

## Лекція №8

### Тема: Базові елементи аналогової схемотехніки

1. Загальні відомості про аналогові пристрої.
2. Живлення електричних схем
3. Підсилювачі.
4. Приєднання датчиків і виконавчих механізмів.

#### 1. Загальні відомості про аналогові пристрої.

Аналогові пристрої в автоматичній системі застосовуються як самостійні елементи, так і як складові частини цифрових регуляторів. Серед безлічі елементів аналогової схемотехніки ми виділимо лише ті, що безпосередньо стосуються автоматичних систем ТГВ.

Це схеми: живлення аналогових та цифрових пристроїв, підсилювачі, приєднання датчиків фізичних величин та виконавчих механізмів. Схеми живлення застосовують для забезпечення засобів автоматичної системи необхідною напругою та струмом незалежно від коливання напруги в електричній мережі, захисту систем автоматичної системи у випадку аварійних ситуацій. Підсилювачі застосовують для підсилення сигналів з датчиків, задання керуючого впливу, забезпечення зворотніх зв'язків між елементами автоматичної системи, передачі сигналів на виконавчі механізми та індикатори. Схеми приєднання датчиків фізичних величин необхідні для ефективного виділення корисного сигналу з шумів, перетворення його у форму придатну для подальшої обробки автоматичним регулятором. Схеми приєднання виконавчих механізмів слугують для передачі керуючого сигналу малої потужності на виконавчі пристрої та індикатори великої потужності.

#### 2. Живлення електричних схем

Схеми живлення складаються з перетворювача змінної напруги, випрямлювача, згладжувача фільтра та стабілізатора напруги.

**Перетворювач напруги** - пристрій для перетворення змінної напруги мережі (наприклад 220 вольт,  $f=50$ Гц) в змінну напругу необхідну для живлення електронних компонентів автоматичної системи. Традиційно у якості перетворювача напруги застосовується трансформатор. В сучасних засобах автоматичної системи для мініатюризації використовують високочастотні перетворювачі напруги.

**Випрямлювач** – це пристрій, що перетворює змінний струм в постійний.

Випрямлювачі класифікують за наступними ознаками:

- по кількості фаз (однофазні та трьохфазні);
- по виду випрямительних елементів (напівпровідникові, лампові);
- некеровані та керовані (діодні та тиристорні);
- по способу включення випрямительних елементів (однопівперіодні, мостові та з нульовою точкою);

**Однофазні випрямителі.** Найпростіший однофазний випрямитель здійснює однопівперіодне випрямлення (см. рис. 1.а) [11], так як ток проходить через діод  $VD$  і навантаження  $R_n$  тільки при наявності на аноді діода позитивного потенціалу. При цьому напруга на виході, як і в інших випадках, не є строго постійною. Ця схема дає найбільший

коэффициент пульсации  $k_n = 1,57$ . Постоянная составляющая напряжение на нагрузке  $U_0 = 0,45 U_2$ .

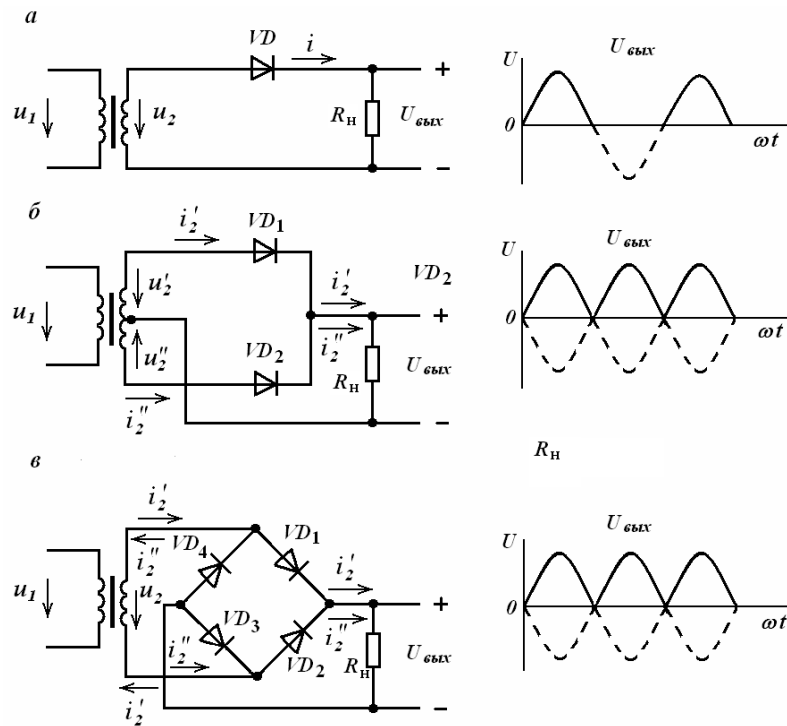


Рис. 1. Схемы и временные диаграммы однофазных выпрямителей

В однофазном двухполупериодном выпрямителе на трансформаторе с выводом средней точки (рис. 1.б) в первый полупериод под действием напряжения  $u'_2$  ток проходит через диод  $VD_1$ , а во второй полупериод под действием напряжения  $u''_2$  — через диод  $VD_2$ . При этом как в первый, так и во второй полупериоды ток через нагрузку  $R_n$  проходит в одном и том же направлении.

В однофазном мостовом выпрямителе (рис. 1.в) в одну половину периода ток  $i'_2$  проходит через диод  $VD_1$ , нагрузку  $R_n$  и диод  $VD_3$ , а в другую половину периода — через диод  $VD_2$ , нагрузку  $R_n$  и диод  $VD_4$ . Выходное напряжение оказывается сформированным из полуволн одного знака, следующих без разрыва друг за другом. Частота пульсаций в однополупериодном выпрямителе соответствует частоте питающей сети, а в двухполупериодном выпрямителе она в два раза больше.

Для згладжування пульсацій напруги застосовують *згладжуючі фільтри*. Зазвичай у якості такого фільтра застосовують конденсатор великої ємності (електролітичний).

Сучасні стабілізатори напруги дозволяють не лише з високою точністю стабілізувати напругу на заданому рівні, але й виконують функцію захисту. Коли вихідний струм перевищує задану межу (наприклад, під час короткого замикання) — стабілізатор відключає живлення.

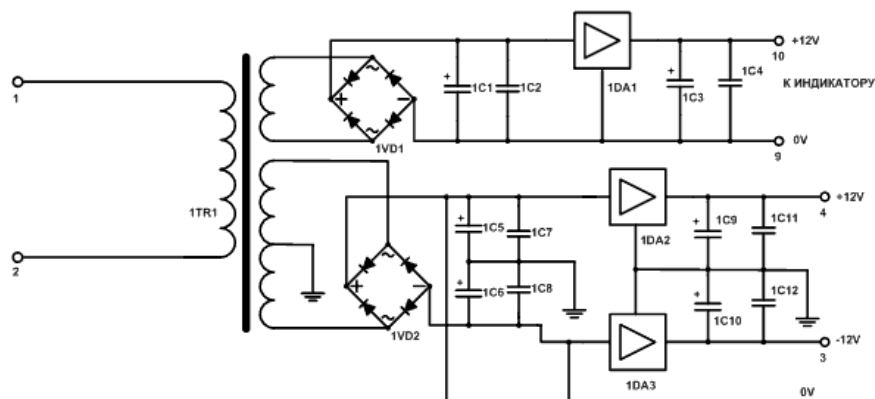


Рис.2. Схема блока живлення

### 3. Підсилювачі.

**Підсилювач електричних коливань**, пристрій, призначений для посилення електричних (електромагнітних) коливань. Таким посиленням є процес управління джерелом енергії (джерелом живлення підсилювача) в результаті дії на нього підсилюваних коливань через підсилювальний елемент – найчастіше транзистор чи електронну лампу. При цьому важливо, що керувана потужність  $P_0$  (джерела живлення) помітно перевищує ту, що керує  $P_1$  (джерела підсилюваних коливань), називається вхідною потужністю (*мал. 2*). Частина  $P_0$ , що віддається в зовнішній ланцюг (у навантаження), називається вихідною потужністю  $P_2$ . Коефіцієнт посилення потужності (коефіцієнт передачі) підсилювача  $K_p = P_2 / P_1 > 1$ . Поряд з посиленням потужності підсилювача здатний підсилювати напругу і струм джерела коливань, що оцінюється коефіцієнтом посилення напруги  $K_u = U_2 / U_1$  і коефіцієнтом посилення струму  $K_i = I_2 / I_1$  ( $U_1, I_1$  і  $U_2, I_2$  – напруга і струм відповідно на вході і виході підсилювача).

Простий підсилювач виконують на одному підсилювальному елементі. При необхідності здобуття  $K_p$ , більшого, ніж в такому підсилювачі можна забезпечити, застосовуючи складніший підсилювач, що містить декілька каскадів підсилення.

**Класифікація підсилювачів.** В сучасних засобах автоматики застосовують переважно транзисторні підсилювачі, зібрані на біполярних або польових транзисторах. Залежно від того, який з виводів підсилювального елементу є загальним для входу і виходу підсилювального каскаду, розрізняють каскади із загальною базою або затвором (*мал. 3, а і ?*) із загальним емітером або витоком (*мал. 3, б і ?*), і із загальним колектором (*мал. 3, в і ?*), або стоком.

У підсилювачів на біполярних транзисторах через наявність вхідного струму для управління транзистором, доводиться витратити певну потужність. Каскад з **загальною базою** має мінімальний вхідний опір (десятки *ом*) і тому потребує найбільшої потужності вхідного сигналу. Проте, ці каскади стійкі в роботі, менш критичні до змін температури або зміни транзистора, вносять незначні нелінійні спотворення. Тому вони використовуються переважно в високочастотних підсилювачах.

Схема ввімкнення з *загальним емітером* має більший вхідний опір (десятки кОм) забезпечує коефіцієнт підсилення в 10 разів більший ніж попередня. Широко застосовується для підсилення напруги та потужності.

Схема ввімкнення з *загальним колектором* має найбільший вхідний опір (сотні кОм). Проте не підсилює напругу, а лише струм. Застосовується для узгодження каскадів між собою та з іншими пристроями автоматики.

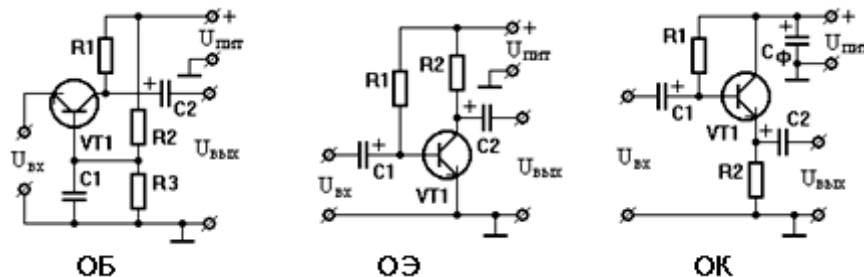


Рис. 3 Каскади підсилення змінного сигналу на біполярних транзисторах

Польовий транзистор по своїх основних параметрах (крутості характеристик, вхідному опору, напрузі відсічення і ін.) – близький аналог електронної лампи. В засобах автоматики переважно застосовують каскад з загальним витокком. Його вхідний опір складає сотні МОм.

Всякий підсилювач характеризується смугою пропускання частот. Якщо нижня гранична частота смуги скільки завгодно близька до нуля, маємо підсилювач постійного струму, якщо ж вона відокремлена від нуля кінцевим інтервалом, – підсилювач змінного струму. Розрізняють селективні (резонансні) і аперіодичні (невиборчі) підсилювачі. До селективних відносяться підсилювачі коливань лише заданих частот. Вони зазвичай містять каскади з резонансними контурами. У групу аперіодичних входять підсилювачі звукової частоти відеопідсилювачі, підсилювачі імпульсних сигналів і ін.

**Операційний підсилювач**, це універсальний підсилювач, котрий застосовується для виконання математичних операцій з аналоговим сигналом – додавання, віднімання, диференціювання, інтегрування та ін. Він є підсилювачем постійного струму з великим коефіцієнтом підсилення  $K_U$  (досягаючим  $10^5$ ), зазвичай в інтегральному виконанні.

У операційному підсилювачі ( мал. 4а ) є неінвертуючий вхід (+) і вхід, що інвертує сигнал (-), що забезпечує в процесі посилення збіг полярностей поданого на нього сигналу і сигналу на виході) полярність змінюється на протилежну). Ця властивість додає підсилювачу його перший каскад, виконаний по т.з. диференціальній схемі, що реагує на різницю вхідної напруги (в результаті сигнали з різною полярністю складаються, а з однаковою – віднімаються і при настільки великому  $K_U$  практично не впливають на вихідний сигнал). Інвертуючий вхід зазвичай використовується і для створення негативного або частотно-залежного зворотного зв'язку.

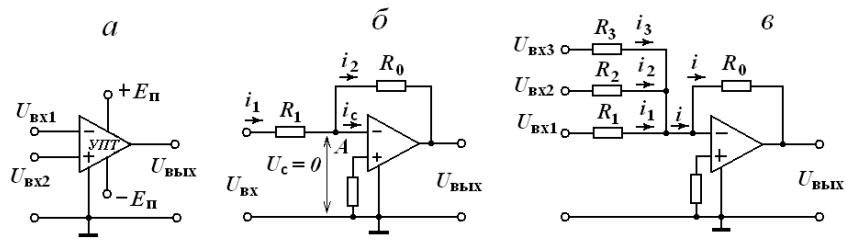


Рис. 4. Структура і схеми підключення операційних підсилювачів

За допомогою  $R_0$  задається величина негативного зворотнього зв'язку, рис.4.б. Це дозволяє регулювати коефіцієнт підсилення в широких межах. Схема додавання сигналів з різних джерел показана на рис.4.в.

#### 4. Приєднання датчиків і виконавчих механізмів.

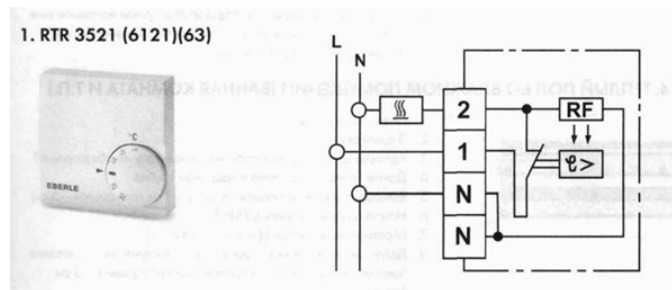


Рис.5. Схема підключення терморегулятора релейного типу

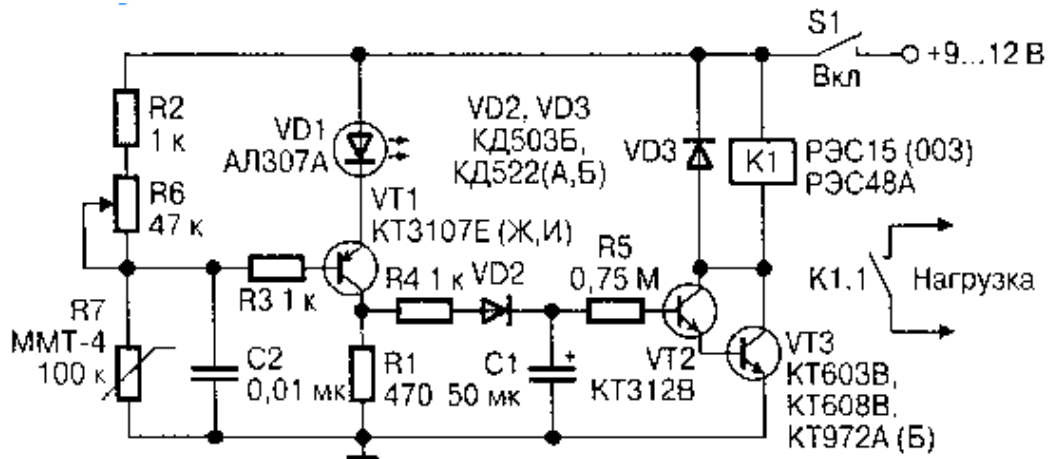


Рис.6. Схема темпреатурного реле (підключення датчика температури ММТ-4 та виконавчого механізму за допомогою реле РЕС15).

**Лекція №9**  
**Тема «Базові елементи цифрової логіки»**  
**План**

1. Логічні елементи
2. Логічні інвертори
3. Логічний елемент «І»
4. Логічний елемент «або»

**1. Логічні елементи**

На сучасному етапі розвитку елементної бази електроніки логічні елементи виготовляють на основі інтегральних мікросхем. Вони виконують перетворення дискретних сигналів. Кожному варіанту вхідних сигналів відповідає вихідний сигнал. Причому вихідний сигнал визначається правилами математичної логіки-логіки Буля. Сигнали на входах і виходах можуть існувати лише у 2-х станах- «1» (логічна одиниця) та «0» (логічний нуль).

\*Джорж Буль (1815-1864), Англія. Засновник математичної логіки.

В задачах автоматизації логічна 1- знак того, що відбулася якась подія (чи ряд подій): замкнулися контакти і по колу пішов струм, ввімкнено насос чи вентилятор, та інше. Логічний «0» означає що контакти розімкнено, вентилятор не працює, і т.д.

Логічні перетворення таких двоїчних сигналів здійснюються на основі трьох елементарних операцій: АБО – логічне додавання (диз'юнкція); І – логічне множення (кон'юнкція); НІ – логічне заперечення (інверсія).

В табл. 2.1 показано операції логічних елементів АБО, І, НІ, а також символічний запис відповідних операцій і алгоритми у вигляді таблиць.

Таблиця 1.

Операція АБО $y = x_1 + x_2$	Операція І $y = x_1 \cdot x_2$	Операція НІ $y = \bar{x}$
Вхід 1:Вхід 2: Вихід	Вхід 1:Вхід 2: Вихід	Вхід: Вихід
$0 \vee 0 = 0$	$0 \wedge 0 = 0$	$0 = 1$
$0 \vee 1 = 1$	$0 \wedge 1 = 0$	$1 = 0$
$1 \vee 0 = 1$	$1 \wedge 0 = 0$	–
$1 \vee 1 = 1$	$1 \wedge 1 = 1$	–

Зараз найбільшого розповсюдження набули логічні елементи виконані у вигляді мікросхем на основі біполярних та МОП-транзисторів.

**2. Логічний елемент « НІ »**

Найпростіший логічний елемент — це інвертор. Його можна побудувати на реле, лампах, біполярних і польових транзисторах. Зараз найпоширенішим засобом створення інверторів є мікросхеми на комплементарних (ідентичних за характеристиками але протилежної полярності) транзисторах (КМОП), котрі будуються на основі МОП транзисторів з n- и p-каналами, рис.1 а.

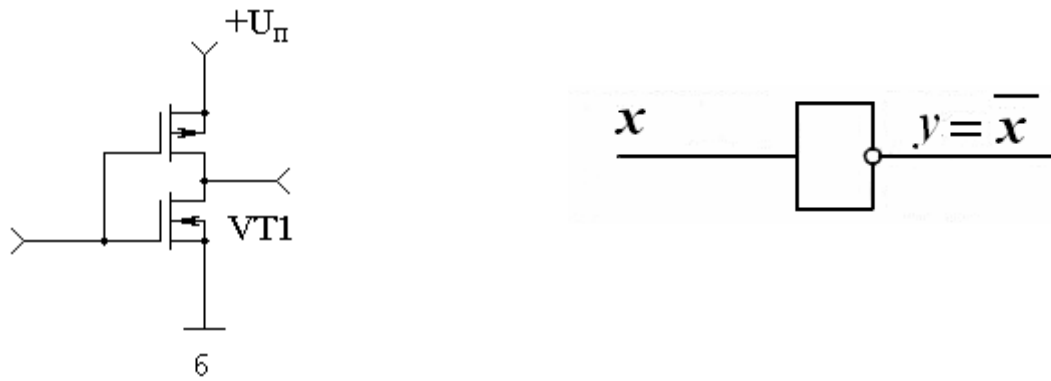


Рисунок 1. Принципова схема інвертора та його умовне позначення, виконаного на комплементарних МОП транзисторах (КМОП інвертор)

Один і той же вхідний потенціал відкриває транзистор з n-каналом (нижній) і закриває транзистор з р-каналом (верхній). При формуванні логічної одиниці відкритий верхній транзистор, а нижній закритий. В результаті струм через інвертор не проходить. При формуванні логічного нуля відкрито нижній транзистор, а верхній закрито. І в цьому випадку струм через інвертор не проходить. Таким чином, інвертор споживає енергію лише в момент переходу з одного логічного рівня в інший.

В цій схемі можна було-б застосувати в верхньому плечі звичайний опір, але при формуванні сигналу низького рівня така схема буде постійно споживати струм. Замість цього, в якості навантаження застосовують р-МОП транзистори. Ці транзистори утворюють активне навантаження, яке дозволяє різко зменшити споживання енергії інверторами.

### 3. Логічний елемент "І"

Схема логічного елемента "І-НІ" на КМОП мікросхемах – ключі з'єднано послідовно. Принципова схема логічного елемента "2І-НІ", виконаного на КМОП транзисторах, приведена на рисунку 2.



Рисунок 2. Принципова схема логічного елемента "2І-НІ", виконаного на КМОП транзисторах

В наведеній на рис.2. схемі логічного КМОП елемента "І", струм від джерела живлення на вихід схеми буде надходити через один з транзисторів активного навантаження, якщо хоча-б на одному з входів (або на обох відразу) буде присутній низький потенціал (рівень логічного нуля). Если же на обоих входах логического КМОП элемента "И" будет присутствовать уровень логической единицы, то оба р-МОП транзистора будут закрыты и на выходе КМОП микросхемы сформируется низкий потенциал. В этой схеме, так же как и в схеме, приведенной на рисунке 1, если транзисторы верхнего плеча будут открыты, то транзисторы нижнего плеча будут закрыты, поэтому в статическом состоянии ток КМОП микросхемой от источника питания потребляться не будет.

Умовне графічне зображення КМОП логічного елемента "2І-НІ" показано на рисунку 3, а таблиця істинності приведена в таблиці 2. В таблиці 2 входи позначено як  $x_1$  та  $x_2$ , а вихід —  $F$ .

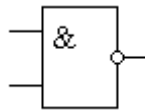


Рисунок 3. Умовне графічне зображення логічного елемента "2І-НІ"

Таблиця 2. Таблиця істинності МОП мікросхеми, яка виконує логічну функцію "2І-НІ"

$x_1$	$x_2$	$F$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Кількість входів в елементах АБО та І знаходиться в межах від 2 до 16.

#### 4. Логічний елемент «АБО»

Логічний елемент "АБО", виконаний на КМОП транзисторах, містить паралельно з'єднані електронні ключі. Принципова схема логічного елемента "2АБО-НІ", виконаного на КМОП транзисторах зображена на рис. 4.



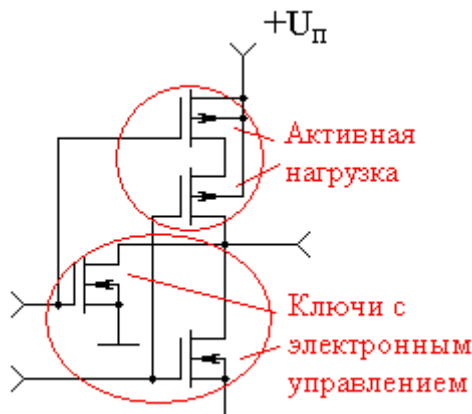


Рисунок 4. Принципиальная схема логического элемента "ИЛИ-НЕ", выполненного на комплементарных МОП транзисторах

В схеме КМОП логического элемента "ИЛИ-НЕ" в качестве нагрузки используются последовательно включенные p-МОП транзисторы. В ней ток от источника питания на выход КМОП микросхемы будет поступать только если все транзисторы в верхнем плече будут открыты, т.е. если сразу на всех входах будет присутствовать низкий потенциал (0). Если же хотя бы на одном из входов будет присутствовать уровень логической единицы, то верхнее плечо двухтактного каскада, собранного на КМОП транзисторах, будет закрыто и ток от источника питания поступать на выход КМОП микросхемы не будет.

