %). У той же час основною причиною розламів і тріщин у трубопроводах є деформація ґрунту. Аналіз ушкоджень, пов'язаних з гідравлічним ударом, показав, що в основному аварії цього виду відбуваються на трубопроводах малого (до 300 мм) діаметра.

Згідно зі статистичними даними, аварії на трубах великого діаметра (1 000–1 200 мм) відбуваються рідше, ніж на трубах середнього діаметра. Проте, аварії на трубах великого діаметра, завдають більшої шкоди безпеці роботи системі водопостачання. Ушкодження дорожніх покриттів, розмиви, пошкодження інженерних комунікацій, що проходять поруч, більші втрати води, створюють додаткові складності в локалізації ушкоджених ділянок і приводять до порушення водопостачання. Як правило, експлуатаційні терміни відновлення таких трубопроводів не витримуються. З ушкоджень, пов'язаних з корозією матеріалу труб, основна частина доводиться на сталеві труби, прокладені більше 20 років тому. Слід зазначити, що трубопроводи, прокладені в період 1971–1985 р., є менш міцними, що, очевидно, пов'язано як з якістю матеріалу, так і з умовами проведення робіт. Статистичних даних про аварії на трубах з поліетилену не має, тому в даному аналізі вони не розглядаються. За останні дев'ять років відомо декілька випадків ушкоджень, що виникли в сполучних муфтах (поліетилен – метал). Водопровідні мережі та споруди Зовнішня водопровідна мережа міста призначена як для транспортування води, так і для її розподілу споживачам. Водопровідна мережа є найбільш витратним елементом системи водопостачання, на її частку припадає більше половини загальних витрат на влаштування водопроводу міста. Ефективність роботи водопровідної мережі визначається надійністю та безперебійністю її роботи, ступенем забезпеченості розрахункових витрат і вільних напорів у споживачів, витратами енергії на транспортування води та збереженням її якості в процесі транспортування.

Автоматизація водопровідних споруд, створення автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК), що виконують функції контролю і дистанційного управління, і автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), які здійснюють контроль, аналіз, розрахунок оптимальних режимів і дистанційного керування спорудами, дозволяє поліпшити забезпеченість водою споживачів, скоротити втрати води і витрати електроенергії, зменшити число аварій і час їх локалізацій, знизити потребу в персоналі. При впровадженні АСУТП є можливість проведення попередніх розрахунків за допомогою ЕОМ з аналізу поточкорозподілу в мережі, раціонального вибору місць регулювання і розробці рекомендацій диспетчера з регулювання водопотоку.

Контрольні запитання:

1. Охарактеризуйте аварійні ситуації (АС) в системах водопостачання.
2. Наведіть основні види робіт по оперативному керуванню.
3. Проаналізуйте причини аварій на трубопроводах.
4. Проаналізуйте наслідки аварії на головних магістральних мережах систем водопостачання.
5. Чому проблема раціонального управління системою подачі і розподілу води в умовах аварійного відключення окремих ділянок водопровідної мережі має важливе практичне значення.
6. Охарактеризуйте етапи управління системою водопостачання в аварійних умовах.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ЛЕКЦІЯ 5 СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

5.1 Управління технологічним процесом

Автоматика – це наука, що вивчає принципи побудови систем управління виробничими процесами без прямої участі людини. Автоматизацією називають комплекс технічних засобів, що замінюють працю людини в управлінні виробничими процесами. Управління процесом полягає в здійсненні певних дій відносно нього, які забезпечують потрібний або оптимальний режим роботи. Під час управління процесом слід вирішувати такі завдання: одержання інформації про стан процесу, прийняття рішень про необхідний вплив на процес на основі обробки та аналізу інформації, а безпосередній вплив на об'єкт управління. В автоматичному управлінні ці функції виконують технічні засоби автоматизації. Залежно від міри участі людини в управлінні розрізняють такі системи: – ручного управління, у яких функції переробки інформації та безпосереднього управління виконує людина; – автоматизовані, у яких разом із технічними засобами в управлінні бере участь людина; – автоматичні, у яких процес управління відбувається без участі людини. Будь-яка система управління складається з об'єкта управління (ОУ) та управляючого пристрою (УП). Об'єктом управління називають процес, що відбувається в машині, апараті, на виробничій дільниці, або виробництві в загалом. Для управління процесом застосовується управляючий пристрій, який спрямовує управляючі дії на об'єкт згідно з алгоритмом управління, що являє собою сукупність певних правил, залежностей, які визначають характер вплив на об'єкт для правильного перебігу процесу.

Системи управління можна умовно поділити на малі та великі. Малі системи управляють процесом в апараті, машині (наприклад, регулювання температури в тепловій шафі або тиску в котлі). Такі системи іноді називають локальними системами автоматизації (ЛСА). Свої функції вони виконують автоматично, тобто без втручання людини в процес управління. Великі системи являють собою сукупність малих систем, а об'єднаних загальним призначенням та метою. Такі системи застосовуються для управління технологічним процесом у відділеннях, цехах або на підприємстві загалом. Ці комплекси мають назву автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУ ТП). Для обробки інформації від об'єкта та вироблення рішень з управління АСУ ТП застосовують управляючі електронно-обчислювальні машини (ЕОМ). В АСУ ТП в управлінні може брати участь і людина.

5.2 Локальні системи автоматизації

До локальних систем автоматизації належать автоматичні системи контролю, сигналізації, блокування, захисту обладнання від аварій, регулювання та програмного управління. Автоматична система контролю (АСК) здійснює контроль будь-якого параметра технологічного процесу за допомогою вимірювального пристрою, який перетворює величину, що контролюється, на сигнал, зручний для вимірювання або запису. Система контролю може доповнюватись автоматичною сигналізацією, що подає оптичний або звуковий сигнал, коли параметр досягає граничного значення.

Пристрої захисту обладнання від аварій здійснюють необхідні перемикання в схемі автоматизації для захисту устаткування або персоналу, якщо певні параметри досягають гранично допустимих значень. Пристрої автоматичного блокування подають сигнали на заборону (блокування) операцій, що можуть призвести до аварійної ситуації. Автоматична система управління (розімкнена) призначається для виконання операцій, що задаються спеціальними датчиками на вході цієї системи. Задавач подає управляючий сигнал на виконавчий механізм, що спрямовує його управляючу дію на об'єкт управління. Якщо необхідно здійснювати програмне управління, то застосовується програмний задавач, що послідовно змінює управляючий сигнал. У розімкнених системах управління результат управління не контролюється. Найбільш поширеними серед локальних автоматичних систем є автоматичні системи регулювання (АСР), а призначені для підтримування на заданому рівні регульованої змінної, що характеризує стан об'єкта регулювання.

5.3 Автоматизовані системи управління технологічними процесами

Покращення виробничих показників, скорочення витрат сировини та підвищення якості готової продукції на підприємствах харчових виробництв можливе з розширенням та ускладненням завдань управління промисловими об'єктами, що значною мірою можна вирішити за рахунок застосування автоматизованих систем управління (АСУ). Ефективність застосування АСУ на підприємствах харчових виробництв визначається їх специфікою: наявність системи складних та зв'язаних між собою об'єктів, переважання безперервних технологічних процесів, необхідність суворого дотримання рецептур та параметрів процесів, упровадження складних біохімічних методів обробки продуктів. АСУ – це система, яка забезпечує збирання, переробку, аналіз, зберігання та використання інформації за допомогою математичних методів, які дозволяють здійснювати оптимальне управління. Оптимальним називають таке управління, за якого досягається максимальне або мінімальне значення критерію управління з обов'язковим дотриманням інших показників, що називають обмеженням. Управління простими об'єктами може проводитись автоматично, але в більшості випадків виконується автоматизовано, тобто за участю людини. Для збирання та обробки великої кількості інформації від об'єкта, розробки рекомендацій з управління в АСУ застосовують управляючі

ЕОМ, однак відповідальність за рішення щодо управління в автоматизованому режимі лежить на людині. Для АСУ ТП сукупність обладнання та реалізований на ньому технологічний процес має назву технологічного об'єкт управління (ТОУ).

Призначення АСУ ТП полягає в оптимальному проведенні процесу та забезпеченні суміжних та вищих систем інформацією. Під час створення АСУ ТП мають бути визначені мета функціонування системи та критерій управління. Критерій управління – це показник, який характеризує якість перебігу процесу та набуває різних значень залежно від управляючої дії на об'єкт. Це можуть бути технологічні або техніко-економічні показники: якість продукції, втрати сировини, продуктивність обладнання, прибуток, собівартість продукції та ін. Наприклад, система управління повинна так змінювати управляючі дії, щоб зробити мінімальною собівартість продукції (критерій) за її кількості, не меншої від планової, та заданих показників якості (обмеження). Вищим рівнем у ієрархії АСУ є автоматизована система управління підприємством (АСУП) та галузеві (ГАСУ). АСУП, на відміну від АСУ ТП, вирішує переважно економічні завдання підприємства – планування, фінанси, зв'язок виробництва з забезпеченням і збутом та ін. Між цими системами існують відносини ієрархічної підлеглості. Взаємодіючі системи різних рівнів обмінюються інформацією (рис. 5.1).

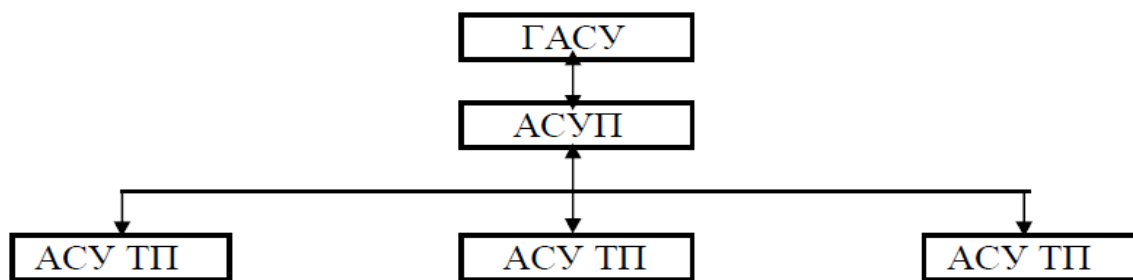


Рисунок 5.1 – Ієрархія АСУ в галузі

Критерієм управління АСУП найчастіше є прибуток підприємства за плановий період. АСУ ТП отримує від АСУП планову інформацію, що про завдання та обмеження (обсяг продукції, обмеження відносно ресурсів, задані значення техніко-економічних показників тощо) і передає на вищий рівень звітну інформацію, що характеризує перебіг технологічного процесу та виконання планових завдань.

5.4 Сучасні системи управління виробництвом

Сучасні інформаційні технології й технології управління визначають два основних завдання: 1) підвищення ефективності виробництва за рахунок поліпшення процесу збирання, обробки інформації та її використання для цілей управління; 2) забезпечення простоти рішення попереднього завдання, тобто реалізація дружнього людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ).

Структура сучасної АСУТП: АСУ ТП – автоматизована система управління технологічними процесами, що має 2–3 рівні й виконує наступні функції: – збирання інформації; – підтримування заданих значень на

технологічних параметрах; – контроль за технологічними параметрами, для яких не виконуються функції регулювання; – сигналізація; – блокування управлінь, які є результатом помилкових дій технологічного персоналу; – протиаварійний захист (ПАЗ) у разі виникнення аварійних ситуацій. Спрощено структуру АСУТП можна подати в такому вигляді (рис. 5.2).

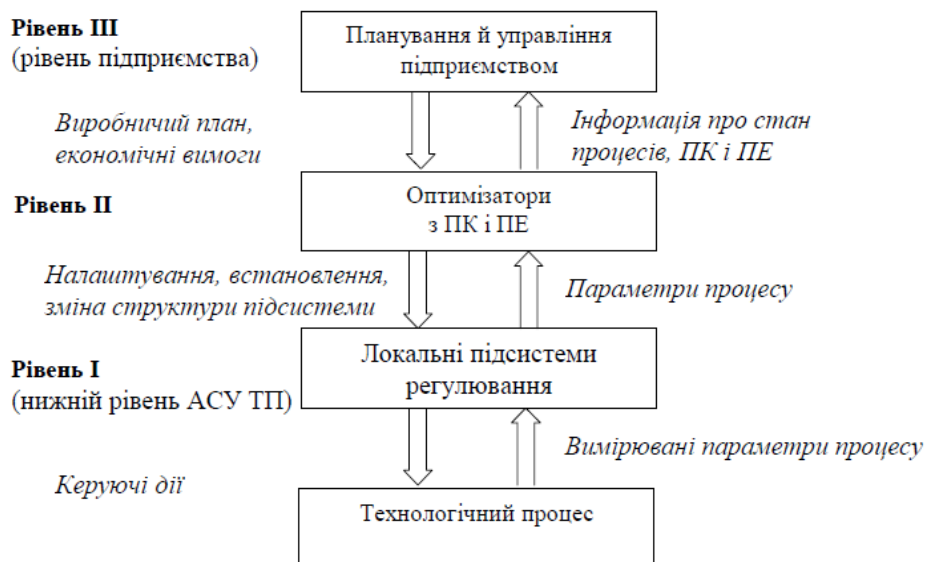


Рисунок 5.2 – Структура інформаційних потоків АСУ ТП

Перший (нижній) рівень АСУ ТП є рівнем датчиків, виконавчих механізмів і контролерів, які встановлюються безпосередньо на технологічних об'єкта. Їх функції полягають у визначенні параметрів процесу, наданні їм відповідного вигляду для подальшої передачі на вищий ступінь (функції датчиків), а також в прийомі керуючих сигналів і виконанні відповідних дій (функції виконавчих механізмів). Завданнями цього рівня є такі: – збирання інформації про вимірювані технологічні параметри процесу; – вироблення управляючих дій на технологічний процес для підтримання заданих значень технологічних параметрів або зміни їх за певними законами; – сигналізація про вихід їх за задані межі; блокування помилкових дій персоналу й управляючих пристроїв; – протиаварійний захист (ПАЗ) процесу за фактом аварійних подій. Підсистеми цього рівня підтримують задані значення параметрів технологічного процесу і можуть бути реалізовані з використанням традиційних методів регулювання динамічних об'єктів.

Другий (середній) рівень – рівень виробничої ділянки (цеху). Його функції: – збирання інформації, що надходить із нижнього рівня, її обробка та зберігання; – вироблення управляючих сигналів на основі аналізу інформації; – передача інформації про виробничу ділянку на вищий рівень; – обчислення невимірюваних параметрів, зокрема показників якості (ПЯ) продуктів, техніко-економічних показників; – зведення матеріальних балансів; – архівування інформації; – генерування звітів; – діагностика та захист від збоїв в елементах підсистем нижнього рівня; – визначення налаштувань управляючих пристроїв (УП) і уставок локальних регуляторів підсистем I рівня; – зміна структури локальних підсистем (переконфігурація, вмикання/вимикання,

перехід на ручне управління та ін.). На цьому рівні проводиться оптимізація технологічних процесів за технологічними показниками.

Третій (верхній) рівень у системі автоматизації займає рівень управління, що й належить до системи управління підприємством (АСУП). На цьому рівні здійснюється контроль за виробництвом продукції й оптимізація за техніко-економічними й економічними показниками. Цей процес включає збір даних, що надходять із виробничих ділянок, їх накопичення, обробку і видачу управляючих директив нижнім рівнем. Завдання управління цього рівня: – оптимізація економічних показників виробництва; – управління за економічними і техніко-економічними показниками; – зведення матеріальних балансів; – архівування інформації; – складання виробничих планів та ін. Слід зазначити, що деякі завдання другого і третього рівнів перекриваються і в деяких випадках ці два рівні об'єднуються в один. Атрибутом цього рівня є центр управління виробництвом, який може складатися з трьох взаємопроникаючих частин: 1) операторської частини, 2) системи підготовки звітів, 3) системи аналізу тенденцій. *Операторська частина* відповідає за зв'язок між оператором і процесом на рівні управління, рисунок 5.3.

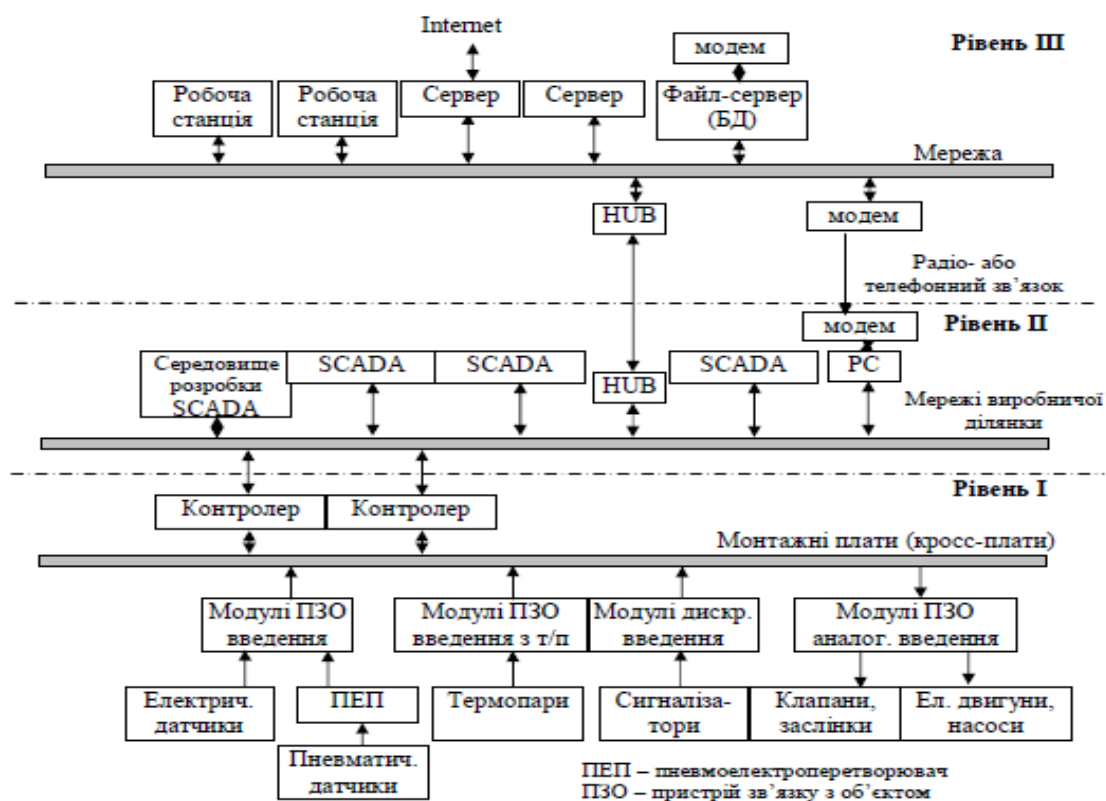


Рисунок 5.3 – Розгорнена структура сучасної АСУ ТП

Вона видає інформацію про процес і дозволяє в разі потреби втручання в перебіг автоматичного управління, забезпечує діалог між системою та операторами. *Система підготовки звітів* виводить на екрани, принтери, в архіви тощо інформацію про технологічні параметри із зазначенням точного часу вимірювання, видає дані про матеріальний і енергетичний баланс та ін. *Система аналізу тенденцій* дає операторові можливість спостерігати за технологічними параметрами і робити відповідні висновки. На верхньому рівні АСУ ТП (рис. 5.3) розміщено потужні комп'ютери, що виконують функції

серверів баз даних і робочих станцій та забезпечують аналіз і зберігання всієї інформації, що надійшла, за будь-який заданий інтервал часу, а також візуалізацію інформації та взаємодію з оператором. Основою програмного забезпечення верхнього рівня є пакети SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – системи управління і доступу до даних)

5.5 Державна система приладів та засобів автоматизації

Для вимірювання фізичних сигналів, які надходять із виходу різноманітних первинних перетворювачів, потрібна значна кількість різних контрольно-вимірювальних та регулювальних пристроїв, що ускладнює їх експлуатацію та ремонт. Для уникнення цих проблем у нашій країні розробляється Державна система приладів та засобів автоматизації (ДСП). Побудова ДСП базується на принципах уніфікації сигналів, конструкцій, блоків та модулів; можливості побудови складних систем із простих; обмеження номенклатури технічних засобів з одночасним розширенням їх можливостей; формування гнучких перебудовуючих компонентів системи. Залежно від виду енергії, яку використовують для живлення пристроїв та передавання сигналу, у ДСП розрізняють електричну, пневматичну, гідравлічну та без використання допоміжної енергії гілки.

У водопостачанні використовують електричні та пневматичні засоби автоматизації. З електричних сигналів найчастіше використовують уніфіковані сигнали постійного струму та напруги (0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 мВ, –10...0+10 В та ін.). Пневматичні системи зв'язку (0,02...0,1 МПа) використовують у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях для автоматизації інерційних об'єктів. За функціональною ознакою технічні засоби ДСП поділяються на такі групи: засоби для отримання інформації про стан об'єкта управління (датчики та первинні перетворювачі); засоби контролю (показувальні та реєструвальні прилади); засоби обробки інформації та формування команд управління (регулятори та засоби обчислювальної управляючої техніки); засоби впливу на об'єкт управління (виконавчі механізми та регулювальні органи). Подальшим розвитком системи ДСП є агрегатні комплекси (АК), які створюються на основі технічних засобів, що входять в окремі функціональні групи ДСП і використовуються для самостійного застосування.

Контрольні запитання:

1. Дайте визначення терміна «управління процесом».
2. Охарактеризуйте основні завдання управління.
3. Назвіть основні особливості автоматизації технологічних процесів водопостачання та водовідведення.
4. Дайте визначення таких основних термінів: автоматизація виробництва, автоматичні та автоматизовані системи, алгоритм управління автоматизації, автоматизовані системи управління, критерій управління.
5. Яке призначення Державної системи приладів і засобів автоматизації?
6. На які гілки поділяються пристрої, що входять до складу ДСП?

ЛЕКЦІЯ 6 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

6.1 Методи вимірювання

Кожен технологічний процес характеризується різними фізичними величинами – температурою, тиском, рівнем, витратою та ін. Для того щоб мати інформацію про перебіг процесу, слід вимірювати необхідні величини. Вимірювання – процес порівняння вимірюваної величини з певним її значенням, яке беруть за одиницю. Вимірювання можуть бути прямими, непрямими та сукупними. Під час прямих вимірювань значення вимірюваної величини визначається безпосередньо з експериментальних даних за показаннями приладів. У ході непрямих вимірювань значення вимірюваної величини визначається за результатами прямих вимірювань інших величин, які пов'язані з шуканою певною залежністю. Під час сукупних вимірювань значення вимірюваної величини знаходять із розв'язанням ряду рівнянь, отриманих у результаті прямих вимірювань однієї або декількох однорідних величин. Найпоширенішими в автоматичному контролі є прямі вимірювання, непрямі застосовуються не так часто, сукупні – частіше в лабораторних дослідженнях. Прямі вимірювання можна здійснювати методами безпосередньої оцінки, диференційним та компенсаційним. Під час безпосереднього оцінювання шукана величина знаходиться за вимірювальним приладом. Диференційний метод використовується під час вимірювання різниці між шуканою та відомою величинами. У ході застосування компенсаційного методу вимірювана величина врівноважується відомою величиною так, щоб їхня різниця дорівнювала нулю. Компенсаційний метод є найбільш точним.

6.2 Засоби вимірювання

До вимірювальних засобів систем належать вимірювальні перетворювачі й вимірювальні прилади та різні допоміжні пристрої. Вимірювальний перетворювач – засіб вимірювання, призначений для одержання сигналу вимірюваної інформації у формі, зручній для передавання, збереження та обробки, але не доступній для безпосереднього сприйняття. Вимірювальний прилад – пристрій для одержання вимірюваної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття. Вимірювальний пристрій може складатися з вимірювального перетворювача, що перетворює вимірювану величину на сигнал вимірюваної інформації, та вимірювального приладу, який перетворює цей сигнал у форму, доступну для безпосереднього сприйняття. Ці елементи можуть конструктивно об'єднуватися в єдине ціле (контрольно-вимірювальний прилад) або бути окремими і з'єднуватися між собою каналом зв'язку. У цьому випадку вимірювальний перетворювач називають первинним приладом, або датчиком, а вимірювальний прилад – вторинним. За типом вимірюваної величини розрізняють прилади для вимірювання температури, тиску, кількості та витрат, рівня, складу та ін. За видом вихідного сигналу розрізняють

аналогові та цифрові прилади. В аналогових приладах показання приладу є безперервною функцією вимірюваної величини. Цифровий прилад виробляє інформацію у вигляді дискретних сигналів цифрової форми. За способом подання інформації розрізняють відображувальні, реєструвальні та сигналізувальні прилади. Відображувальні прилади дають можливість одержувати вимірювану інформацію безпосередньо на відліковому приладі. Реєструвальні прилади призначено для автоматичного записування результатів вимірювання. Сигналізувальні прилади мають спеціальні пристрої для вмикання звукової або світлової сигналізації, якщо вимірювана величина досягає заздалегідь установленого значення. За розташуванням розрізняють місцеві та дистанційні прилади. Місцеві прилади контролю встановлюються на об'єктах контролю. Для зручності спостереження за показаннями приладів вторинні прилади встановлюються на щитах та пультах на деякій відстані від об'єктів. На об'єктах встановлюються тільки датчики. Такі вимірювальні пристрої зветься системами дистанційного контролю. За метрологічним призначенням розрізняють робочі, зразкові та еталонні прилади. Робочі прилади призначаються для практичних вимірювань; зразкові – для перевірки робочих приладів; еталонні – для відтворення одиниці вимірювання з найвищою досяжною точністю.

Контрольні запитання:

1. Що таке автоматизація з сучасного погляду?
2. Що розуміють під технологічним об'єктом керування, вхідним і вихідним параметрами цих об'єктів?
3. Що належать до вимірювальних засобів систем вимірювальні перетворювачі й вимірювальні прилади та різні допоміжні пристрої.
4. Вимірювальний перетворювач – надайте пояснення?
5. Назвіть основні елементи систем автоматичного керування.
6. Що називають первинним і передавальним перетворювачами сигналів, вторинним приладом, автоматичним регулятором і виконавчим механізмом?

ЛЕКЦІЯ 7 ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Температура – це один із найважливіших параметрів, який підлягає контролю в технологічних процесах харчових виробництв. Температура характеризує внутрішню енергію тіла. Виміряти її безпосередньо неможливо, тому визначення температури проводиться шляхом вимірювання зміни певних величин, які функціонально пов'язані зі зміною температури. Залежно від принципу дії прилади для вимірювання температури класифікуються за групами: – термометри розширення (принцип роботи засновано на тепловому розширенні рідин і твердих тіл); – манометричні термометри (принцип роботи засновано на зміні тиску робочої речовини в постійному об'ємі залежно від температури); – термометри опору (принцип дії засновано на властивості речовини змінювати свій електричний опір зі зміною температури); – термоелектричні термометри (принцип дії засновано на залежності термоелектрорушійної сили від температури); – пірометри випромінювання (принцип роботи засновано на тепловому випромінюванні або яскравості нагрітих тіл). Перші чотири групи приладів вимірюють температуру шляхом безпосереднього контакту термоперетворювача з вимірюваним середовищем. До безконтактних перетворювачів належать тільки пірометри випромінювання, які вимірюють температуру тіл на деякій відстані від них.