Таблица істинності логічного елемента "2АБО-НІ", приведена в таблиці 3, а умовне графічне зображення цих елементів приведено на рисунку 5.

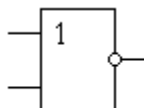


Рисунок 5. Умовне зображення елемента 2АБО-НІ"









Таблиця 3. Таблиця істинності МОП микросхеми, що виконує логічну функцію "2АБО-НІ"

x1	x2	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

На практиці частіше застосовують комбіновані логічні елементи. Вони дозволяють реалізувати послідовне виконання одразу двох і більше логічних

операції (див. табл. 3). Головні логічні функції, їх елементи та схеми показано в табл.3.

Таблица 3

Основные логические функции, их элементы и схемы		
Элемент	Обозначение	Выполняемая функция и схема
НЕ	ЛН	$x$ —  $y = \bar{x}$
И	ЛИ	$x_1$ $x_2$ —  $y = x_1 x_2$
И-НЕ	ЛА	$x_1$ $x_2$ —  $y = \overline{x_1 x_2}$
ИЛИ	ЛЛ	$x_1$ $x_2$ —  $y = x_1 + x_2$
ИЛИ-НЕ	ЛЕ	$x_1$ $x_2$ —  $y = \overline{x_1 + x_2}$
И-ИЛИ	ЛС	$x_1$ $x_2$ $x_3$ $x_4$ —  $y = x_1 x_2 + x_3 x_4$
И-ИЛИ-НЕ	ЛР	$x_1$ $x_2$ $x_3$ $x_4$ —  $y = \overline{x_1 x_2 + x_3 x_4}$
Исключающее ИЛИ	ЛП	$x_1$ $x_2$ —  $y = x_1 x_2 + x_1 \bar{x}_2 =$ $y = x_1 \oplus x_2$

\*Елемент «виключне АБО» застосовується в двійкових напівсуматорах для додавання цифр. Таблица істинності елемента «виключне АБО» :

$a$	$b$	$a \oplus b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Правило: результат рівний 0, якщо значення вхідних величин рівні між собою; у всіх інших випадках результат рівний 1.

## Лекція №10

### Тема: Елементи цифрової логіки

#### План

1. Тригер
2. Регістр
3. Мультивібратор
4. Суматор

### 1. Тригер

**Тригер** – логічний електронний пристрій, котрий має два стійких стани. Причому в кожному з цих станів тригер може перебувати як завгодно довго. При цьому один стан називається одиничним, а інший - нульовим. Тригер застосовується для зберігання 1 біт інформації.

Тригери можуть будуватися на різній електронній базі. На транзисторах, операційних підсилювачах, логічних елементах. При цьому елементи повинні працювати в ключовому режимі. Розглянемо побудову схем тригерів на логічних елементах. При цьому можуть використовуватися різні типи елементів. Найпростіший тригер можна побудувати на двох елементах "АБО-НІ", рис.1. Перехресний позитивний зворотний зв'язок забезпечує підтримку тригера або в одиничному або в нульовому стані. Найпростіший тригер має 2 виходи - прямий і інверсний. Сигнал на прямому виході характеризує поточний стан тригера. Сигнал на інверсному виході завжди протилежний сигналом на прямому виході. Перехід тригера з одного стану в інший може відбуватися під дією зовнішніх сигналів, що подаються на тригер. І цей перехід може здійснюватися залежно від поточного стану тригера і від поєднання зовнішніх інформаційних сигналів.

Розглянемо одиничний стан  $Q = 1; \bar{Q} = 0$  при нульових вхідних сигналах.

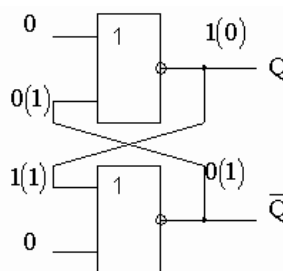


Рис.1. Тригер на логічних елементах АБО-НІ і його стійкі положення

На вході першого елемента два нуля, отже, на виході буде 1. Для другого елемента на вході будуть 0 та 1, на виході  $\bar{Q}$  буде 0, і він відповідає інверсному виходу тригера.

Тобто нульовий стан другого елемента підтримує одиничний стан на виході першого і навпаки. Якби початковий стан тригера було нульовим, то тригер теж запам'ятовував би інформацію. Тобто, в якому б стані тригер не опинився, кожне з

них саме по собі є стійким. Розглянемо, як за допомогою зовнішніх сигналів можна перевести тригер з одного стану в інший.

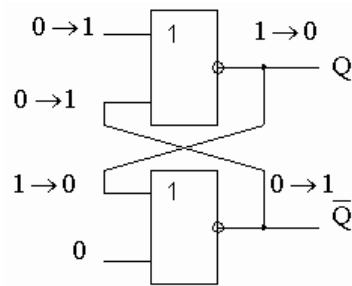


Рис.2. Запис «0» в тригер

Нехай тригер - в одиничному стані. Подамо на вхід першого елемента "1", рис.2. Тригер з одиничного стану перейде в нульовий. Тепер, якщо вхідний сигнал повернеться в нульовий рівень, то стан тригера при цьому не зміниться (залишиться нульовим). Якщо знову подати сигнал вже при нульовому стані тригера, то нічого не зміниться. Вхід першого елемента може використовуватися для скидання тригера.

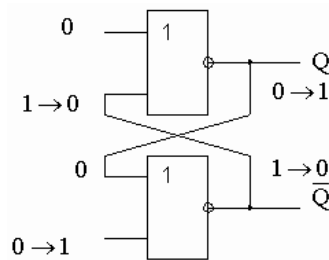
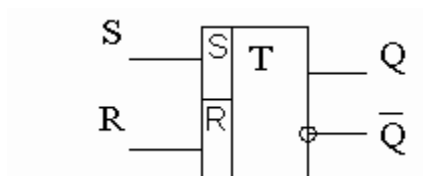


Рис.3. Запис «1» в тригер

Розглянемо тригер в нульовому стані. При цьому подамо на нижній вхід "1", рис. 3. Маємо  $Q = 1; \bar{Q} = 0$ , тобто тригер встановився в стан "1". Тепер тригер буде знаходитися в стані «1» незалежно від стану нижнього входу.

Такий найпростіший тригер називають тригером R-S типу. Вхід першого елемента R(reset), другого - S (set).



R	S	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$

0	1	1
1	0	0
1	1	X

Таким чином, з допомогою сигналів, що подаються на входи R і S, можна встановити тригер в стан “0” або “1”. Крім RS- тригерів є також інші види: D- та JK- типу.

## 2. Регістри

**Регістр** — логічний пристрій, який виконує функцію приймання, запам'ятовування і передавання інформації. Інформація в регістрі зберігається у вигляді цифрових слів (слова), за допомогою комбінації сигналів 0 і 1. Кожному розряду двійкового числа, що записаний в регістр, відповідає свій розряд, побудований на базі тригерів.

На регістрах можна виконувати операції перетворення інформації з одного виду на інший, наприклад, послідовного коду на паралельний. Регістри можуть використовуватися для виконання деяких логічних операцій, наприклад, логічне порозрядне множення.

За способом запису і зчитування двійкової інформації регістри поділяють на послідовні і паралельні. В *послідовних регістрах* запис і зчитування інформації здійснюється послідовно за часом, тобто по чергово. Вони мають послідовні виходи. Інформація записується шляхом послідовного зсуву числа синхроімпульсами. Тому регістри послідовного типу носять назву *регістрів зсуву*. В *паралельних регістрах*, які мають паралельні входи та виходи, запис інформації виконуються одночасно в усіх розрядах за один такт керування. Такі регістри називають *регістрами пам'яті*.

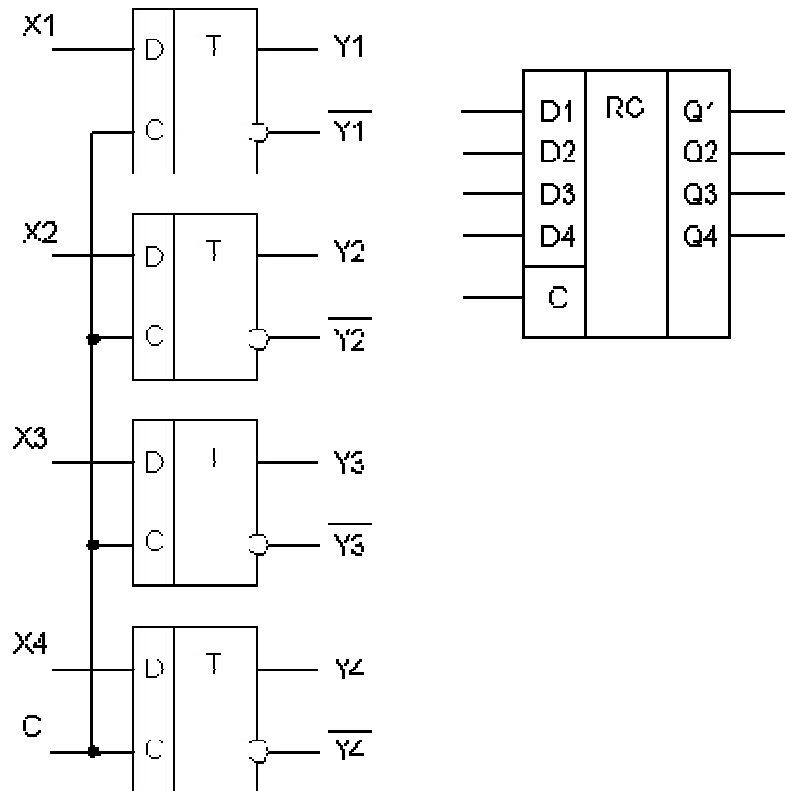


Рис.4. 4-х розрядний регістр на D-тригерах (структура і умовне позначення)

На рис. 4 приведено приклад паралельного 4-х розрядного регістра на тригерах D-типу. Вхід C застосовується для подачі синхронізуючого імпульсу, входи X1-X4 - для запису 0 або 1 у відповідний тригер. Синхронізуючий імпульс дозволяє виконання операції запису в тригерах регістра.

### 3. Мультивібратори

Мультивібратор це релаксаційний генератор коливань майже прямокутної форми. Він є двокаскадним підсилювачем з позитивним зворотним зв'язком, в якому вихід кожного каскаду з'єднаний зі входом іншого. Сама назва "мультивібратор" походить від двох слів: "мульти" - багато і "вібратор" - джерело коливань, оскільки коливання мультивібратора містять велику кількість гармонік.

На малюнку 1 показана найбільш поширена схема мультивібратора на транзисторах з ємнісними колекторно-базовими зв'язками, на малюнку 2 - графіки, що пояснюють принцип його роботи. Мультивібратор складається з двох підсилюючих каскадів на біполярних транзисторах. Вихід кожного каскаду з'єднаний зі входом іншого каскаду через конденсатори C1 і C2.

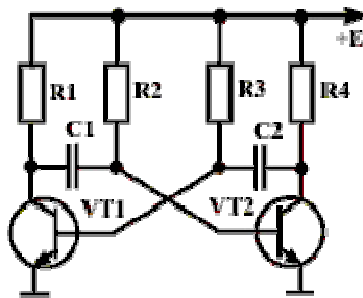


Рис. 1 - Мультивібратор на транзисторах з ємнісними колекторно-базовими зв'язками

Мультивібратор, у якого транзистори ідентичні, а параметри симетричних елементів однакові, називається симетричним. Обидві частини періоду його коливань рівні і скважність дорівнює 2. Скважність - це відношення періоду повторення до тривалості імпульсу  $Q = T_{\text{п}} / t_{\text{и}}$ . Величина, зворотна скважності називається коефіцієнтом заповнення. Якщо є відмінності в параметрах, то мультивібратор буде несиметричним.

Мультивібратор в автоколивальному режимі має два стани квазірівноваги, коли один з транзисторів знаходиться в режимі насичення (відкритий), інший - в режимі відсічення (закритий) і навпаки. Ці стани не стійкі. Перехід схеми з одного стану в інший відбувається лавиноподібно через глибокий позитивний зворотній зв'язок (ПЗЗ).

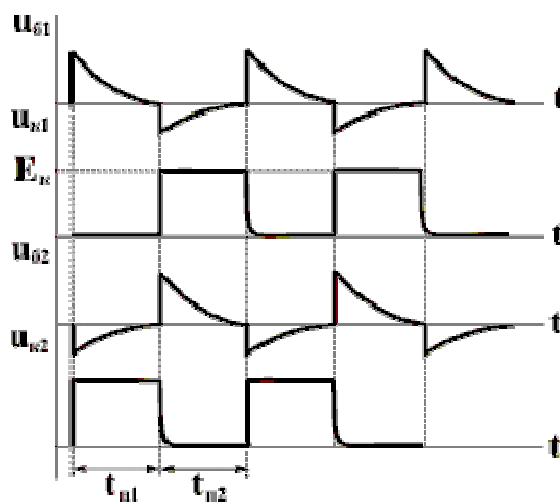


Рис. 2 - Графіки, що пояснюють роботу симетричного мультивібратора

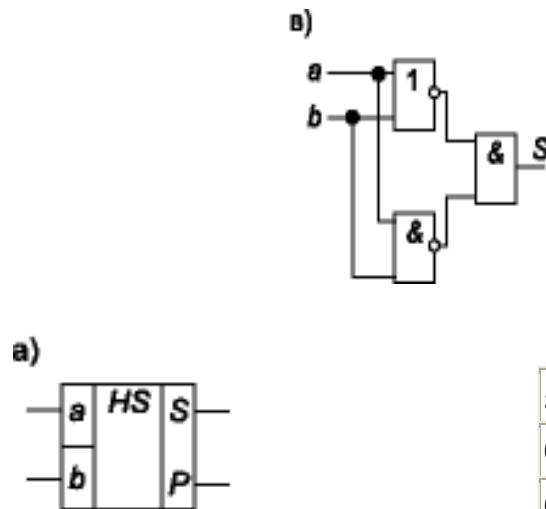
Припустимо, що при ввімкненні живлення транзистор VT1 відкритий і знаходиться в режимі насичення завдяки струму, що проходить через опір R3. Напряга на його колекторі мінімальна. Конденсатор C1 розряджається. Транзистор VT2 закритий і конденсатор C2 заряджається. Напряга на конденсаторі C1 прямує до нуля, а потенціал на базі транзистора VT2 поступово стає позитивним і VT2 починає відкриватися. Напряга на його колекторі зменшується і конденсатор C2 починає розряджатися, транзистор VT1 закривається. Так процес повторюється до безкінечності.

#### 4. Суматор

Головною елементарною операцією, котра виконується над кодами цифр в цифрових пристроях, є арифметичне додавання.

**Суматор**- логічний вузол, що виконує арифметичне додавання кодів двох цифр. При арифметичному додаванні виконуються також інші додаткові операції: урахування знаків цифр, вирівнювання порядків доданків та інше. Ці операції виконуються в арифметично-логічних пристроях (АЛП) або процесорних елементах, ядром яких є суматори.

**Суматор (напівсуматор)** (рис. 3) має два входи  $a$  і  $b$  для двох доданків і два виходи:  $S$  — сума,  $P$  — перенесення. Позначення напівсуматора є букви HS (half sum — напівсума). Його робота відображена в таблиці істинності 2.:



Таблиця 2

a	b	P	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Рис. 3



## Лекція №11 Мікропроцесорні системи

### План

1. Організація інформації.
2. Структура мікропроцесорних систем.
3. Мікропроцесор.
4. Мікроконтролери.
5. Диспетчеризація.

#### 1. Організація інформації.

У обчислювальній техніці взагалі і мікропроцесорній техніці зокрема, мають справу з числами, широко використовуються такі терміни, як «біт», «слово», «байт».

**Біт** - це розряд двійкового числа: 0 або 1. Так, 0101 - чотирибітне двійкове число, причому крайня ліва цифра є старшим розрядом даного числа, а крайня права - молодшим розрядом.

**Слово** - закінчена послідовність символів (нулів і одиниць) певної довжини або сигналів, що представляють ці символи. Машинне слово - спеціальна послідовність нулів і одиниць, яка може бути прочитана або інтерпретована ЕОМ даного типу. Інакше кажучи, машинне слово - це група бітів, яку обробляє ЕОМ за один крок. У загальному випадку слово має змінну довжину. Число двійкових розрядів (бітів) в слові може перебувати в межах  $1 \leq z \leq n$ . Величина  $n$  залежить від технічних можливостей ЕОМ. Зазвичай під довжиною машинного слова розуміють число бітів, збережених в одному регістрі ЕОМ. У техніці великих ЕОМ іноді словом називають послідовність з 32 біт, півсловом - з 16 біт і подвійним словом - з 64 біт. Для мікропроцесорної техніки основоположним є байт. По відношенню до нього визначається формат даних.

**Байт** - восьмибітне слово, що розглядається як одиниця для обміну цифровою інформацією між пристроями мікропроцесорної системи.

**Мікропроцесорна система (МС)** - це сукупність взаємодіючих великих інтегральних схем (ВІС) мікропроцесорного комплекту, організована в систему, тобто обчислювальна або керуюча система з мікропроцесором в якості вузла обробки інформації. Якщо увесь мікропроцесорний комплект розташовано на одному кристалі кремнію то його називають мікроконтроллер.

#### 2. Структура мікропроцесорних систем.

Типова структура мікропроцесорної системи зображена на рис. 1. Її головними елементами є генератор тактових імпульсів, мікропроцесор, різні види пам'яті, інтерфейс введення-виведення інформації, шини даних, адрес, керування.

Генератор тактових імпульсів (ГТІ) - джерело послідовності прямокутних імпульсів, за допомогою яких здійснюється управління подіями в часі. Він задає цикл команди - інтервал часу, необхідний для зчитування вибірки команди з пам'яті і її виконання. Цикл команди складається з певної послідовності елементарних дій, званих станами (тактами).

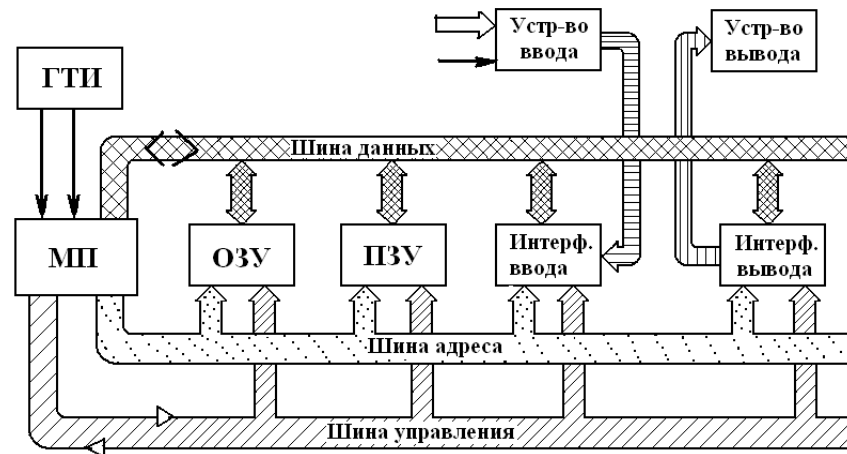


Рис. 1. Структура типової мікропроцесорної системи:

ГТИ - генератор тактових імпульсів; МП - мікропроцесор; ОЗП - оперативний запам'ятовуючий пристрій; ПЗУ - постійне запам'ятовуючий пристрій

Оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), який інакше називають запам'ятовуючим пристроєм з довільною вибіркою (ЗУПВ) або довільним доступом (ЗУПД), служить пам'яттю даних, що підлягають обробці, і результатів обчислень, а в деяких мікропроцесорних системах - також програм, які часто змінюються. Його характерна властивість полягає в тому, що час, необхідний для доступу до будь-якої з комірок пам'яті, не залежить від адреси цього осередку. ОЗП допускає як запис, так і зчитування слів. Інформація, що міститься в ОЗП, зникає, стирається, якщо переривається напруга живлення.

Постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) - це пристрій, в якому зберігається програма (і при необхідності сукупність констант). Вміст ПЗП не може бути стерто. Воно використовується як пам'ять програми, складеної заздалегідь виробником згідно з вимогами її користувачів. У таких випадках говорять, що програма жорстко «зашията» в пристрої. Щоб здійснити іншу програму, необхідно застосувати інше ПЗУ або його частину. З ПЗУ можна тільки вибрати збережені там слова, але не можна вносити нові.

Крім ПЗУ використовуються також ППЗП і РППЗП.

Програмований постійний запам'ятовуючий пристрій (ППЗП) відрізняється від ПЗП тим, що користувач може самостійно запрограмувати ПЗП (ввести в нього програму) за допомогою спеціального пристрою - програматора, але тільки один раз (після введення програми вміст пам'яті вже не можна змінити).

Репрограмований постійний запам'ятовуючий пристрій (РППЗП), має таку особливість: збережена інформація може стиратися кілька разів (при цьому вона руйнується). Інакше кажучи, РППЗУ допускає перепрограмування, здійснюване за допомогою програматора. Це полегшує виправлення виявлених помилок і дозволяє змінювати вміст пам'яті.

Інтерфейсом називають пристрій сполучення. Під інтерфейсом розуміють сукупність електричних, механічних і програмних засобів, що дозволяють з'єднувати модулі системи між собою і з периферійними пристроями. Його складовими частинами служать апаратні засоби для обміну даними між вузлами і

програмні засоби - протокол, що описує процедуру взаємодії модулів при обміні даними. Інтерфейс поділяють на паралельний і послідовний.

Пристрій введення здійснює введення в систему даних, що підлягають обробці, і команд. Звичайно пристроями введення є: клавіатура, датчики температури, датчики положення штока регулятора.

Пристрій виведення перетворює вихідні дані (результат обробки інформації) у форму, зручну для сприйняття користувачем, для зберігання чи виконання запрограмованих функцій (керування сервоприводом). Пристроями виведення слугують: дисплеї, аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, комутатори та ін.

Організації зв'язків між модулями мікропроцесорної системи здійснюється за допомогою трьох шин. По них передаються вся інформація і сигнали, необхідні для роботи системи. Ці шини з'єднують мікропроцесор із зовнішньою пам'яттю (ОЗУ, ПЗУ) і інтерфейсами введення-виведення, в результаті чого створюється можливість обміну даними між мікропроцесором і іншими модулями системи, а також передачі керуючих сигналів.

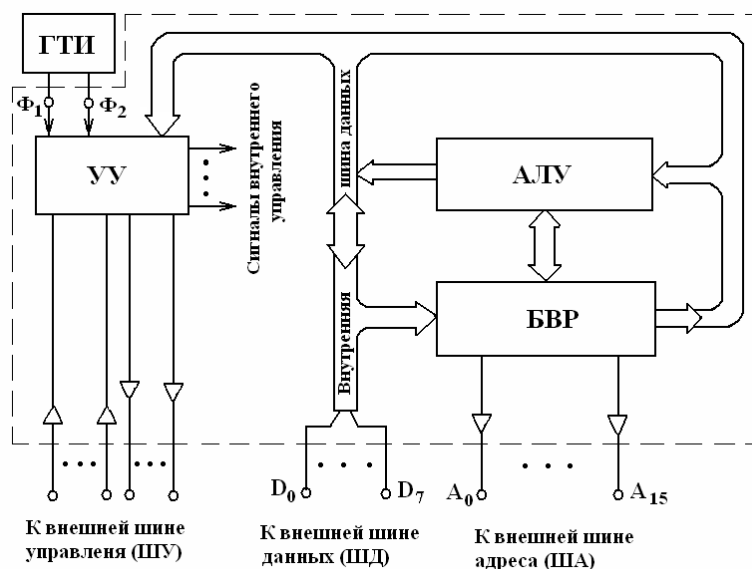
### 3. Мікропроцесор

Мікропроцесор (МП) являє собою функціонально завершений універсальний програмно-керований пристрій цифрової обробки даних, виконаний у вигляді однієї або декількох мікропроцесорних ВІС. Особливістю мікропроцесорних ВІС є можливість програмного керування роботою ВІС за допомогою певного набору команд.