Термометри розширення можуть бути двох видів: рідинно-скляні та механічні. Рідинно-скляні термометри застосовують для вимірювання температур у діапазоні від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$. За своєю конструкцією скляні рідинні термометри бувають паличні та з вкладеною шкалою. Для заповнення рідинних термометрів використовують ртуть, органічні рідини, водно-спиртові суміші. Рідинно-скляні термометри широко застосовуються в лабораторній та промисловій практиці завдяки досить високій точності вимірювання, низькій вартості та простоті використання. Недоліками термометрів цієї групи є низька механічна міцність приладів і токсичність робочого тіла, тому ці термометри не можна використовувати в контакт з харчовими продуктами. Для механізації процесів та регулювання температури застосовують ртутні електроконтактні термометри, які мають контактний пристрій (із постійною або змінною установкою), який замикається з розширенням ртуті. Принцип дії механічних термометрів розширення ґрунтується на використанні властивостей твердого тіла змінювати свої лінійні розміри зі зміною температури. У невеликому температурному інтервалі залежність довжини твердого тіла від температури може бути виражена таким лінійним рівнянням:

$$l_t = l_0 \cdot (1 + \alpha t), \quad (7.1)$$

де l_t – довжина твердого тіла при температурі t , м;

l_0 – довжина твердого тіла при температурі 0°C , м;

α – коефіцієнт лінійного розширення тіла в інтервалі від 0°C до t , $1/\text{град}$.

Значення коефіцієнтів лінійного розширення для деяких матеріалів наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Значення коефіцієнтів лінійного розширення для деяких матеріалів

Матеріал	$\alpha \cdot 10^6, 1^\circ\text{C}$	Інтервал температур, $^\circ\text{C}$
Латунь	18,3–23,6	0–400
Мідь червона	15,3	0–150
Хром-молібден	12,3	0–100
Інвар	0,9	0–200
Плавлений кварц	0,55	–

Механічні термометри розширення поділяються на дилатометричні та біметалічні.

У дилатометричних термометрах використовується різниця лінійного подовження двох матеріалів, які мають різні коефіцієнти лінійного розширення. Такі термометри здебільшого використовуються не для вимірювання температури, а як первинні вимірювальні перетворювачі в системах автоматичного регулювання температури. Розглянемо температурне реле ТР-200, яке складається з дилатометра та електроконтактної системи (рис. 7.1). Чутливим елементом реле є латунна трубка 1 та пружина з інвару 2. Латунь порівняно з інваром має більший коефіцієнт лінійного розширення. Під час нагрівання чутливого елемента реле трубка подовжується і вісь з упором 3, що з нею пов'язана, переміщується відносно пружини, що приводить до зменшення зазора, який устанавлюється залежно від заданого значення температури за допомогою регулювального гвинта 5. З досягненням заданої температури упор викликає розтягнення пружини та розмикання контактів 4. Зі зниженням температури середовища трубка зменшується, пружина повертається в початкове положення і контакти замикаються. Реле ТР-200 може бути використане для регулювання температури в діапазоні від 25°C до 200°C , похибка спрацьовування контактів не перебільшує $\pm 5^\circ\text{C}$, розривна потужність контактів в колі змінного струму з напругою 220 В дорівнює 30 ВА. ТР-200 використовується як термореле в схемах регулювання температури фритюру у фритюрницях ФЕСМ-20, в автоматах для смаження пончиків АП-3М.

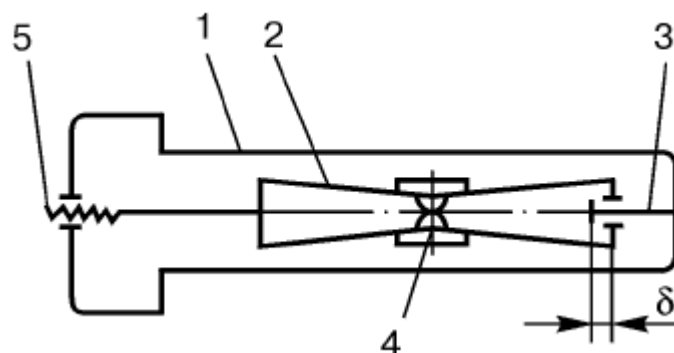


Рисунок 7.1 – Температурне реле ТР-200

Недоліком ТР-200 є відсутність установлювальної шкали, що ускладнює настроювання реле на задану температуру. Установлюють задану температуру обертанням регулювального гвинта з одночасним контролем температури вимірюваного середовища термометром. Чутливим елементом біметалевого термометра (рис. 7.2) є пружина, яка складається з двох металевих пластин із різним коефіцієнтом лінійного розширення. Оскільки внутрішня пластина має більший коефіцієнт лінійного розширення, ніж зовнішня, під час нагрівання вона буде розкручуватися. Її рух передається на стрілку.

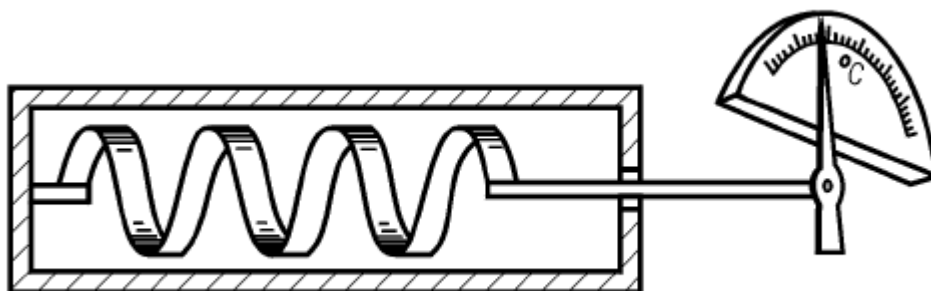


Рисунок 7.2 – Біметалічний термометр

Дилатометричними та біметалевими термометрами вимірюється температура в межах від $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Їх перевагами є простота й надійність, а недоліками – інерційність і невисока точність.

Манометричні термометри

Манометричні термометри вимірюють температуру в діапазоні від $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Термосистема приладу (рис. 7.3) складається з термобалона 1, який занурюється у вимірюване середовище, капілярної трубки 2 і манометричної пружини 3. Герметична замкнена термосистема заповнена робочою речовиною. Під час нагрівання термобалона тиск робочої речовини термосистеми зростає. Це викликає деформацію манометричної пружини, яка через передавальний механізм пов'язана з вказуючою стрілкою приладу. Залежно від робочої речовини замкненої системи манометричні термометри поділяють на рідинні, газові та конденсаційні (парорідинні). Довжина капіляра термометра може становити від 1,0 м до 40 м. Вимірювальними елементами приладу можуть бути одновиткові та багатовиткові манометричні пружини, сільфони або мембрани. Залежність тиску від температури визначається таким виразом:

$$p_t = p_o \cdot [1 + \beta \cdot (t - t_o)], \quad (7.2)$$

де $\beta = 1/273,15$ – температурний коефіцієнт розширення газу;

t_o та t – початкова й кінцева температура;

p_o – робочий тиск речовини при температурі t_o .

Вони прості, надійні в роботі. Недоліками цієї групи є інерційність, великі габарити термобалона, невисока точність вимірювань (клас точності становить 1,0...4,0). Для використання в системах автоматичної сигналізації та регулювання випускають електроконтактні манометричні термометри.

Манометричний термосигналізатор ТСМ-100 (рис. 7.4) являє собою конденсаційний манометричний термометр, обладнаний електроконтактним пристроєм. Термосистема складається з термобалона 17, з'єднувальної трубки 1 та багатовиткової манометричної пружини 2. Під час нагрівання термобалона тиск у системі збільшується та викликає деформацію пружини, яка через передавальні пристрої 15, 18 викликає відхилення вказівної стрілки 5 на шкалі 4 приладу. Вісь 16 стрілки з'єднана з контактними щітками 13, які ковзають по двох секторах із контактами 11, 12. Один із секторів пов'язаний з жовтим б, а другий – з червоним 19 пересувними задавачами температури. З установленням задавачів на потрібну температуру замикання контактів відбувається під час збіжності стрілки й задавача, причому спочатку відбувається замикання контакту з жовтим задавачем, а в разі подальшого підвищення температури – з червоним, при цьому контакт із жовтим задавачем зберігається. Розривна потужність контактів не перевищує 25 Вт із напругою змінного струму 220 В, межею вимірювання 0...100 °С, класом точності 2,5. ТСМ-100 встановлюють у водонагрівачах посудомийних машин.

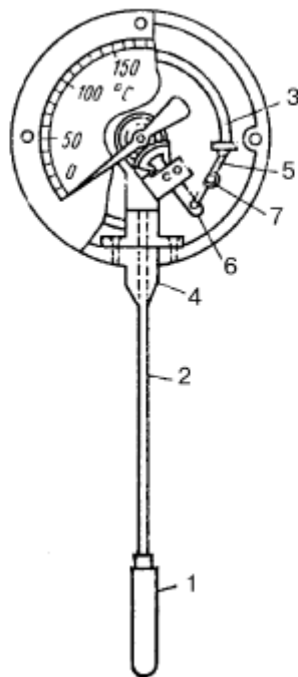


Рисунок 7.3 – Манометричний термометр

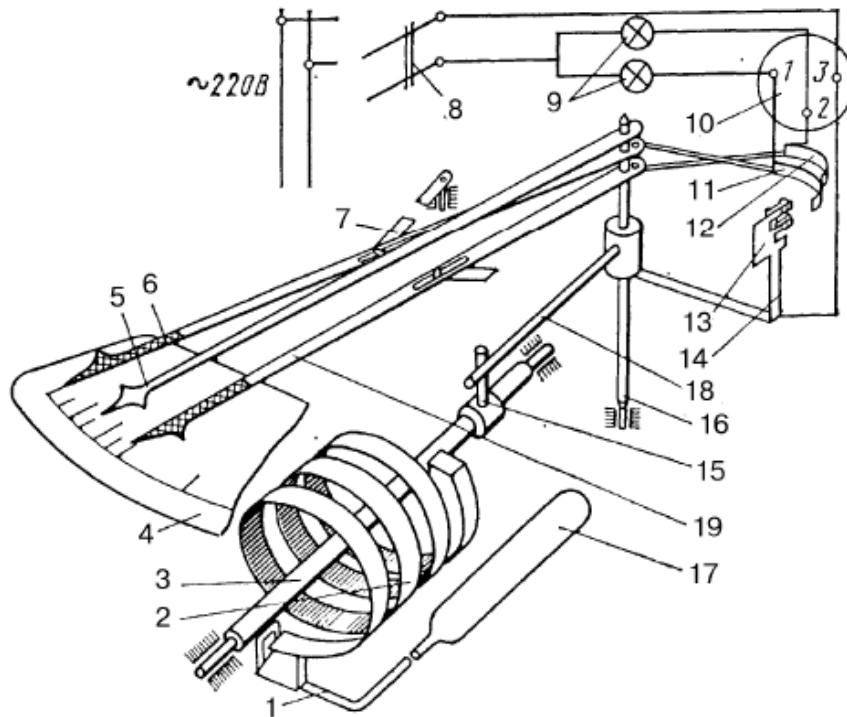


Рисунок 7.4 – Термосигналізатор анометричний ТСМ-100

Температурне реле Т-32 (рис. 7.5) складається з вузла настроювання, манометричної термосистеми та перемикального механізму з контактним пристроєм. Вузол настроювання містить жорсткий упор. До манометричної термосистеми входять термобалон 5, капіляр та мембранна коробка 6 зі штоком. Термосистема заповнена силіконовою рідиною. Перемикальний механізм складається з важеля 7, штовхача 2 та контактної пристрою 1. Контактний пристрій комутує коло змінного струму напругою 220 В і струмом 10 А. Зона нечутливості приладу дорівнює 6 °С.

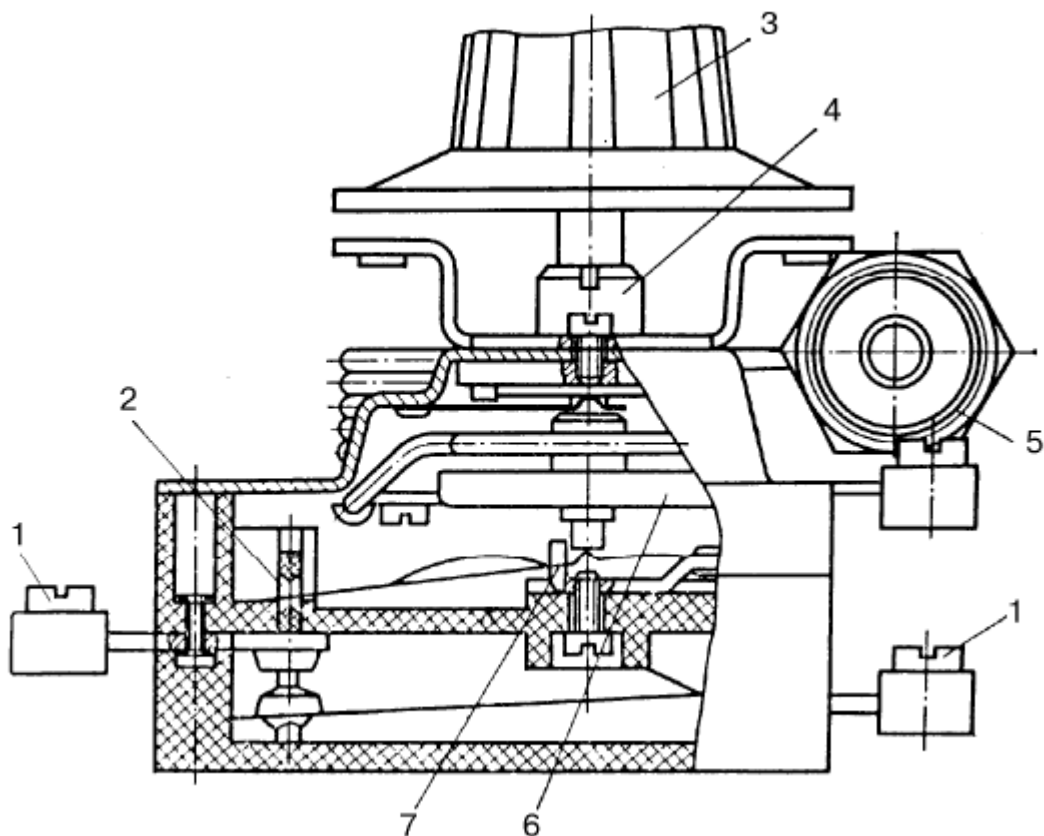


Рисунок 7.5 – Датчик-реле температури Т-32

Зі зміною температури рідина, яка знаходиться в термобалоні, збільшується в об'ємі. Надлишок рідини надходить до мембранної коробки й пересуває мембрану та шток. Шток через важіль діє на штовхач, який розмикає контакти. Технічні характеристики приладів цього типу наведено в таблиці.

Термоелектричні термометри

Термоелектричні термометри складаються з термоелектричного перетворювача (термопари), електровимірювального приладу та приєднувальних дротів. Ці вимірювальні пристрої застосовуються для вимірювання температури від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Принцип дії ґрунтується на термоелектричному ефекті, який полягає в тому, що в замкненому ланцюзі з двох або декількох різнорідних провідників виникає термоелектрорушійна сила (термо-ЕРС), якщо місця з'єднання провідників мають різну температуру. Перетворювач складається з двох термоелектродів *A* і *B* (рис. 7.6), з'єднаних між собою тільки кінцями (спаями). Під час нагрівання робочого (гарячого) спаю *t* в колі з'являється термо-ЕРС *E*, пропорційна різниці температур *t* та *t*₀. Якщо температуру протилежного (холодного) спаю підтримувати постійною й такою, що дорівнює $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, то за величиною термо-ЕРС *E* можна робити висновки про температуру гарячого спаю.

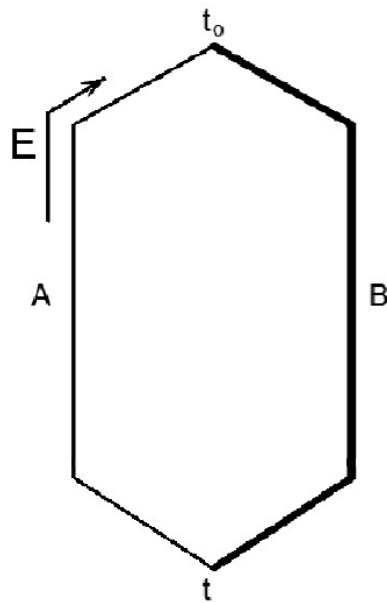


Рисунок 7.6 – Термоелектричний перетворювач

Термопари виготовляються з чистих металів або сплавів. Найбільше поширення здобули такі типи термопар: платина-платинородій (ТПП), хромель-алюмель (ТХА) та хромель-копель (ТХК). ТПП використовують для вимірювання температур до $1\ 600\ ^\circ\text{C}$, при $100\ ^\circ\text{C}$ її термо-ЕРС дорівнює $0,64\ \text{мВ}$; вона використовується як зразкова. ТХА вимірюють температуру до $1\ 300\ ^\circ\text{C}$, термо-ЕРС при $100\ ^\circ\text{C}$ – $4,10\ \text{мВ}$. ТХК вимірюють температуру до $800\ ^\circ\text{C}$, термо-ЕРС при $100\ ^\circ\text{C}$ – $6,95\ \text{мВ}$. До переваг термоелектричних термометрів належать такі: чутливість, малі розміри первинного перетворювача, можливість вимірювання високих температур і передавання показань на відстані. Недоліками термопар є мала величина термо-ЕРС і необхідність підтримання постійної температури холодних спаїв. Для вимірювання термо-ЕРС термопар застосовуються мілівольтметри і потенціометри. Принцип дії потенціометра ґрунтується на компенсації вимірюваної термо-ЕРС відомою напругою, яку одержують від допоміжного джерела живлення. У принциповій схемі потенціометра (рис. 7.7) допоміжне джерело E підключається в точках A і B до реохорда RAB , ковзний контакт D якого підключено до термопарі. Послідовно з термопарою вмикається нуль-прилад $НП$ (чутливий мілівольтметр). Термопара підключена так, що її термо-ЕРС $E(t_0)$ спрямована назустріч ЕРС джерела E .

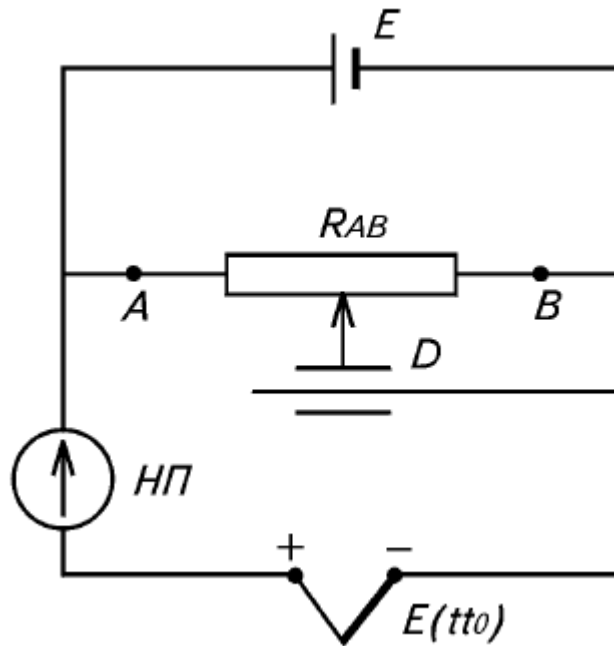


Рисунок 7.7 – Принципова схема потенціометра для вимірювання термо-ЕРС

Для вимірювання термо-ЕРС $E(tto)$ контакт D переміщують доти, доки стрілка $НП$ не стане на нульову позначку шкали. У цьому випадку падіння напруги на ділянці AD реохорда буде дорівнювати такому, що вимірюється термо-ЕРС $E(tto)$. Реохорд R_{AB} може бути обладнаний шкалою, за якою можна визначити величину $E(tto)$ в мілівольтах або градусах. Широко застосовуються автоматичні потенціометри, які окрім вимірювання та записування температури можуть бути використані й для її регулювання. У автоматичному потенціометрі (рис. 7.8) у ролі джерела відомої напруги використовують напругу діагоналі моста U_{cd} , що залежить від положення движка реохорда R_p . Напруга U_{cd} компенсує невідому термо-ЕРС E_x .

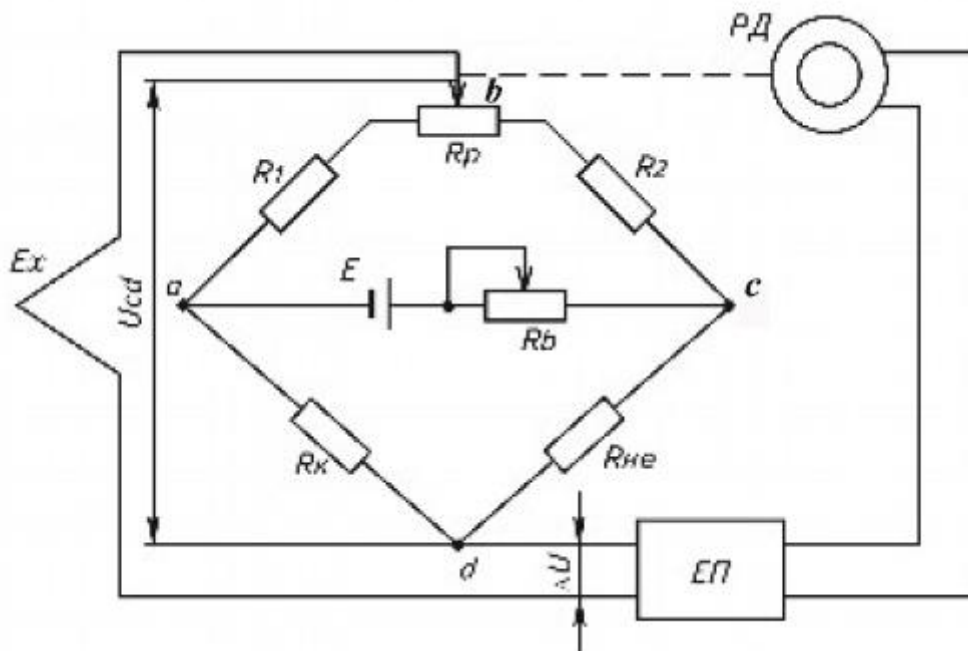


Рисунок 7.8 – Автоматичний потенціометр

Якщо $U_{вд} = E_x$, то на вході підсилювача *ЕП* сигнал дорівнює нулю. Зі зміною температури змінюється E_x , і виникає сигнал небалансу $DU = E_x - UBД$, який підсилюється і вмикає реверсивний двигун *РД*, що переміщує движок реохорда *Rp* доти, доки $U_{вд}$ не буде дорівнювати E_x . Одночасно переміщується і вказівна стрілка. Знаючи $UBД$, можна визначити величину E_x і тим самим значення вимірюваної температури. Випускаються такі типи потенціометрів: КСП1, КСП2, КСП3, КСП4, клас точності 0,5, 1, 5.

Контрольні запитання:

1. На які групи класифікуються (залежно від принципу дії) прилади для вимірювання температури ?
2. В якому діапазоні вимірюють температуру манометричні термометри?
3. З яких елементів складаються манометричні термометри?
4. З яких елементів складаються термоелектричні термометри?
5. Для вимірювання яких параметрів застосовуються мілівольтметри і потенціометри?

ЛЕКЦІЯ 8 ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Тиск – це відношення сили, рівномірно розподіленої по нормальній до неї поверхні, до площі цієї поверхні. Розрізняють абсолютний тиск $P_{абс}$, який дорівнює сумі атмосферного $P_{атм}$ та надмірного P_H тиску: $P_{абс} = P_{атм} + P_H$; вакуумний (вакуум) P_v , який дорівнює різниці атмосферного $P_{атм}$ і абсолютного $P_{абс}$ тиску: $P_v = P_{атм} - P_{абс}$. За родом вимірюваної величини прилади для вимірювання тиску поділяються на манометри, які вимірюють абсолютний P_a й надмірний тиск рідини, газу або пари; вакуумметри – для вимірювання тиску розрідженого газу P_v ; диференційні манометри для вимірювання різниці двох тисків та ін. За принципом дії прилади для вимірювання тиску діляться на рідинні, деформаційні та електричні. Прилади для вимірювання тиску можуть бути показувальними, самописними, з електроконтактним пристроєм.

8.1 Рідинні манометри

Принцип дії рідинних манометрів полягає в тому, що вимірюваний тиск урівноважується гідростатичним тиском стовпа робочої рідини. Рідинні манометри прості в експлуатації, мають досить високу точність вимірювання, їх широко використовують для науково-дослідних і лабораторних вимірювань, а також для технічних вимірювань невеликих надмірних тисків, розрідження, різниці тисків, атмосферного тиску. За будовою рідинні манометри поділяються на прилади з видимим та без видимого рівня. До приладів із видимим рівнем належать двотрубні (U-подібні), чашкові (однотрубні) та мікроманометри з похилою трубкою. Двотрубний манометр (рис. 8.1) являє собою U-подібну скляну трубку приблизно до половини заповнену робочою рідиною (вода, ртуть, спирт). Вимірюваний тиск, розрідження або різниця тисків урівноважуються і вимірюються стовпом H робочої рідини, що дорівнює сумі стовпів h_1 і h_2 в обох колінах.

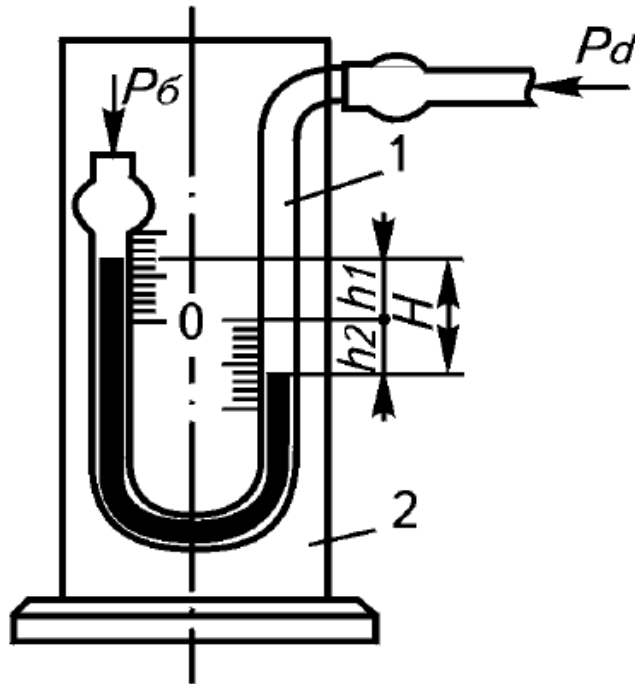


Рисунок 8.1 – Рідинний двотрубний манометр

Тиск можна визначити за формулою:

$$p = rgH, \quad (8.1)$$

де r – густина робочої рідини, кг/м^3 ;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

H – різниця рівнів робочої рідини в колінах. U-подібні манометри застосовуються для вимірювання тиску до 0,196 МПа.

Прилади без видимого рівня застосовуються для технічних вимірювань, як диференціальні манометри. До них належать поплавкові, кільцеві та колокольні.

8.2 Деформаційні манометри

Принцип дії деформаційних манометрів полягає в тому, що тиск вимірюється за величиною деформації пружних елементів. Деформаційні манометри відрізняються простотою та надійністю конструкції, невеликими габаритами, досить високою точністю, широким діапазоном вимірювання. Завдяки цим якостям деформаційні манометри широко застосовуються в різних галузях техніки в діапазоні вимірювань від 50 Па до 1 000 МПа. Розрізняють такі чутливі елементи деформаційних манометрів: одно- та багатовиткові трубчасті пружини, мембрани, сильфони та ін. У приладі з трубчастою одновитковою пружиною овального або еліптичного перетинів під впливом надмірного тиску, що подається у внутрішню порожнину, пружина деформується, а її вільний кінець переміщується, діючи на передавальний механізм, який повертає стрілку приладу.

Окрім показувальних приладів широко застосовуються електроконтактні манометри, які призначаються для вимірювання, сигналізації та регулювання тиску. Електроконтактний манометр типу ЕКМ (рис. 8.2) за принципом дії аналогічний вказівному манометру з трубчастою одновитковою пружиною. Для сигналізації та регулювання він має контактний механізм, який містить три електроконтакти, два з них установлені на задавачах верхньої 2 та нижньої 1 межі, а третій – на вказівній стрілці 3. Установлення задавача на необхідні межі здійснюється обертанням гвинта 5.

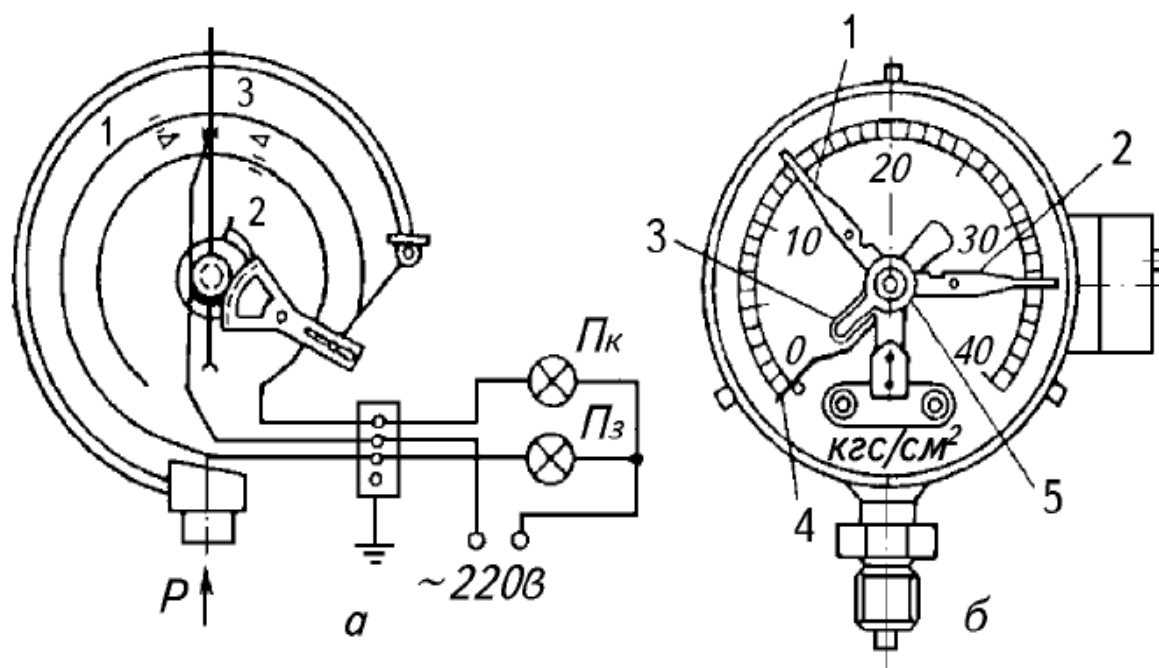


Рисунок 8.2 – Електроконтактний манометр типу ЕКМ

Якщо вимірюваний тиск збільшиться і досягне верхньої заданої межі, замкнеться контакт між вказівною стрілкою й задавачем верхньої межі; зі зниженням тиску до нижньої межі замикається контакт між стрілкою і задавачем нижньої межі. Електроконтактні манометри ЕКМ випускаються з межами вимірювання від 1 кгс/см² до 1 600 кгс/см² (0,1–160 МПа), розривна потужність контактів 10 ВА, клас точності 2,5. Ці прилади встановлюються для регулювання тиску у варильних котлах та автоклавах. У реле тиску РД-4 (рис. 8.3) чутливим елементом є гумова мембрана 6, яка через золотник 1 з'єднана з важелем 5. Настроювання реле на заданий тиск здійснюється за допомогою регулювальної гайки 3, яка стискає пружину 2, урівноважуючи контролюючий тиск, що діє на мембрану знизу через штуцер. Із досягненням заданої межі тиску мембрана через золотник діє на важіль, який перемикає контакти мікроперемикача 4. Реле тиску РД-4 застосовується для контролю тиску рідини або газу і встановлюється в пароварильних апаратах АПЕСМ, мармітах МЕСМ і торговельних автоматах.

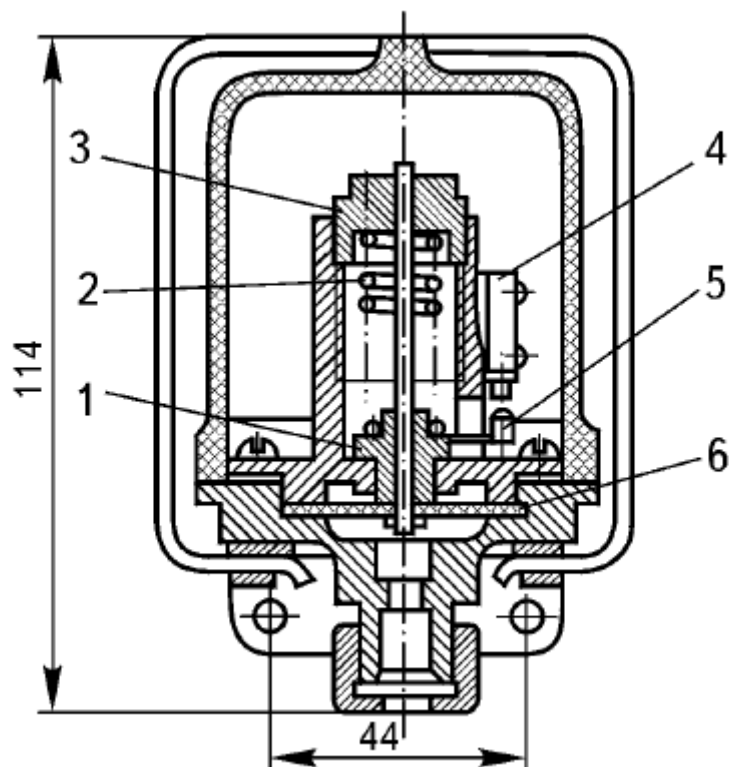


Рисунок 8.3 – Реле тиску РД-4

Принцип дії електричних манометрів полягає у використанні залежності електричних параметрів матеріалів від тиску. Прилади цієї групи застосовуються для вимірювання високих тисків та глибокого вакууму і відрізняються високою точністю, швидкою дією, малими габаритами, вібро-та ударостійкістю. Найбільшого розповсюдження набули манометри опору та п'єзоелектричні.

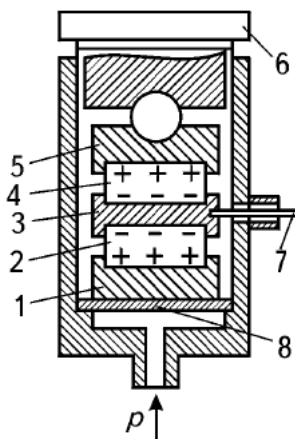


Рисунок 8.4 – Датчик п'єзокварцового манометра

Принцип дії п'єзоелектричних манометрів засновано на використанні п'єзоелектричного ефекту, тобто ефекту виникнення електромагнітних зарядів під час деформації деяких кристалів (кварцу, турмаліну, барію та ін.). Пристрій датчика п'єзокварцового манометра показано на рисунку 8.4. Чутливим елементом датчика є дві кварцові пластини 2 та 4, які розділені контактною

пластиною 3, які за допомогою шайб 1, 5 затискаються між мембраною 8 та кришкою 6. Електричний заряд знімається з кварцових пластин і за допомогою провідника 7 подається на вимірювальний пристрій. П'єзокварцові манометри – це безінерційні прилади, що застосовуються для вимірювання швидкозмінного тиску, рівень вимірювання тиску – до 100 МПа. Для вимірювання зусиль або пропорційної йому деформації широко застосовуються тензометричні перетворювачі, у яких електричний опір залежить від зміни деформації. Тензометр являє собою манганіновий дріт діаметром 0,02–0,05 мм, наклеєний на ізоляційну основу (папір).

Контрольні запитання:

1. За родом вимірюваної величини як поділяються прилади для вимірювання тиску?
2. Охарактеризуйте принцип дії рідинних манометрів?
3. У чому полягає принцип дії електричних манометрів?
4. На використанні якого ефекту засновано принцип дії п'єзоелектричних манометрів?
5. Назвіть принцип дії деформаційних приладів для вимірювання тиску.

ЛЕКЦІЯ 9 ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ, ВИТРАТ ТА КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИН

9.1 Вимірювання рівня

Контроль рівня рідини та сипких матеріалів у апаратах, резервуарах, бункерах широко використовується під час автоматизації технологічних процесів харчових виробництв. Особливе значення має вимірювання рівня в тих випадках, коли необхідно забезпечити безпеку роботи устаткування – харчоварильних котлів, автоклавів, кип'ятильників та ін. Крім того, контроль рівня проводиться для обліку матеріалів, запобігання переповненню ємності та бункерів, сигналізації відхилення рівня від заданого значення, а також для вимірювання порцій матеріалів, які використовуються. Залежно від характеру роботи рівнеміри поділяються на вимірювачі та сигналізатори. За принципом дії рівнеміри діляться на поплавкові, гідростатичні, електричні, вагові та ін. У *поплавковому рівнемірі* переміщення поплавка на поверхні рідини передається на показувальний пристрій. Поплавкові рівнеміри можуть використовуватись для регулювання рівня рідини в резервуарі. Поплавок (рис. 9.1) з'єднано через важільний пристрій із клапаном, який регулює постачання рідини з трубопроводу до резервуара. Із підвищенням рівня рідини поплавок піднімається і діє на клапан, який зменшує постачання рідини. Такі регулятори рівня застосовуються, наприклад, у кип'ятильниках безперервної дії для регулювання постачання води з водопроводу в живильну ємність. Недоліком поплавкових рівнемірів і регуляторів рівня є велика металоємність, недостатня надійність і точність. У *гідростатичних рівнемірах* вимірювання рівня рідини базується на вимірюванні тиску, який утворює стовп рідини, і застосовується для вимірювання рівня в ємностях, які знаходяться під тиском. За способом вимірювання гідростатичні рівнеміри по діляються на прилади з безперервним продуванням повітря (п'єзометричні) і з безпосереднім вимірюванням стовпа рідини.

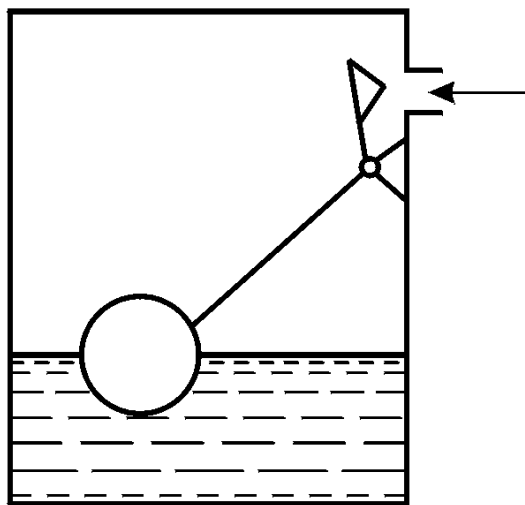


Рисунок 9.1 – Поплавковий рівнемір

У цьому рівнемірі (рис. 9.2) стиснене повітря крізь дросель 1 та ротаметр 2 подається у відкриту з одного кінця п'єзометричну трубку 3, занурену в резервуар 5. Тиск повітря в п'єзометричній трубці зумовлюється протитиском стовпа рідини і дорівнює йому. Отже, тиск повітря, що вимірюється манометром 4, характеризує рівень води в резервуарі. Величина витрат повітря, яке безперервно продувається крізь п'єзоелектричну трубку, установлюється дроселем 1 і контролюється ротаметром 2.

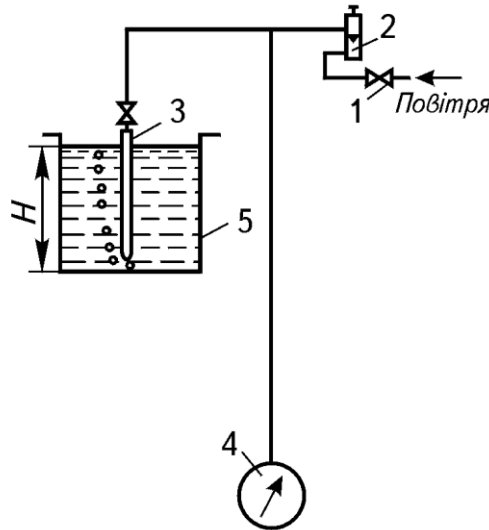


Рисунок 9.2 – П'єзоелектричний рівнемір

В електричних рівнемірах зміна рівня перетворюється на пропорційний електричний сигнал. Найбільше розповсюджені ємнісні та електролітичні рівнеміри. У ємнісних рівнемірах використовуються діелектричні властивості рідини. Перетворювач ємнісного рівнеміра (рис. 9.3) являє собою електричний конденсатор, який перетворює зміну рівня рідини на пропорційну зміну ємності.

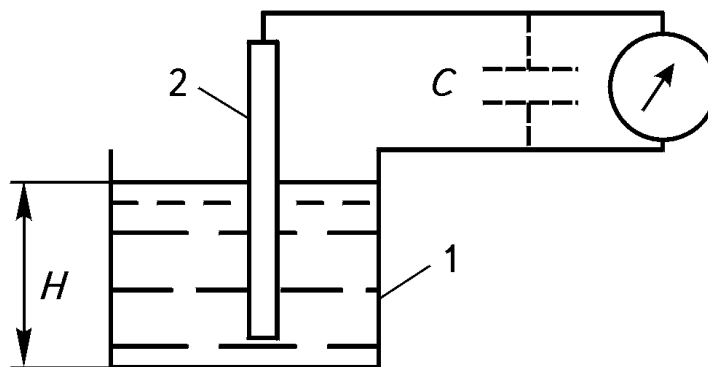


Рисунок 9.3 – Ємнісний рівнемір

Дія електролітичних (електроконтактних) сигналізаторів рівня заснована на електропровідності рідини. Прилад складається з електромагнітного реле, яке вмикається послідовно з електродом, установленим на певному рівні в резервуарі. Коли рівень рідини досягає електрода E , коло між електродом та корпусом резервуара замикається.

Контрольні запитання:

1. Наведіть визначення витрати та кількості рідини, а також методи вимірювання витрати рідини і газу.
2. Наведіть принцип дії електромагнітних (індукційних) витратомірів.
3. Наведіть принцип дії витратомірів змінного перепаду тиску на звужуючому пристрої та визначення коефіцієнта (модуля) звужуючого пристрою.
4. Назвіть стандартні звужуючі пристрої та їх короткі характеристики.
5. Наведіть типи лічильників рідини та газу, принцип їх дії.
6. За допомогою яких приладів виконують автоматичний облік теплової енергії, принцип їх дії.
7. Наведіть принцип дії приладів для вимірювання рівня рідини, концентрації, вологості, густини і в'язкості.

ТЕМА 10 КОНТРОЛЬ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПИТНИХ І СТІЧНИХ ВОД

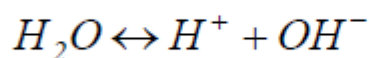
Ефективне управління сучасними СВВ не можливо без оперативного контролю якісних параметрів природних і стічних вод на всіх етапах їх обробки, подачі споживачам і скидання у водойми.

У системах водопостачання такими параметрами є каламутність, прозорість, кольоровість води, її вміст солі, рН, кількість залишкового хлору. У системах водовідведення – це рН, вміст розчиненого кисню, вологість осадів і ін. Для автоматичного контролю цих параметрів використовуються прилади як загальнопромислового, так і спеціального призначення. Для визначення цих параметрів розрізняють прямий і непрямий методи.

Прямий метод заснований на безпосередньому виділенні кількості X компонента, що визначається (наприклад, хімічним шляхом) і знаходженні його змісту в загальній пробі речовини A в вигляді співвідношення $C_x = X/A$. Однак прямі методи вимірювання мало придатні для побудови автоматичних вимірювальних приладів. У практиці автоматизації контролю найчастіше використовують **непрямі** методи вимірювання, засновані на існуванні суворо визначених залежностей між складом аналізованої речовини і його фізико-хімічними властивостями, які можуть бути безперервно і автоматично виміряні. Відповідно, існують різні способи визначення складу речовини: електрохімічні, кондуктометричні, термохімічні, термомагнітні, спектральні, фотоколориметричні, хроматографічні, масспектрометричні, рентгенівські та ін. Вимірювальні пристрої для аналізу складу і властивостей рідких середовищ називають аналізаторами рідини.

10.1 Вимірювання концентрації складу рідини

Потенціометричні концентратоміри (*pH-метри*). Дистильована вода дисоціює на іони водню H^+ та іони гідроксильного залишку OH^-



У нейтральному розчині концентрація іонів H^+ і OH^- є однаковою:

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}.$$

Від'ємний десятковий логарифм концентрації водневих іонів називається водневим показником і позначається рН:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Для нейтрального середовища (дистильована вода) $pH = 7$. Зі збільшенням концентрації водневих іонів середовище набуває кислотних властивостей, а зі зменшенням – лужних. Для кислих середовищ $pH < 7$, а для лужних $pH > 7$.

Принцип дії рН-метрів заснований на залежності властивостей середовища від концентрації водневих іонів. На рисунку 10.1 наведено вимірювальну схему рН-метра. У посудину з контрольованим середовищем 10 вміщується вимірювальний електрод 11. Він являє собою скляну пробірку, на кінці якої знаходиться кулька 9 зі спеціального літєвого скла. У середині електрода знаходиться стержень 12 із бромистого срібла. Пробірка заповнюється розчином бромисто-водневої кислоти HBr і закривається пробкою 1. При опусканні електрода в контрольований розчин іони літію на поверхні кульки заміщуються на, іони водню з розчину і електрод набуває позитивного електричного потенціалу E_x тим більшого, чим більша концентрація іонів водню, тобто кислотність середовища. Для створення різниці електричних потенціалів використовується допоміжний хлорсрібний електрод 8. Він являє собою скляну колбу, в якій знаходиться срібна спіраль 2. На кінці спіралі, виведеної з електрода, знаходиться клемма для приєднання зовнішнього дроту. Електрод заповнюється розчином хлористого срібла AgCl і електрод закривається пористою пробкою 3. Під час хімічної взаємодії срібла з розчином AgCl , електрод набуває постійного електричного потенціалу E_n . Для замикання електричного кола служить електролітичний ключ 4, що являє собою посудину з трубкою 5, опущеною у контрольований розчин. Трубка затикається пробкою 6, крізь яку пропущено тканичастий гніт 7. Ключ заповнюється розчином хлористого калію KCl . Електричний контакт між розчинами AgCl і KCl відбувається через пористу пробку (перегородку) 3, а між розчином KCl і контрольованим середовищем повільним (близько 4 мл/добу) перетіканням розчину KCl по гноту в контрольоване середовище. Як вимірювальний прилад використовується спеціальний мілівольтметр або перетворювач сигналу з високоомним входом, що підключається до клем вимірювального і допоміжного електродів. На вході у вимірювальний прилад формується зниження напруги $\Delta E = E_x - E_n = f(E_x)$, пропорційне потенціалу вимірювального електрода.

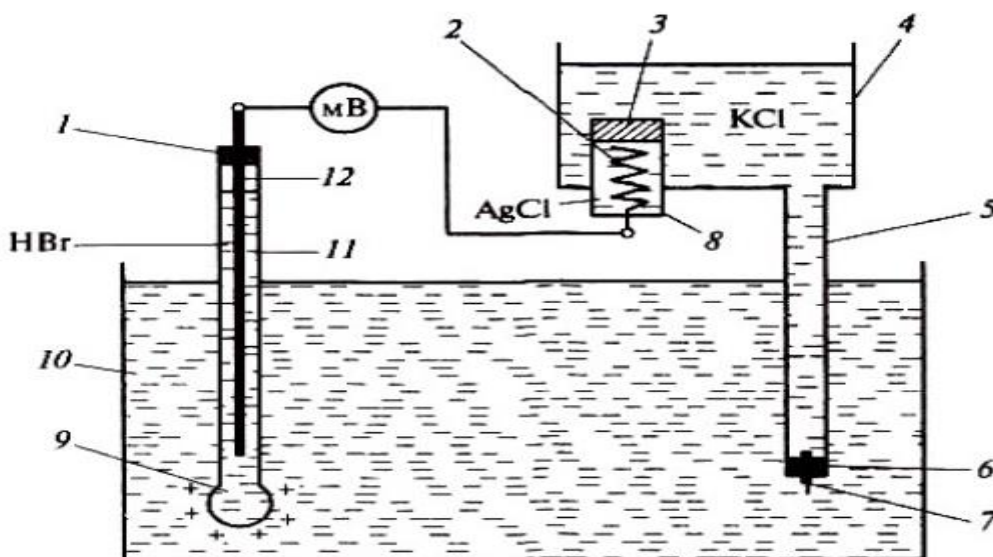


Рисунок 10.1– Вимірювальна схема рН-метра

Прилади широко застосовуються для контролю кислотності (лужності) продуктів під час основних технологічних процесів харчових виробництв. *Кондуктометричні концентратоміри*. Принцип дії засновано на залежності електричної провідності електроліту від його концентрації. Для водяних розчинів провідність зростає до концентрації приблизно 40 %, що пояснюється збільшенням кількості носіїв електричних зарядів – іонів, а потім починає падати через вплив броунівського, хаотичного руху іонів. Прилади широко застосовуються для вимірювання концентрації мийних розчинів під час автоматизованого миття обладнання і трубопроводів. На рисунку 10.2 показана схема конструкції первинного перетворювача кондуктометричних концентратомірів КК-8 і КК-9, призначених для вимірювання концентрації чистих і забруднених водяних розчинів кислот, солей і лугів. Первинний перетворювач приладів є безконтактним індукційного типу, проточним або заглибного виконання. Чутлива частина перетворювача складається з двох тороїдальних трансформаторів – силового 5 і вимірювального 6, розділених електростатичним екраном, і вбудованого термістора для температурної компенсації. Вимірювальний трансформатор має дві обмотки – вимірювальну й компенсаційну. Чутлива частина первинного перетворювача вміщена в корпус 4 з поліпропілену і закрита заглушкою 7, привареною до корпусу. Первинний перетворювач залитого виконання кріпиться до штанги 3, закріпленої на фланці 2, у якому розміщена клемна коробка 1. Первинний перетворювач проточного виконання вміщено у спеціальний корпус із фланцями для установлення в трубопроводі. Принцип дії приладу полягає в безконтактному вимірюванні опору рідинного контура зв'язку, що електрично зв'язує обидва тороїдальних трансформатори первинного перетворювача.

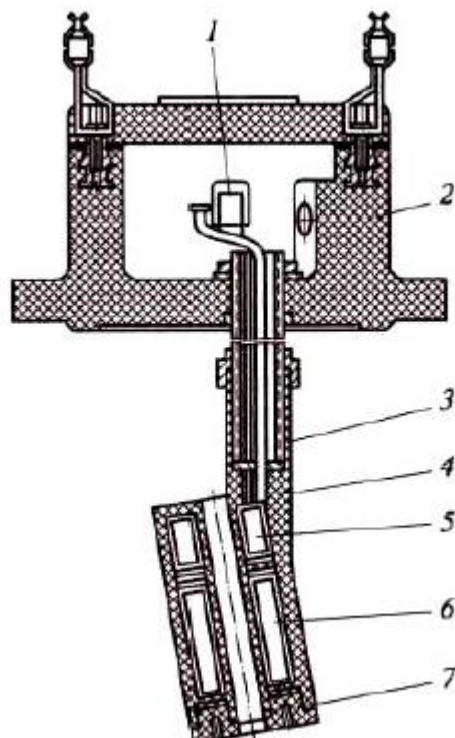


Рисунок 10.2 – Конструкція первинного перетворювача кондуктометричного концентратора

Напруга з вимірювальної обмотки подається на підсилювач ЕУ і приводить в обертання реверсивний двигун РД. Двигун переміщує за шкалою стрілку приладу і движок реохорда R_p , який включений у компенсаційну схему. При повній компенсації магнітних потоків, що створюються рідинним контуром зв'язку та компенсаційною обмоткою ІІІ, напруга, що подається навхід підсилювача, стане рівною нулю, і обертання вала реверсивного двигуна припиниться. У вимірювальній схемі приладу передбачено температурну компенсацію, яка здійснюється терморезистором R_1 , вміщеним у чутливій частині первинного перетворювача, і підлаштування опором елементом R_2 . Для настроювання шкали на різні межі вимірювання служать змінні опору початку і кінця шкали – R_3 і R_4 , для зміни діапазону вимірювання на один порядок – опір R_5 . *Оптичні концентратоміри.* Ці прилади поділяються на фотоелектричні рефрактометри, нефелометри та ін.