За конструктивною ознакою мікропроцесори можна розділити на два різновиди:

- Однокристалні мікропроцесори з фіксованою довжиною (розрядністю) слова і певною системою команд;
- Багатокристалні (секціоніровані) мікропроцесори з нарощуваний розрядністю слова та мікропрограмного управління, які складаються з двох і більше ВІС.

Для прикладу розглянемо структуру однокристалного універсального восьмирозрядного мікропроцесора (рис. 2). До складу мікропроцесора входять арифметично-логічний пристрій, керуючий пристрій і блок внутрішніх регістрів. Арифметичний-логічний пристрій (АЛП) є ядром мікропроцесора, яке, як правило, складається з двійкового суматора з і схемами прискореного



перенесеного, зрушується регістру и регістрів для тимчасового зберігання операндів. Це Пристрій по командах Виконує кілька простих операцій: додавання, віднімання, зсув, пересилання, інверсія, логічне додавання (АБО), логічне множення (І).

Рис. 2. Структура однокристалного восьмирозрядного мікропроцесора

Пристрій управління (ПУ) «керує» роботою АЛП і внутрішніх регістрів в процесі виконання команди. Відповідно до коду операції, що міститься в команді, він формує внутрішні сигнали керування блоками мікропроцесора. Адресна частина команди спільно з сигналами управління використовується для зчитування та запису даних в певну комірку пам'яті. За сигналами ПУ здійснюється вибірка кожної нової, чергової команди.

Блок внутрішніх регістрів (БПР), розширює можливості АЛП, служить внутрішньою пам'яттю мікропроцесора - використовується для тимчасового зберігання даних і команд. Він також виконує деякі процедури обробки інформації. Зазвичай цей блок містить регістри загального призначення і спеціальні регістри: регістр-акумулятор, буферний регістр адреси, буферний регістр даних, лічильник команд, регістр команд, регістри стека, регістр ознак.

#### 4. Мікроконтролери

На практиці нерідко застосовують функціональний блок, що містить мікропроцесорний комплект і оформлений конструктивно у вигляді плати. Він може виконувати функції мікро-ЕОМ, вбудованої у вимірювальний прилад або іншу апаратуру (без джерела живлення, корпусу, пульта управління, периферійних вузлів). Такий блок, що виконує функції управління, називають мікроконтролером. Іноді, для скорочення його називають просто контролером. Він може бути програмованим і непрограмованим.



**Промышленные контроллеры** – это устройства, предназначенные для управления технологическими процессами в промышленности и другими сложными технологическими объектами (например, системы управления микроклиматом, системы управления котельными установками и объектами тепло и газоснабжения, системы сбора данных, системы диспетчеризации и др.). Принцип их работы заключается в сборе сигналов от **датчиков** и их обработке по прикладной программе пользователя с выдачей управляющих сигналов на исполнительные устройства.

Для примера рассмотрим некоторые типы промышленных программируемых контроллеров, применяемых в системах автоматического управления процессами теплогазоснабжения и вентиляции.



Рис.3. Загальний вигляд регулятора з застосуванням мікроконтролера

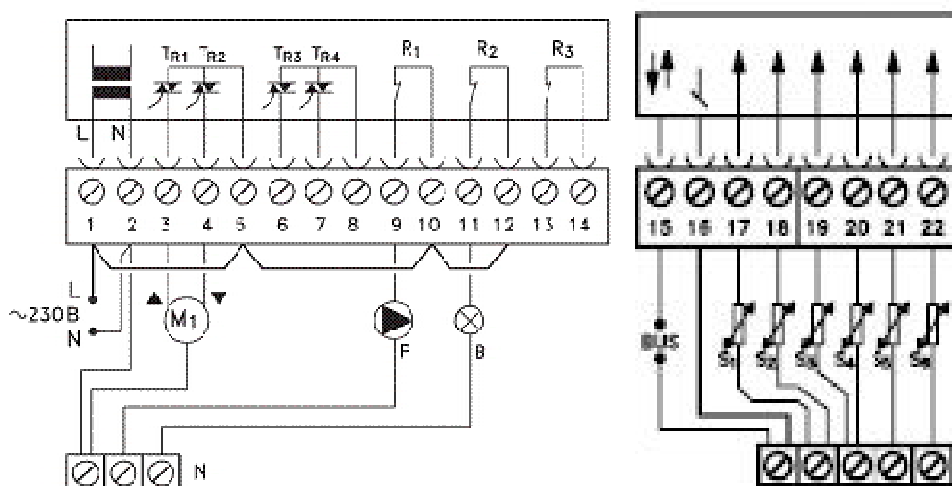


Рис.4. Схема приєднання периферійних пристроїв до електронного регулятора L, N- приєднання напруги живлення,  $T_{R1-4}$  – симісторні ключі,  $R_{1-3}$  – релейні контакти,  $S_1-S_6$  – приєднання датчиків температури, .

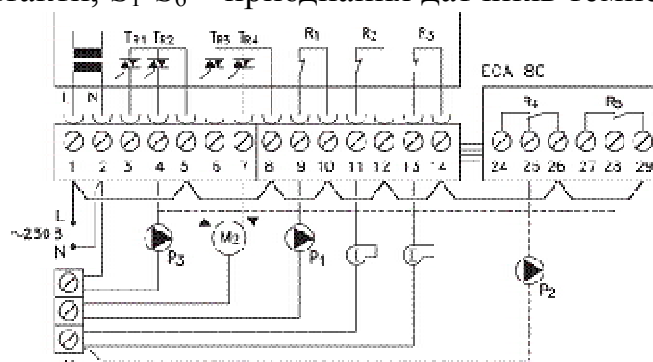


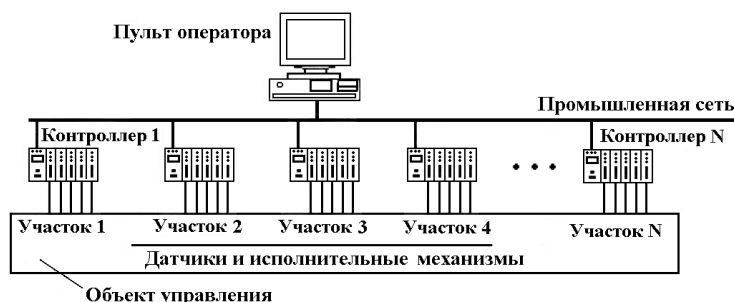
Рис.5. Схема приєднання периферійних пристроїв до електронного регулятора з блоком реле ECA 80

## 5. Диспетчеризація

В даний час автоматизація більшості технологічних процесів здійснюється на базі універсальних мікропроцесорних контролерних систем, які отримали назву програмно-технічних комплексів (ПТК). Вони є сукупністю мікропроцесорних засобів автоматизації (мікропроцесорних контролерів, пристроїв зв'язку з об'єктом ПЗО), дисплейних пультів оператора і серверів різного призначення, промислових мереж, які дозволяють зв'язати перераховані компоненти, програмне забезпечення контролерів і дисплейних пультів оператора. ПТК призначені, в першу чергу, для створення розподілених систем управління технологічними процесами різної інформаційної потужності (від десятків вхідних / вихідних сигналів до сотні тисяч).

Одна з простих і наочних структур ПТК представлена на рис. 6.

Рис. 6. Структура ПТК



Все функциональные возможности системы (рис. 6) четко разделены на два уровня. Первый уровень составляют контроллеры, второй – пульт оператора, который может быть представлен рабочей станцией или промышленным компьютером.

Уровень контроллеров в такой системе выполняет сбор сигналов от датчиков, установленных на объекте управления; предварительную обработку сигналов (фильтрацию и масштабирование); реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объекта управления; передача и прием информации из промышленной сети.

Пульт оператора формирует сетевые запросы к контроллерам нижнего уровня, получает от них оперативную информацию о ходе технологического процесса в удобном для оператора виде, осуществляет долговременное хранение динамической информации (ведение архива) о ходе процесса, производит коррекцию необходимых параметров алгоритмов управления и уставок регуляторов в контроллерах нижнего уровня.

Такая распределенная архитектура системы управления обладает следующими достоинствами:

- высокая надежность работы системы. Четкое распределение обязанностей в распределенной системе делает ее работоспособной даже при выходе из строя или зависания любого узла;
- малое количество проводных соединений, для организации сети, как правило, достаточно всего двух или четырех проводов;
- легкая расширяемость системы. При появлении дополнительных точек контроля и управления достаточно добавить в системы новый узел (контроллер, интеллектуальный модуль ввода-вывода).

## Лекція №12

### Тема: Автоматизація систем теплопостачання і теплоспоживання

#### План

1. Задача та принципи регулювання теплових мереж.
2. Автоматизація насосних підстанцій.
3. Автоматизація гідравлічного режиму теплових мереж.
4. Автоматизація мережних підігрівачів.
5. Автоматизація вузлів гарячого водопостачання.
6. Автоматизація водяних систем опалення

#### 1. Задачі та принципи автоматизації теплових мереж.

Автоматизація водяних систем теплопостачання сприяє підтримці заданих гідравлічних та теплових режимів в різних їх точках. Основну роль у вирішенні цих задач відіграють пристрої автоматичного регулювання та автоматичного захисту.

Відомо, що самий лише центральний метод регулювання на ТЕЦ або в котельні не може забезпечити задані гідравлічні та теплові режими у багаточисельних і різнорідних споживачів тепла, тому застосовують декілька ступенів регулювання. Додатково до центрального вводять групове регулювання на центральних теплових пунктах (ЦТП), місцеве загальне або позонне в індивідуальних теплових пунктах (ІТП), а також індивідуальне регулювання безпосередньо в місці споживання тепла.

На теплопідготовчій установці ТЕЦ або котельні здійснюють регулювання тиску води перед мережними насосами, захист від підвищення тиску мережної води, регулювання температури мережної води в подаючому трубопроводі за основними водонагрівачами або піковими водогрійними котлами, регулювання рівня конденсату в водонагрівачах та захист їх від переповнення конденсатом, регулювання деаераторів підживлювальної води.

В теплових мережах значної довжини зі складним рельєфом місцевості встановлюють насосні перекачуючі підстанції, які є додатковим об'єктом регулювання та захисту. На перекачуючій насосній підстанції автоматизуються самі насоси (автоматичне блокування з основними мережними насосами, включення резерву і т. д.), пристрої підживлення та регулювання тиску перед насосами, захист від підвищення тиску.

На ЦТП для систем опалення здійснюється регулювання температури води після насосів змішування за опалювальним графіком, регулювання температури води на потреби гарячого водопостачання; на абонентських вводах при наявності ЦТП - місцеве регулювання режиму відпуску тепла на опалення і місцеве регулювання калориферів вентиляційних систем.

При зміні в процесі регулювання витрати мережної води в будь-якому об'єкті неминує змінюються перепади тиску на решті об'єктах внаслідок гідравлічного розрегулювання, тому на кожному ЦТП або ІТП доцільно передбачати стабілізацію перепаду тиску. В ряді випадків на ІТП або ЦТП здійснюють регулювання тиску в зворотній лінії теплової мережі для нормальної роботи систем опалення при залежній схемі їх приєднання.

#### 2. Автоматизація насосних підстанцій.

Основне призначення насосних підстанцій - зміна тиску в подаючому або зворотному трубопроводі за підстанцією, а також збільшення пропускної здатності теплової мережі.

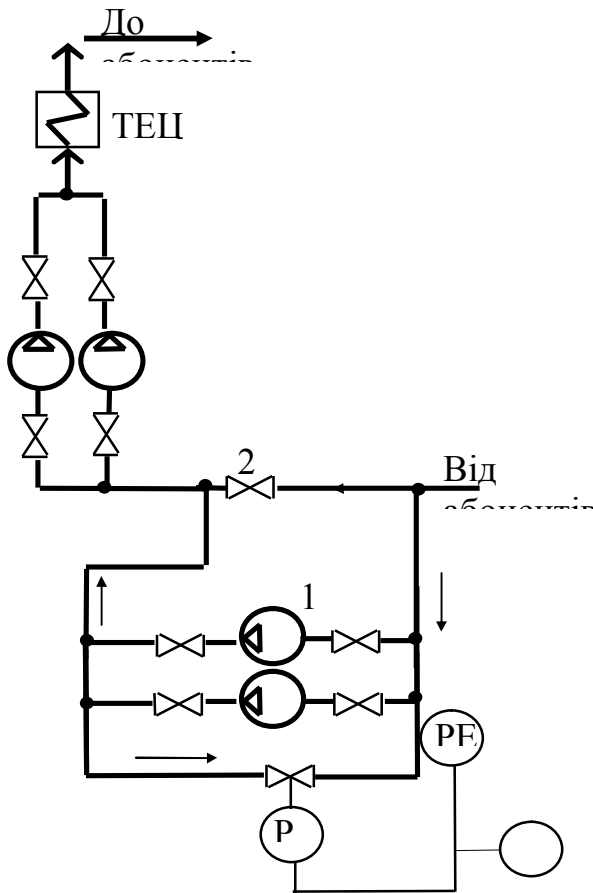


Рис.1. Схема регулювання тиску води у всмоктуючому колекторі насосної підстанції на зворотній магістралі. 1-насоси підстанції; 2-зворотній клапан.

Автоматизацією насосної підстанції на подаючій магістралі передбачене:

- блокування насосних агрегатів;
- блокування електродвигунів насосу та засувки на нагнітальному патрубку насоса;
- автоматичне включення резервного насоса при падінні тиску в подаючому патрубку працюючого;
- автоматичне переключення на резервне джерело електроживлення;
- сигналізація про несправності роботи насосної підстанції (наприклад, перевищення допустимої температури в підшипниках насосів, автоматичне включення резервного насоса, пониження тиску води за насосами і т.д.).

При автоматизації насосної підстанції на зворотній магістралі додатково передбачається підтримування постійного тиску у всмоктуючому колекторі насосної підстанції, так як цей тиск впливає на надійність роботи систем опалення.

Автоматичний захист від пониження тиску води у всмоктуючому колекторі перекачуючої підстанції діє також і при аварійних ситуаціях. В умовах аварії автомат розсічки розділяє теплову мережу на дві гідравлічно незалежні зони:



верхню (з високою відміткою п'єзометра після спрацювання захисту) та нижню (з низькою відміткою п'єзометра).

Основною причиною різких та значних за величиною знижень тиску води у всмоктуючому колекторі насосних підстанцій на зворотних трубопроводах є зупинка насосів підстанції або мережних насосів на котельні, що може бути викликано різними несправностями, в тому числі припиненням подачі електроенергії.

У зв'язку з цим в схемі захисту використовуються не електричні, а гідравлічні регулятори тиску. Вимірально-управляючий прилад автомата розсічки та регулятора тиску отримує імпульс від тиску на всмоктуючому трубопроводі насосної підстанції.

Повне розділення теплової мережі на дві гідравлічно незалежні зони не потрібне в тому випадку, коли тиск в зворотній магістралі під час зупинки насосної підстанції не перевищує допустимої межі при деякій скороченій витраті води, яку можна забезпечити частковим прикриттям регулюючого клапана. В таких випадках доцільно застосовувати двосідельні регулюючі клапани.

При частковому закриванні регулюючого клапана знижується ймовірність виникнення гідравлічного удару в подаючому трубопроводі.

### **3. Автоматизація гідравлічного режиму теплової мережі.**

В теплових мережах великої довжини або, які мають значну різницю геодезичних відміток встановлені насосні та дросельні станції. Насосні станції збільшують пропускну здатність теплової мережі великої довжини; понижують тиск в зворотному трубопроводі в кінцевих споживачів; підвищують тиск в тепловій мережі для подачі теплоносія споживачам з високими геодезичними відмітками. Дросельні станції призначені для захисту споживачів з низькими геодезичними відмітками від високого тиску, а споживачів з високими геодезичними відмітками - від спорожнення системи опалення.

Схеми автоматизації гідравлічного режиму передбачають: стабілізацію тиску в подаючому трубопроводі після підкачуючої або дросельної станції; стабілізацію тиску в зворотному трубопроводі до підкачуючої або дросельної станції; розсічку теплової мережі на гідравлічно ізольовані зони; підживлення відсіченої ділянки; блокування роботи насосів та електрифікованих засувок.

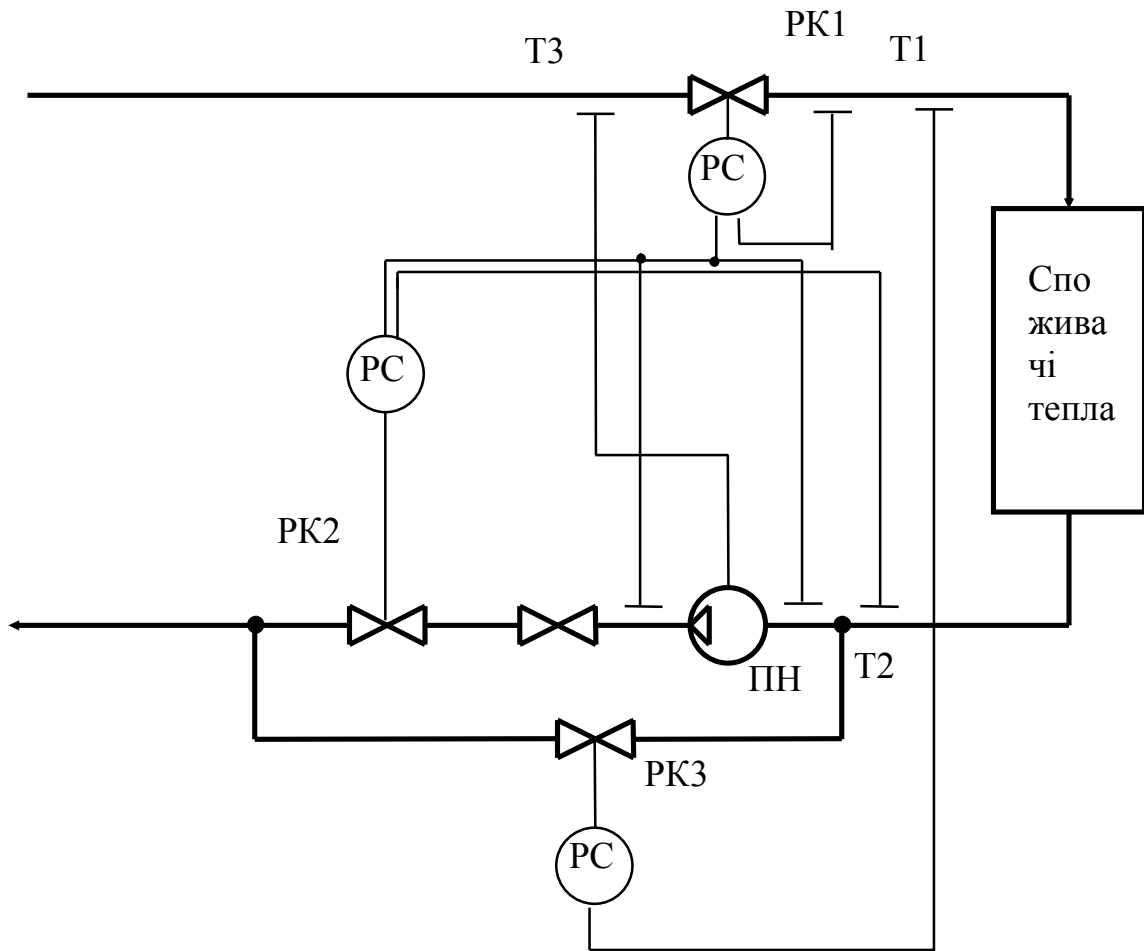


Рис. 2. Технологічна схема автоматизації підкачуючої насосної станції.  
PK1,PK2,PK3 - регулюючі клапани; ПН - насос; T1,T2,T3 - відбори імпульсів

Приклад, рис.2. Профіль місцевості рівний. На подаючому трубопроводі теплової мережі встановлена підкачуюча насосна станція ПН. Призначення насосної станції - збільшити тиск в тепловій мережі другої зони (лінія 1). При зупинці підкачуючих насосів зменшується тиск в тепловій мережі другої зони (лінія 2), але тиск в зворотному трубопроводі не перевищує максимально допустимого.

При зупинці мережних насосів та роботі підкачуючих насосів виникне перекидання циркуляції для споживачів першої зони. В другій зоні різко знизиться тиск в тепловій мережі. При зупинці мережних та підкачуючих насосів статичний тиск буде однаковий для двох зон.

Автоматизація гідравлічного режиму (рис. 2.) передбачає:

- 1) стабілізацію тиску в подаючому трубопроводі;
- 2) виключення підкачуючих насосів при зупинці мережних насосів.

Сигналом на виключення підкачуючих насосів служить зменшення тиску перед ними.

#### 4. Автоматизація мережних підігрівачів.

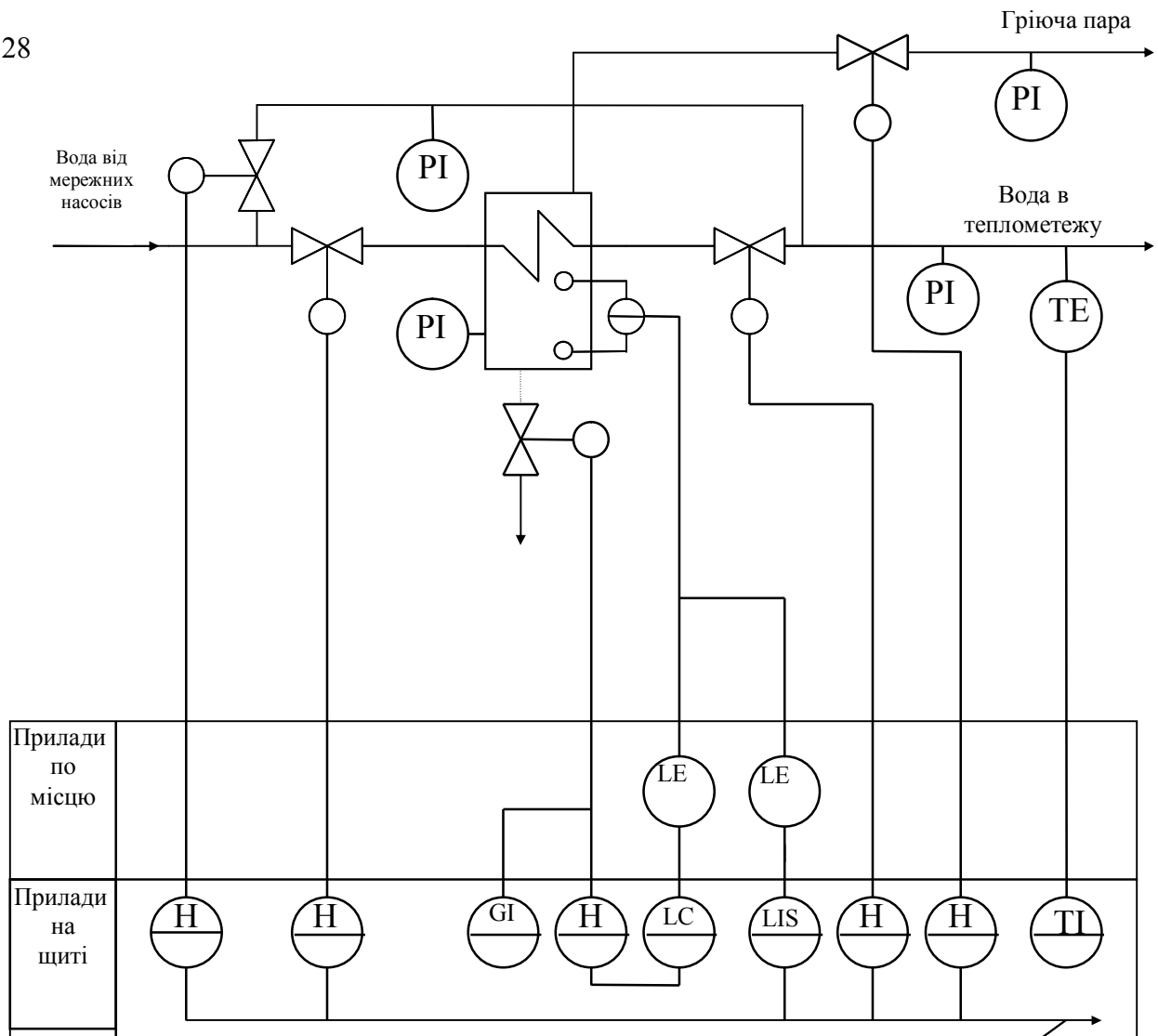
При автоматизації мережних підігрівачів одною з основних задач є регулювання температури води на виході з підігрівачів. Найчастіше застосовують центральне регулювання по опалювальному графіку з температурою води в подаючому трубопроводі  $60 \div 150^{\circ}\text{C}$ . При двохступеневій послідовній схемі

приєднання абонентських вводів можливе регулювання температури води по підвищеному температурному графіку.