Для вимірювання каламутності питної води що очищується, широко застосовується автоматичний аналізатор типу АМС-У, робота якого заснована на компенсаційному принципі вимірювання. На цьому ж принципі працює каламутномір АОВ-9 (рис. 10.3, а, б), у якому світловий потік від лампи за допомогою двох оптичних систем, що складаються з лінз і призм, направляється по двох каналах відповідно в вимірювальну кювету, через яку пропускається вода, що аналізується і порівняльну кювету, заповнену еталонною суспензією.

Світло, що розсіюється у кюветах, за допомогою дзеркал спрямовується на фотоелемент. Світловий комутатор виробляє перемикання світлових потоків через вимірювальну і порівняльну кювети. У разі рівного розподілу світлових потоків, що надходять на фотоелемент по обом світловим каналам, в ланцюзі фотоелемента тече постійний струм. При різниці у величині порівнюваних потоків в ланцюзі фотоелемента з'являється пульсуючий струм. Напруга, що утворюється, пропорційна змінної складової фотоелемента, подається на вхід автоматичного моста. Вал реверсивного двигуна моста механічно пов'язаний з діафрагмою, за допомогою якої змінюється величина світлового потоку, що проходить через вимірювальну кювету. Відповідно до положення вала двигуна і пов'язаної з ним стрілки, що показує і шкалою вимірювального приладу судять про величину каламутності води.

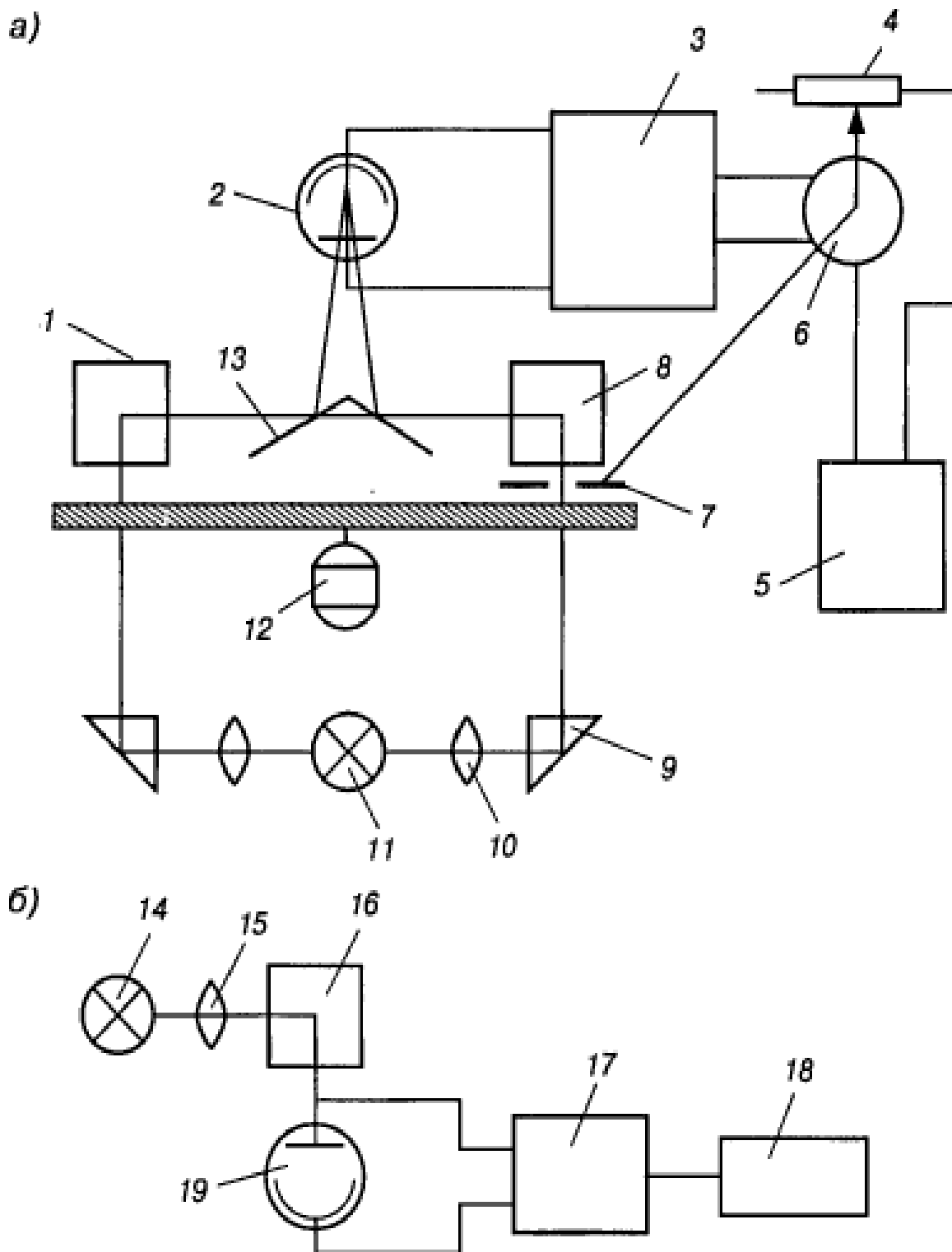


Рисунок 10.3 – Схема приладу для визначення каламутності води:

7, 8, 16 – вимірювальна і порівняльна кювети; 2, 19 – фотоелемент;
 3 – підсилювач; 4 – реохорд; 5, 7 – вторинний прилад; 6 – реверсивний
 двигун; 7 – діафрагма; Р – призми; 10 – лінзи; 11 – світловий комутатор;
 13 – дзеркала; 14 – лампа; 15 – лінза

Важливе значення для управління знезараженням питних і стічних вод має контроль за концентрацією хлору. Автоматичний аналізатор хлору АПК-01М (рис. 10.4) містить електрохімічний перетворювач 2, обладнаний

блоком дозування реагентів 3 і блоком пробопідготовки 1, з'єднаними через перетворювач 2 з нормуючим вузлом.

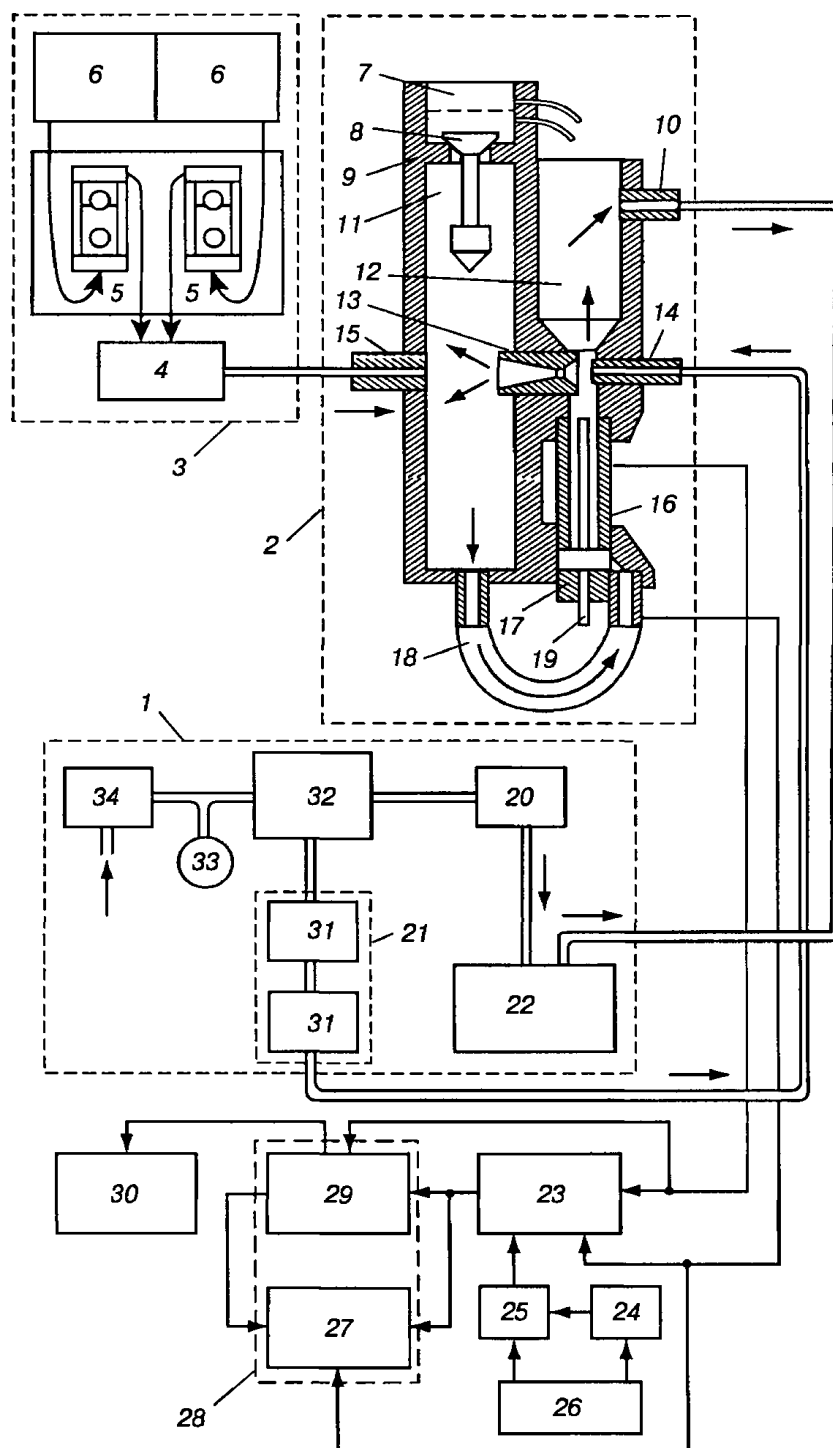


Рисунок 10.4 – Структурна схема аналізатора хлору АПК-01М

23 і балансовими перетворювачем 28, вузлом термокорекції 24 і блоком узгодження 25, забезпеченим джерелом живлення 26, і з реєструючим приладом 30. Перетворювач 28 утворений мостовою схемою 29 і нуль-органом 27.

Перетворювач 2 забезпечений клапаном 8, сідло 9 якого розділяє камери переливу 7 і змішування 77. Камера 7 гідравлічно пов'язана із зливною камерою 72, обладнаної інжектором 14 з горловиною 13, чутливим

елементом 17 і обвідний трубою 18. У камері 77 встановлений штуцер подачі реагентів, а в камері 72 – штуцер зливу 10. Елемент 77 утворений катодом 19 і анодом 16. Блок дозування 3 забезпечений ємностями для реагентів 6, Мікродозатори 5 і змішувачем 4. Блок пробоподготовки 7 має вхідний регулятор тиску 34 з манометром 33, фільтром з манометром 32, регулятором 20, зливним бачком 22 і редуктором 27, утвореним послідовно включеними вихідними регуляторами тиску 31.

Вода, що підлягає аналізу, подається насосом з очисної споруди через вхідний регулятор тиску 34, при цьому за манометром 33 встановлюється необхідний тиск води, що подається. У фільтрі 32 видаляються завислі речовини і нерозчинні домішки з періодичною зміною фільтруючого патрона. Редуктором 27 стабілізується тиск води після проходження фільтра 32, яка далі через інжектор 14 надходить у камеру 11. Одночасно з водою в камеру 11 надходять реагенти із змішувача 4 блоки 3. Звідси велика частина води проходить через трубку 18 до чутливого елемента 17, а менша частина – через клапан 8 в камери 7 і 12. З камери 12 вода надходить в бачок 32, який пов'язаний з регулятором 20, що забезпечує стабільність гідродинамічного режиму в пристрої і відбір проб для хімічного аналізу.

У системах очищення стічних вод одним з найважливіших вимірів є визначення концентрації розчиненого кисню (КРК). З цією метою розроблено два варіанти Киснеміри – К-115 і К-125, які замінили прилади, що випускалися раніше ЗГ-152-003 і АКВА-Л. Киснемір К-115 призначений для разових вимірювань КРК в лабораторних умовах у відібраних пробах води. Для безперервного вимірювання КРК в аеротенках застосовується прилад К-125, який складається з датчика і перетворювача з уніфікованим виходом для підключення реєструючих приладів і регулюючих пристроїв. В основу цього приладу покладено полярографічний метод вимірювання. Поляризаційна напруга створюється зовнішнім джерелом струму.

Датчик полярографічного аналізатора КРК наведений на рисунку 10.5.

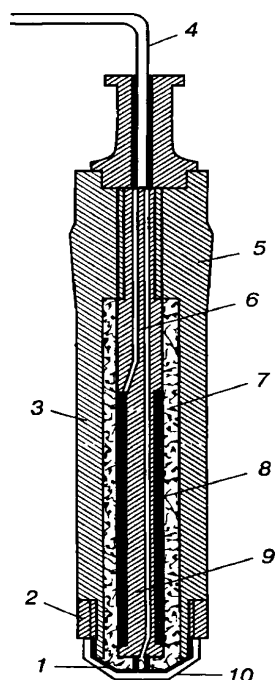


Рисунок 10.5 – Датчик для вимірювання концентрації розчиненого кисню електродної пари, що складається з катода 1 з цільної пластини сферичної форми і анода 8 у вигляді порожнього свинцевого циліндра, зануреного в рідкий електроліт 7 і закритою полімерною мембраною 10. Катод 1 нагвинчується на корпус з оргскла 3, де за допомогою гайки 2 також кріпиться мембрана 10, а анод 8 кріпиться на циліндричному стрижні 9. Датчик встановлюється в посудині за допомогою шліфа 5 або безпосередньо занурюється в воду на спеціальній конструкції. Він підключається до електронного підсилювача кабелем 4, токовідвідні дроти до якого від катода 1 і анода 8 підводяться по каналах 6

Спочатку відбувається дифузія кисню з води через мембрану 10 до катода 1, де він відновлюється в результаті електрохімічної реакції з утворенням гідроксиду свинцю. На виході датчика генерується струмовий сигнал, що лінійно залежить від вмісту кисню в воді. Анод 8 слугує для забезпечення потенціалу катода, необхідного для електровідновлення кисню, а електроліт 7 – для забезпечення зв'язку між анодом і катодом.

Контрольні запитання:

1. Наведіть принцип дії приладів для вимірювання концентрації, вологості, густини і в'язкості.
2. Наведіть принцип дії потенціометричного концентратоміра рН-метра.
3. Надайте схему конструкції первинного перетворювача кондуктометричних концентратомірів КК-8 і КК-9?
4. Охарактеризуйте оптичні концентратоміри. На які прилади вони поділяються?
5. Що вважається одним з найважливіших вимірів у системах очищення стічних вод?

ЛЕКЦІЯ 11 КЕРУВАЛЬНІ ТА РЕГУЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

11.1 Функціональні елементи автоматичних регуляторів

Разом із вимірювальним пристроєм до складу автоматичної системи регулювання, окрім об'єкта регулювання (ОР), входять інші функціональні елементи, серед яких найважливішим є автоматичний регулятор (АР), виконавчий механізм (ВМ) та регулювальний орган (РО). Автоматичний регулятор – це пристрій, який формує сигнал управляючої дії згідно з алгоритмом управління та підсилює його до значень, необхідних для управління виконавчим механізмом. Залежно від джерела енергії, яке використовується для управління, виділяють регулятори прямої та непрямої дій. У регуляторах *прямої дії* для забезпечення їх роботи застосовується енергія об'єкта регулювання. До таких регуляторів належать пристрої для стабілізації температури в тепловому торговельно-технологічному устаткуванні, наприклад температурне реле Т-32; для регулювання рівня води – поплавковий рівнемір у кип'ятильниках безперервної дії. Для стабілізації тиску пари в паропроводах широко застосовується регулятор тиску прямої дії «після себе» (рис. 11.1). Зі збільшенням тиску в паропроводі після регулятора мембрана 1 прогинається донизу і переміщує шток із клапаном 3, зменшуючи приплив пари. Задане значення тиску встановлюється пружиною 2. Регулятори прямої дії мають просту конструкцію, але не забезпечують високої точності регулювання.

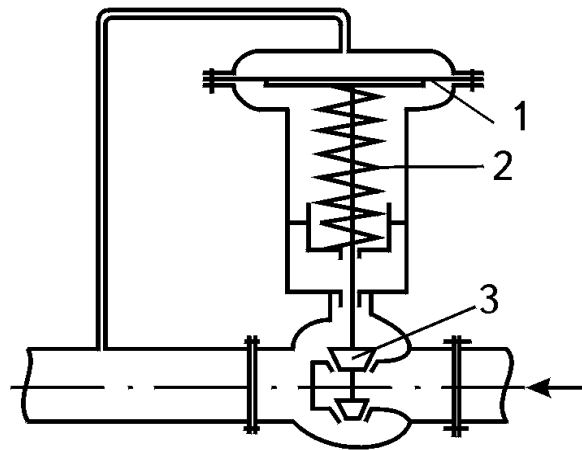


Рисунок 11.1 – Регулятор тиску прямої дії

В регуляторах *непрямої дії* використовується енергія від допоміжного джерела, що дозволяє підвищити точність та швидкодію регулювання. За видом допоміжної енергії регулятори непрямої дії поділяються на *електричні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані*. У харчових виробництвах застосовуються переважно електричні та пневматичні регулятори. Електричні регулятори мають широку галузь застосування завдяки великій швидкості передавання сигналу на значні відстані, малим габаритам, уніфікації елементів. Вони не потребують спеціальних джерел енергії. Недоліком електричних засобів автоматизації є більша складність і менша надійність порівняно з

пневмоавтоматичними. Пневматичні регулятори пожежо- та вибухобезпечні, прості, надійні, досить корозієстійкі, що важливо в приміщеннях із підвищеною вологістю. Проте для роботи пневматичних регуляторів потрібні спеціальні джерела живлення (компресори), бо регулятори досить інерційні. Регулятори непрямої дії складаються з декількох елементів, основними з яких є підсилювачі та інші допоміжні блоки, які забезпечують формування регулювальної дії згідно з алгоритмом управління. Підсилювачем називають елемент, вхідна та вихідна величини якого мають однакову фізичну природу, призначений для кількісного перетворення (підсилення) вхідної величини. Зміна вихідного сигналу пристрою порівняно з вхідним відбувається за рахунок допоміжної енергії тієї ж самої фізичної природи від допоміжного джерела. Залежно від застосованої енергії підсилювачі поділяються на механічні, гідравлічні, пневматичні, електронні, магнітні та інші. У автоматичних регуляторах широко застосовуються реле. Реле – це пристрій, у якому вихідна величина у стрибкоподібно змінюється з досягненням вхідної величини x певного значення. Статичну характеристику реле наведено на рисунку 11.2. Зі збільшенням вхідної величини x від 0 до x_1 вихідна величина залишається постійною і дорівнює y_1 . Коли вхідна величина досягає значення x_1 , вихідна величина стрибком змінюється від y_1 до y_2 . Із подальшим збільшенням x вихідна величина y не змінюється і дорівнює y_2 . Зі зменшенням вхідної величини до $x = x_2$, значення вихідної величини y стрибком зменшується від y_2 до y_1 . Відношення $k_v = x_1/x_2 < 1$ називають коефіцієнтом відпускання реле.

Оскільки за природою, характером зміни та потужністю вхідна й вихідна величини різні, реле є перетворювачем та підсилювачем сигналів. Залежно від природи вхідної величини розрізняють електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, теплові, фотореле, реле часу та ін. Найбільш поширені електромагнітні реле.

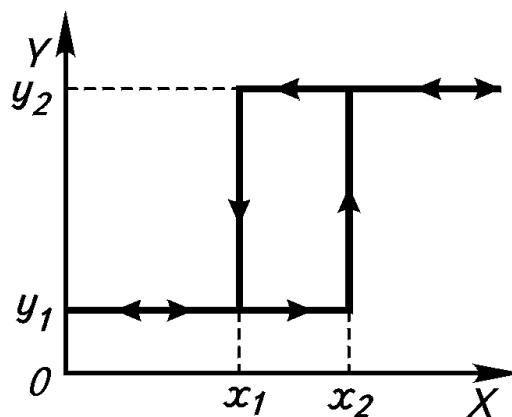


Рисунок 11.2 – Статична характеристика реле

Оскільки за природою, характером зміни та потужністю вхідна й вихідна величини різні, реле є перетворювачем та підсилювачем сигналів. Залежно від природи вхідної величини розрізняють електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, теплові, фотореле, реле часу та ін. Найбільш поширені електромагнітні реле.

Схему нейтрального електромагнітного реле постійного струму показано на рисунку 11.3.

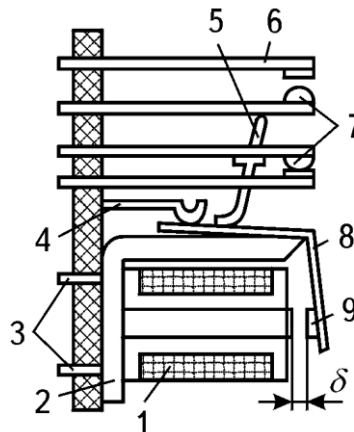


Рисунок 11.3 – Схема нейтрального електромагнітного реле

Під час проходження струму по котушці I у магнітопроводі, що складається з осердя 10 та якоря 9 виникає магнітний потік; якір притягується до осердя, контактна група $7, 8$ розмикається (розмикальний контакт), а контактна група $6, 7$ замикається (замикальний контакт). Коли котушка знеструмлена, якір відтягується пружиною 8 . Сила притягання якоря F_n дорівнює:

$$F_n = k(I\omega)^2 dG/d\delta, \quad (11.1)$$

де k – сталий коефіцієнт;

I – струм у котушці;

ω – кількість витків котушки;

G – магнітна провідність зазору між якорем та котушкою;

δ – проміжок.

Це реле є нечутливим до полярності струму, оскільки сила притягання якоря залежить від квадрата струму I^2 , тому його називають *нейтральним*. Часто виникає потреба живити реле від мережі змінного струму. Якщо увімкнути котушку реле постійного струму в коло змінного струму, якір і контакти реле вібруватимуть, оскільки два рази за період струм дорівнюватиме нулю. Для усунення вібрації частину осердя в поперечному перерізі охоплюють короткозамкненим витком із міді. При цьому в магнітному колі діятимуть два потоки – основний і сформований короткозамкненим витком. Останній буде відставати за фазою від основного потоку, результуючий потік не дорівнюватиме нулю, і вібрація якоря припиниться.

11.2 Агрегатні комплекси технічних засобів автоматизації

Для автоматизації технологічних процесів застосовується велика номенклатура технічних засобів автоматизації, які потребують відповідного технічного обслуговування. Ця проблема в ДСП вирішується шляхом

агрегативання, що дозволяє забезпечити будівництво складних пристроїв та систем шляхом набору більш простих уніфікованих модулів. До складу агрегативних комплексів входять системи та прилади, блоки та пристрої, що є конструктивно завершеними виробами; їх можна застосовувати самостійно. До складу агрегативного комплексу електричних аналогових засобів контролю та регулювання «Каскад» входять групи вимірювальних, логічних, нелінійних та регулювальних блоків, підсилювальних, задавальних та допоміжних пристроїв, а також динамічних перетворювачів. Усі блоки мають уніфіковану конструкцію. Зв'язок між датчиками регульованих параметрів та блоками комплексу здійснюється за допомогою уніфікованого струмового сигналу 0–5, 0–20, 4–20 мА та 0–10 В. Агрегативний комплекс електричних засобів регулювання (АКЕЗР) із сигналом зв'язку постійного струму на інтегральних мікросхемах призначається для будівництва різноманітних АСР, можливе також застосування управляючих обчислювальних машин (УОМ). До складу АКЕЗР входять три основних групи технічних засобів: регулювальні й функціональні пристрої та виносні задавачі з блоками управління. Дві перші групи застосовуються для перетворення уніфікованих сигналів від вимірювальних перетворювачів та формування управляючих сигналів в аналоговій або дискретній формах для передавання їх до виконавчих пристроїв. Третя група пристроїв призначена для ручного встановлення завдань блокам та ручного дистанційного управління. Агрегативний комплекс пневматичних регулювальних пристроїв «Старт» збудовано на базі універсальної системи елементів промислової пневмоавтоматики (УСЕППА). До складу комплексу входять декілька типів регуляторів, функціональних блоків, а також вторинні прилади. За допомогою технічних засобів комплексу можна скласти нескладні системи регулювання. Пристрої системи «Старт» призначаються для використання в пожежо- вибухонебезпечних умовах, у приміщеннях з агресивним середовищем та складними умовами експлуатації.

11.3 Виконавчі механізми та регулювальні органи

Виконавчі механізми (ВМ) здійснюють переміщення регулювального органу за сигналом, що подається від регулятора. Залежно від застосованої енергії на переміщення регулювального органу ВМ поділяють на електричні, пневматичні та гідравлічні. Отже, ВМ є підсилювачем потужності. Кожен ВМ повинен мати органи ручного управління, блокувальні пристрої, показчик положення пересувного елемента, пристрій для гальмування. Електричні ВМ працюють у комплекті з електричним регулятором і поділяються на електродвигунові та електромагнітні. Електродвигунові ВМ поділяються на однооборотні, вихідний вал яких має кут обертання від 15 до 360°, та багатооборотні, у яких вихідний вал обертається під кутом більше 360°. Електродвигуновий ВМ (рис. 11.4) складається з електродвигуна 3 з електромагнітним гальмом 4, блока 5 із кінцевими вимикачами, черв'ячного редуктора 2 та вихідного вала редуктора 1, який з'єднується з регулюючим органом. Запуск двигуна в той чи інший бік обертання забезпечується

контактами *1РБ* або *2РБ* реле автоматичного регулятора. При цьому вмикаються обмотки *В* або *Н* реверсивного магнітного пускача і замикаються його силові контакти *В0* або *Н0*, які включають у мережу електродвигун *Д*. Блок-контакти *В1* та *Н1* шунтують контакти регулятора. Двигун вимикається, коли вихідний вал редуктора досягає крайніх положень, кінцевими вимикачами *КВВ* та *КВЗ*, при цьому загоряється одна з сигнальних ламп відповідно *ЛВ* або *ЛЗ*. Кнопка *КС* призначається для аварійного вимикання двигуна.