По метеорологічних даних необхідна температура мережної води встановлюється вручну задавачем регулятора з точністю  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Регулювання температури мережної води за підігрівниками здійснюється шляхом дроселювання гріючої пари або перепуском частини мережної води в обхід підігрівачів (Рис.3.).

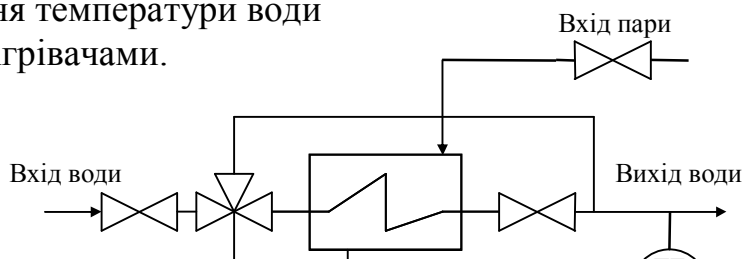
Перший метод застосовується при регулюванні температури мережної води за піковими підігрівачами, другий метод за основними підігрівачами, коли відключені пікові. При цьому забезпечується менше коливання тиску гріючої пари і зменшується інерційність регульованого об'єкту. В обидвох випадках застосовують ПІ-регулятори.



Сигналізація при найменшому рівні,  
захист при перевищенні максимального рівня.

Рис.3.Схема регулювання рівня конденсату і захисту підігрівачів від переповнення конденсатом.

Схеми регулювання температури води за підігрівачами.



В основних і пікових мережних пароводяних підігрівачах необхідно підтримувати рівень конденсату в допустимих межах виходячи з умов оптимального теплообміну в підігрівачі і виключення можливості закипання води в трубопроводі гріючої пари. Допустиме відхилення рівня конденсату  $\pm 200$ мм. Участок регулювання підігрівача по рівню конденсату є інтегруючою ланкою. Схема автоматичного регулювання рівня конденсату і захисту підігрівачів від переповнення показана на рис.3. Автоматичне регулювання рівня конденсату і

захист підігрівників від переповнення конденсатом здійснюється шляхом автоматичного закриття засувок на трубопроводах мережної води і пари і відкриття засувок на обвідній лінії. Одночасно також подають світловий і звуковий сигнали.

### **5. Автоматизація вузлів гарячого водопостачання.**

Основна задача гарячого водопостачання – підтримання постійно заданої температури води в місцях її розбору. В ідеальному випадку це можна здійснювати в кожному місці розбору гарячої води.

При закритій системі водопостачання, коли на вводах гарячого водопостачання встановлюють водоводяні підігрівачі, широко застосовується схема регулювання температури нагрітої води шляхом зміни витрати мережної води. При такому методі регулювання забезпечується приблизно постійна витрата мережної води, що повністю або частково виключає гідравлічне розрегулювання теплової мережі але приводить до завищення температури на зворотному трубопроводі.

При відкритій системі теплопостачання на вузлах гарячого водопостачання широке застосування дістали системи з встановленням регулюючого клапана на подаючому водопроводі і зворотного клапану на зворотному трубопроводі, або з застосуванням трьохходового клапана.

В даний час з особливою гостротою стало питання обліку гарячої води індивідуальними споживачами. Для цього розроблені недорогі і надійні витратоміри-тепломіри гарячої води. Крім цього при проектуванні і реконструкції потужних систем гарячого водопостачання для забезпечення оптимальних циркуляційних витрат доцільно застосовувати регулятори температури прямої дії, що знижують надходження води з високою температурою.

Для забезпечення якісного постачання споживачів гарячої води необхідна безперервна робота циркуляційного насоса. Якщо робота насосів в нічний час не передбачається, то передбачується їх автоматичне відключення. При встановленні акумуляторів для вирівнювання графіка відпуску тепла на гаряче водопостачання передбачається автоматичне управління зарядкою і розрядкою цих акумуляторів. Вибір схеми автоматичного регулювання температури води на гаряче водопостачання визначається прийнятою системою теплопостачання (закрита чи відкрита).

При закритій системі тепlopостачання, коли на вводах гарячого водопостачання встановлюють водо-водяні підігрівники, широко застосовуються схеми регулювання температури води, яка нагрівається шляхом зміни кількості мережної води (рис.5. а, б, в) або шляхом розподілу потоку мережної води триходовим регулюючим клапаном на два: поступаючий потік направляє в підігрівник, а перепускаючий - по обвідній лінії (рис. 5. г).

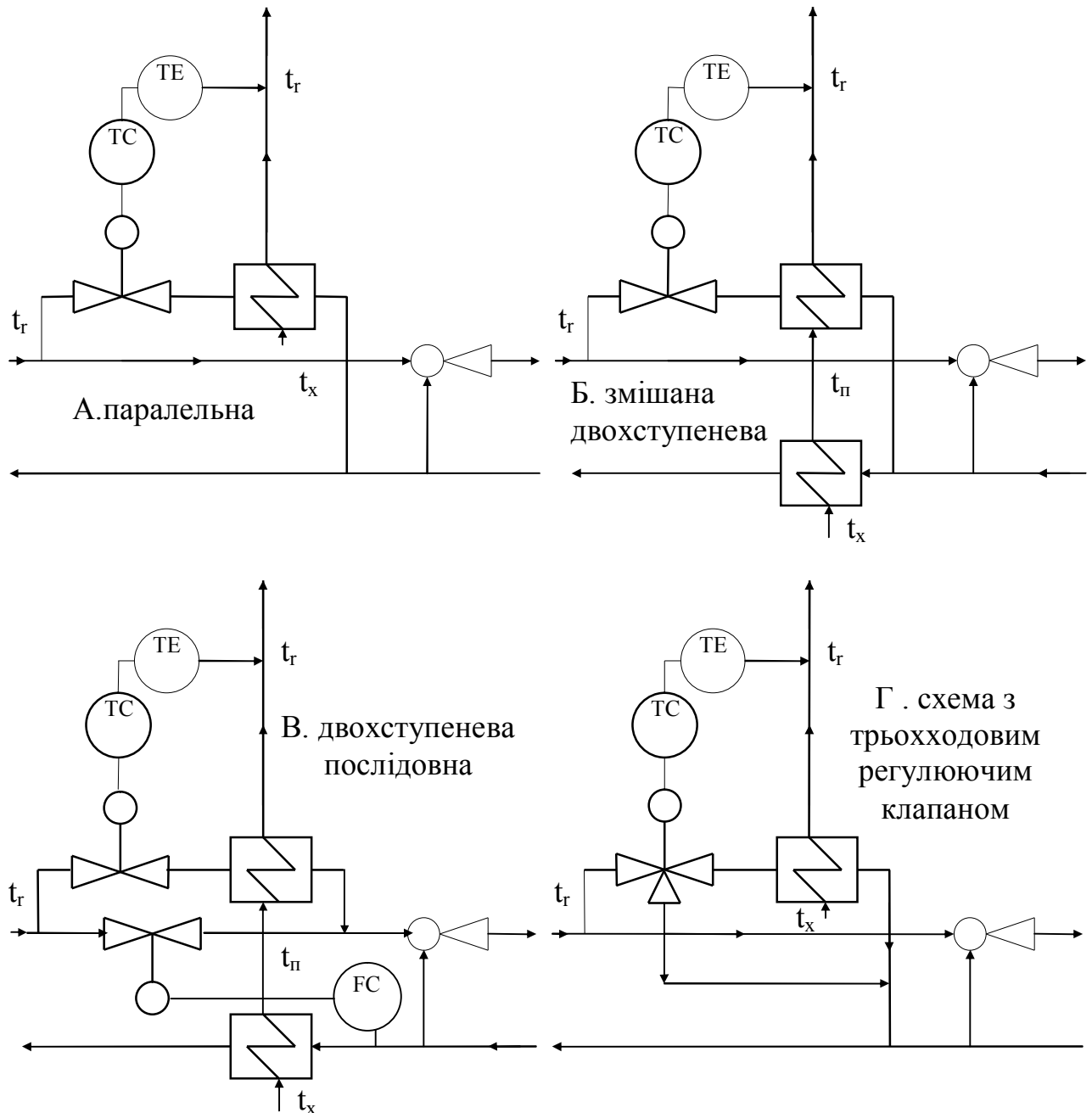


Рис.5. Схема автоматичного регулювання температури гарячого водопостачання при закритій системі тепlopостачання.

При такому способі регулювання забезпечується приблизно постійна витрата мережної води, що виключає повністю або частково гідравлічне розрегулювання теплової мережі. Однак постійність витрати мережної води приводить до завищення температури води в зворотному трубопроводі теплової мережі в період малих навантажень гарячого водопостачання. При

теплопостачанні від ТЕЦ це небажане, оскільки на ТЕЦ знижується вироблення електроенергії за рахунок збільшення витрати низькотемпературного тепла.

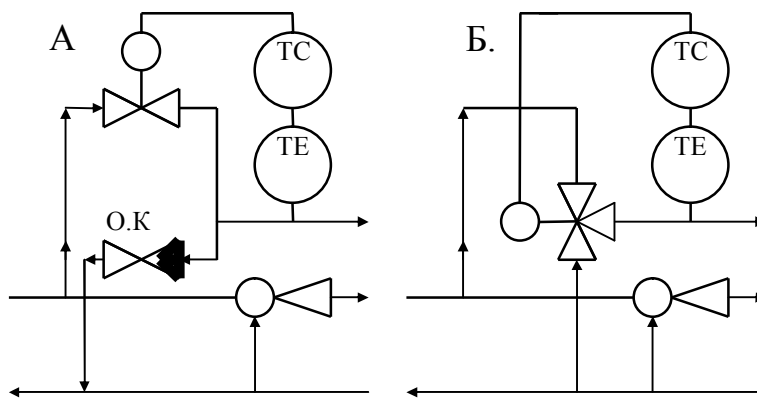


Рис.6. Схеми регулювання температури води гарячого водопостачання при відкритій системі теплопостачання: А.з двоходовим регулюючим клапаном

При відкритій системі теплопостачання на вузлах гарячого водопостачання відсутні водоводяні підігрівники; гаряча вода до споживача надходить безпосередньо з теплової мережі. Вона регулюється змішанням потоків води з подаючого і зворотного трубопроводів теплової мережі.

Широке розповсюдження отримали схеми з встановленням регулюючого клапану на подаючому трубопроводі і зворотного клапана на зворотному трубопроводі (рис. 6. а) і з застосуванням триходового клапана змішування (рис.6.б).

### 6. Автоматизація водяних систем опалення.

Головна задача автоматизації водяних систем опалення – стабілізація температури опалюваних приміщень. В останні роки широко застосовується програмне регулювання відпуску тепла на опалення, котре забезпечує зниження температури повітря опалюваних приміщень в той час коли там не перебувають люди.

Якісний відпуск тепла опалюваним абонентам в системах централізованого теплопостачання можливий лише при застосуванні декількох ступенів регулювання: центральної, групової, місцевої, пофасадної і індивідуальної. При застосуванні декількох ступенів регулювання на кожній наступній ступені знімається частина збудованих дій і тим самим полегшується робота наступних ступенів. В конкретних системах теплопостачання та чи інша ступінь регулювання може бути відсутня.

Застосовують три методи автоматичного регулювання відпуску тепла на опалення: 1. по відхиленню температури повітря приміщень; 2. по збуренню - зміні температури зовнішнього повітря, швидкості вітру, сонячної радіації; 3. комбінований (по відхиленню і збуреннях)

Перший спосіб застосовується при індивідуальному, а також місцевому (пофасадному) регулюванні; другий - основний спосіб - при регулюванні на ТЕЦ і в котельнях, котрий може бути використаний також при груповому регулюванні на ЦТП; третій спосіб регулювання може застосовуватись в індивідуальних теплових пунктах(ІТП).

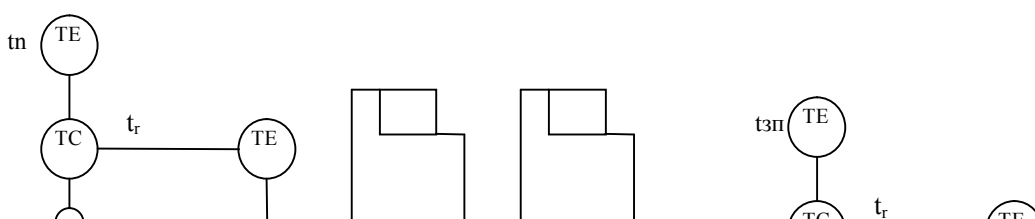




Рис.7. Структурні схеми А). групового Б). місцевого автоматичного регулювання відпуску тепла на опалення по збуренню: 1. незалежне під'єднання; 2 з підмішуючими насосами на ІТП; 3 сумісна робота елеватора і насоса; 4 елеватор з регулюючим соплом

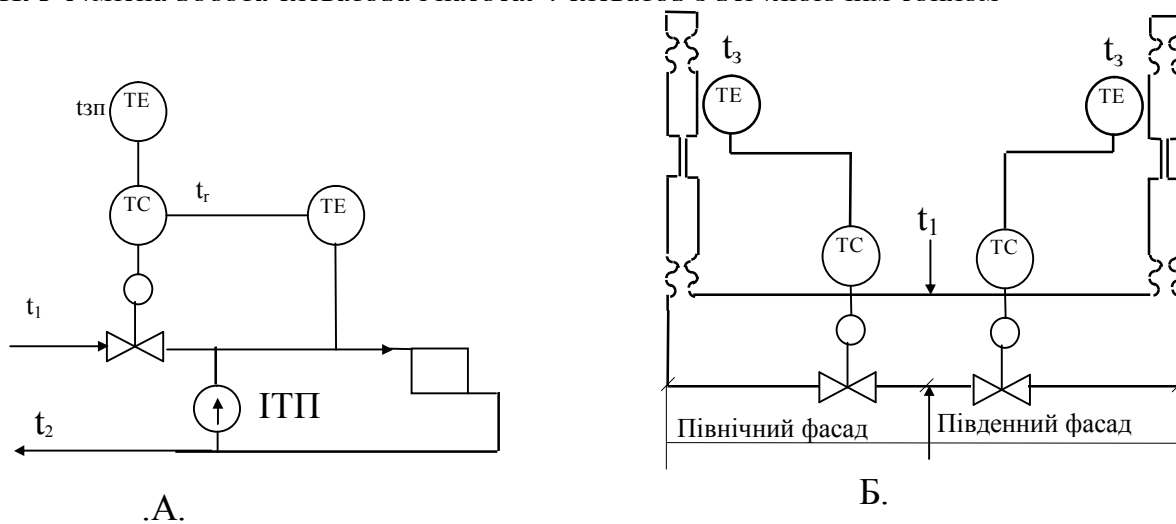


Рис. 8. Схема місцевого А і пофасадного Б регулювання відпуску тепла на опалення по відхиленню температури повітря приміщень.

## Лекція №13

### Тема: Автоматизація котельних установок

#### План

1. Принципи автоматизації котельних установок.
2. Регулювання роботи котлів.
3. Автоматизація котлів великої потужності.
4. Автоматизація паливоспалюючих пристроїв мікрокотлів.

#### 1. Принципи автоматизації котельних установок.

Надійна, економічна і безпечна експлуатація котельних установок можлива лише при наявності контролю теплових параметрів, автоматичного регулювання і керування технологічними процесами, сигналізації та захисту.

Основними завданнями автоматизації котельних є:

- а) забезпечення вироблення необхідної кількості теплоти (наприклад гарячої води) при заданих її параметрах - тиску і температурі;
- б) досягнення економічності спалювання палива, раціонального використання електроенергії для власних потреб і зведення втрат теплоти до мінімуму.
- в) забезпечення надійності і безпечності, а також збереження нормальних умов роботи кожного агрегату, що виключає можливість неполадок і аварій як самого агрегату, так і допоміжного обладнання.

Автоматизація котельної може бути повною, комплексною і частковою.

Автоматизація котельної передбачає контроль та регулювання таких параметрів:

Витрата пари, води, палива, а часом повітря і димових газів.

Тиску пари, води, газу, мазуту, повітря, а також розрідження в топці газоходах котла.

Температури пари, води, палива, повітря і димових газів.

Рівня води у барабані котла, циклонах, баках, деаераторах, рівня палива у бункерах і інших ємностях.

якісного складу димових газів, пари, води.

#### Автоматика безпеки котлів передбачає:

1. Контроль за правильним виконанням передпускових операцій: включення тяго-дугтевих пристроїв, заповнення котла водою і т.д.
2. Контроль за нормальним станом основних параметрів ( при пускові та роботі котла).
3. Дистанційне розпалювання пальника.
4. Автоматичне припинення подавання газу до запальників після короткочасної спільної роботи запальника і основної горілки ( для перевірки горіння факела основних горілок).

Автоматичне припинення подавання палива в аварійних режимах і відсутності розрідження, відриву факела тощо.

#### 2. Регулювання роботи котлів.

В котлах теплоносій прокачується через змійовик, нагрівається за рахунок тепла, що виділяється при спалюванні палива. Котел є складним об'єктом регулювання. Стабілізацію кінцевої температури в ній необхідно забезпечити при значній зміні температури і витрати теплоносія. Постійно змінюється також кількість підведеної теплоти, тяга, втрати теплоти в навколишнє середовище.

Компенсація всіх збурюючих факторів здійснюється зміною кількості палива, що подається в котел.

Важливими для котла є захист від відкладання вуглецю на стінках топки. Щоб запобігти цьому, процес спалювання палива в котлі необхідно виконувати в оптимальному режимі і підтримувати на заданому рівні співвідношення витрат паливо-повітря і концентрація кисню в димових газах.

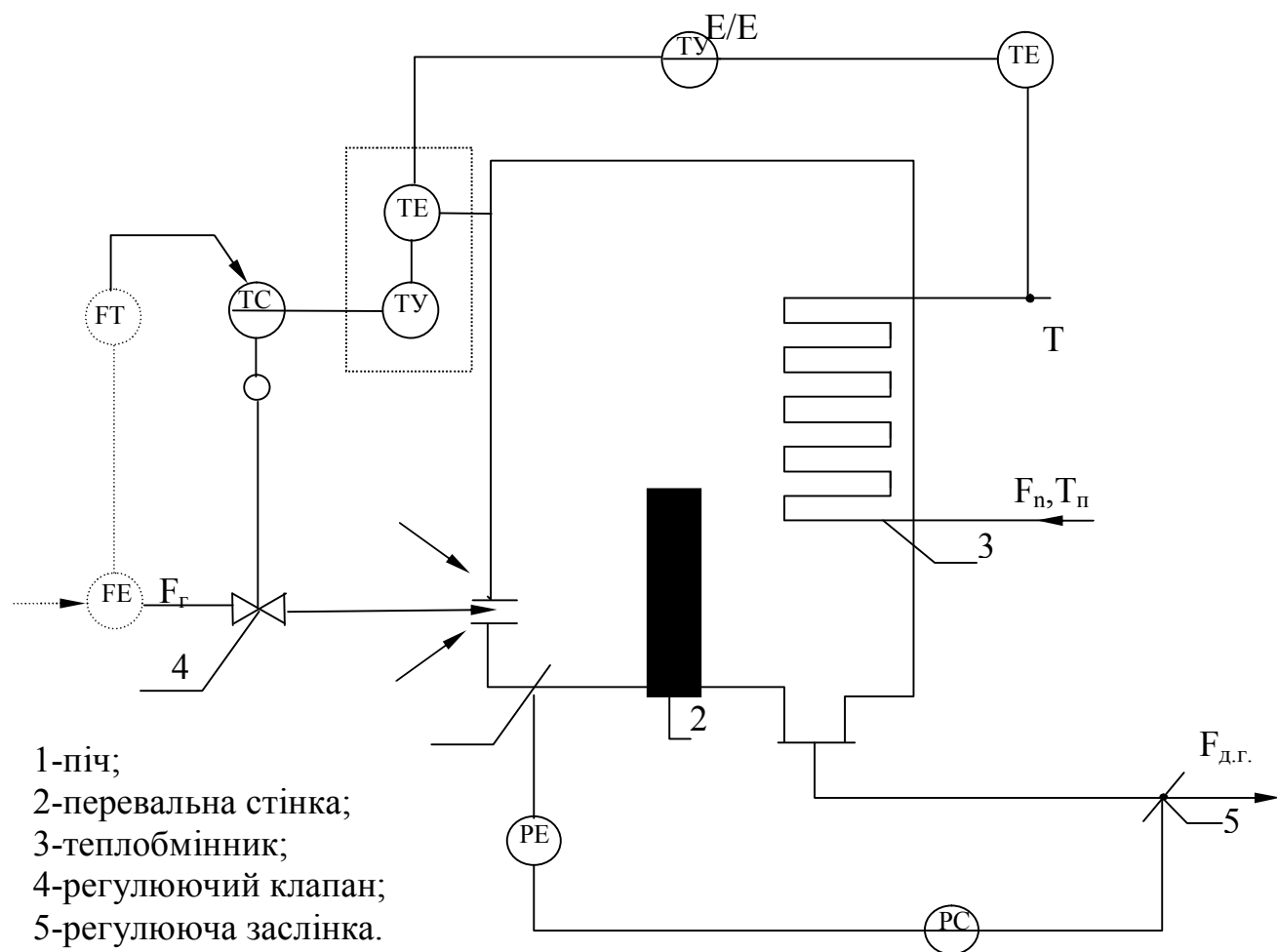


Рис.1. Схема автоматизації котельної установки

В найпростішому випадку котли малої потужності можуть бути автоматизовані за допомогою одноконтурних АСР. В таких котлах стабілізують, як правило лише два параметри: температуру  $T$  нагрітого теплоносія на виході котла зміною витрати палива та розрідження  $P$  завдяки впливу на положення заслінки 5.

У разі сильного збурення з боку витрати палива, використовують систему регулювання температури із внутрішніми контурами стабілізації витрати палива.

Якщо особливі вимоги висуваються до якості регулювання температури продукту після теплообмінника, а в піч надходять великі збурення з боку подавання як палива, так і продукту, то використовують каскадну систему з допоміжною координатою за температурою нагрітих газів над перевальною стінкою.

### 3. Автоматизація котлів великої потужності.

Температура теплоносія на виході з котла стабілізується за трьох контурною каскадною АСР, в якій допоміжною координатою є температура в котлі на вході в конвективні поверхні і тиском газу на вході в котел. Оптимальний процес горіння палива контролюється за величиною кисню в димових газах. Для цього може бути використана система регулювання, внутрішнім контуром АСР зі співвідношенням паливо-повітря ( $F_T$  і  $F_{пр}$ ).

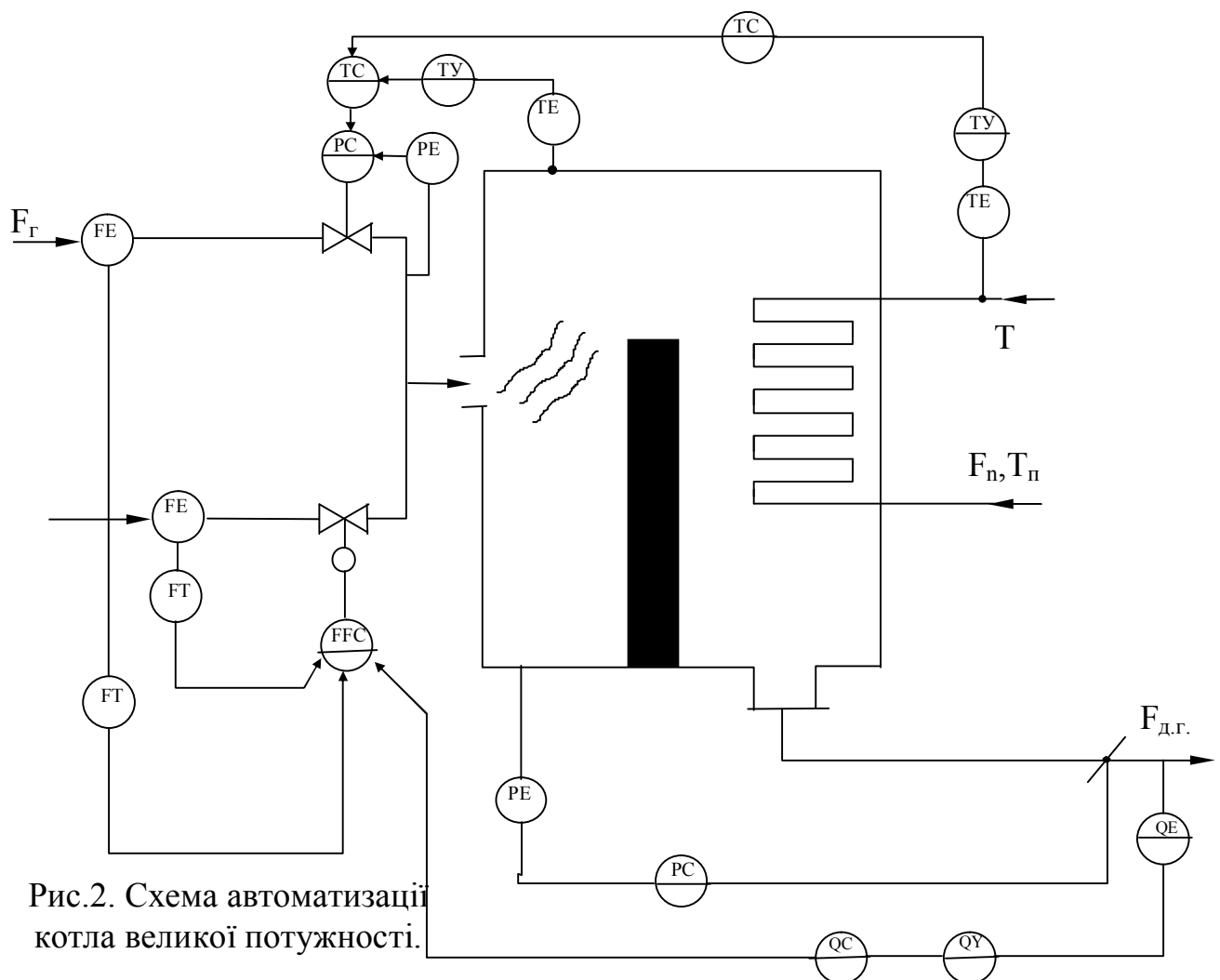


Рис.2. Схема автоматизації котла великої потужності.

Автоматичному контролю підлягають такі параметри: температура нагрітого теплоносія до і після котла, витрати теплоносія, палива, повітря, тиск

палива на вході в паливник; розрідження в котлі та концентрація кисню в димових газах.

У разі виникнення аварійних ситуацій котли мають автоматичний захист за трьома параметрами: припинення витрати теплоносія, зменшення тяги, втрати полум'я.

В усіх випадках системи захисту перекриють подачу палива в котел. Сигналізації підлягають: зменшення тиску паливного газу, підвищення температури теплоносія, підвищення вмісту кисню в димових газах, падіння розрідження перед димососом.

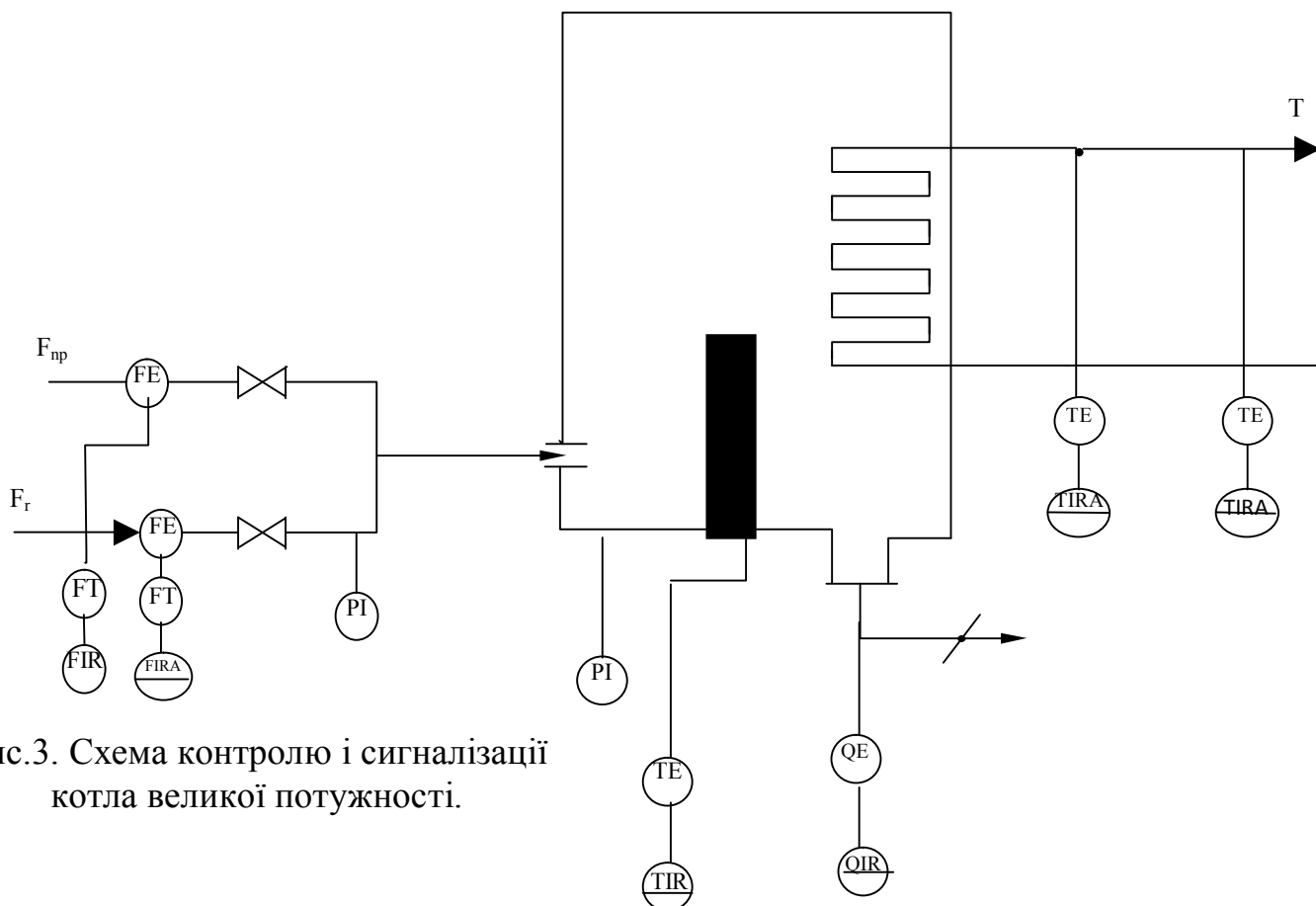


Рис.3. Схема контролю і сигналізації котла великої потужності.

### 3. Автоматичне регулювання котлів.

Найбільш простою є топка з інжекційними пальниками:

Витрата палива в такому випадку змінюється залежно від температури (чи іншого параметру) того процесу, в котрому використовують одержані топочні гази. Співвідношення витрат палива і повітря, що підсмоктується з атмосфери, підтримується постійним за рахунок зміни інжекційної здатності пальника при зміні витрат палива. Температуру топочних газів відразу після топки регулюють зміною витрати вторинного повітря.

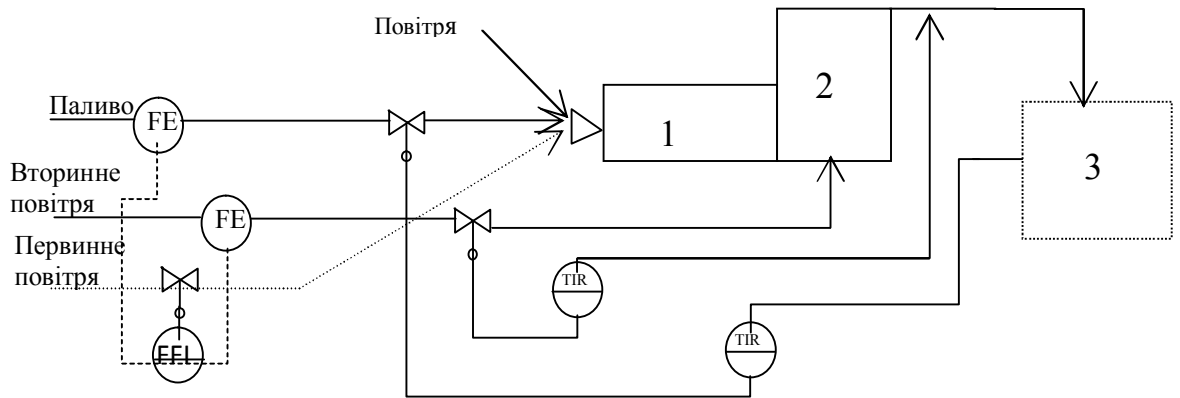


Рис.4. Схема автоматизації паленища.

1- топка;2-змішувальна камера;3-технологічний апарат;4-інжекційний пальник

#### 4. Автоматизація паливоспалюючих пристроїв мікрокотлів.

Автоматика мікрокотлів, як правило стабілізуюча, має робочий терморегулятор що підтримує задану температуру гарячої води зміною витрати повітря і палива.

САР мікрокотлів, що працюють на рідкому і газоподібному паливі, забезпечують найпростіший двох або трьох позиційний закони регулювання дією на електромагнітні паливні клапани. Іноді загальний паливопровід розділяють на ділянки зі ступеневими позиційним регулюванням, але з більшою рівномірністю подачі палива, хоча, як відомо більш надійна робота має місце при перервному регулюванні. Крім терморегулятора мікрокотли обладнують технологічним захистом від перегріву води (регулятор закипання), а також програмним пристроєм для періодичної роботи.

На рисунку 5 представлений узагальнений варіант автоматизації малого водогрійного котла. Загальний терморегулятор ТС, що формує керуючі дії  $y_1 \dots y_3$  на подачу палива П і повітря ПВ, на змішувальний клапан ЗК або регульований циркуляційний насос Н. Вхідними даними є температури зовнішнього і внутрішнього повітря, зворотного теплоносія, теплоносія за котлом, закипання. Керування може також здійснюватись по заданій програмі КС.

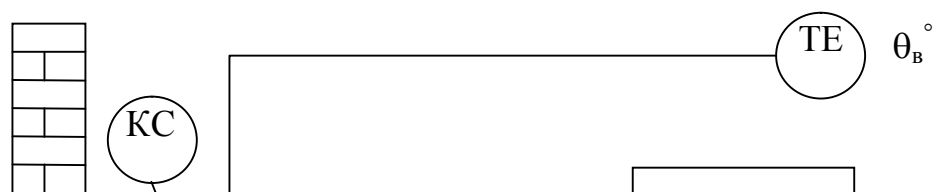


Рис.5. Функціональна схема варіанту автоматизації мікрокотла.

#### **Автоматика безпеки котлів.**

Автоматика безпеки призначена для контролю основних теплотехнічних параметрів котла та відсікання газу чи мазуту, що подаються до пальників при відхиленні контрольованих параметрів від допустимих значень.

Вона передбачає здійснення також таких процесів:

- А) Контроль за правильним виконанням передпускових операцій: включення тягодуючих пристроїв (димососів);
- Б) контроль за нормальним станом основних параметрів (під час пуску та роботи котла);
- В) дистанційне розпалювання запальника зі щита управління;
- Г) автоматичне припинення подачі газу до запальників після короточасної спільної роботи запальника і основного пальника (для перевірки горіння факела основних пальників);
- Д) автоматичне припинення подавання палива в аварійних режимах, тобто при підвищенні тиску пари в барабані котла, зменшенні розрідження в топці, підвищенні або зменшенні рівня води в барабані, погасанні факела в топці, підвищення або зниження тиску газу, а також при несправності самої апаратури безпеки.

Автоматика передбачає також сигналізацію про порушення цих та інших параметрів котла.

#### **Запально - захисний пристрій**

Після натискання кнопки «Пуск» імпульс напруги  $\sim 220$  В подається одночасно на вентиль запальника ВЗ і джерело високої напруги ДК (катушка запалювання). ВЗ відчиняється і газ надходить до запальника З. З являється іскра, від якої газ запалюється. При появі факела спрацьовує фоторезистор  $R_{\text{фф}}$ . Керуючий прилад КП вмикає реле Р. Через контакти Р1 вмикається дуттьовий вентилятор та відкривається подача газу на пальник ВГ. Паливо, що надходить в пальник запалюється від запальника. При зникненні факела спрацьовує аварійна сигналізація, контакти Р1 розмикаються і припиняється подача палива на газовий пальник.

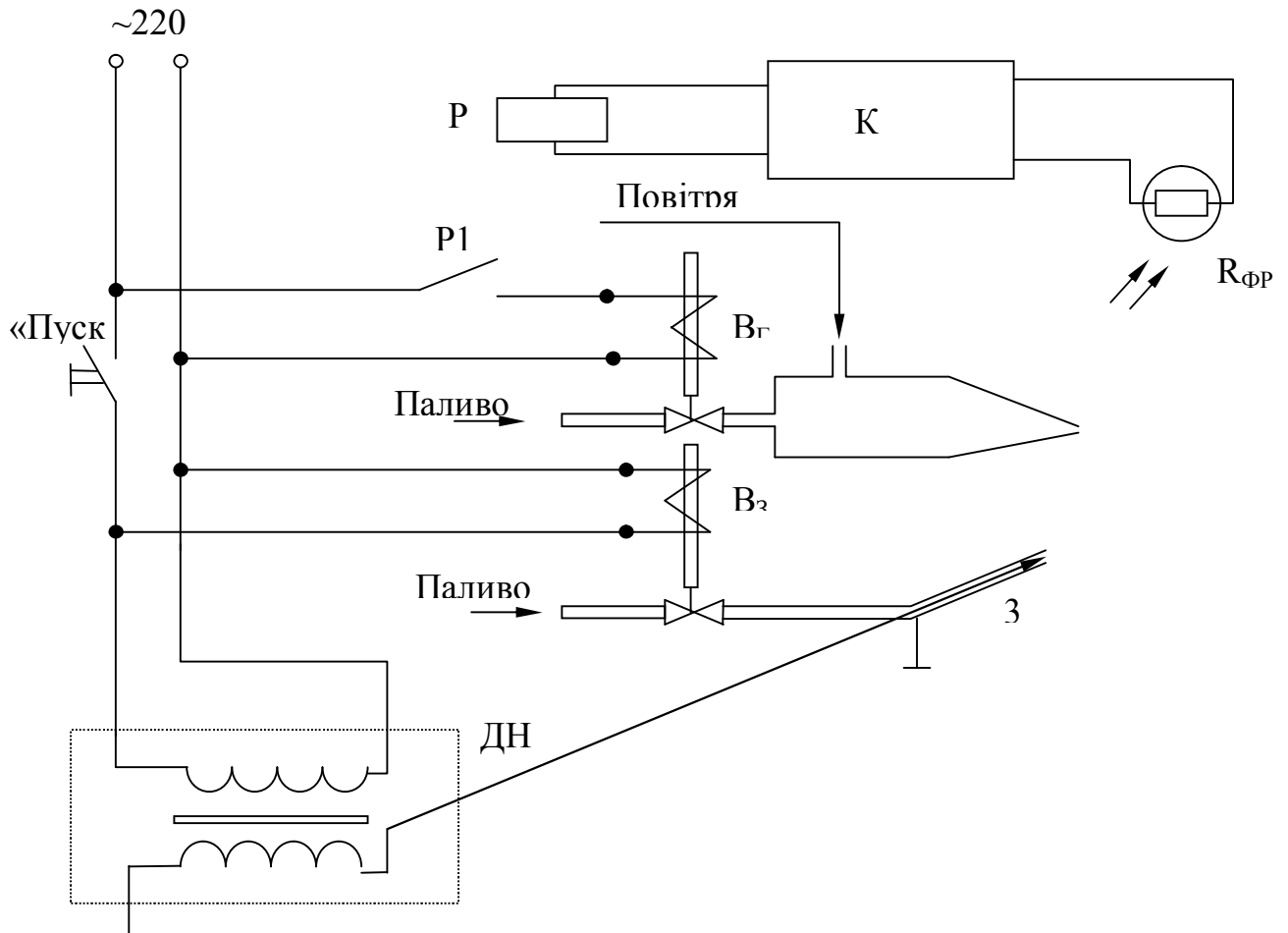


Рис.6. Схема автоматизації запально-захисного пристрою



## Лекція №14

Тема: **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ.**

1. Автоматизація витяжних систем.
2. Методи регулювання температури повітря.
3. Автоматизація припливних вентиляційних систем.
4. Автоматизація повітряних завіс.

Принципи автоматизації вентиляційних систем (ВС) залежать перш за все від передбачуваних енергетичних затрат на забезпечення санітарно-гігієнічних вимог і теплового режиму приміщень.

Головними задачами автоматизації ВС є забезпечення в приміщеннях і заданих точках системи необхідної температури, рухомості, чистоти повітряного середовища і необхідного повітрообміну при економній витраті теплової і електричної енергії.

### **1. Автоматизація витяжних систем.**

Для найпростіших витяжних вентиляційних систем (ВВС), кількість котрих в сучасних будівлях і спорудах досить велика, основною підсистемою автоматизації є дистанційне керування приводом вентилятора. При наявності поворотних заслінок або «утепленого» клапана в системі необхідно забезпечити блокування: радіальний вентилятор пускається зі закритою сіткою, осьовий з відкритою. В залежності від вимог технологічного процесу який обслуговує ВВС послідовність включення ВВС і обладнання може бути різною. Для збереження повітряного балансу в ряді випадків необхідна синхронізація витяжних і припливних систем.

Важливу категорію представляють аварійні ВВС, котрі повинні автоматично вмикатись при раптовому надходженні в повітря шкідливих і вибухонебезпечних речовин.

В приміщеннях встановлюють автоматичні датчики-газоаналізатори гранично-допустимих концентрацій, які забезпечують автоматичний пуск ВВС. Крім того аварійна ВВС повинна автоматично включатись при зупинці будь-якої з систем.

За вимогами технології і для економії електроенергії використовуються комбіновані ВВС, у котрих механічна витяжка об'єднана з природною.

Розглянемо ФСА такої ВВС, у якої додатково встановлено фільтр оснащений системою самоочищення ФРУ. Його електропривод блокується з пуском вентилятора В. Поворотні заслінки РО1 і РО2 встановлені так, що при аварійній зупинці або по закінченні роботи, автоматично відкривається заслінка котра забезпечує відкриття заслінки природної вентиляції РО1, котра при допомозі сервомотора відкривається, а заслінка РО2 закривається. Схема передбачує місцеве і дистанційне керування, вибір котрого здійснюється перемикачем HS, а також контроль за роботою установки при допомозі реле потоку повітря FS, розміщеного на повітропроводі. Необхідність такого контролю диктується небезпекою роботи вентилятора при закритій заслінці, коли

сигналізація про його включений стан не буде відповідати нормальній роботі системи.

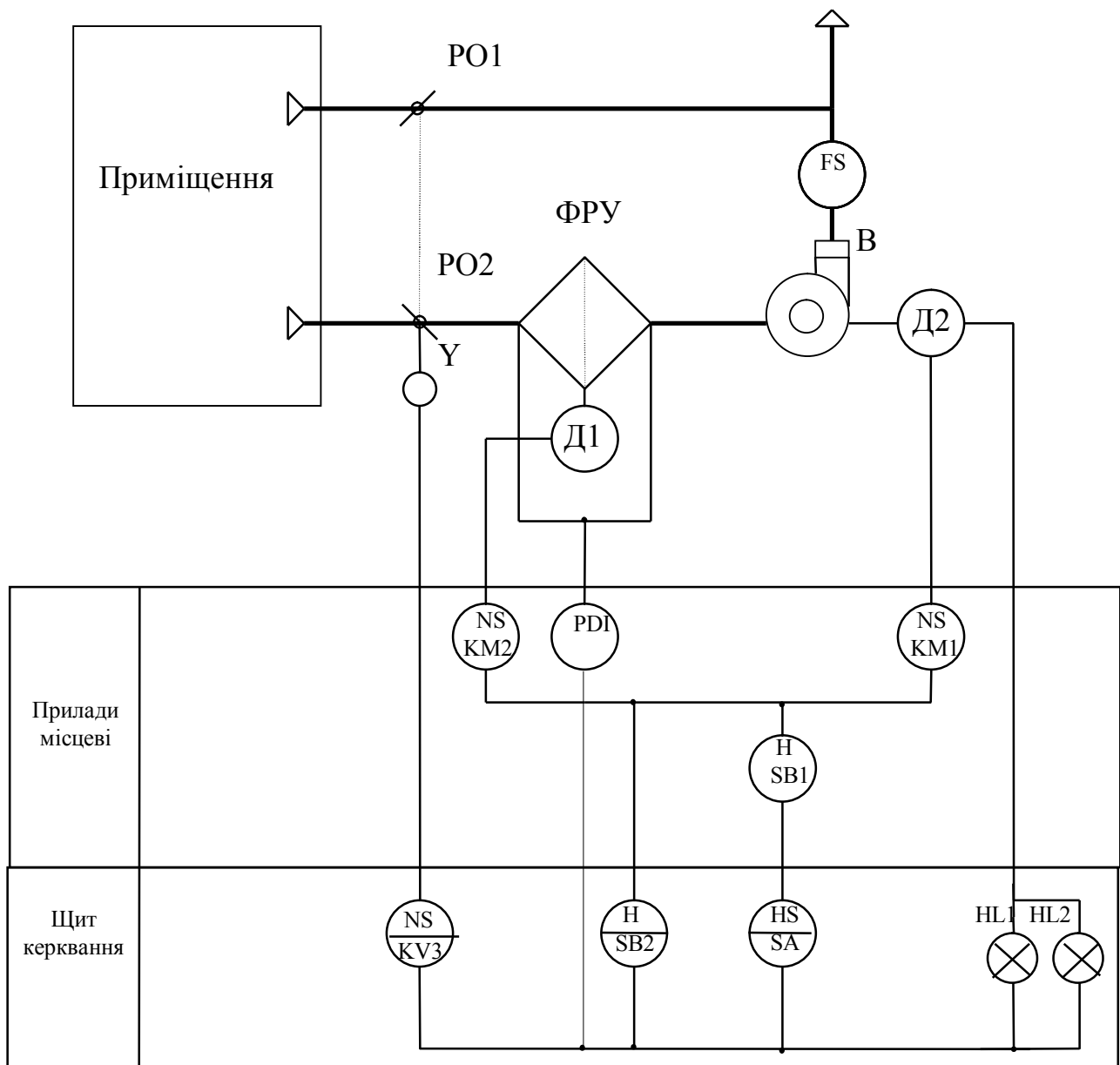


Рис.8.1. Схема автоматизації витяжної вентиляційної системи.