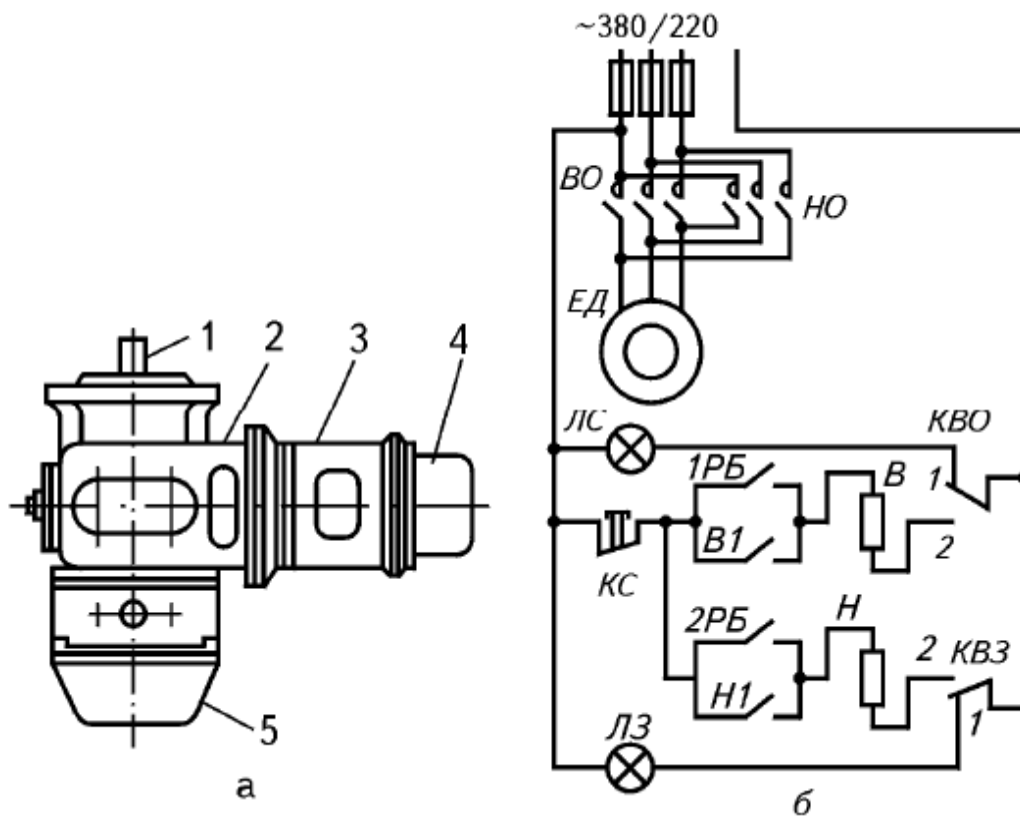


Рисунок 11.4 – Електродвигуновий виконавчий механізм:
а – загальний вигляд; б – електрична схема вмикання

Електромагнітні ВМ складаються з електромагніту постійного або змінного струму, якір якого керує відкриттям та закриттям регульовального органу. Під час подавання струму до обмотки електромагніту якір утягується і клапан відкривається. Пневматичні ВМ поділяються на мембранні й поршневі та призначаються для роботи з пневматичними регуляторами. Мембранний виконавчий механізм (рис. 11.5) складається з корпусу *1*, мембрани *2*, зворотної пружини *3* та штока *4*. Втулка з натяжною гайкою *5* призначена для регулювання зусилля, що надається пружиною. Із поданням тиску від регулятора у надмембранну порожнину мембрана вигинається і переміщує шток. Повернення штока в початкове положення забезпечується за допомогою пружини при $p_{вх} = 0$.

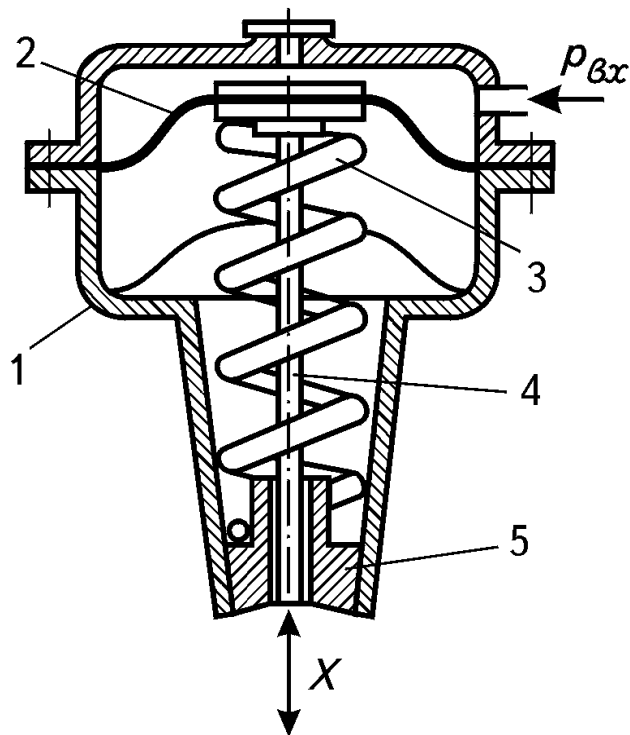


Рисунок 11.5 – Мембранний виконавчий механізм

Регулювальні органи (РО) призначено для зміни витрат матеріальних або енергетичних потоків об'єкта регулювання. Найчастіше в технологічних процесах застосовуються дросельні РО, які керують витратою потоків шляхом зміни діаметра прохідного перетину. Вони призначені для зміни витрат рідини, газу та пари. Дросельні РО поділяються на регулювальні клапани, заслінки та шибери. Регулювальні органи характеризуються пропускною здатністю. Пропускна здатність K_n – це витрата рідини густиною $1\,000\text{ кг/м}^3$, що проходить крізь регулювальний орган під час перепаду тиску на ньому, що дорівнює $0,1\text{ МПа}$. Залежність пропускної здатності регулювального органу від переміщення затвора l із постійним перепадом тиску $K_n = f(l)$ називається пропускною характеристикою. Регулювальні клапани випускаються серійно з діаметром умовного проходу $D_u = 6...400\text{ мм}$.

11.4 Мікропроцесорні засоби автоматизації

Технічною базою сучасних систем управління технічними процесами є мікропроцесорні пристрої та ЕОМ. *Мікропроцесор* – це програмно-керувальний пристрій, призначений для обробки цифрової інформації та керування процесом цієї обробки, що працює на одній або кількох інтегральних схемах. Для виконання завдань зі збору та обробки інформації й керування об'єктом необхідно утворити мікропроцесорну систему (рис. 11.6), центральну частину якої займає мікропроцесор, а також запам'ятовувальний пристрій (ЗП), пристрій вводу-виводу (ПВВ) та низка інших пристроїв. Інформація призначена для обробки в мікропроцесорній системі (МПС), має бути подана в цифровій формі, необхідній для введення в МПС. Тому зі створенням на базі МПС

автоматичної системи до її складу необхідно включити пристрої для зв'язку з об'єктом управління (ПЗО). Завданням ПЗО є автоматичне перетворення інформації від датчиків, установлених на об'єктах управління (ОУ), а також зворотне завдання з перетворення управляючих сигналів, що виробляються МПС, у форму, необхідну для керування виконавчими механізмами, установленими на об'єкті управління.

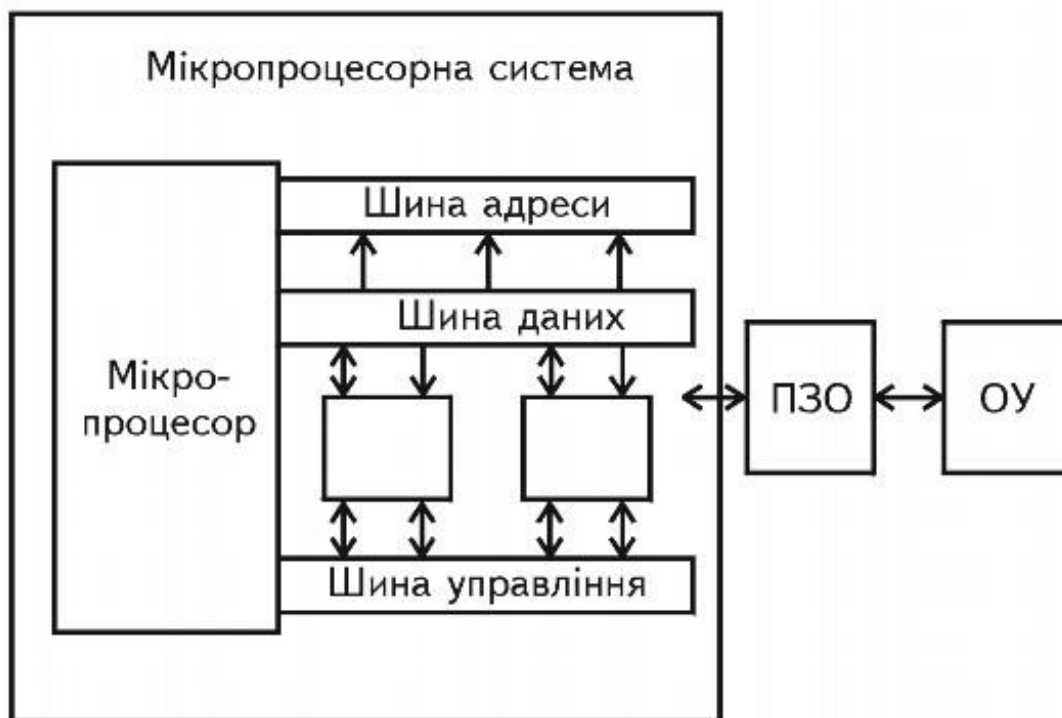


Рисунок 11.6 – Структура мікропроцесорних систем

На рисунку 11.7 наведено структурну схему універсального мікропроцесора. Він має такі основні функціональні елементи: арифметично-логічний пристрій (АЛП), пристрій управління (ПУ) і блок регістрів (БРГ). Арифметично-логічний пристрій здійснює за командою з пристроєм управління арифметичні та логічні операції. Пристрій управління (ПУ) керує роботою АЛП і БРГ. ПУ робить вибірку команд за послідовністю, яка визначається програмою, дешифрує та обробляє їх, виробляє необхідну послідовність керівних сигналів, призначену для управління та синхронізації як внутрішніми елементами МП (АЛП і БРГ), так і для зв'язку із зовнішніми пристроями.

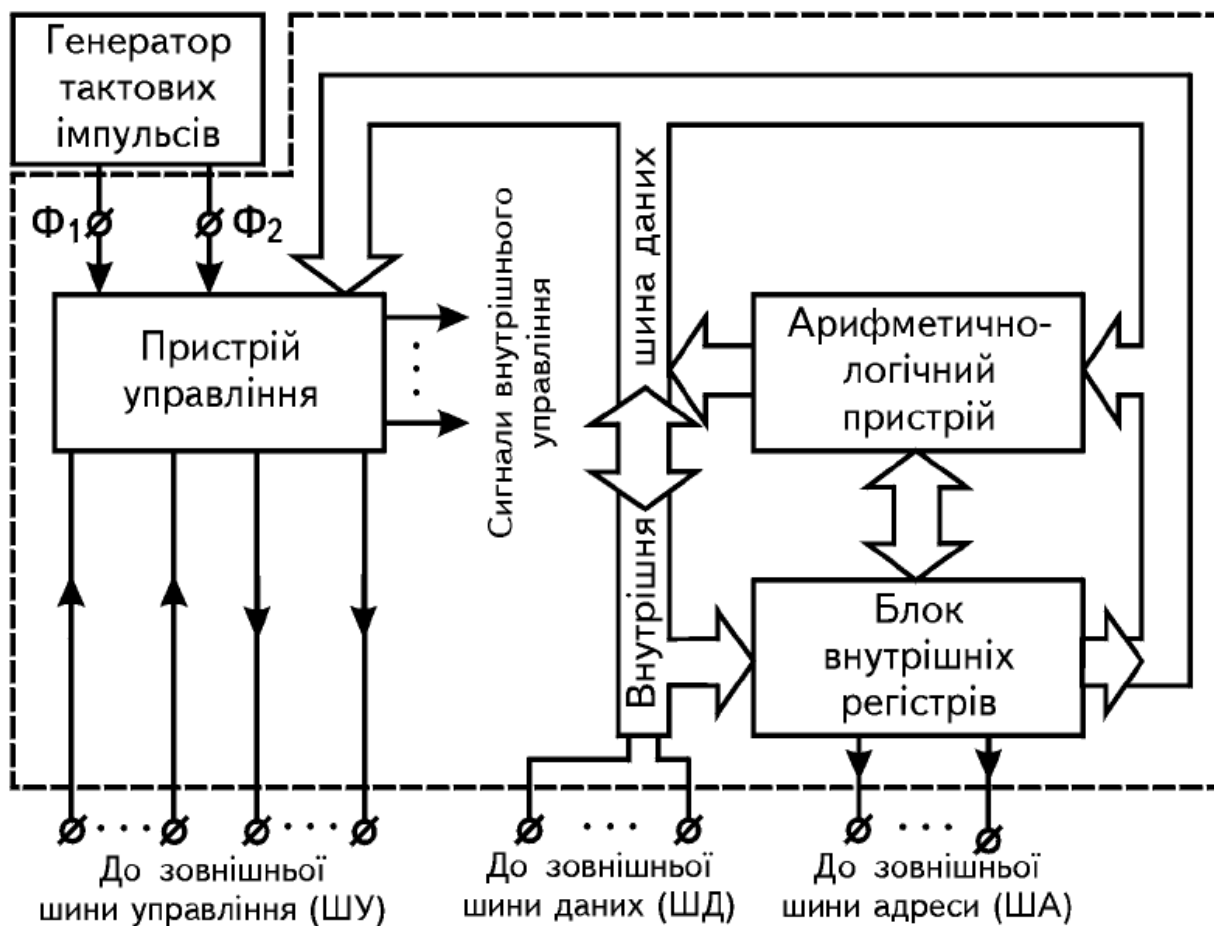


Рисунок 11.7 – Структурна схема універсального мікропроцесора

Блок регістрів (БРг) є внутрішньою пам'яттю МП і використовується для тимчасового зберігання інформації, що обробляється мікропроцесором. Окремі частини МП з'єднуються між собою за допомогою внутрішньої шини даних, яка є каналом передавання інформації. Для зв'язку із зовнішніми пристроями існують зовнішні шини: управління (ШУ), адресна (ША) та даних (ШД). У системах автоматизації технологічних процесів мікропроцесори застосовуються як засоби управління в складі програмованих контролерів. Мікропроцесорний контролер має такі елементи (рис. 11.8): процесор; оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП); постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП); пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО), який забезпечує перетворення вхідних сигналів у цифрову форму та зворотно – у вихідний сигнал; пристрій індикації та зв'язку з оператором (ПІ); спеціалізоване програмне забезпечення (СПЗ). Ці елементи виконуються у вигляді модулів і об'єднуються внутрішньою паралельною шиною.

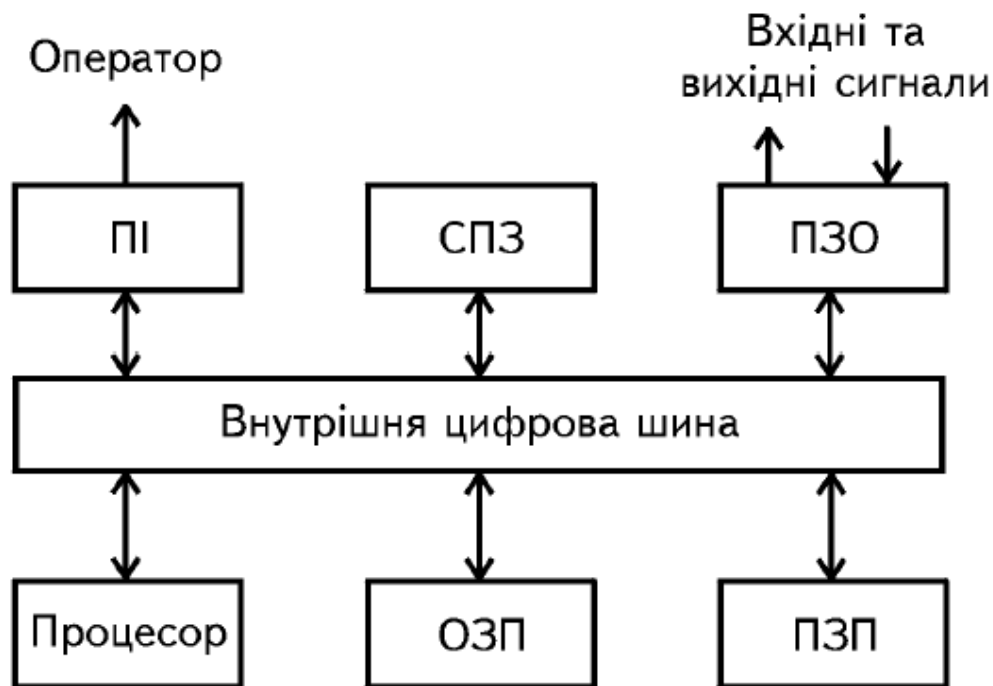


Рисунок 11.8 – Структурна схема реміконта

Існує ряд мікропроцесорних контролерів. Реміконт – це компактний багатофункціональний мікропроцесорний контролер, призначений для автоматичного регулювання та логічного управління технологічними процесами. Реміконт є багатоканальним пристроєм і може замінити кілька десятків аналогічних регуляторів. Для програмування реміконта не потрібен програміст, це завдання виконує експлуатаційний персонал, пов'язаний з обслуговуванням звичайної аналогічної апаратури. Для налаштування контролера використовується спеціалізована клавішна панель, за допомогою якої наладчик визначає алгоритми управління, конфігурацію управляючого контура, параметри статичної та динамічної настройки, а також встановлює сигнали завдання і режими управління. Реміконт формує закони регулювання, виконує підсумовування, диференціювання, селектування, перемикавання та інші перетворення аналогових сигналів, а також обробляє та формує дискретні сигнали управління. При цьому оператор має можливість безпосередньо на місці експлуатації вручну переключати та змінювати контури регулювання й режими управління. Робочі програми контролера виконано у вигляді блоків, кожен з яких реалізує один з алгоритмів управління. Набір таких алгоритмічних блоків створює бібліотеку робочих програм, і оператор має можливість вибору потрібної програми та її одноразового або багаторазового використання. Датчики і виконавчі механізми підключаються до реміконта за допомогою звичайних кабельних з'єднань, якими передається аналогова та дискретна інформація. Сигнали, що подаються на реміконт, обробляються в цифровій формі.

11.5 Мікропроцесорний регулятор «МІКРОЛ»

Регулятори «МІКРОЛ» (МІК) являють собою новий клас сучасних цифрових регуляторів безперервної дії з аналоговим, імпульсним або двопозиційним виходом. Вони застосовуються для керування технологічними процесами в промисловості. Регулятор МІК забезпечує високу точність підтримування значення вимірюваного параметра. Відмінною рисою цього регулятора є наявність трирівневої гальванічної ізоляції між входами, виходами й ланцюгом живлення. Регулятор призначено як для автономного, так і для комплексного використання в АСУ ТП в енергетиці, металургії, хімічній, харчовій та інших галузях промисловості й агропромислового комплексу. Регулятор МІК призначається: – для вимірювання контрольованого вхідного фізичного параметра (температура, тиск, витрата, рівень та ін.), обробки, перетворення й відображення його поточного значення на вбудованому чотирирозрядному цифровому індикаторі; – для формування вихідного аналогового або імпульсного сигналу управління зовнішнім виконавчим механізмом, із забезпеченням аналогового, імпульсного або позиційного регулювання вхідного параметра за П, ПІ, ПД або ПІД законом відповідно до заданого користувачем логікою роботи й параметрами регулювання. Структуру регулятора МІК за допомогою конфігурації можна змінити таким чином, що можуть бути вирішені такі завдання регулювання: Внутрішня програмна пам'ять регулятора МІК містить велику кількість стандартних функцій, необхідних для керування технологічними процесами більшості інженерних прикладних завдань, зокрема, таких: – можливість підключення різних типів датчиків; – порівняння результату перетворення з налаштуванням «мінімум» і «максимум», а також сигналізацію відхилень (технологічно небезпечних зон), вибір типу технологічної сигналізації – абсолютна або девіаційна (що залежить від заданої точки), програмне калібрування каналів за зовнішнім зразковим джерелом аналогового сигналу, цифрова фільтрація, довільне масштабування шкал вимірюваних параметрів, лінеаризація вхідних сигналів, добування квадратного кореня, режими статичного й динамічного балансування, моніторинг справності датчиків (їхніх ліній зв'язку або вимірювального каналу) із системою безпечного керування виконавчими механізмами, ретрансмісія вхідних аналогових параметрів на аналоговий вихід пристрою та ін. Регулятор являє собою вільно програмований компактний прилад. Користувач, який не має знань і навичок програмування, може просто викликати й виконувати ці функції шляхом конфігурації регулятора МІК. Регулятори МІК дуже зручні у використанні. Вони можуть швидко й легко, змінивши конфігурацію, виконати більшість поставлених вимог і завдань керування технологічними процесами. Ці регулятори конфігуруються через передню панель приладу або гальванічний розділений інтерфейс RS-485 (протокол Мослзіз), що також дозволяє використати прилад як вилучений контролер при роботі в сучасних мережах керування й збору інформації. *Конструкція приладу.* Регулятор МІК сконструйовано за блоковим принципом; він включає: пластмасовий корпус, фронтальний блок передньої панелі з елементами обслуговування

(клавіатурою) та індикації, блок задньої частини з мережною клемною колодкою й розніманнями для підключення клемно-блокових з'єднувачів, призначених для підключення зовнішніх входних і вихідних ланцюгів. *Передня панель приладу* обладнана активною чотирирозрядною цифровою індикацією для відображення вимірюваної величини – дисплей ПАРАМЕТР, заданої точки – дисплей ЗАВДАННЯ, значення управляючого впливу, подаваного на аналоговий вихід пристрою – дисплей ВИХІД, необхідною кількістю клавіш обслуговування й сигналізаційних світлодіодних індикаторів для різних статусних режимів і сигналів. Зовнішній вигляд передньої панелі регулятора МІК-21-05 наведено на рисунку 11.9.



Рисунок 11.9 – Зовнішній вигляд передньої панелі регулятора МІК-21-05

Призначення дисплеїв передньої панелі: Дисплей *ПАРАМЕТР*: У режимі *РОБОТА* індексує значення обраної вимірюваної величини, У режимі *КОНФІГУРАЦІЯ* – значення обраного параметра. Дисплей *ЗАВДАННЯ*: У режимі *РОБОТА* індексує значення заданої точки (внутрішньої або зовнішньої) або значення другого аналогового входу. У режимі *КОНФІГУРАЦІЯ* номер індексує параметри конфігурації. Дисплей *ВИХІД*: У режимі *РОБОТА* індексує значення управляючого впливу, поданого на аналоговий або імпульсний вихід пристрою, або сигнал положення виконавчого механізму (у %). У режимі *КОНФІГУРАЦІЯ* індексує символи «ПР», які вказують користувачеві на те, що прилад перебуває в режимі конфігурації (програмування). *Призначення світлодіодних індикаторів.* Індикатори – *МАХ*, *МІН*, *КУ*, *ЛУ*, *РУ* сигналізують про відповідний режим роботи та вихід параметрів за задані межі.

11.6 Багатоканальний реєстратор РМТ 59

Багатоканальні безпаперові реєстратори (наприклад, РМТ 59) призначаються для вимірювання, реєстрації та контролю температури й інших неелектричних величин (частоти, тиску, витрати, рівня та ін.), перетворених на електричні сигнали сили, напруги постійного струму й активний опір постійного струму. Реєстратори багатоканальні призначаються для

використання в різних технологічних процесах енергетики, металургії, хімічної промисловості та ін. Основні характеристики багатоканального безпаперового реєстратора, який має: – від 6 до 42 гальванічно розв'язаних аналогових входів (кратне 6); – від 0 до 18 гальванічно розв'язаних струмових виходів (кратне 6); – від 0 до 48 гальванічно розв'язаних дискретних входів (кратне 8); – від 0 до 48 гальванічно розв'язаних релейних виходів (кратне 8); – від 0 до 10 програмованих вставок на кожен канал. Прилад має гнучку модульну структуру (комбінацію з семи модулів аналогових і дискретних входів і виходів). Можливе установа таких модулів: – АЦП – 6-канальний модуль аналогових входів, до яких підключаються первинні перетворювачі, сигнали сили та напруги постійного струму, електричного опору; – ПВІ – 6-канальний модуль вбудованих вимірювальних перетворювачів (струмових виходів); – УПР – модуль реле і дискретних входів, що управляє вмиканням-вимиканням восьми реле за командами від модуля індикації, опитує стан восьми дискретних входів і отриману інформацію про їх стан передає в мікроконтролер. Кожен дискретний вхід дозволяє перевірити стан сухого контакту вбудованим джерелом напруги (13 ± 3) В. При цьому в перевірній ланцюга виникає струм не більше 20 мА; – РЕЛЕ – варіант модуля УПР, що містить вісім реле і не містить дискретних входів. Вільна логіка програмування аналогових (струмових) і дискретних виходів. Результати вимірювань відображаються на кольоровому дисплеї у вигляді чисел (таблиці), графіків, гістограм у різних поєднаннях. Кількість екранних форм і вид відображення даних на кожній екранній формі конфігурується користувачем. Перемикання між екранними формами здійснюється з клавіатури приладу. Максимальна кількість екранних форм – 10. На одній екранній формі може відображатися до 12 вимірювальних каналів. У РМТ 59 застосована паралельна обробка сигналів за вимірювальними каналами; цикл опитування всіх каналів становить близько 1 с; РМТ 59 є мікропроцесорним приладом, що переконфігурується споживачем; Конфігурація приладу здійснюється споживачем за допомогою клавіатури на лицьовій панелі, зовнішньої клавіатури, по інтерфейсу RS-232 або RS-485 (прилад має комбінований інтерфейс) за допомогою спеціального програмного забезпечення, що входить у комплект поставки, або за допомогою USB Flash-карти. Реєстратор зберігає в енергонезалежній Flash-пам'яті об'ємом 1 ГБ результати вимірювань, стан реле, стан дискретних входів, поточний час. Реєстратор може комплектуватися модулем резервного акумуляторного живлення, який забезпечує повну працездатність приладу протягом 5 хв у разі відсутності основного (~ 220 В) і резервного ($= 24$ В) живлення. Електромагнітна сумісність (ЕМС) – III-A (група III за стійкістю до перешкод, критерій якості функціонування А) або IV-B (група IV, критерій якості функціонування В).

Контрольні запитання:

1. Назвіть методи вимірювань.
2. Як розрізняють прилади за виглядом вихідного сигналу?
3. Назвіть похибки засобів вимірювання.
4. Наведіть класифікацію засобів вимірювання температури.
5. Як виміряти температуру за допомогою термометрів опору?
6. Наведіть класифікацію приладів вимірювання тиску за принципом дії, охарактеризуйте їх принципи та використання.
7. Поясніть методи вимірювання рівня та принципи роботи рівнемірів різних типів.
8. Як виміряти витрату рідини витратоміром змінного перепаду тиску?
9. Поясніть, у яких випадках для вимірювання в'язкості застосовують ротаційні віскозиметри.
10. Назвіть методи вимірювання вологості повітря.
11. Дайте визначення функціонального призначення автоматичного регулятора.
12. У чому полягає відмінність між регуляторами прямої та непрямої дії?
13. Яке призначення виконавчих механізмів та регулювальних органів.
14. Які типи виконавчих механізмів використовуються в системах управління?
15. Назвіть основні елементи мікропроцесорних систем.
16. Які основні ознаки мікропроцесорних контролерів?