## 2. Методи регулювання температури повітря.

Для забезпечення заданого температурного режиму для вентиляції приміщень застосовують два основних способи регулювання, коли зовнішнє повітря проходить через повітропідігрівач або змішується у відповідній пропорції з рециркуляційним. При наявності регульованого параметру температури повітря і регулюючого (теплоносії) середовища, керуюча дія може бути направлена на зміну витрати теплоносія через теплообмінник, на зміну теплової потужності повітрянагрівача або об'єму повітря що проходить через систему підігріву.

Алгоритм керування визначається видом теплоносія.

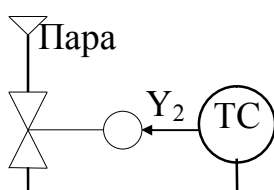


Рис.8.2. Керування пароводяним калорифером

Для підтримки заданої температури повітря в приміщенні

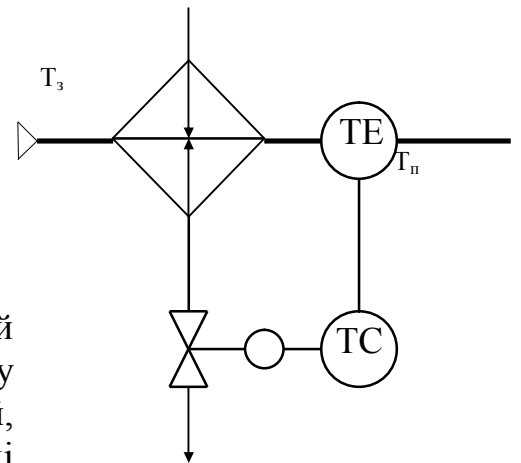


Рис.8.3. Керування водяним калорифером

Якщо теплоносієм є вода, регулюючий орган встановлюється на зворотному трубопроводі. Закон регулювання пропорційний, за винятком, коли тиск в подаючому трубопроводі перевищує допустимий для повітропідігрівника.

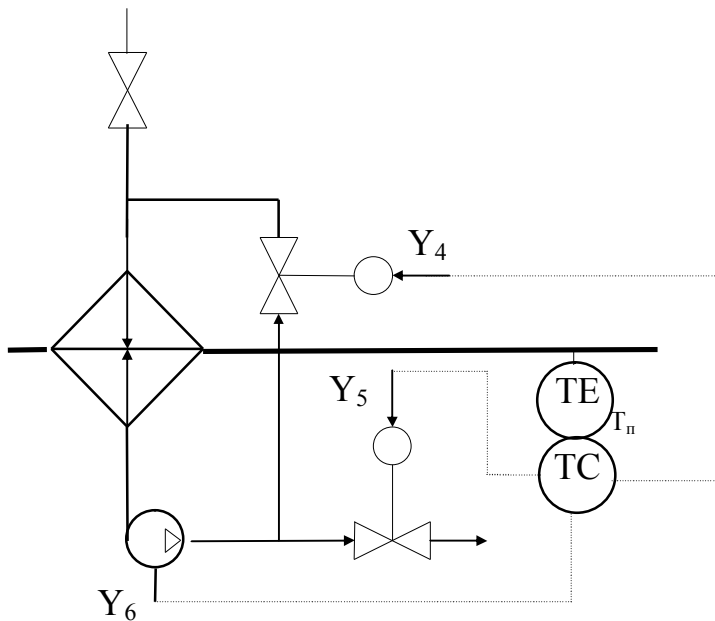
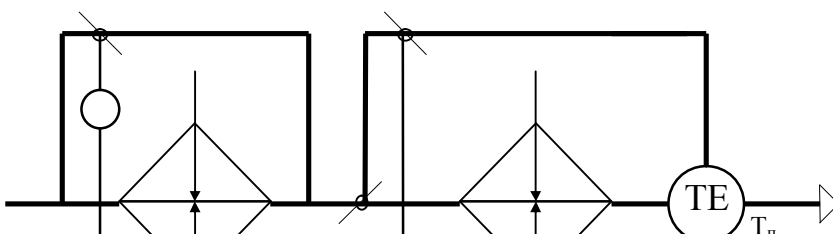


Рис.8.4 Регулювання з циркуляційним насосом

Можна також підмішувати (у<sub>4</sub>...у<sub>6</sub>) зворотну воду до гарячої, для того встановлюють циркуляційний насос з регульованою частотою обертів або змішувальні клапани, частіше соленоїдного типу.



а б

Рис.8.5. Регулювання з байпасом по повітрю

Впливу на температурний режим можна також досягнути змінюючи співвідношення об'ємів повітря що проходить через нагрівач і обминає його.

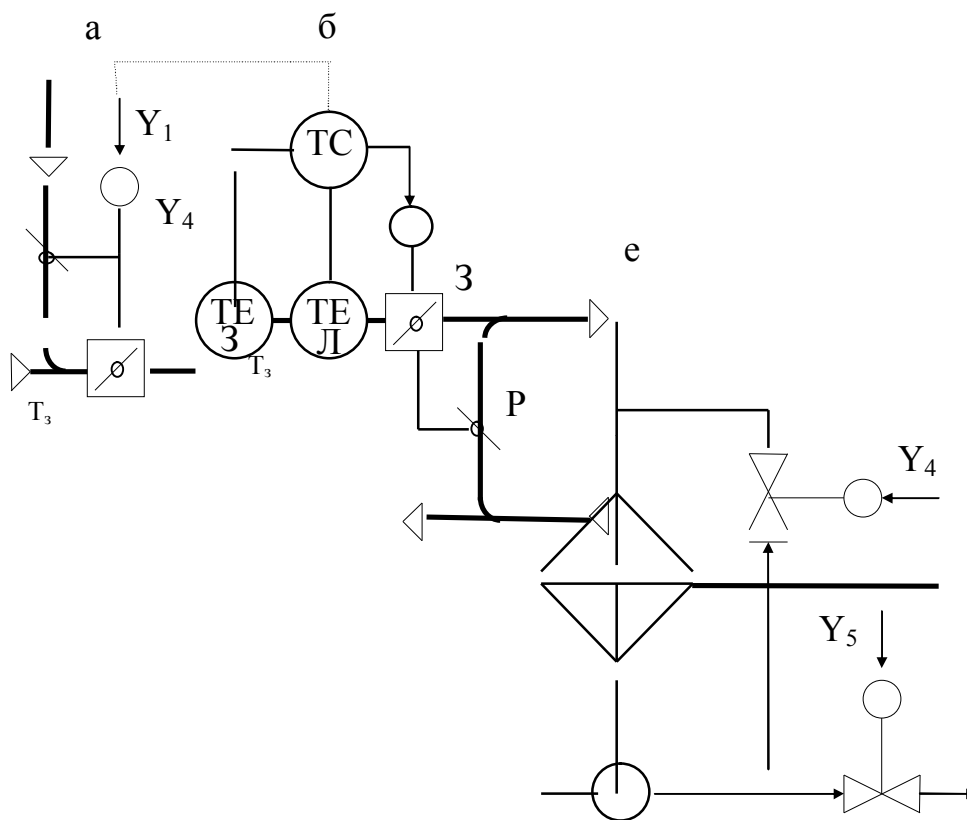


Рис.8.6

Відомі способи керування вентиляційними установками за збуренням і комбінованим способом, при котрих сигнал поступає від датчиків температури оточуючого повітря. Вони використовуються в змішуючих пристроях рис.8.6, з

застосуванням рециркуляції для економії тепла і можливості переналагодження на літній і зимовий режими. Наприклад рис.8.6.б , датчик ТЕ(Л) регулятора сприймає підвищення температури  $T_3$  літом і переміщує заслінку зовнішнього повітря З на закриття, а заслінку рециркуляції Р-на відкриття. Зимомою датчик ТЕ(З) при зниженні температури  $T_3$  закриває З і збільшує долю рециркуляції відкриттям Р.

Електронагрівачі, як правило, працюють в позиційному режимі зі ступеневим переключенням секцій нагріву.

Розташовувати датчики температури в приміщенні необхідно в місцях з достатньою циркуляцією, але слід захищати від струменів припливного повітря і опромінення від нагрітих і холодних поверхонь. Такий спосіб встановлення рекомендується, коли закономірності зміни температурного режиму носять випадковий характер (рис.10.2.б). Якщо тепловиділення стаціонарні і зміни температури наперед відомі, датчики температури можна встановлювати в повітропроводах (рис.10.2а,в). Таке встановлення рекомендується при роботі одної установки на декілька приміщень.

### 3. Автоматизація припливних вентиляційних систем.

Крім основних підсистем дистанційного керування, блокування і автоматичного регулювання (управління) температурою повітря, для роботи припливних вентиляційних систем (ПВС) необхідно додатково ще передбачити контури автоматизації.

Автоматичне включення резервного вентилятора передбачується при подачі повітря в тамбури-шлюзи вибухонебезпечних виробництв.

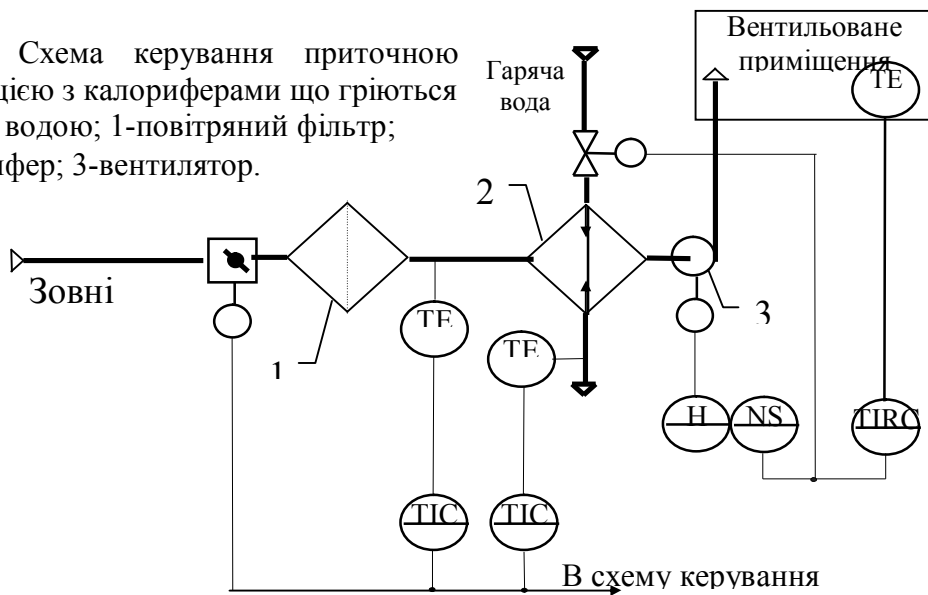
При наявності рециркуляційної двохвентиляторної системи необхідно передбачити систему блокування щоб забезпечити їх сумісну роботу а також сигналізацію відхилень і нормальної роботи.

В деяких ПВС при низьких температурах зовнішнього повітря і відносно малій витраті (при низькій температурі ) теплоносія може виникнути загроза замерзання води в повітропідігрівачі. Щоб не виникало таких ситуацій, слід передбачити технологічний захист. Коли температура води понизиться до  $30^{\circ}\text{C}$ , а зовнішнього повітря буде меншою  $3^{\circ}\text{C}$ , система захисту повинна відключити вентилятор, закрити утеплений клапан, відкрити клапан подачі теплоносія до повітропідігрівача, включити електропрогрів утепленого клапана. В захисті немає необхідності, якщо температура зовнішнього і рециркульованого повітря в усьому діапазоні додатня.

На рис.8.7. Схема керування приточною вентиляцією з калориферами що гріються гарячою водою. Головним параметром регулювання цієї системи є температури повітря після вентилятора. Другою важливою проблемою є захист калорифера від замерзання в зимовий час. Для вирішення цих задач передбачені два термометри опору ТЕ, один з термометрів встановлено на початку повітропроводу, інший на трубопроводі після калорифера або в приміщенні. Регулювання здійснюється двома позиційними регуляторами. Якщо температура повітря нижча  $3-4^{\circ}\text{C}$ , а температура гріючої води нижча  $20-30^{\circ}\text{C}$ , позиційні регулятори дають команду на відключення вентилятора, закривають заслінку на повітряпроводі і відкривають клапан на трубопроводі гріючої води. При

відключенні венткамери система захисту періодично прогріває калорифер шляхом пропускання гарячої води.

Рис.8.7. Схема керування приточною вентиляцією з калориферами що гріються гарячою водою; 1-повітряний фільтр; 2-калорифер; 3-вентилятор.



Якщо в якості теплоносія використовується пара, то в калорифері нагрівається тільки частина повітря. Інша частина повітря подається безпосередньо у всмоктууючу магістраль вентилятора. Система захисту в такому випадку повинна забезпечити закриття клапана на магістралі пари при повному закритті заслінки основного потоку повітря.

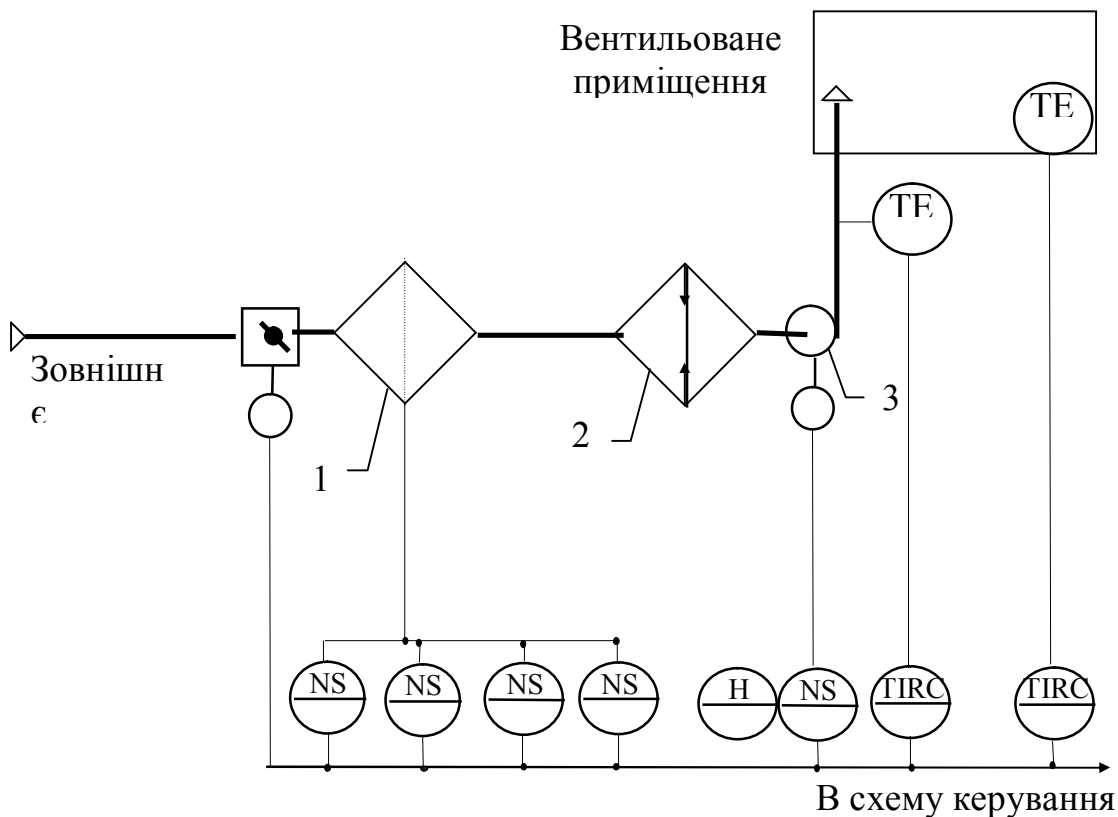


Рис.8.8. Схема керування припливною вентиляцією з електрокалориферами; 1-повітряний фільтр; 2-калорифер з чотирма секціями рівної потужності. Два позиційних регулятори здійснюють включення-відключення секцій в залежності від температури повітря в приміщенні і за вентилятором.

#### 4. Автоматизація повітряних завіс.

При автоматизації повітряних завіс вирішуються наступні задачі:

1. Пуск і зупинка завіси здійснюється відповідно при відкритті і закритті воріт;
2. Зміна витрати вентилятора повітряної завіси залежності від температури зовнішнього повітря;
3. Зміна тепловіддачі калориферів завіси залежності від температури зовнішнього повітря або температури повітря в приміщенні біля воріт;
4. Зупинка завіси і одночасне автоматичне відключення подачі теплоносія в калорифері.

Включення і відключення завіси здійснюється при допомозі кінцевого вимикача воріт. Регулятор при підвищенні температури повітря в зоні воріт діє на виконавчий механізм регулюючого клапана, зменшуючи подачу теплоносія в калорифер, а при пониженні температури повітря відкривається збільшуючи витрату теплоносія. При закритих воротах, у випадку пониження температури повітря в приміщенні, терморегулятор включає в роботу завісу. При відключенні електродвигуна вентилятора теплової завіси автоматично спрацьовує виконавчий механізм регулюючого органу, що перекриває подачу теплоносія до калорифера. ФСА теплової завіси показана на рис.8.9.

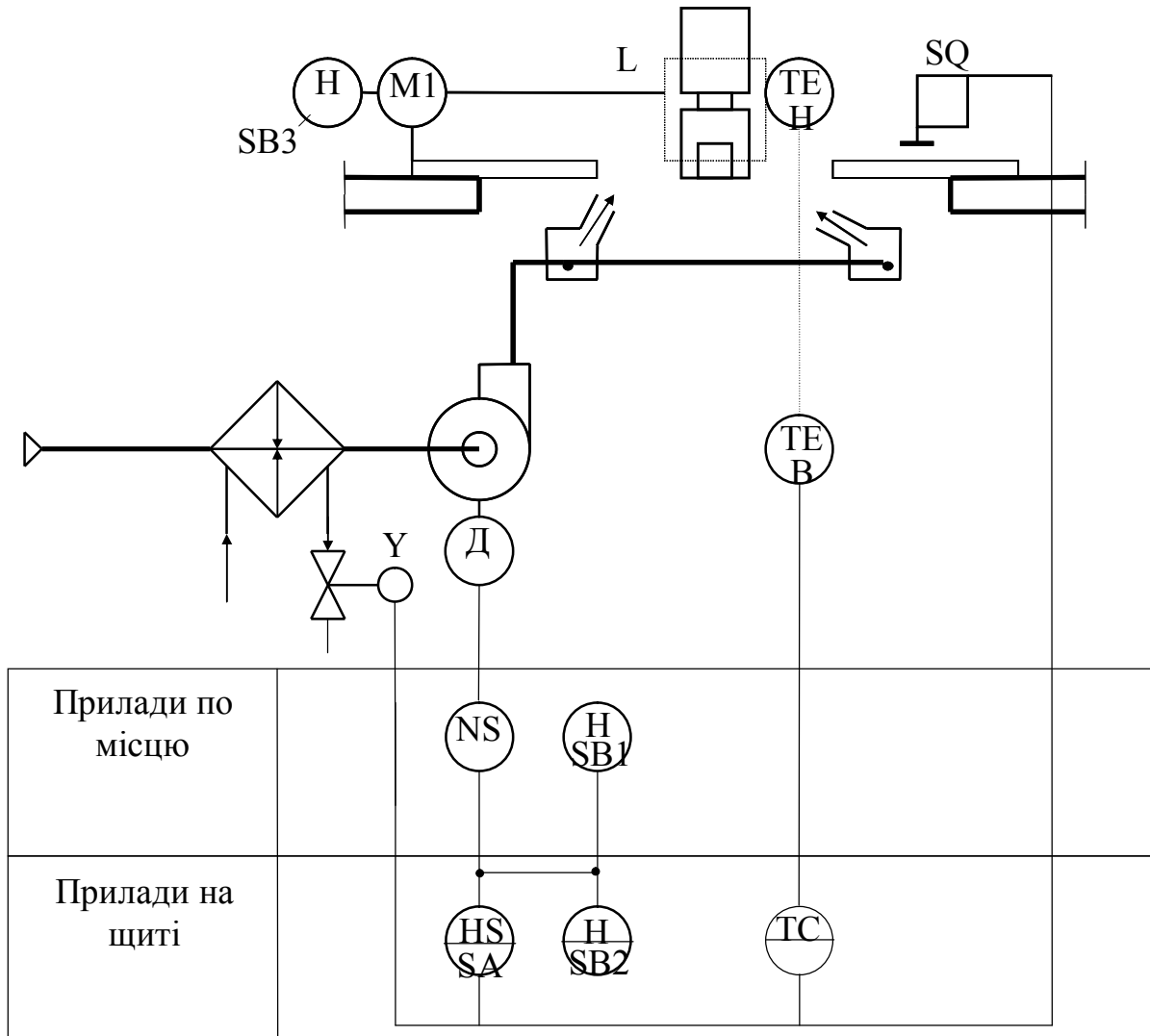


Рис.8.9. ФСА повітряної завіси.

**Тема: АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.**

1. Технологічні основи систем кондиціонування повітря.
2. Автоматизація систем кондиціонування повітря.
3. Принципи і методи регулювання вологості в СКП.
4. Управління кондиціонером по температурі точки роси.
5. Комфортні водо-повітряні кондиціонери з неавтономними доводчиками.
6. Автоматизація холодильних установок.
7. Автоматизація пристроїв утилізації викидного тепла.
8. Автоматизація автономних кондиціонерів.

**1. Технологічні основи систем кондиціонування повітря.**

Системи кондиціонування повітря (СКП) призначені для створення і автоматичного підтримання необхідних параметрів повітря (температури, відносної вологості, чистоти, швидкості руху і т. п.) в приміщеннях. Залежно від призначення системи кондиціонування діляться на технологічні, що забезпечують стан повітряного середовища, котрий відповідає вимогам технологічного процесу, і комфортні, що створюють сприятливі умови для людини. За конструкцією кондиціонери поділяють на секційні і агрегатні.

В залежності від наявності пристроїв для отримання тепла і холоду кондиціонери ділять на автономні і неавтономні. До автономних кондиціонерів ззовні підводиться тільки електроенергія. Для забезпечення роботи неавтономних кондиціонерів ззовні необхідно підвести тепло- і холодо- носії, електроенергію для приводу в рух двигунів вентиляторів і pomp.

Відомо декілька систем кондиціонування повітря: прямоточні, з частковою рециркуляцією, однозонні, багатозонні, з ежекційними доводчиками і т. п.

**2. Автоматизація систем кондиціонування повітря.**

Розробка схем автоматизації СКП базується на аналізі його роботи на протязі всього року. Аналіз проводять аналітичним шляхом, або графічним методом зі застосуванням I-d діаграм (після вибору схеми обробки повітря в розрахункових зимових і літніх умовах).

При автоматизації процесу регулювання кожного контуру можливі різні вирішення схем. Вибір схеми визначається динамічними властивостями системи і вимогами що ставляться до точності регулювання, швидкодії та інших технологічних вимог.