ЛЕКЦІЯ 12 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

12.1 Автоматизація процесів механічного очищення стічних вод

До механічних процесів очищення на сучасних очисних станціях відносять проціджування води через ґрати, піскоуловлювання і відстоювання. При автоматизації цих процесів здійснюється автоматичне управління електродвигунами грабельних механізмів, мулоскребів, насосів і шиберів. При автоматизації ґрат основне завдання полягає в управлінні граблями, дробарками, транспортерами і шиберами на каналі, що підводить. Автоматичне управління механізмами ґрат здійснюється залежно від зміни перепаду рівнів в каналі до і після ґрат (рис. 12.1).

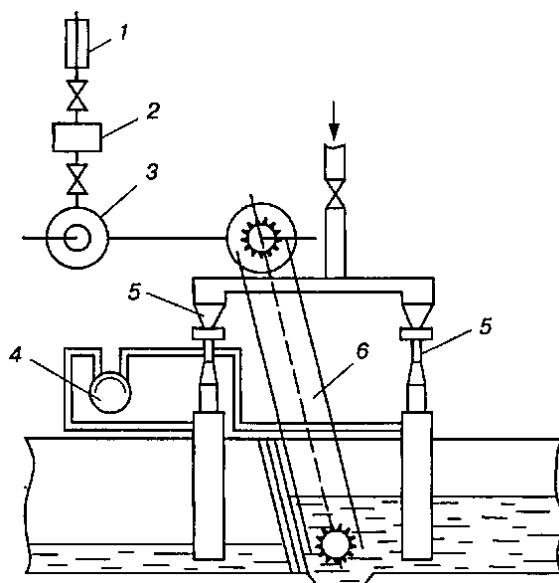


Рисунок 12.1 – Схема автоматичного управління механічними граблями за перепадом рівнів до і після ґрат:

- 1 – запобіжник; 2 – пускач електродвигуна; 3 – електродвигун;
4 – дифманометр; 5 – ежектори; 6 – механічні граблі

Як прилад, що вимірює перепад рівнів, прийнятий дифманометр з електро-контактним пристроєм. Перепад рівнів контролюється шляхом виміру різниці тиску повітря, що продувається, в двох трубках, опущених у воду до і після ґрат. Досягнувши заданої величини перепаду, контактний пристрій включає в роботу грабельний агрегат. Виключення грабелів здійснюється також контактним пристроєм або за допомогою реле часу через проміжок часу, вибраний на основі експлуатаційного досвіду.

Автоматичні пристрої в піскоуловлювачах застосовують для розподілу і регулювання кількості стічних вод, а також для видалення піску при досягненні ним граничного рівня. Регулювання навантаження на окремі піскоуловлювачі дозволяє автоматично підтримувати швидкість протікання води через них в заданих межах за допомогою поплавкового рівнеміра та електрифікованих

шиберів. Пристрій працює таким чином, що при загальній витраті менш заданого шибера обвідного каналу повністю закритий, а при витраті, більшій заданого, шибера відкривається настільки, що в обвідний канал скидається весь надлишок води понад розрахункову витрату піскоуловлювачів.

Автоматизація видалення піску з піскоуловлювачів проводиться двома шляхами. У першому випадку пісок віддаляється у міру досягнення ним заданого рівня. У другому – пісок віддаляється через певні проміжки часу, які, як і час видалення піску, приймаються на основі досвіду експлуатації.

Найбільшого поширення набув перший спосіб, при реалізації якого використовується датчик рівня піску. Основою цього приладу є термосигналізатор з намотаною на нього в кінцевій частині ніхромовою спіраллю, що встановлюється в піскоуловлювачі на глибину, рівну максимальному рівню піску. При низькому рівні унаслідок руху води відбувається підвищена тепловіддача і спіраль нагрівається. При підйомі рівня до спіралі її нагрів різко зростає, що викликає замикання контактів термосигналізатора, включених в схему сигналізації або управління.

У первинних відстійниках найбільш важливою є автоматизація видалення з них осаду. Просте рішення цієї задачі – випуск осаду по заданому графіку за допомогою програмного регулювальника. Проте точний графік відкачування в умовах припливу стічних вод і кількості завислих часток скласти дуже складно, тому найчастіше автоматичне видалення осаду виробляють шляхом виміру його рівня у відстійниках. У схемі виміру рівня використовується фотоелектричний датчик (рис. 12.2), що складається з двох металевих корпусів, в один з яких поміщається фотоопір, а в інший лампа підсвічування. Залежно від зміни оптичної щільності рідини між фотоопором і лампою підсвічування змінюється значення струму, що поступає в схему автоматики.

Для ефективної роботи первинних відстійників і запобіганню винесення зважених речовин велике значення має підтримка однакового навантаження на кожен відстійник або рівномірний розподіл між ними загального припливу стічних вод на станцію. З цією метою передбачається автоматичне регулювання відкриття шибера на каналах, що підводять до кожного відстійника.

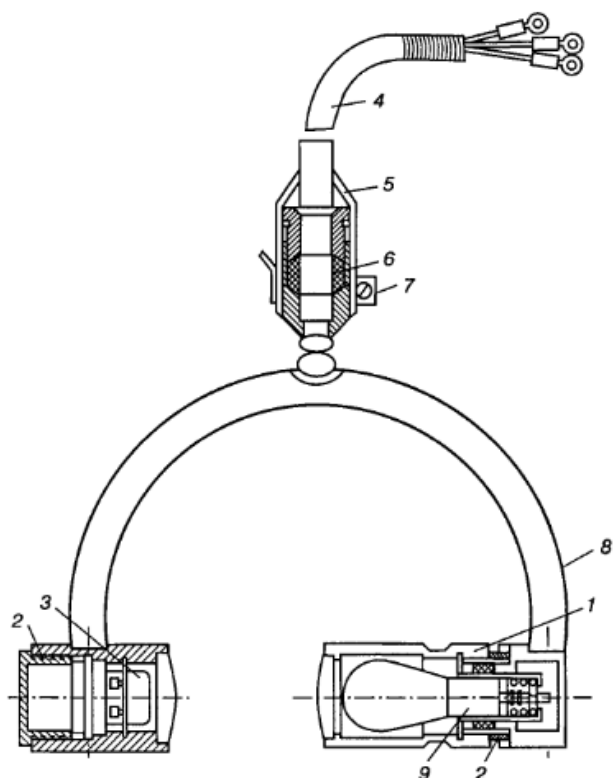


Рисунок 12.2 – Автоматичний сигналізатор рівня осаду:
 1 – кришка; 2 – прокладки; 3 – фоторезистор; 4 – кабель; 5 – чохол;
 6 – сальникове введення; 7 – хомути; 8 – корпус; 9 – освітлювальна лампа

Таке регулювання здійснюється за допомогою витратомірів або рівнемірів води в каналах. При великій кількості відстійників на станції передбачається також використання оббігаючого пристрою для контролю черговості випуску осаду.

12.2 Автоматизація процесів фізико-хімічного очищення стічних вод

У системах очищення стічних вод фізико-хімічними методами найбільшого поширення набула напірна флоатація. При цьому способі очищення стічні води насичуються газом (повітрям) під надлишковим тиском, який потім швидко знижується до атмосферного. Необхідність оснащення установок флоатацій засобами автоматичного контролю і регулювання обумовлюється нестационарним складом стічних вод, що очищаються, високою інтенсивністю процесу і його підвищеною чутливістю до вхідних дій.

На рисунку 12.3 показана блокова схема АСР зі стабілізацією якості очищеної води шляхом зміни витрати потоку рециркуляції, що несе у флотатор дрібнодисперсну газову фазу.

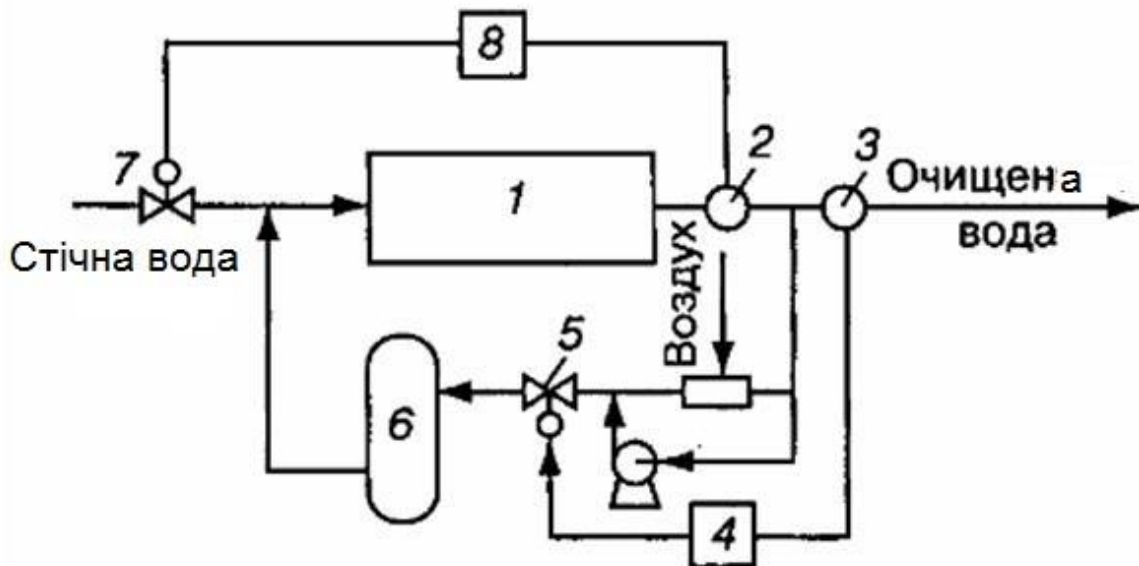


Рисунок 12.3 – Схема АСР процесу очистки стічних вод напірною флотацією

Система складається зі встановлених на виході резервуару флотації 1, каламутноміра 3, що вимірює концентрацію завислих часток в очищеній воді, витратоміру 2, регулювальників 4 і 8, механізмів 5 і 7, один з яких регулює витрату циркуляційного потоку, що насичується повітрям в напірному ресивері 6, а інший – витрату стічної води, що поступає у флотатор.

Сигнал, що виникає при збільшенні на виході флотатора концентрації суспензії у воді вище заданого значення, з мутноміра 3 поступає на регулювальник 4, який, впливаючи на механізм 5, збільшує витрату потоку рециркуляції. При збільшенні витрати цього потоку збільшується кількість газової фази, переносимої в флотатор. Нову кількість газу забезпечує зменшення каламутності очищених стоків. Одночасно при збільшенні витрати потоку рециркуляції через резервуар флотації з'являється сигнал відхилення на виході витратоміру 2, який поступає на регулювальник 8. Цей регулювальник, впливаючи на механізм 7, зменшує поступання стічної води у флотатор, забезпечуючи постійність сумарної витрати через нього. При зниженні концентрації суспензії продуктивність флотатора відповідно збільшується. Описана АСР дозволяє скоротити об'єми флотаторів майже на 20 % при дотриманні заданої якості очищення.

12.3 Автоматизація процесів біологічного очищення стічних вод

Біологічний метод займає особливе місце в проблемі очищення стічних вод. Він до цих пір не має конкурентів по універсальності, глибині очищення і експлуатаційним витратам, особливо при очищенні великих мас води.

Найбільш поширене біологічне очищення в аеротенках за допомогою активного мулу з аерацією повітрям суміші мулу. Для автоматизації цього процесу розроблено багато різних схем регулювання, таких, наприклад, як АСР режиму мулу в радіальному відстійнику за заданим рівнем, АСР кисневого

режиму в аеротенках, АСР режиму мулу за концентрацією поворотного мулу з блокуванням положення рівня мулу у відстійнику.

Розглянемо схему найбільш досконалою, комбінованою АСР (рис. 12.4), яка складається з трьох окремих систем: регулювання концентрації розчиненого кисню, регулювання навантаження на активний мул і регулювання повернення мулу.

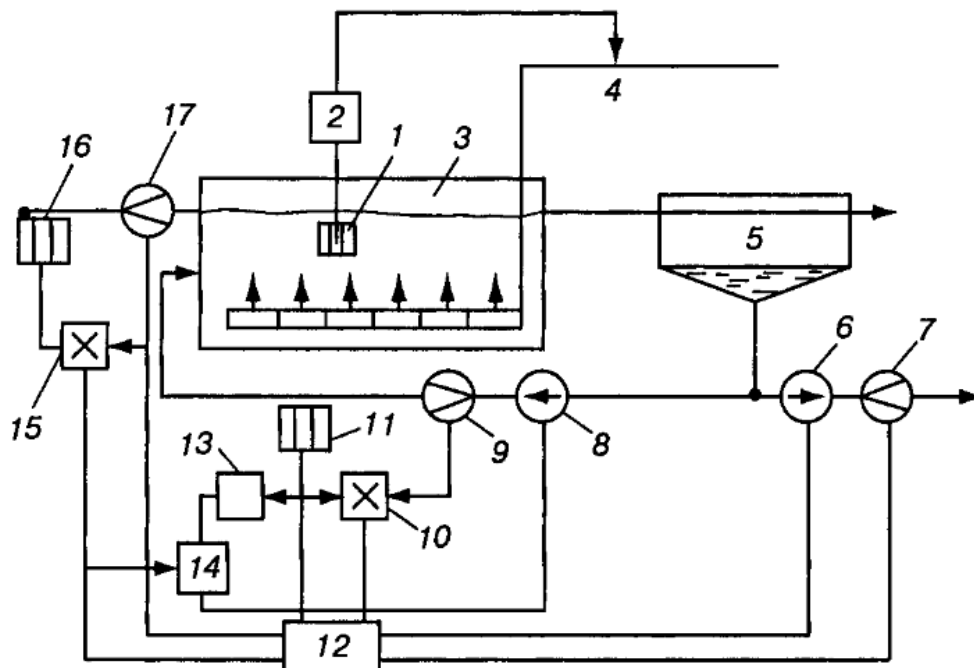


Рисунок 12.4 – Схема АСР процесу очищення стічних вод в аеротенку за ХПК вихідної стічної води і концентрації активного мулу

В АСР концентрації розчиненого кисню регулювальник 2 впливає на заслінку 4 повітропроводу аеротенка 3 для підтримки у всьому об'ємі суміші мулу заданої концентрації, вимірюваної датчиком 1.

АСР навантаження на активний мул призначена для підтримки постійним співвідношення між кількістю забруднень, що поступають в аеротенки, і кількістю оборотного мулу. Сигнали від датчиків концентрації органічних забруднень 16 і витрати стічної води 17 поступають в блок 15, після якого сигнал подається на вхід регулювальника співвідношення 14. До нього ж подаються сигнали від вимірників концентрації активного мулу 11 і витрати оборотного мулу 9, перемішаних в блоці 10.

Задана величина органічного навантаження для забезпечення нормального режиму роботи вторинних відстійників 5 коректується за величиною концентрації активного мулу функціональним перетворювачем 13. Регулювальник співвідношення впливає на насос 8 оборотного мулу.

АСР повернення мулу діє так, щоб загальна маса мулу в аеротенках і відстійниках залишалася постійною. Сигнали від вимірників витрати стічної води 17 і надлишкового мулу 7, концентрації активного мулу 11 і блоків 10 і 15 поступають на обчислювальний пристрій 12, який розраховує масу активного мулу, що знаходиться в системі очищення, і впливає на насос 6 надлишкового

мулу. Передбачено блокування, що забороняє скидання надлишкового мулу під час вступу концентрованих стічних вод.

12.4 Автоматизація процесу зброджування осадів стічних вод

На міських станціях аерації зброджування осадів проводиться в метантенках за допомогою «гострого» пару. Ефективна експлуатація цих споруд вимагає обов'язкового вживання автоматичних пристроїв для підтримки в заданих межах температури зброджування осаду і його перемішування. Велике значення має також автоматизація контролю ряду параметрів процесу, до яких відносяться витрати сирих і зброджених осадів, рівень осаду в метантенку, тиск і витрата газу, рН та ін.

При автоматичному управлінні підігріванням осаду вимірник температури (термометр опору) поміщується в центр метантенка. За допомогою цього датчика сигнал про зміну температури осаду передається на вторинний прилад, що містить пристрій електроконтакта. При температурі нижче заданого значення автоматично вмикаються насос перемішування осаду і заслінка на його напірній лінії. Одночасно відкривається електромагнітний вентиль на паропроводі і у всмоктуючий патрубок насоса подається пара для підігрівання осаду. Перемішування осаду проводиться одночасно з його підігріванням. Після збільшення температури до заданого значення термометр електроконтакту подає імпульс, що викликає відключення паропроводу, зупинку насоса і закриття напірної заслінки.

Автоматичне підігрівання осаду може вироблятися і за допомогою парового інжектора. Проте при цьому досягається лише часткове перемішування осаду і вирівнювання його температури відбувається дуже повільно. Тому при використанні парового інжектора здійснюється додаткове перемішування за допомогою гідроелеваторів, вмикання яких проводиться автоматично за заданою програмою. Схема автоматичного контролю і регулювання температури в метантенку наведена на рисунку 12.5.

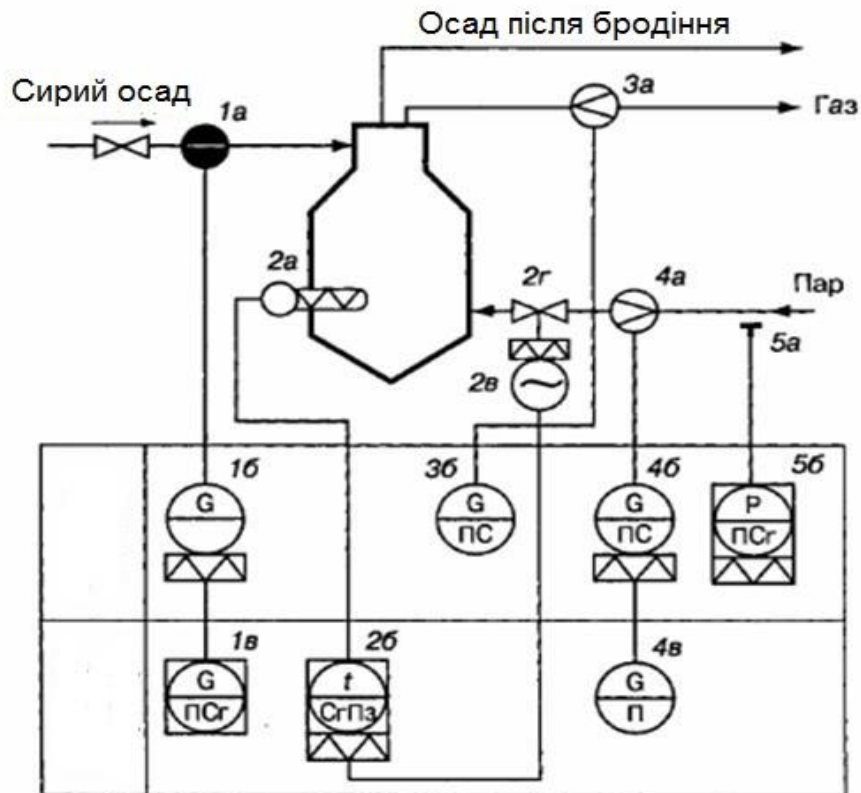


Рисунок 12.5 – Схема АСР температури в метантенку:

- 1а – вимірник витрати осаду; 1б, 1в – вторинні прилади витратоміру осаду;
 2а – датчик температури; 2б – терморегулятор; 2в – виконавчий механізм;
 2г – регулюючий клапан; 3а – вимірник витрати газу; 3б – дифманометр;
 4а – вимірник витрати пари; 4б, 4в – самописні дифманометри;
 5а – відбір тиску пари; 5б – манометр

В деяких схемах автоматики при аварійному відключенні насосу передбачається автоматичне включення насосу іншого метантенка з перемиканням заслінок і подачею аварійного сигналу на пульт управління.

12.5 Автоматизація процесу механічного зневоднення осадів

У цехах механічного зневоднення осадів стічних вод усе більш широко застосовують системи автоматизації, укомплектовані мікропроцесорними контролерами (МПК), що забезпечують максимальну ефективність експлуатації фільтрів та центрифуг періодичної і безперервної дії.

Розглянемо спочатку систему управління фільтром періодичної дії типу ФПАКМ-25 (рис. 12.6). Процес зневоднення в такому фільтрі включає дві основні стадії: власне фільтрування і допоміжні операції (промивання, просушування, розвантаження фільтру і регенерація фільтруючого матеріалу). Всі операції другої стадії здійснюються в часі зі зворотним зв'язком про використання команд по кінцевих положеннях робочих органів.

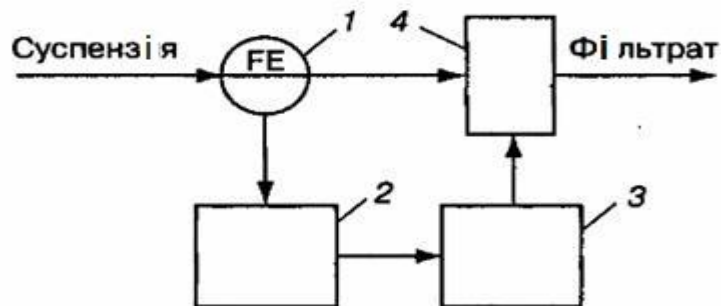


Рисунок 12.6 – Схема АСР фільтру періодичної дії **ФПАКМ-25**:
 1 – вимірник витрати суспензії (осідання); 2 – мікроконтролер «Реміконт»;
 3 – блок управління; 4 – фільтр

В системі управління встановлений витратомір подачі осаду, його сигнал поступає в МПК «Реміконт», який обчислює середню продуктивність фільтру, визначає максимум середньої продуктивності за тривалістю операції і видає команди на блок управління, перемикальний режим фільтру з операції фільтрування на виконання допоміжних операцій.

При підвищенні концентрації фільтр швидше заповнюється осадом, швидше досягається максимум середньої продуктивності і, відповідно, мікропроцесор раніше дає команду на перемикання з операції фільтрування на виконання допоміжних операцій. Вживання розглянутої системи забезпечує підвищення продуктивності за цикл на 20–25 %.

При автоматизації управління фільтрами безперервної дії, наприклад барабаними вакуум-фільтрами, необхідно забезпечити зміну частоти обертання робочого органу обернено пропорційно до повного гідравлічного опору. Зміна перепаду тиску на робочому органі фільтра в зоні фільтрування прямо пропорційна повному гідравлічному опору. І те і інше доцільне при стабільному рівні у ванні фільтру, максимальній ефективності роботи зон просушування і промивання осаду. Тому типова мікропроцесорна система автоматичного управління (рис. 12.7) містить наступні чотири контури регулювання:

1. **Контур стабілізації** рівня осаду у ванні фільтру включає датчик рівня 4, сигнал його подається на вхід **МПК 11**, який управляє подачею суспензії в корито фільтру, впливаючи на положення регулюючої заслінки 3 через перетворювач 6. При підвищенні рівня **МПК** прикриває заслінку, при пониженні – відкриває. Якщо при повністю відкритій заслінці рівень у ванні продовжує збільшуватися, **МПК** залишає заслінку повністю відкритою і впливає на привід робочого органу, зменшуючи частоту його обертання. Така дія, що подається через перетворювач 10 на електродвигун 9, знижує продуктивність фільтру, але інакше рівень у ванні падатиме, стануться зрив вакууму і припинення роботи фільтру. При перекладі управління за рівнем на привід робочого органу інші дії, що керують, на цей привід відключаються.

2. **Контур управління** частотою обертання робочого органу за повним гідравлічним опором. У цьому контурі найбільш важливим є вимір повного

гідравлічного опору, який здійснюється індукційним витратоміром 2 на лінії подачі осаду у ванну фільтру і вакуумметром 8 на лінії відведення фільтрату із зони фільтрування. Сигнали від цих вимірників (Q – витрата суспензії, ΔP – вакуум у зоні фільтрування) поступають на вхід **МПК 11**, де шляхом ділення цих сигналів визначається повний гідравлічний опір $R = \Delta P / Q$.

Частота обертання робочого органу змінюється по формулі $\omega = \omega_0 - kR$. При збільшенні гідравлічного опору **МПК** зменшує частоту обертання приводу 9 робочого органу фільтру, а при зменшенні опору – збільшує її. Таке управління істотно знижує коливання вологості і міру зневоднення осаду.

3. Контур управління вакуумом в зоні фільтрування. За розрахованим **МПК** значенням повного гідравлічного опору відбувається вплив на регулюючу заслінку 5 на лінії вакууму через перетворювач 7. При збільшенні A заслінка відкривається. При зміні вакууму в зоні фільтрування необхідна підтримка його значення в міліметрі просушування і промивання осаду.

4. Контур стабілізації витрати промивної рідини включає вимірник витрати 1 (найчастіше ротаметр) і регулюючий орган 12 (клапан з виконавчим механізмом). Сигнал від витратоміру 1 поступає на вхід **МПК 11**, який видає сигнал на регулюючий клапан 12. Залежно від конкретних умов роботи цеху або ділянки зневоднення контур стабілізації витрати промивної рідини може бути пов'язаний з іншими параметрами процесу за каскадною схемою. Так, інколи витрату промивної рідини змінюють пропорційно частоті обертання робочого органу або повному гідравлічному опору. Необхідність такого зв'язку визначають індивідуально, залежно від вимог конкретної технологічної схеми.