Для систем кондиціонування повітря різного призначення ці вимоги значно відрізняються. Наприклад для комфортного регулювання, допустимі коливання-  $t_{п}$  до  $\pm 1...1,5^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_{п}$  до  $\pm 10\%$ ; для технологічного регулювання-  $t_{п}$  до  $\pm 0,5...1^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_{п}$  до  $\pm 5\%$ ; для спеціальних систем-  $t_{п}$  до  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_{п}$  до  $\pm 2\%$ . Регулювання систем кондиціонування здійснюється протягом всього періоду експлуатації.

Регулювання температури повітря в кондиціонованих приміщеннях здійснюється при допомозі одного з трьох методів: якісного, кількісного або кількісно-якісного.



Регулювання температури повітря шляхом зміни параметрів припливного повітря називається якісним. Зміна параметрів припливного повітря найчастіше здійснюється зміною теплопродуктивності калорифера другого підігріву кондиціонера.

Регулювання температури шляхом зміни кількості повітря, що подається в приміщення - називається кількісним.

Кількісно-якісний метод регулювання застосовують в тих випадках, коли при допомозі тільки одного кількісного методу не можливо забезпечити підтримання потрібних параметрів повітря в приміщенні. Процес регулювання здійснюється в наступному порядку: при пониженні температури всередині приміщення спочатку зменшується витрата припливного повітря до розрахованої межі. Якщо температура продовжує знижуватись, відкривають регулюючий клапан калорифера другого підігріву, збільшуючи тим самим температуру припливного повітря. При підвищенні температури повітря в приміщенні першим прикривається регулюючий клапан калорифера другого підігріву, а далі збільшується подача вентилятора кондиціонера.

### 3. Принципи і методи регулювання вологості в СКП.

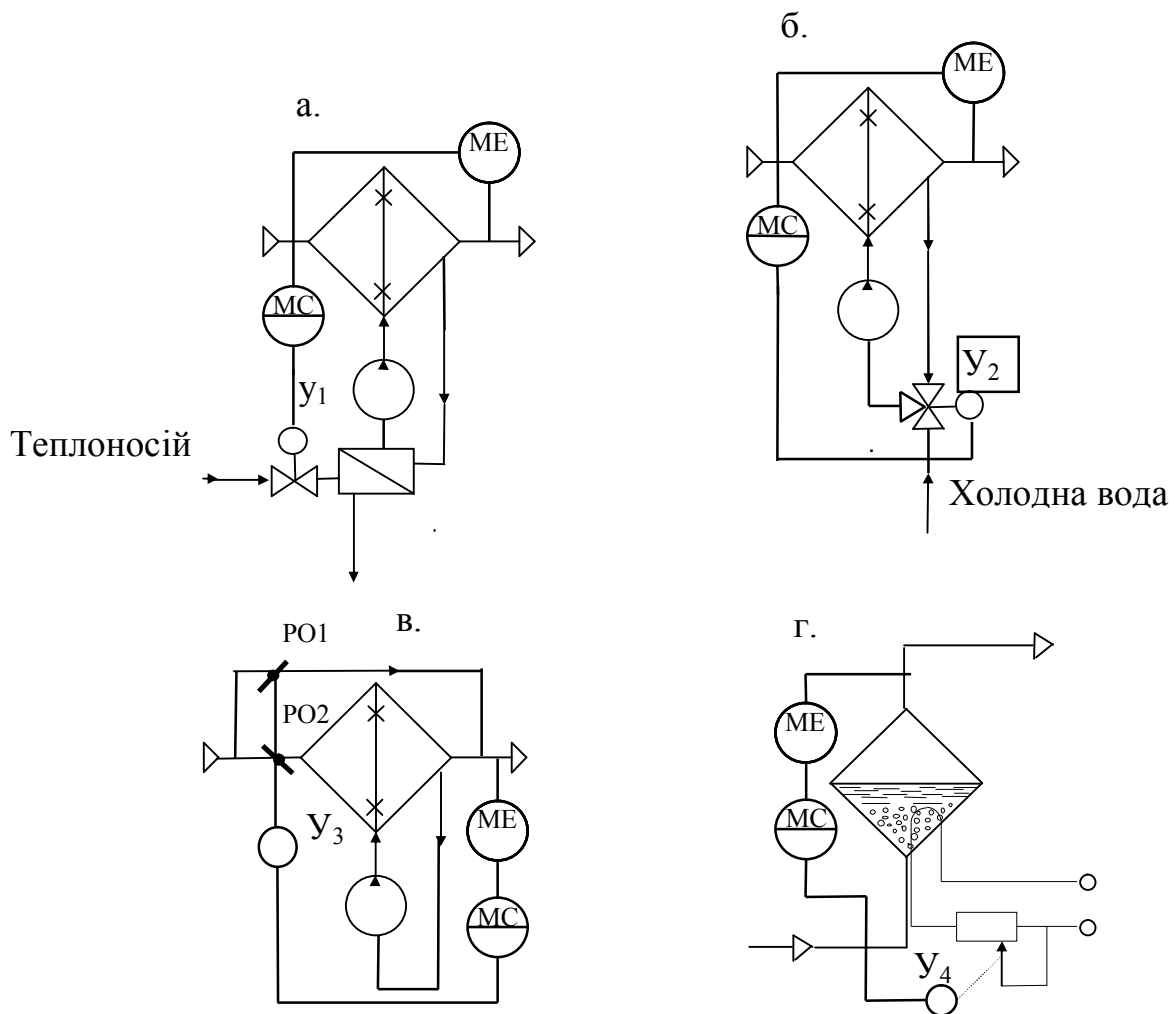


Рис.1. Схеми реалізації різних способів регулювання вологості в СКП.

Розрізняють два основних принципи регулювання вологості - прямий і непрямий. Їх застосування залежить від характеру вологовиділень в об'єкті регулювання. При нерегулярних вологовиділеннях за невідомою закономірністю датчик регулятора необхідно встановлювати безпосередньо в кондиціонованому приміщенні для вимірювання відносної вологості повітря- принцип прямого регулювання вологості. Принцип непрямого регулювання вологості використовується при малих вологовиділеннях і відомих законах їх появи. В такому випадку вимірюється не відносна вологість  $\phi$ , а точка роси  $\theta_p$  після камери зрошення або вентилятора. Сьогодні цей принцип набув широкого застосування, хоча точність підтримання  $\phi$  в приміщенні нижча ніж при прямому регулюванні.

Відомі декілька способів регулювання відносної вологості  $\phi$  і точки роси  $\theta_p$  які показанні на рис.1.а-г. По схемі а) вода в камеру зволоження поступає з підігрівача, спупінь нагріву змінюється зміною витрати первинного теплоносія регулюючим вентиляем  $y_1$ . На схемі рис.1.б керуючий клапан  $y_2$  змішує у відповідній пропорції холодну і зворотню воду, котра подається в камеру зрошення. Регулювання змішуванням сухого і зволоженого повітря рис.1.в здійснюється шляхом прикриття-відкриття або одної заслінки PO1 або одночасно двох заслінок PO1 і PO2, які змінюють співвідношення витрат потоків повітря. Паровий зволожувач показаний на схемі рис.1.г. Цей зволожувач працює за принципом барботажу. Регулююча дія  $y_4$  прикладена до схеми керування потужності електронагрівача, який змінює точку роси повітря.

#### **4. Управління кондиціонером по температурі точки роси.**

Повітря в кондиціонері послідовно проходить обробку в калорифері 2 першого підігріву рис.2, зрошувальній камері 3 і калорифері 4 другого підігріву. Стабілізація температури і відносної вологості здійснюється по температурі точки роси в два етапи. На першому етапі шляхом відповідної обробки повітря досягається точка роси (точка 3), далі повітря нагрівається до такої температури (точка 4) щоб при подачі його в приміщення забезпечувалась задана температура (точка 5). Реалізується цей метод наступним чином.

В холодний період регулятор поз.2-2 діє на клапан 2-6 теплоносія калорифера 2 таким чином, щоб повітря нагрілось (пряма 1-2) до температури, що характеризується точкою 2. В зрошувальній камері повітря адіабатично охолоджується і зрошується (пряма 2-3) до точки роси. В теплий період року постійна температура точки роси підтримується регулятором шляхом зміни витрати холодної води клапаном поз. 2-4, що подається в зрошувальну камеру (калорифер 2 не працює). Проходить процес охолодження і насичення вологою повітря (пряма 1-3). Таким чином, незалежно від початкових значень зовнішнє повітря після зрошення завжди мають одні і ті ж параметри, що характеризуються точкою 3. В калорифері 4 повітря нагрівається до визначеної температури в результаті зміни витрати теплоносія (точка 4). Задана температура повітря в приміщенні підтримується регулятором поз.1-2. Недоліком описаного методу є його неекономічність при значеннях параметрів зовнішнього повітря, характерних для точки 4.

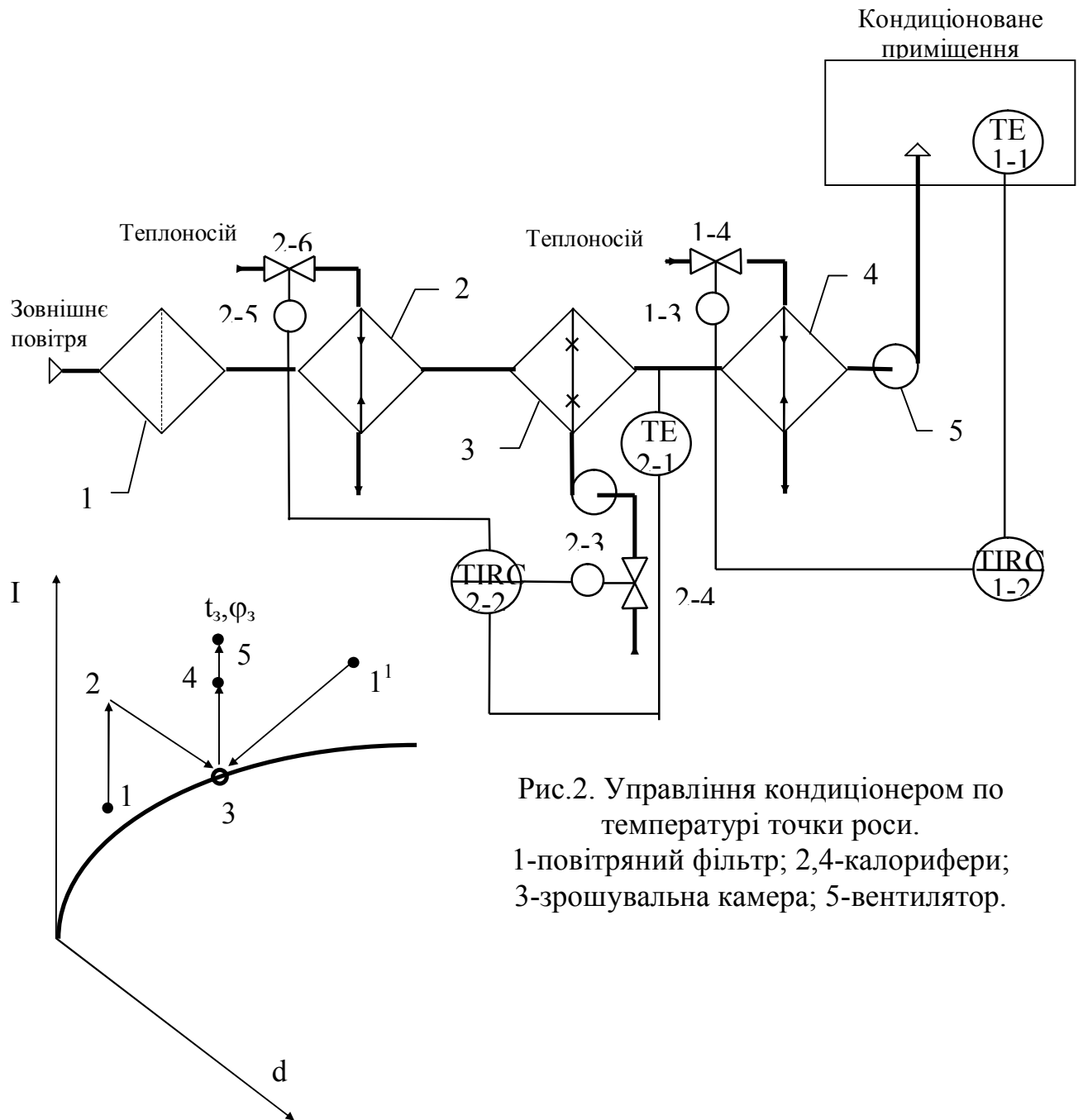
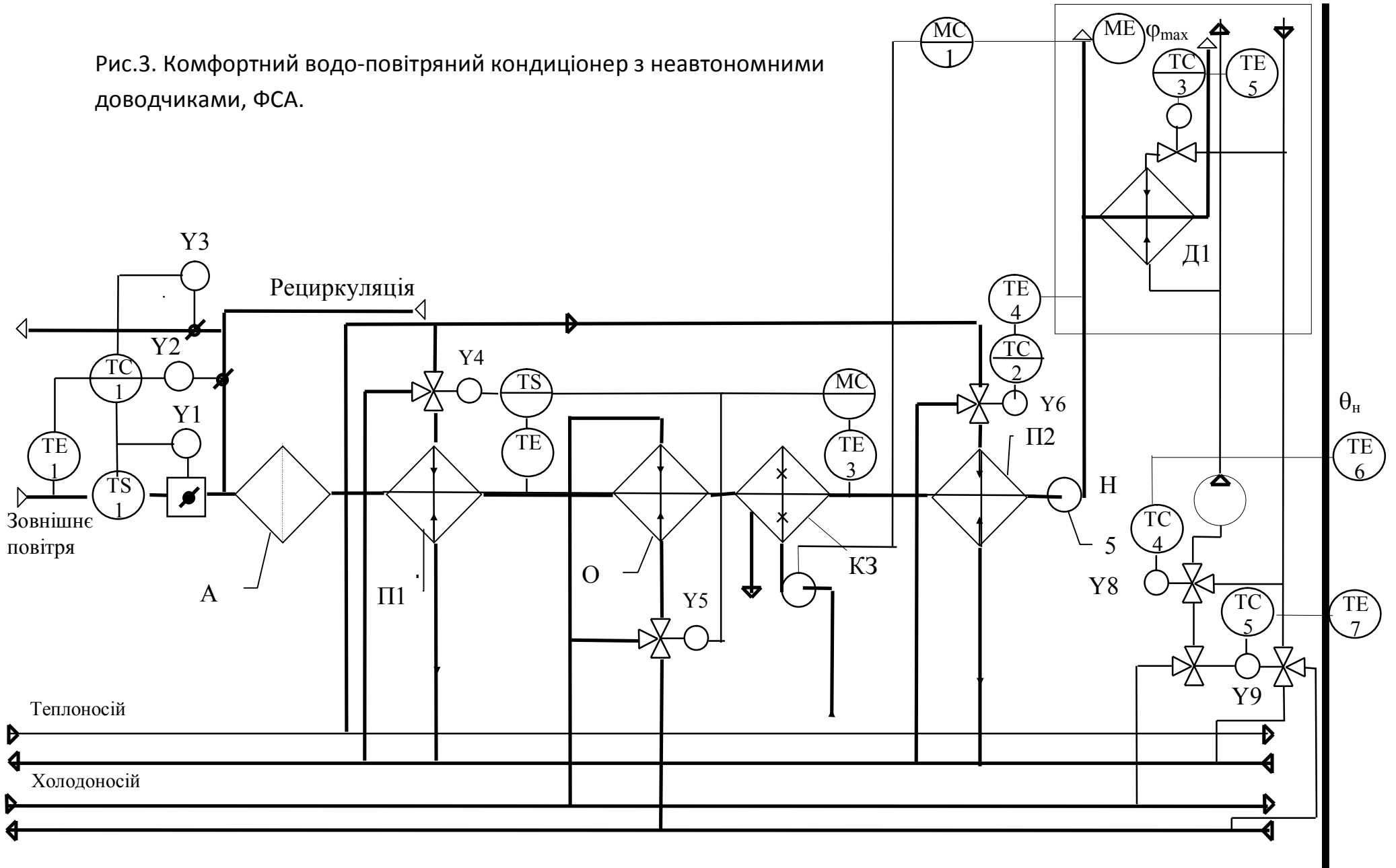


Рис.2. Управління кондиціонером по температурі точки роси.  
 1-повітряний фільтр; 2,4-калорифери;  
 3-зрошувальна камера; 5-вентилятор.

### **5. Комфортні водо-повітряні кондиціонери з неавтономними доводчиками.**

Розглянемо варіанти ФСА комфортного кондиціонера з неавтономними доводчиками рис.3. Датчик ТЕ(1) регулятора ТС(1) в залежності від температури зовнішнього повітря  $t_3^п$  закриває влітку при високій температурі заслінки У1 і У3 відкриваючи спарену з ними У2. Аналогічно діє датчик ТЕ(2) при низьких зимових температурах  $t_3^з$ . В схемі передбачене непряме регулювання вологості по точці роси.  $t_p$  датчиком ТЕ(3), котрий діє на регулюючий клапан У5 поверхневого охолоджувача О і У4 підігрівача П1. При безпосередньому, коли функцію охолоджувача виконує випарник холодильної машини, доцільніше скеровувати регулюючу дію на терморегулюючий клапан холодильної машини У7. Якщо регулюється відносна вологість повітря в приміщенні то на камеру зволоження впливають застосовуючи одну зі схем рис.1., а при переході за верхню границю вологості  $\phi_{max}$  обмежувач МС(1) включає насос Н. Термостат ТС(2) забезпечує постійну температуру приточного повітря  $t_{п}$  (15...18°C) дією на клапан У6 підігрівача П2. Реле температури ТS здійснює захист підігрівача П1 від замерзання теплоносія. Повітря з розрахунковою температурою поступає в доводчики Д1...ДN, під'єднані до магістралей тепло- і холодоносія Т і Х, котрі перемикаються на зимовий або літній режими регулятором ТС(5). Температура теплоносія підтримується регулятором ТС(4) в залежності від температури зовнішнього повітря  $t_3$ . В приміщенні може бути встановлений кімнатний індивідуальний регулятор ТС(3), що змінює тепло- і холододові

Рис.3. Комфортний водо-повітряний кондиціонер з неавтономними доводчиками, ФСА.



## 6. Автоматизація холодильних установок.

Автоматизація холодильних установок машинного охолодження передбачає особливі вимоги до основного технологічного обладнання СКП і технологічної схеми пристрою на рахунок надійності, забезпечення автоматичного захисту агрегатів і зниження ймовірності появи аварійного режиму. Головними регульованими параметрами є температура, тиск, рівень і витрата холодильного агента, що впливають на основний якісний параметр установки - холодопродуктивність. Методи керування холодопродуктивністю встановлюються функціональною залежністю

$$Q_0 = \lambda_0 g_v V_k,$$

де  $\lambda_0 = f(p_k/p_0)$  - коефіцієнт наповнення;  $p_k$  і  $p_0$  - тиск конденсації і випарювання;  $g_v$  - питома холодопродуктивність;  $V_k$  - об'ємна подача компресора. В загальному випадку для поршневих машин

$$V_k = F s n k z,$$

де  $F$  - січення циліндрів;  $s$  - хід поршня;  $n$  - частота обертів приводу;  $k$  - кратність дії;  $z$  - число циліндрів. ддачу теплообмінника доводчика.

Лопаточні турбокомпресори керуються автоматичним поворотом направляючого апарату або дроселюванням на всмоктуванні ізодромними регуляторами. Пароежекторні установки регулюються шляхом дії на насоси холодоносія і конденсаторної води, і підтримування рівня у випаровувачі, і регулювання головних і допоміжних ежекторів. Регулювання рівня у випаровувачах необхідне для запобігання закидування холодоагенту в компресор, котрий працює в режимі сухого або парового ходу.

Регулювання тепловикористовуючих абсорбційних установок, що працюють на бінарних бромолітійових і водоаміачних сумішах здійснюється шляхом зміни підведення тепла або зміни потужності електропідігрівача. В малих одновипарювальних установках регулювання виконується позиційно-пуском-зупинкою компресора, в багатовипарювальних і потужних знаходять застосування алгоритми імпульсного і плавного регулювання. Імпульс регулятори дістають від датчиків температури, що встановлені в приміщенні або на поверхні теплообмінника, або від датчика тиску кипіння холодоагенту. Керування установками безмашинного охолодження здійснюється дросельним регулюванням і дією на подачу насосів.

Розглянемо приклад автоматизації компресорної хладонової холодильної машини типу ХМ-ФУ40 середньої холодопродуктивності в котрій холодоносієм є вода рис.4 .

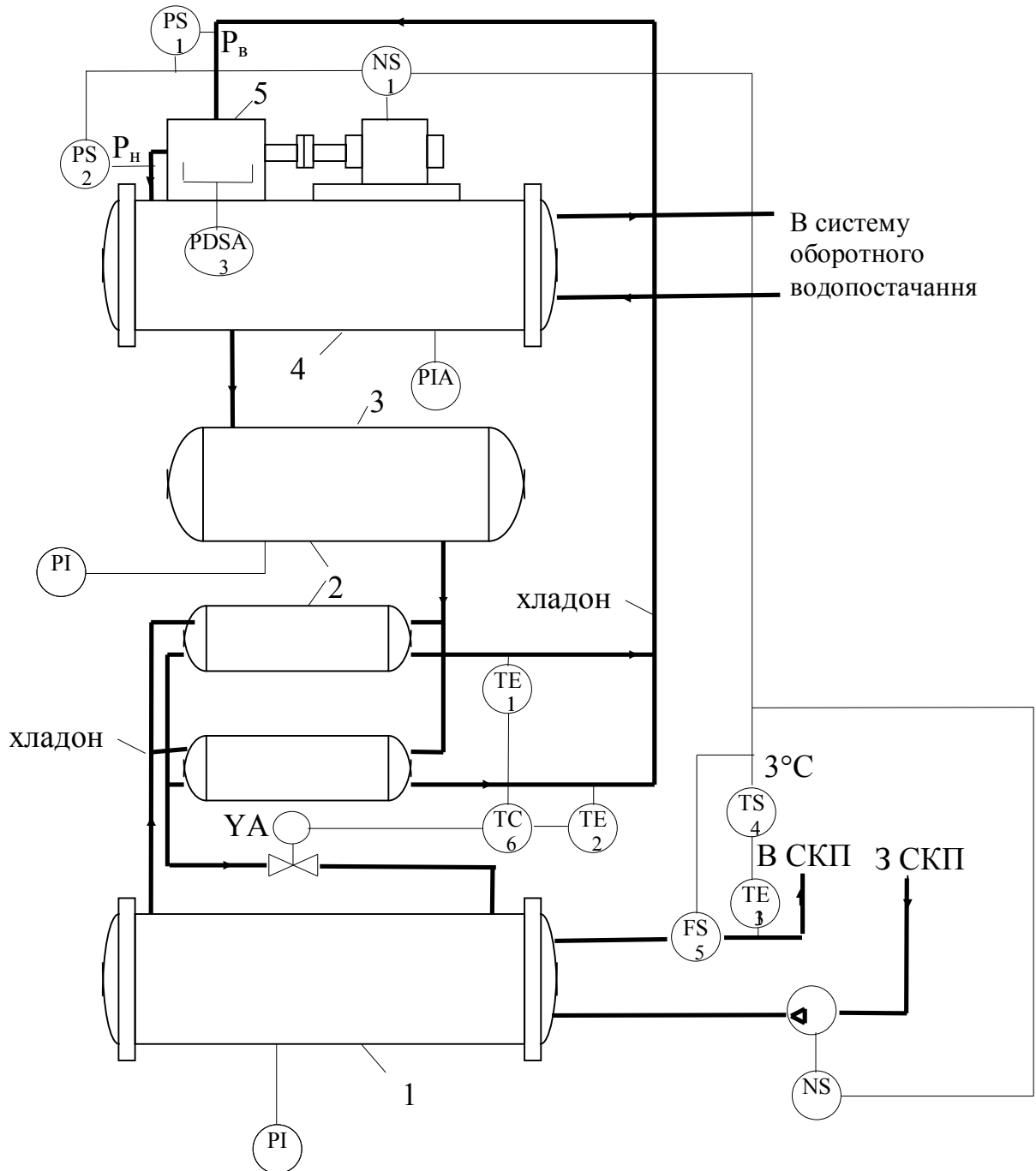


Рис.4 . Функціональна схема автоматизації холодильної машини.