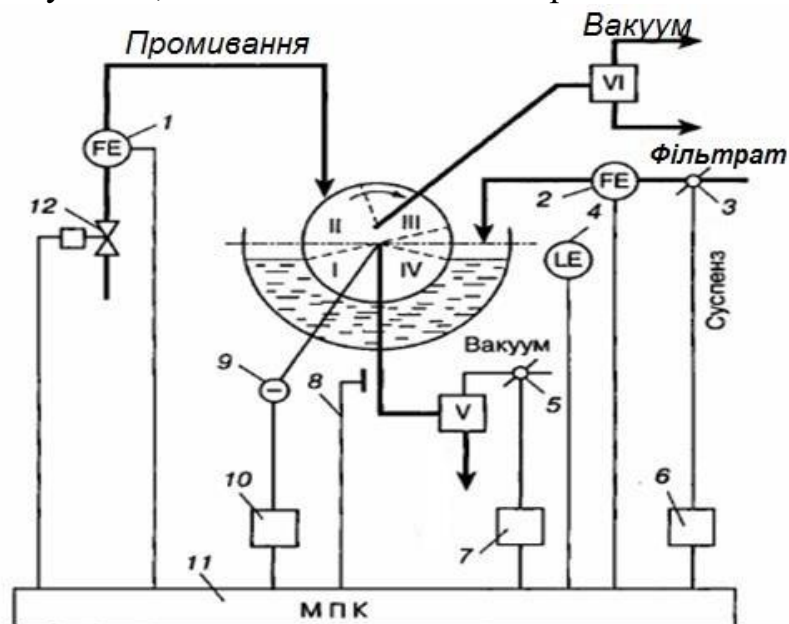


Рисунок 12.7 – Схема АСР вакуум-фільтра неперервної дії:

- I – IV – зони відповідно фільтрування, промивання, просушування і віддувки;
- V – ресівер зони фільтрування; VI – ресівер зон промивання і просушування осаду;
- 1 – вимірник витрати промивної рідини; 2 – витратомір осаду;
- 3, 5 – регулюючі заслінки; 4 – вимірник рівня; 6, 7, 10 – перетворювачі;
- 8 – вакууметр; 9 – привід робочого органу фільтру; 11 – мікропроцесорний контролер (**МПК**); 12 – регулювальний клапан

Управління центрифугами безперервної дії значно простіше, проте при цьому необхідне введення пріоритетів на обмеження вихідних параметрів процесу центрифугування. Наприклад, при автоматизації шнекової центрифуги до вихідних параметрів відносяться концентрація фугату і момент, що крутить, на валу редуктора, а параметр, що керує, лише один – подача вихідної суспензії (осідання). Момент, що крутить, має вищий пріоритет, оскільки перевищення його допустимого значення може викликати аварію центрифуги. Тому в АСР такого процесу зневоднення (рис. 12.8) передбачено перемикання каналів управління залежно від ситуації, в якій працює центрифуга. Система містить вимірник 3 та регулювальник 6 моменту $M_{кр}$, що крутить, вимірник 4 та регулювальник 5 концентрацій фугату $C_{ф}$, пристрій, що керує, 7 і комутатор каналів регулювання 8.

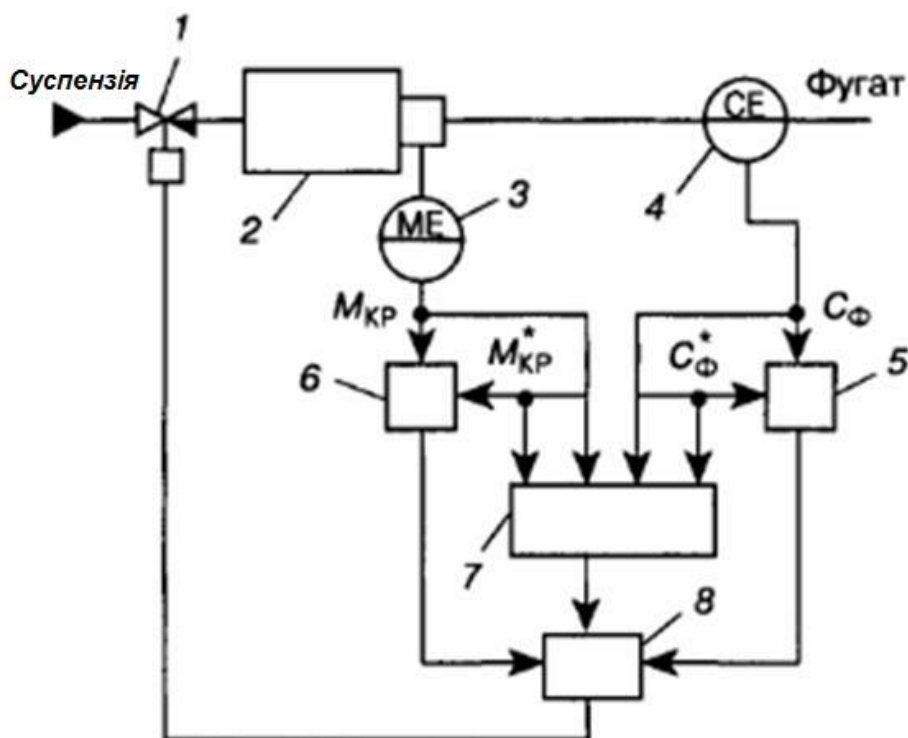


Рисунок 12.8 – Схема АСР шнекової центрифуги:

- 1 – регулювальний клапан; 2 – центрифуга; 3 – вимірник моменту, що крутить;
- 4 – вимірник концентрації фугату; 5, 6 – регулювальники;
- 7 – керуючий пристрій; 8 – комутатор

При низьких концентраціях вихідної суспензії залежності $C_{ф}$ і $M_{кр}$ від витрати осаду Q мають вигляд кривих 1 і 2 (рис. 12.9). З рисунку видно, що продуктивність центрифуги Q_1 , відповідна обмеженню концентрації фугату $C_{ф}^*$, менше продуктивності Q_2 , відповідної обмеженню на момент, що крутить $M_{кр}^*$. Тому пристрій, що керує, через комутатор 8 підключає клапан 1 до виходу регулювальника 5 і система починає працювати в режимі стабілізації концентрації фугату: $C_{ф} = C_{ф}^*$.

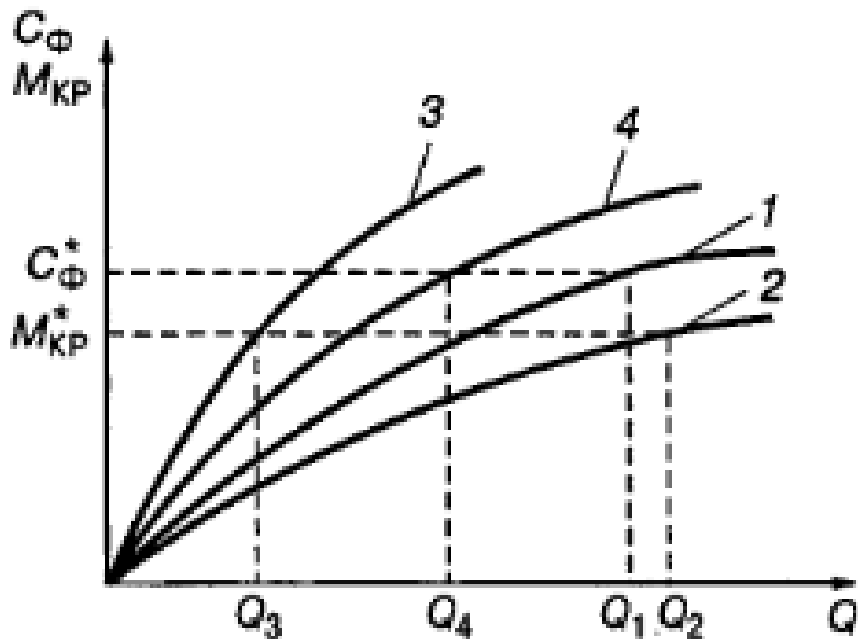


Рисунок 12.9 – Характеристики шнекової центрифуги по каналах «витрата Q – крутний момент $M_{кр}$ » (криві 2 і 3) та «витрата Q – концентрація фугату C_{ϕ} » (криві 1 і 4)

При високих концентраціях залежності зміщуються і набувають вигляду кривих 3 і 4. При цьому продуктивність центрифуги Q_3 , відповідна обмеженню на момент, що крутить $M_{кр}^*$, менше продуктивністю, відповідною обмеженню на концентрацію фугату C_{ϕ}^* . Пристрій, що в цьому випадку керує, 7 підключає клапан 1 до виходу регулювальника 6, забезпечуючи роботу АСР в режимі стабілізації моменту, що крутить: $M_{кр} = M_{кр}^*$.

Моменти перемикання визначаються пристроєм 7 залежно від співвідношення величин $M_{кр}$ й $M_{кр}^*$, а також C_{ϕ} й C_{ϕ}^* . Таким чином, в розглянутій АСР управління здійснюється за допомогою зміни її структури.

Контрольні запитання:

1. Що визначають структурна, принципова і функціональна схеми автоматизації технологічного процесу?
2. Які характерні функції систем автоматичного керування реалізують при розробці функціональних схем автоматизації технологічних процесів (ФСА ТП)?
3. Наведіть умовні графічні, цифрові та літерні зображення матеріальних потоків, технологічного обладнання і локальних КВП та ЗА на ФСА ТП.
4. За рахунок яких переваг треба використовувати адресний метод розробки ФСА ТП, наведіть його визначення.

5. Нарисуйте ФСА ТП очищення стічних вод каналізаційних споруд із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000, які функції реалізовано при розробці цієї схеми?

6. Назвіть сучасні КВП та ЗА, які застосовано при розробці ФСА ТП очищення стічних вод каналізаційних споруд із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000 і повні назви САК, їх основні елементи та позиції цих елементів на ФСА ТП.

7. Нарисуйте ФСА ТП кисневого режиму в аеротенках для очищення стічних вод із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000, які функції реалізовано при розробці цієї схеми?

8. Назвіть сучасні КВП та ЗА, які застосовано при розробці ФСА ТП кисневого режиму в аеротенках для очищення стічних вод із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000 і повні назви САК, їх основні елементи та позиції цих елементів на ФСА ТП.

9. Назвіть основне призначення щитів автоматизації і як класифікують щити автоматизації за призначенням, обсягом обладнання, конструктивним оформленням?

ЛЕКЦІЯ 13 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ ПРИРОДНИХ ВОД

Коагуляція є найважливішим етапом в технології водообробки і є складним фізико-хімічним процесом, механізм якого до цих пір повністю не розкритий. Процес залежить від багатьох факторів: лужності води і величини її рН, кольоровості, концентрації і температури, ступеня дисперсності та природи завислих і колоїдних частинок, їх електричного потенціалу. Істотне значення має вид коагулянту, що застосовується, його хімічний склад і сторонні домішки. Велике число цих факторів, їх нестабільність у часі і залежність від властивостей води конкретного вододжерела, а також неможливість оперативного визначення більшості з них істотно ускладнюють управління цим процесом. Тому більшість АСР цього процесу поки пов'язані лише з економним дозуванням коагулянту.

Для роботи в АСР дозуванням розчинів коагулянтів по витраті оброблюваної води використовуються регулятори двох видів: клапани з лінійною характеристикою в безперервному режимі роботи та запірні клапани в імпульсному режимі роботи (відкритий – закритий). Безперервна подача реагенту краще імпульсної як для технології очищення води, так і для довговічності роботи приводу клапана. Схема АСР безперервного дозування розчину коагулянту приведена на рисунку 13.1. У ній, як і показано раніше, використовуються два вимірювача витрат (води і коагулянту) і регулюючий клапан.

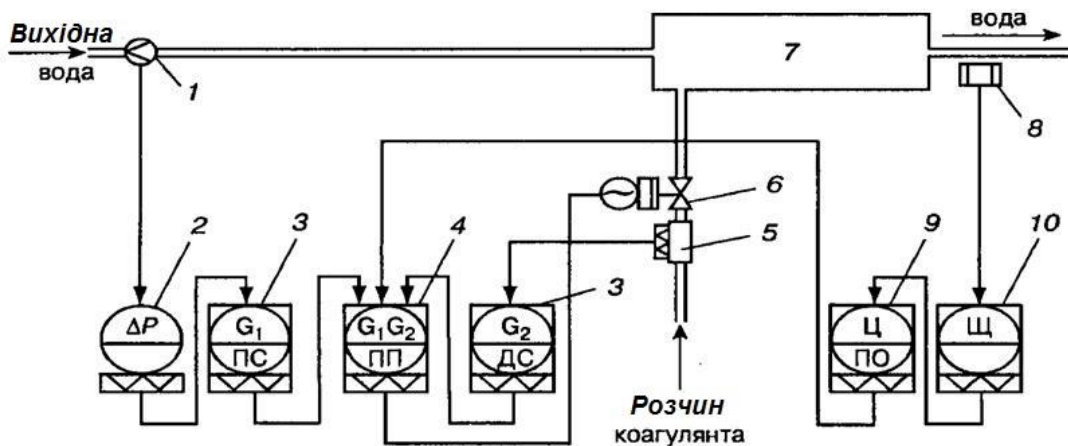


Рисунок 13.1 – Схема АСР подачі коагулянту із застосуванням регулюючого клапана і двох витратомірів:

- 1 – змішувач; 2 – вимірювач витрати води (звуження потоку, дифманометр, вторинний прилад); 3 – вимірювач витрати розчину коагулянту (електричний ротаметр); 4 – регулюючий клапан з приводом; 5 – вимірювач лужності обробленої води; 6 – регулятор співвідношення витрат води і коагулянту;
- 7 – технологічний апарат; 8 – вимірювач температури; 9 – регулятор температури; 10 – пристрій обмеження

Схема АСР подачі коагулянту із застосуванням бункерного бака-дозатора наведена на рисунку 13.2.

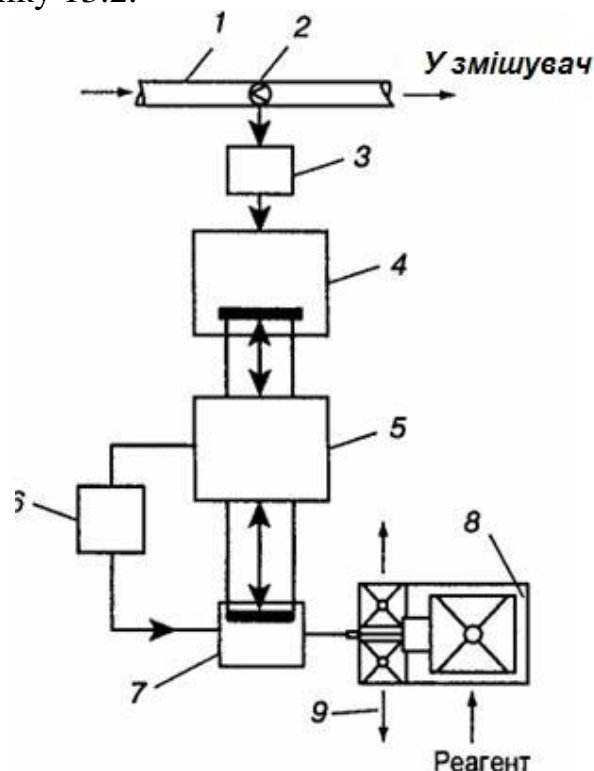


Рисунок 13.2 – Схема АСР подачі коагулянту із застосуванням бака-дозатора:
 1 – трубопровід оброблюваної води; 2 – звуження потоку; 3 – діафрагма з індукційним датчиком; 4 – вторинний прилад витратоміра води з реостатним вторинним датчиком; 5 – електронний регулятор; 6 – магнітний пускач; 7 – виконавчий механізм; 8 – бак-дозатор; 9 – злив надлишку реагенту

Витрата оброблюваної води в трубі вимірюється за допомогою пристрою звуження (сопла вентури), дифманометра і вторинного приладу зі 100 %-вим вторинним задатчиком. Сигнал, пропорційний витраті води, з задатчика надходить на вхід електронного регулятора, вихід якого через реверсивний пускач пов'язаний з електроприводом виконавчого механізму дозатора. На інший вхід регулятора від реостатного датчика виконавчого механізму надходить сигнал зворотного зв'язку. Таким чином, в цій АСР зворотний зв'язок здійснюється не безпосередньо по витраті, а за положенням регулюючого органу, що визначає витрату. При порушенні заданого співвідношення витрат сигнал включає виконавчий механізм дозатора, який діє до тих пір, поки не відновиться колишнє положення.

Як відомо, введені в воду коагулянти змінюють електричну провідність води, і це також використовується для регулювання дози коагулянту. Так, в кондуктометричних системах дозування застосовується різниця питомих електричних провідностей обробленої коагулянтом і вихідної води. За цим принципом побудована АСР подачі коагулянту, наведена на рисунку 13.3.

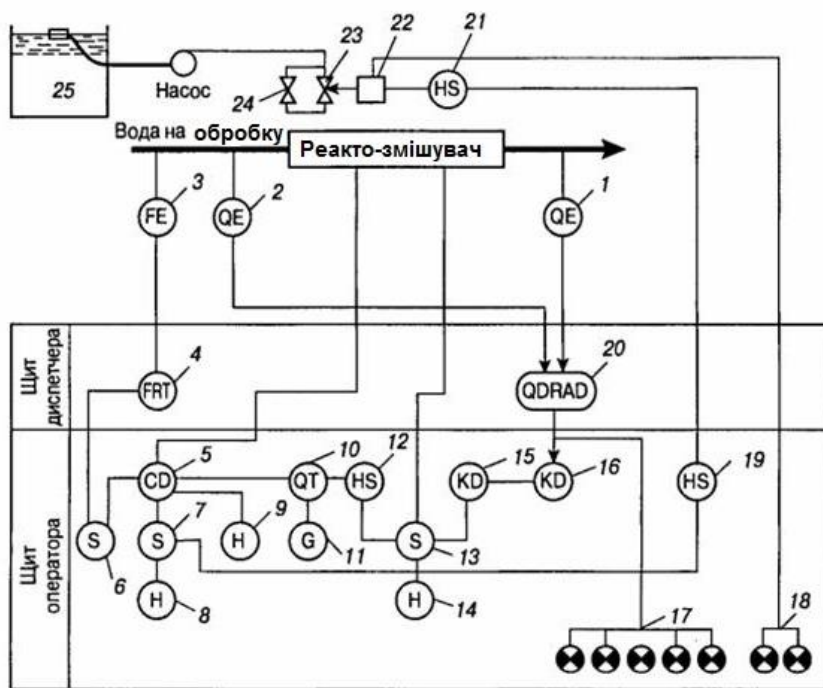


Рисунок 13.3 – Схема АСР подачі коагулянту із застосуванням бака-дозатора: 1,2 – первинні перетворювачі кондуктометричного концентратоміра обробленої і вихідної води; 3,4 – витратомір води; 5 – регулятор імпульсний; 6 – ключ управління відключенням впливу витрати води; 7 – ключ управління переключенням на дистанційне керування дозуванням коагулянту; 8 – ключ дистанційного керування дозуванням коагулянту; 9 – задатчик регулятора; 10 – виконавчий механізм з датчиком зворотного зв'язку; 11 – показчик положення валу виконавчого механізму; 12, 19 – пускові реле; 13 – ключ для переключення на напівавтоматичне управління; 14 – ключ напівавтоматичного управління; 15 – імпульсний ступінчастий переривник; 16 – прилад командний електропневматичний; 17,18 – сигнальні лампи; 20 – концентратомір кондуктометричний; 21 – підсилювач тиристорний (пускач магнітний); 22 – електропривід клапана; 23 – клапан регулюючий); 24 – клапан на байпасі; 25 – бак коагулянту

В приведеній схемі на вхід регулятора 5 подаються вихідні сигнали від витратоміра 4 і кондуктоміра 20, забезпеченого трьох-позиційним контактним регулятором. Зв'язок кондуктоміра з регулятором здійснюється через блок формування пауз 16, блок керуючих імпульсів 15 і проміжний виконавчий механізм 10. Прилади 15 і 16 введені в схему через деякий проміжок часу (12–15 хв) сигналу, що надходить від кондуктоміра після чергового вимірювання дози коагулянту. Керуючий імпульс, що надходить з блоку 15, викликає поворот валу проміжного виконавчого механізму і відповідне переміщення двигуна вторинного реостатного датчика (або плунжера індукційного датчика), включеного на вхід вимірювального блоку регулятора 5. Вихідний сигнал регулятора через магнітний пускач 19 впливає на електропривід 22 регулюючого клапана.

Дана АСР дозволяє здійснювати як безперервне дозування шляхом дроселювання регулюючого клапану, так і імпульсне – шляхом періодичного відкриття і закриття клапана. В якості пускового пристрою при імпульсному режимі роботи застосовують трифазний тиристорний підсилювач 21. Система дозує коагулянт тільки за збільшенням електричної провідності без участі витратоміра води. Положення контактного регулятора кондуктоміру сигналізується лампами 17, кінцеві положення регулюючого клапана – лампами 18. В якості регулюючого органу використовується мембранний клапан з електроприводом.

Контрольні запитання:

1. Для роботи в АСР дозуванням розчинів коагулянтів по витраті оброблюваної води які використовуються регулятори.
2. Поясніть схему АСР безперервного дозування розчину коагулянту).
3. Охарактеризуйте схему АСР подачі коагулянту із застосуванням бака-дозатора.
4. Що дозволяє здійснювати схема АСР подачі коагулянту із застосуванням бака-дозатора.
5. Назвіть основне призначення щитів автоматизації і як класифікують щити автоматизації за призначенням, обсягом обладнання, конструктивним оформленням?
6. Якій процес використовується для регулювання дози коагулянту.

ЛЕКЦІЯ 14 АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Насосні установки широко використовуються в різних галузях промисловості, енергетики, сільського та комунального господарств. Особливе значення має застосування насосів, насосних установок або насосних станцій у системах водопостачання й каналізації, де вони є одним з основних вузлів. У системах водопостачання насоси забезпечують подачу води споживачам: промисловим підприємствам, тепловим електростанціям, житловим кварталам населених місць.

В динамічних насосах рідина рухається під силовим впливом в камері постійного об'єму, яка з'єднана з підвідним та відвідним пристроями. В залежності від виду силового впливу на рідину, динамічні насоси діляться на лопатеві насоси та насоси тертя.

Об'ємні насоси працюють за принципом витіснення рідини з камери за рахунок зменшення її об'єму. Періодичне зменшення об'єму камери відбувається за рахунок зворотно-поступального або обертального руху робочого органу насоса.

Часто для приводу систем міського водопостачання використовуються АД великої потужності та напругою живлення більшою 1 000 В. Припустима кількість пусків за рік і за термін служби, допустиме зниження напруги живлення при пуску, кількість послідовних пусків з холодного чи гарячого станів, можливість пуску двигунів під навантаженням, тривалість інтервалів між пусками, гранично допустимі моменти інерції веденого механізму повинні встановлюватися у стандартах або технічних умовах на двигуни конкретних типів. Двигуни з діаметром осердя статора більшим 1 м та двигуни потужністю більшою 1 000 кВт повинні мати для контролю теплового стану обмотки та осердя статора вбудовані термодетектори опору згідно з ГОСТом 6651-84 або технічними умовами на перетворювачі конкретних типів. Необхідність та способи теплоконтролю інших двигунів встановлюють у стандартах або технічних умовах на двигуни конкретних типів. Для двигунів встановлюють такі показники надійності: термін служби до капітального ремонту – 5 років; коефіцієнт готовності – не менше 0,99; повний термін експлуатації – 20 років; середнє значення напрацювання на відмову – не менше 12 000 год.

Програмовані контролери являють собою клас логічних пристроїв, призначених для керування технологічним обладнанням дискретної дії. Їх застосовують у найрізноманітніших галузях промисловості: верстатобудівній, металургійній, легкій, хімічній тощо. Наприклад, електроавтоматика, що встановлюється на будь-якому металооброблювальному обладнанні, може бути поділеною на дві частини: силову та логічну. Силова частина розміщується безпосередньо на верстаті (двигуні) та в окремій секції електричної шафи. Логічна частина складається з електромеханічних реле або безконтактних елементів, які в сучасних системах замінюються програмованими контролерами. Ця частина складає звичайно біля 40 % від загального об'єму електрообладнання.

В автоматизованих водопровідно-каналізаційних об'єктах протікають різноманітні динамічні впливи на процеси, що викликаються порівняно невеликим числом факторів. До них відносяться зміни тиску, витрати, рівня, кількості теплоти й концентрації речовини.

Сучасні системи водопостачання й каналізації міст і промислових підприємств складаються з ряду складних споруд, машин й апаратів. До них відносяться водоприймальні споруди, станції очищення води, мережі водопостачання й каналізації з улаштуваннями на них, насосні станції. У цих об'єктах здійснюються різні механічні, гідравлічні, фізико-хімічні й мікробіологічні процеси.

Впровадження систем та засобів комплексної автоматизації є найважливішим засобом подальшого технічного прогресу в розвитку систем водопостачання.

Досягнуті успіхи в удосконаленні техніки водопостачання можуть привести до високої ефективності лише при широкому використанні сучасних методів і засобів автоматизації технологічних процесів.

Всі насосні станції міста умовно розділені можна розподілити на дві групи: основні (базисні) і неосновні (пікові).

До основних відносяться найбільш потужні станції. Такі станції розташовані у всіх достатньо великих частинах міст й забезпечують номінальний водорозбір у нічний і денний час. Основні станції працюють цілодобово, тому на них можуть бути встановлені спрощені, але високонадійні пристрої автоматичного керування, що здійснюють тільки захисне відключення передавальний сигнал аварії. Ці пристрої, задля забезпечення безперебійного цілодобового гарантованого водорозбору, мають функції відключення обладнання, яке відмовило, з формуванням та передаванням назовні відповідних аварійних сигналів.

До неосновних станцій відносять такі, які працюють у години максимального водорозбору, а також під час ремонту базисних станцій. Вони також розташовуються у всіх достатньо великих частинах міст. Автоматичним пуском й зупинкою пікових станцій регулюється тиск на всіх ділянках водопровідної мережі міста.

Основні станції мають дубльоване керування: дистанційне – з центрального диспетчерського пункту й автоматичне – від контактних манометрів, розміщених у характерних точках мережі. У нормальних умовах керування здійснюється від контактних манометрів.

Манометр – пристрій, за допомогою якого можна мати інформацію щодо рівня тиску у контрольованій магістралі. Його основою, як за правило, є так звана трубка Бурдона. Вона герметично врізана в контрольовану магістраль, під тиском стискається – розтискається і пов'язана через механічну передачу зі стрілкою показуючого пристрою та іншими пристроями, про які нижче.

Контактний манометр додатково оснащений двома (або більше) механічними контактами, які вмикаються у відповідні електричні контрольні ланцюги, замикаються за допомогою стрілки, що рухається, і можуть встановлюватися у секторах манометра, що відтворюють різноманітні значення

тиску, в якості задатчиків. Крім того, деякі моделі манометрів мають пристрої, що відтворюють поточні значення тиску електричним сигналом.

В системах водопостачання з поверхневими джерелами найбільші труднощі в царині комплексної автоматизації доводиться переборювати при автоматизації очисних споруд. Переважно використовуються часткова автоматизація водопровідних очисних споруд і централізоване керування з диспетчерського пункту всією системою водопостачання. При комплексній автоматизації великих водопровідних станцій, що одержують воду з поверхневих джерел, найбільш доцільно розміщати диспетчерський пункт в будинку очисних споруд із телекеруванням насосами I й II підйому.

Для регулювання продуктивності насосних станцій, обладнаних однотипними насосами, рекомендовані пристрої регулювання частоти обертання насосу. Продуктивність насосів залежить від частоти обертання відповідних електродвигунів, які приводять до дії ці насоси. Частота обертання електродвигунів, зокрема, асинхронних електродвигунів, залежить від частоти їхнього живлення. Відомо, що номінальна частота промислової електромережі складає 50 Гц і не може бути суттєво іншою. Тому для частотного регулювання використовують спеціальні перетворювачі, які мають змогу виробляти частоти, які відрізняються від 50 Гц. За живлення двигуна напругою пониженої частоти частота його обертання пропорційно зменшується. Навпаки, при збільшенні частоти живлення частота обертання двигуна, а також відповідного насоса, пропорційно збільшується. При цьому необхідно, щоб потужність, на яку розрахований перетворювач у системі частотного регулювання, була достатньою для ефективної роботи відповідного насоса. Розроблено принципову схему централізованого контролю тиску в точках, що диктують, міської водопровідної мережі.

Для підвищення ступеня надійності роботи насосної станції 1-го підйому передбачається її автоматизація. Прийнята система автоматизації дозволяє регулювати й контролювати роботу основних елементів насосної станції й водозабору.

14.1 Схема автоматичного контролю рівнів води у всмоктувальних відділеннях водозабору

Від датчиків рівня 1 та 2 (високого та низького) сигнал подається на первинні прилади. Від первинних приладів сигнал надходить на вторинні прилади, що дублюють показання первинних. Вторинні прилади обладнані вимірювальним пристроєм і сигнальними лампочками.

Датчики рівня – поплавкового типу. Їхньою основою є легкий поплавок, який вільно плаває на поверхні рідини, рівень якої контролюється. Цей поплавок пов'язаний з механізмом (штоком), який рухається разом з поплавком і може замикати відповідні контакти. Замикання цих контактів свідчить про досягнення контрольованою рідиною певного рівня, як за правило, максимального або мінімального. Контакти певним чином ввімкнуті у відповідні електричні контрольні ланцюги. Таким чином інформація про

досягнення певного рівня рідини перетворюється на бінарний логічний сигнал: «замкнено» – рівень досягнутий, «розімкнуто» у протилежному випадку. Розташування контактів є регульованим. Через це можна налаштувати систему на контролювання довільних рівнів рідини.

Крім того, датчики рівня оснащені спеціальними резистивними пристроями, за допомогою яких можна відстежувати поточний рівень рідини. Ці пристрої також механічно пов'язані з поплавком і ввімкнені у відповідні електричні контрольні ланцюги. Однак вихідний сигнал з резистивних пристроїв несе інформацію щодо саме аналогового значення рівня контрольованої рідини.

За допомогою первинних приладів сигнали з контактів та резистивних пристроїв датчиків перетворюються на нормалізовані електричні сигнали. До таких сигналів відносяться, зокрема:

- аналогові сигнали напруги постійного струму 0...5 В;
- аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА;
- логічні сигнали типу «сухий контакт» з двома станами: «замкнено – true» або «розімкнено – false».

Вторинні прилади виконують функцію вимірювання вхідних нормалізованих сигналів і перетворення їх до рівня, необхідного для діяльності показуючи пристроїв. Крім того, після оброблення логічних сигналів є змога керування відповідними сигнальними лампочками.

Вихідні сигнали вторинних приладів можуть бути використані для керування насосами у складі відповідних автоматизованих систем. При цьому алгоритм, який обробляє ці сигнали, виглядає, як зазначено нижче на рисунку 14.1.

Алгоритм вмикається циклічно (проміжок між циклами не уточнюється і не відображений) і починається зі зчитування інформації з датчиків високого (LEH) та низького (LEL) рівнів води у всмоктувальних відділеннях водозабору – блок 2. Далі у блоках 3,4 зчитані дані аналізуються. Якщо високий рівень води не досягнутий (вихід «так» у блоці 3), то формується сигнал на ввімкнення насосу, який «відповідає» за підтримку рівня води у відповідному всмоктувальному відділенні водозабору – блок 5. У альтернативному випадку (вихід «ні» у блоці 3) аналізується стан сигналу з датчика низького рівня води – блок 4. Якщо низький рівень води у відповідному всмоктувальному відділенні водозабору досягнутий (вихід «так» у блоці 4), то формується сигнал на вимкнення насосу – блок 6. Альтернативний випадок (вихід «ні» у блоці 4) свідчить про те, що мінімум один з датчиків рівня знаходиться у стані відмови (вийшов з ладу). У цьому випадку формується аварійний сигнал (блок 7).

Наведений алгоритм може працювати як автономно (показано на блок-схемі – рисунок 14.1), так і як частина зовнішнього програмного забезпечення відповідної автоматизованої системи. У цьому випадку це програмне забезпечення регулює циклічність ввімкнення розглянутого алгоритма.

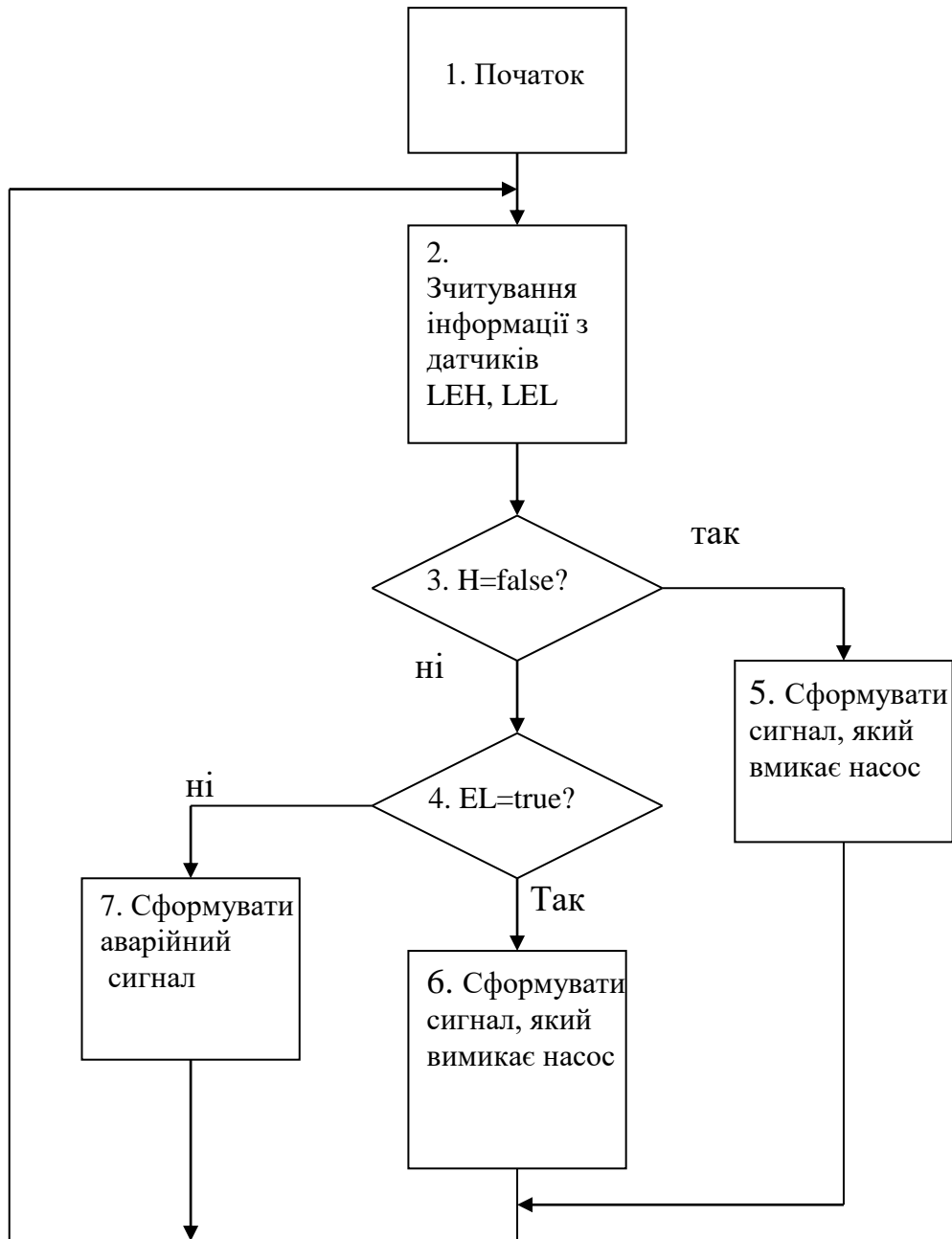


Рисунок 14.1 – Алгоритм управління насосною станцією

14.2 Схема автоматичного регулювання температури підшипників насосів

Насоси у системах водопостачання є електричними, тобто приводяться в дію електричними двигунами достатньо високої потужності. Такі двигуни, а також насоси, в свою чергу, оснащені вбудованими пристроями контролю температури. Понаднормовий перегрів зазначених вузлів може призвести до аварії з тяжкими наслідками. Тому безперервний контроль температури підшипників насосів є важливою задачею відповідних автоматичних систем – розглянуто нижче, рисунок 14.2 Від датчиків температури встановлених по місцю, сигнал про зміну температури в підшипнику насоса подається на прилади для виміру температури, що регулюють. Від цих приладів сигнал

надходить на вторинні прилади та регулятор. Від цих приладів сигнал надходить на магнітні пускачі виконавчих механізмів, які включають або виключають електродвигуни насосів при критичній температурі відповідно. Робота насосів регулюється перемикачем електричних кіл керування. В якості датчиків температури використовуються термопари або термометри опору.

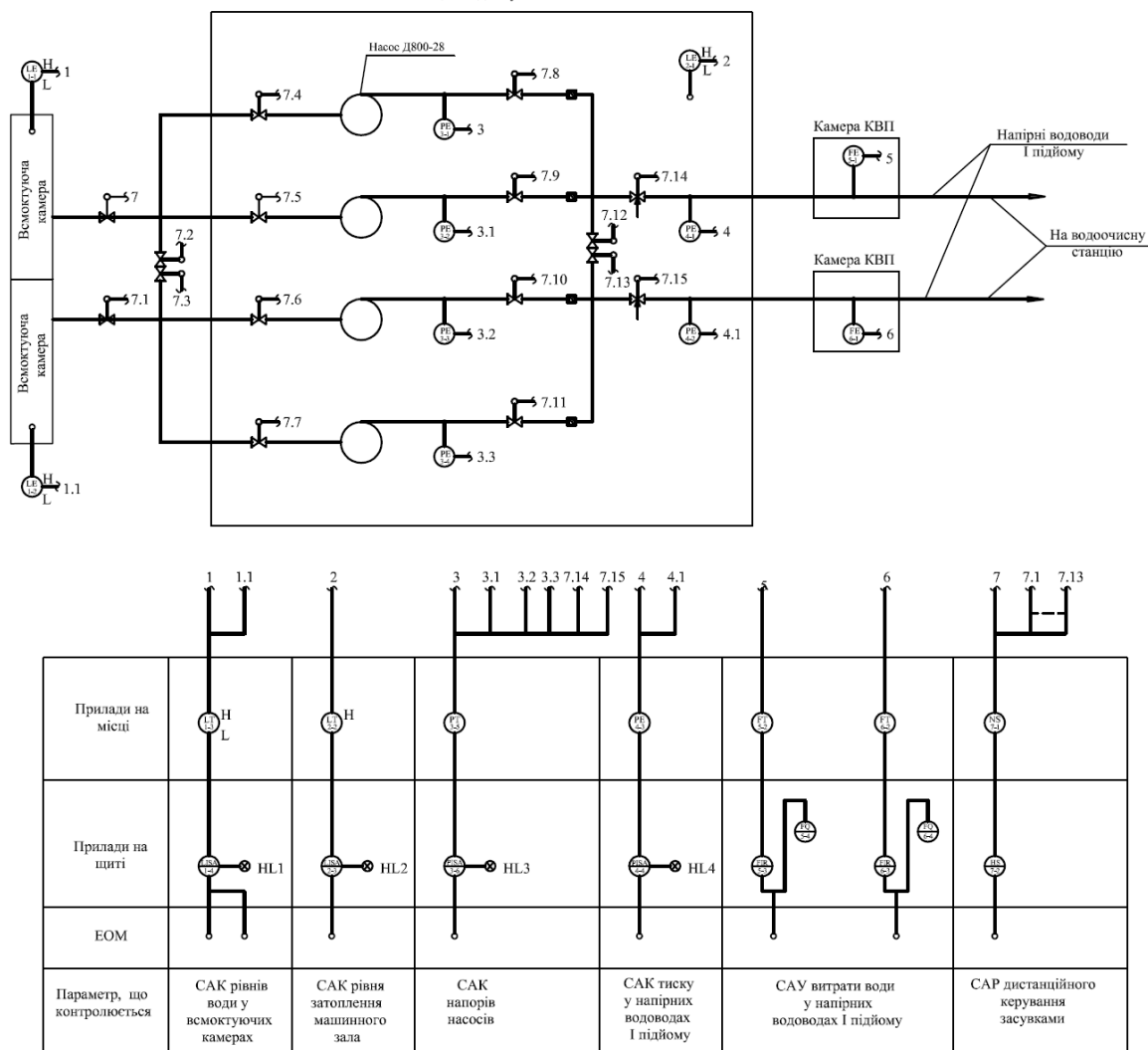


Рисунок 14.2 – Схема автоматизації насосної станції I-го підйому

Термопара являє собою два тонких дроти з різних металів, з'єднаних зварюванням у точку з одного кінця (вимірювального – «гарячий спай»). Метали пар дротів підібрані таким чином, щоб утворювати суттєву термо-ЕДС (напругу) між собою при нагріванні. Вимірювальний кінець щільно притуляють до місця нагріву. Між дротами утворюється напруга (одиниці, десятки мілівольт постійного струму в залежності від температури). Вона може бути виміряна з боку сигнального кінця (там, де дроти не з'єднані). Утворившийся сигнал достатньо точно і лінійно відтворює температуру у точці вимірювання. Вимірюючий пристрій, по суті, є мілівольтметром постійного струму.

Термометр опору є резистором з тонкого дроту (мідь або платина), який намотаний на ізоляційну оправку, герметизований і має точно визначений електричний опір, наприклад 100 Ом за нульової температури. При нагріванні

електричний опір датчика підвищується. Термометри опору є достатньо точними та лінійними датчиками у широкому діапазоні температур. Датчик цього типу вмикається у плече вимірювального моста первинного приладу. Мост налаштований таким чином, що за нормальної температури він є збалансованим, тобто, його вихідний сигнал дорівнює нулю. При нагріванні датчика (підвищенні його електричного опору) мост первинного приладу розбалансується, з'являється вихідна напруга, яка є пропорційною температурі нагріву об'єкта. Далі ця напруга підсилюється та формується сигнал потужності, яка достатня для вмикання відповідного магнітного пускача.

Від датчиків витрати сигнал подається на первинні прилади. Від первинних приладів сигнал надходить на вторинні прилади що дублюють показання первинних. Вторинні прилади обладнані вимірювальним пристроєм. Датчики витрати встановлені на напірних лініях.

Особливість датчиків витрати полягає в тому, що вони несуть інформацію щодо одномоментних витрат. Якщо виникає потреба отримувати інформацію щодо витрат води за певний проміжок часу, то ця функція реалізується вимірювальним пристроєм, який, окрім вимірювання, інтегрує (сумує) одномоментні показники розходу за певний наперед заданий час.

Від датчиків тиску сигнал про зміну тиску насоса подається на прилади–безшкальні з дистанційною системою передачі інформації, які встановлені на місці. Від цих приладів сигнал надходить на вторинні прилади та регулятори. Від регуляторів через пускорегулюючу апаратуру сигнал поступає на виконавчі механізми, які включають або виключають електродвигуни засувки при критичному тиску відповідно. Завдання на тиск забезпечується задатчиком, який встановлений на щиті керування.

Опис системи управління насосної станції. Система автоматичного управління насосною станцією повинна забезпечувати підтримання постійного тиску та напору води в мережі. Підтримання постійного тиску у водоводі здійснюється за допомогою регулювання частоти обертання робочого колеса насоса, що забезпечує частотно регульований електропривід кожного насоса з контуром зворотного зв'язку за тиском від відповідного датчика встановленого на вихідній магістралі насоса. Система також контролює рівень тиску вхідної магістралі насоса з метою попередження роботи насосів за відсутності води – захист від «сухого ходу». Контроль здійснюється за допомогою реле тиску встановленого на вхідній магістралі насоса.

У випадку аварійного зупину робочого насоса, система автоматично вмикає резервний агрегат, який встановлений паралельно. У схемі системи управління передбачено встановлення двох магнітних пускачів до кожного двигуна. Це дозволяє здійснити прямий пуск двигуна та тимчасову роботу насоса в обхід перетворювача частоти («Байпас») при виході його з ладу або технічному обслуговуванні без зупинки процесу подачі води. При спрацюванні пожежної сигналізації в будівлі, система вмикає обидва насоси на повну потужність для максимального підвищення подачі води спрямованої на тушіння пожежі. Для здійснення збору інформації, контролю всіх параметрів та

передачі необхідних керуючих сигналів в автоматичному режимі, система оснащена програмованим логічним контролером (ПЛК). Передбачено можливість керувати насосами в ручному режимі, коли оператор за допомогою ручного задатчика (потенціометра) на передній панелі шафи керування системи встановлює необхідний рівень частоти обертання ротора двигуна. Всі режими роботи та аварії мають відповідний світловий індикатор на передній панелі шафи системи керування.

Паралельна схема встановлення насосів застосовується у випадках:

- Один насос не може забезпечити задану подачу, а заміна його іншим більш потужним недоцільна;
- необхідно ступінчасто нарощувати подачу;
- під час роботи виникає потреба в короткочасному підвищенні подачі;
- для підвищення надійності, коли один насос виконує роль резервного агрегату;
- при періодичному переключенні насосів для напрацювання однакових мотогодин, що подовжує термін експлуатації агрегатів.

Для досягнення потрібного значення продуктивності станція другого підйому виконується як група насосних агрегатів, що працюють паралельно. Вона подає воду в трубопровідну мережу по двох водоводах. При такому з'єднанні кожен з насосів групи впливає на роботу інших насосів цієї групи. Це призводить до того, що подача, тиск, потужність і коефіцієнт корисної дії (ККД) кожного з них суттєво залежать від режимів навантаження агрегатів, що працюють сумісно.

Для того, щоб задовільнити вимоги системи щодо подачі та напору, роботи одного насоса номінальної потужності не менше 5 кВт буде достатньо. Тому для підвищення надійності системи в разі аварійного виходу з ладу одного насоса, встановлюється два насосних агрегати паралельно. З метою подовження терміну роботи насосів перед першим плановим технічним обслуговуванням, систему керування оснащена функцією потужневого перемикачів насосних агрегатів для напрацювання однакової кількості робочих годин з моменту введення в експлуатацію.

Вибір засобів керування системи. Програмований логічний контролер (ПЛК) використовується для автоматизації технологічних процесів таких як управління конвеєрною лінією, насосами на станціях водопостачання, верстатами з числовим програмним керуванням тощо. Особливістю ПЛК є значна кількість пристроїв вводу-виводу для давачів та виконавчих органів, а також можливість надійної роботи в умовах виробництва та агресивного середовища.

Історично першими дискретними схемами автоматики були схеми, побудовані на основі електромеханічних контактних апаратів (реле, контакторів, магнітних пускачів та ін.). Електромеханічні реле почали застосовувати ще наприкінці XIX сторіччя. З того часу ідея їх побудови не зазнала суттєвих змін. Розквіт релейно-контактної автоматики припадає на 30-ті роки минулого століття. У цей час було створено схеми автоматики, які виконували досить складні завдання автоматичного керування, наприклад,

автоматичне завантаження доменної печі, автоматичне керування процесом прокатування металу, керування складними верстатами-автоматами та ін. Проте ускладнення завдань автоматизації потребувало застосування все більшої кількості електромеханічних апаратів, ускладнювало проектування, виготовлення та експлуатацію схем автоматики, суттєво знижувало їх надійність.

Поставлена задача не вимагає від контролера наявність великої кількості аналогових та дискретних входів/виходів і вирішення складних задач комунікації.

Пропонується обрати програмований контролер серії S7-1200 виробництва SIEMENS. Даний контролер здатен вирішувати задачі логіки, задачі автоматичного регулювання різного роду та керування переміщенням, виконувати математичну обробку інформації. Володіє широкими функціональними можливостями, відрізняється відносно невисокою вартістю і може використовуватись в усіх секторах промислового виробництва, а також в системах автоматизації будівель.

Дана серія контролерів має декілька типів центральних процесорів різної продуктивності на вибір. Розглянемо центральний процесор типу CPU 1211C, який є найпростішим для програмованих контролерів S7-1200. Зовнішній вигляд процесора зображено на рисунку 14.3 та схема зовнішніх підключень на рисунку 14.4.



Рисунок 14.3 – Зовнішній вигляд процесора CPU 1211C

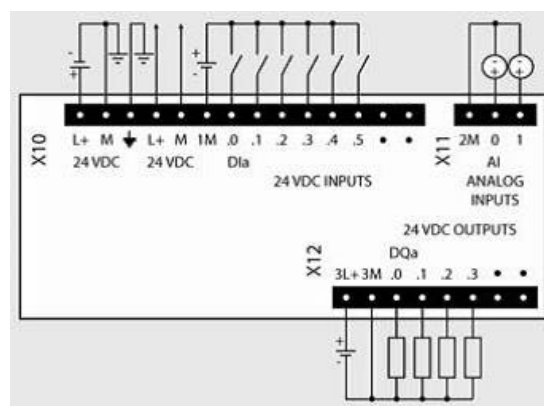


Рисунок 14.4 – Схема підключень зовнішніх кіл процесора CPU 1211C

Контролер оснащений комунікаційною модуль платою для встановлення PtP з'єднань через послідовний інтерфейс RS485, що дозволяє пов'язати контролер з перетворювачами частоти мережевою шиною.

Для виводу текстової інформації та графіків, а також для зручності перевірки оператором коректності роботи, відслідковування аварій та налаштування параметрів системи, контролер доповнюється операторною панеллю.

Операторна панель типу KTP 400 Basic mono PN серії Basic Panel виробництва SIEMENS, зображена на рисунку 14.5 є бюджетним варіантом панелі, яка може використовуватись для вирішення задач оперативного керування і моніторингу на рівні виробничих машин та установок промисловості, а також в системах автоматизації будівель.

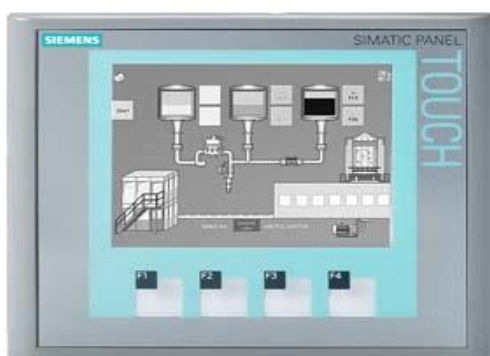


Рисунок 14.5 – Зовнішній вигляд панелі оператора KTP 400 Basic mono PN

Зв'язок між панеллю та процесором контролера здійснюється за допомогою вбудованого інтерфейсу PROFINET.

Процесор контролера має живлення постійною напругою 24 В, тому для застосування його в мережі живлення 220 В встановлюється блок живлення з перетворення AC220 to DC24 виробництва Meanwel,

На сьогоднішній день існує багато виробників привідної техніки і кожен виробник пропонує користувачеві вибір між безлічі серій та моделей перетворювачів частоти, які розроблялись для певних застосувань. Тому критерієм вибору ПЧ є можливість адаптувати його для роботи з насосним агрегатом, у випадку даної системи, потужністю 7.5 кВт та номінальним струмом двигуна 15 А, наявність цифрових та аналогових входів, а також можливість з'єднати обраний привід через послідовний інтерфейс RS485 з контролером.

Серед запропонованих на ринку перетворювачів частоти оберемо привід VLT AQUA Drive FC-202 виробництва компанії Danfoss номінальної потужності 7.5 кВт та струмі 16 А. ПЧ даної серії є високоефективними приводами управління двигунами змінного струму в системах водопостачання та водовідведення.

Обраний перетворювач частоти має 6 цифрових входів, 2 аналогових входи та 2 програмованих реле, а також вбудований інтерфейс RS 485.

Для контролю тиску на виході насосу, підбирається перетворювач тиску (датчик) за параметром максимально можливого тиску в трубопроводі. У випадку поставленої задачі, оберемо датчик тиску із запасом з діапазоном вимірювання 0–6 бар виробництва компанії Danfoss серії MBS1700. Компактний перетворювач тиску призначений для використання в якості перетворювача частоти загального призначення і забезпечує надійне вимірювання тиску навіть у складних умовах експлуатації. Даний датчик має вихідний сигнал 4–20 мА та підключається до одного з аналогових входів перетворювача частоти.

Базуючись на високому рівні розвитку сучасної мікропроцесорної техніки і широкому вибору продукції промислової автоматизації, обрано необхідне устаткування та наведено приклад по автоматичному регулюванню насосної станції I підйому. Автоматизація насосної станції дозволяє знизити споживання струму на 15 %. Після модернізації система забезпечує цілодобову подачу води, автоматично переходячи в економічний режим і витрачаючи мінімум електроенергії. Зменшилася гідравлічне навантаження на трубопровід на 18 % і повністю виключені гідродари, що викликали раніше часті пориви.

Контрольні запитання:

1. Яке керування мають основні насосні станції?
2. Як здійснюється керування у нормальних умовах?
3. Для чого використовується програмований логічний контролер (ПЛК)?
4. Охарактеризуйте керування насосною установкою за допомогою блок-схеми.
5. Наведіть алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою системи керування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизація виробничих процесів : підручник / О. І. Черевко, Л. В. Кіптєла, В. М. Михайлов, О. Є. Загорулько ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
2. Тарасов А. І. Автоматизація технологічних процесів у водопостачанні та водовідведення / А. І. Тарасов, І. В. Кравчук. – Харків : ХНУБА, 2015. – 312 с.
3. Гребенюк С. М. Системи автоматизації водопостачання та водовідведення. Дніпро : ДНУЗТ, 2018. – 220 с.
4. Шахов В. М. Автоматизація технологічних процесів водопостачання та водовідведення / В. М. Шахов, В. В. Білоус. – Львів : ЛНУ ім. І. Франко, 2016. – 275 с.
5. Романенко В. Д. Методи автоматизації прогресивних технологій : підручник / В. Д. Романенко. – Київ : Вища школа, 1995. – 519 с.
6. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : навч. посіб. / В. Г. Трегуб. – Київ : Вид-во Ліра, 2014. – 344 с.
7. Автоматика и автоматизация производственных процессов / Под ред. проф. Нечаева Г. К. – Київ : Вища шк., 1985. – 279 с.
8. Грабко В. В. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання : монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 138 с.

Електронне навчальне видання

ЧУБ Ірина Миколаївна,
БЛАГОДАРНА Галина Іванівна

**МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології
всіх форм навчання)*

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. Г. Ткаченко*

План 2019, поз. 66 Л

Підп. до друку 19.10.2021. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 5,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.