Технологічна схема має випарювач 1, теплообмінники 2, ресивер 3 і агрегат, котрий складається, з конденсатора 4, компресора 5 з електродвигуном 6. При допомозі позиційних регуляторів тиску PS(1) і PS(2) компресор відключається при умові перевищення тиску хладону  $p_H$  на лінії нагнітання і пониженні тиску  $p_B$  на лінії всмоктування. Реле PDS(3) контролює перепади тиску в системі змащування підшипників компресора. Для захисту випарювача від замерзання води використовується позиційний регулятор TS(4), датчик котрого TE(3) встановлений на трубопроводі після випарювача або в проміжному баку охолодженої і

настроений на температуру  $1...3^{\circ}\text{C}$ . При пониженні температури води нижче встановленого значення проміжне реле відключає компресор. Оскільки регулятор TS(4), внаслідок інерційності системи, може прореагувати з деяким запізненням, навіть при замерзанні води, додатково встановлено дублююче реле витрати FS(5) котре при зменшенні витрати води до критичного значення зупиняє компресор. Терморегулятор TC(6) підтримує задану температуру у випарювачі 1, збільшуючи чи зменшуючи подачу хладону при допомозі електромагнітного клапану YA, котрий включається в схему автоматизації холодильної машини при стабілізації температури води. Система сигналізації повідомляє обслуговуючий персонал про відхилення контрольованого параметру від норми звуковим чи світловим сигналом. Якщо компресор зупинився, то через невеликий проміжок часу система керування зупинить насоси оборотного водопостачання. Конструкція установки або схема захисту повинна передбачити також запобіжні клапани на елементах що працюють під тиском.

### 7. Автоматизація пристроїв утилізації викидного тепла.

Утилізація викидного тепла і холоду, що міститься в повітрі що видаляється з обслуговуваних приміщень, сьогодні особливо актуальна, оскільки це є шлях до значного зниження енерговитрат в системах вентиляції і кондиціонування повітря.

Для утилізації тепла і холоду з викидного повітря широко використовуються пластинчасті теплообмінники.

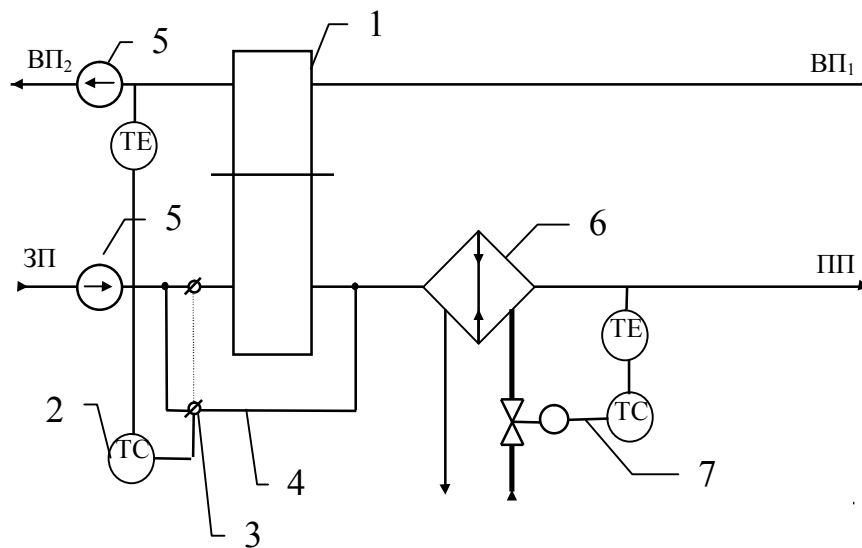


Рис.5. Функціональна схема автоматичного управління пластинчастим теплообмінником.

Головними задачами автоматизації пластинчатих теплообмінників, як автономного об'єкту регулювання, є стабілізація температури приточного повітря шляхом регулювання теплопродуктивності повітропідігрівача і захисту пластин теплообмінника від обмерзання шляхом обводу холодного повітря. В залежності від навантажень теплом і вологою приміщень і типу повітронагрівача (водяний, паровий, електричний) знаходять застосування різні схеми автоматизації.

Видалене з приміщення повітря (ВП1), проходячи через теплообмінник-утилізатор 1, охолоджується, віддаючи теплову енергію припливному повітрю. З



пониженням температури поверхні теплообмінника в каналі видаленого повітря (ВП<sub>2</sub>) до температури точки роси виникає небезпека обмерзання теплообмінника, внаслідок чого знизиться ефективність теплообміну і підвищиться аеродинамічний опір повітряного каналу. При такій ситуації спрацьовує регулятор захисту 2, настроєний на критичне значення температури при певній вологості видаленого повітря. Захисний регулятор 2 відкриває фронтально-обвідний клапан 3, пропускаючи частину холодного повітря в обхід теплообмінника по каналу 4, що приводить до підвищення температури теплообмінної поверхні і припинення обмерзання. Повітряні заслінки 3 повертаються в попереднє положення, і весь потік холодного зовнішнього повітря (ЗП) знову направляється через утилізатор. В теплий період року захисний регулятор 4 може бути відключений.

Якщо теплообмінник утилізатор є одним з апаратів кондиціонера, то можна обмежитись лише схемою захисту від обмерзання. Якщо утилізатор є автономним об'єктом, так званим агрегатом-утилізатором з приточно-витяжними вентиляторами 5 і повітрянагрівачем 6, в схемі управління необхідно передбачити стабілізацію припливного повітря (ПП). Температура припливного повітря регулюється зміною витрати теплоносія при допомозі регулятора 7.

Для систем утилізації тепла з підігрівом проміжного теплоносія розроблені типові проектні рішення, варіант такої схеми приведений на рис.6. Постійна температура припливного повітря підтримується регулятором 1, шляхом зміни теплопродуктивності нагрівача 3 проміжного теплоносія і перепуском частини теплоносія в обхід теплодобуваючого теплообмінника 2.

Захист теплообмінника 2 від обмерзання здійснюється за перепадом тиску повітря регулятором 4, а також шляхом перепуску частини теплоносія. Захист теплообмінника забезпечується незалежно від команди регулятора 1.

В схемі передбачено захист від замерзання теплоносія в тепловіддаючому теплообміннику 5. Тут функції захисту виконує регулятор 6, датчики котрого розміщуються в потоці припливного повітря і в зворотному трубопроводі після теплообмінника 5. При надходженні сигналу від одного з датчиків регулятор 6 дає команду на включення припливного вентилятора, включення циркуляційного насоса (якщо він був зупинений) і повне відкриття клапана на трубопроводі подачі гарячої води в нагрівач 3 проміжного теплоносія.

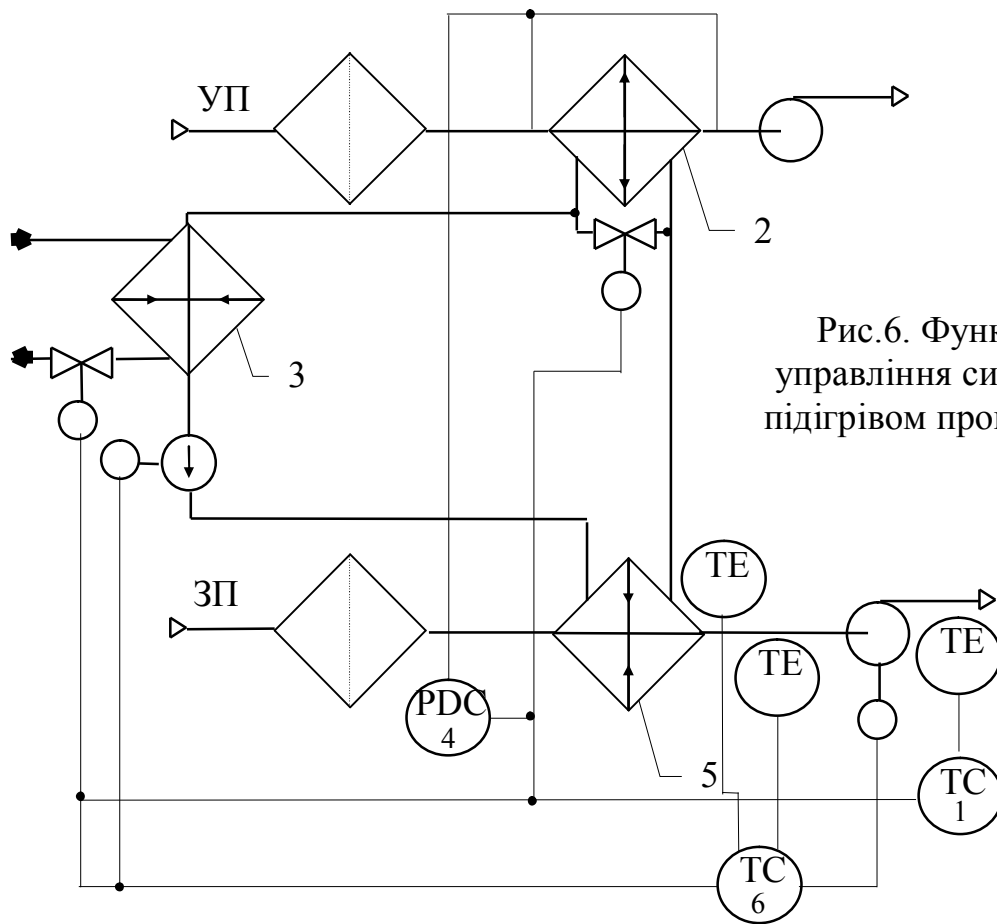


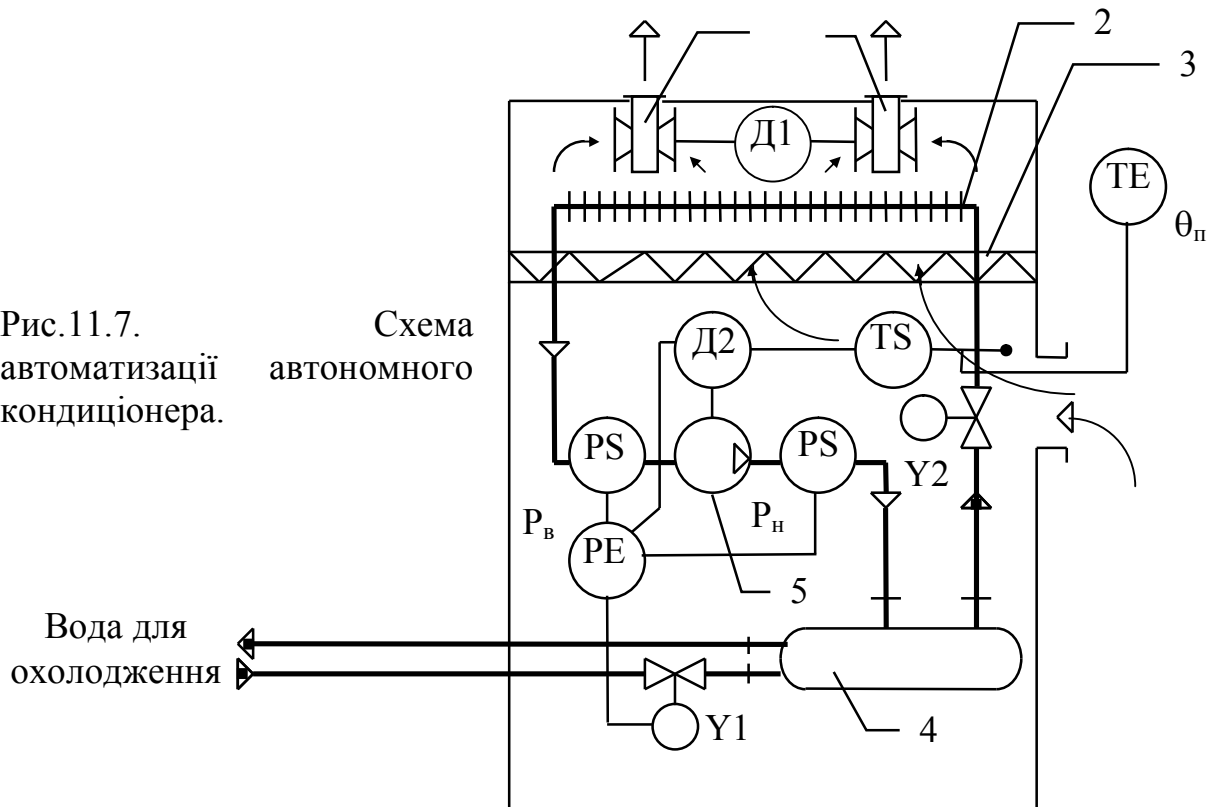
Рис.6. Функціональна схема управління системою утилізації з підгрівом проміжного теплоносія.

### 8. Автоматизація автономних кондиціонерів.

Технологічні функції автономного кондиціонера обмежені охолодженням (нагрівом) повітря з частковою очисткою від пилу і, рідше, зволоженням парозволожувачами підігрівного типу або форсунковими. Головним агрегатом в автономному кондиціонері є холодильна машина що охолоджується водою або повітрям.

В схемі автоматизації поширених на даний час кондиціонерів передбачається керування вентилятором, регулювання температури в приміщенні і тиску (розрідження) в циклі холодильної машини. Розглянемо принцип роботи системи автоматизації автономного кондиціонера типу КА-6А, що працює в режимі охолодження. Шафна установка розділена фільтром 3 на два відсіки. Верхній-технологічний з повітряохолоджувачем-випаровувачем 2 і двома вентиляторами двохстороннього всмоктування 1, включеними в загальну схему керування (вентилятори включаються одночасно з пуском кондиціонера). В нижньому відсіку розміщується компресор 5, конденсатор 4, хладоновий регулюючий клапан Y2, магістралі охолодження конденсатора з автоматичним клапаном Y1, що підтримує температуру конденсації по сигналу  $p_H$  тиску хладону. Алгоритм функціонування терморегулятора TS двох позиційний, датчик TE включений в коло управління електродвигуна компресора і виключає його при досягненні заданої температури повітря. Регулятор PC підтримує задану різницю  $p_H - p_B$  в холодильному циклі, також відключенням компресора. Датчик TE температури  $t_B$  встановлюється в приміщенні, або приймальному отворі кондиціонера.

Рис.11.7.  
Схема  
автоматизації  
кондиціонера.



**Тема: АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ.**

1. Автоматичне регулювання тиску і витрати газу.
2. Автоматизація ГРС (ГРП).
3. Автоматизація об'єктів зберігання та розподілу рідких газів.

**Автоматизація систем газопостачання.**

Основна задача автоматизації систем газопостачання зводиться до підтримання тиску газу в заданих границях і забезпечення безпеки роботи установок.

**1. Автоматичне регулювання тиску і витрати газу.**

Структура систем газопостачання може бути різноманітною, в залежності від розмірів населених пунктів і числа і потужності споживачів.

В газопостачанні використовуються регулятори тиску, що принципово не відрізняються від регуляторів загальнопромислового призначення.

В техніці газопостачання використовуються терміни: регулятор «до себе», якщо він регулює тиск на підводі, і «після себе», при підтриманні низького тиску на відводі. Відповідно входні сигнали регулятор дістає з двох боків.

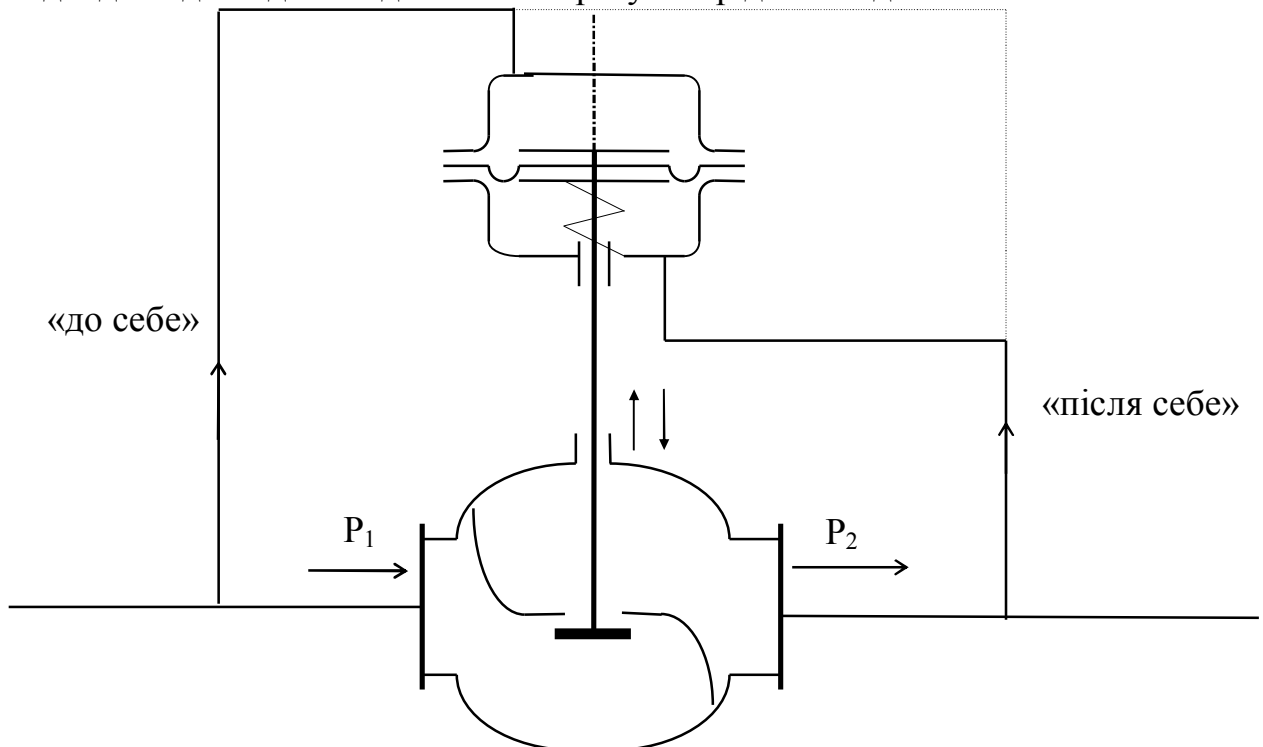


Рис.1. Регулятор тиску прямої дії.

Привід затвора зменшує витрату при зниженні  $P_1$  (варіант «до») і при збільшенні  $P_2$ . Імпульсні трубки під'єднуються до різних патрубків регулятора. При використанні такого регулятора у варіанті «після» необхідно змінити

положення регулюючого органу на протилежне. Найбільше поширення дістали регулятори «після себе».

В системах газопостачання також часто використовуються і регулятори непрямої дії: пневматичні, електричні і рідше гідравлічні.

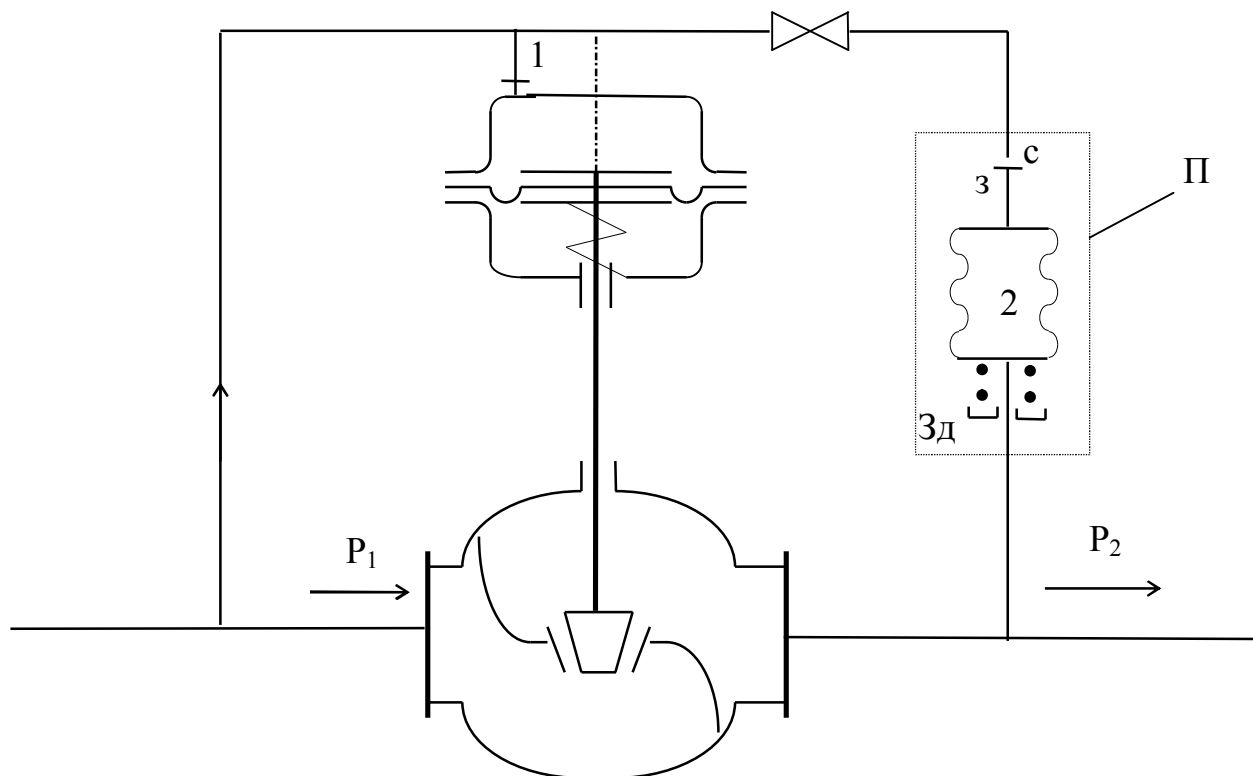


Рис.2. Регулятор тиску прямої дії з підсилювачем.

Для забезпечення належної якості регулювання використовують пневматичні регулятори непрямої дії. Це є найпростіший підсилювач з пристроєм типу сопло-заслінка (в техніці газопостачання підсилювачі називають «пілотами»). Регулятор стабілізує низький тиск  $P_2$  за рахунок використання потоку газу з високим тиском  $P_1$  (може бути примінене автономне джерело, наприклад, стиснуте повітря). Сильфонний датчик 2 з задаючим пристроєм 3д сприймає зміну тиску  $P_2$  і перетворює в переміщення заслінки 3, що прикриває при збільшенні  $P_2$  сопло С. Тиск в лінії 1 збільшується і передається на мембрану виконавчого пристрою, що закриває затвор регулюючого органу, після чого тиск починає падати до заданого. У випадку великого перепаду  $P_1$ - $P_2$  при дроселюванні газу проходить переохолодження, або обмерзання дроселюючих органів, тому слід передбачувати обігрів регулюючих органів. Для прикладу при зміні тиску від 4 до 0,3МПа температури газу знижується на 17...18°C на одиницю тиску.

## 2. Автоматизація ГРС (ГРП)

Газороздільна станція складається з наступних вузлів: вхідних газопроводів, пиловловлюючих пристроїв, пристроїв дроселювання газу першого і другого ступеню, одоризаційних пристроїв, ємностей для збору конденсату, вихідних

газопроводів, пристроїв управління і захисту. Найбільш широко використовуються чотири схеми дроселювання, що забезпечують підтримування тиску і витрати газу в різний час доби і при значних збуреннях, котрі зображені на рис. 3.-5.

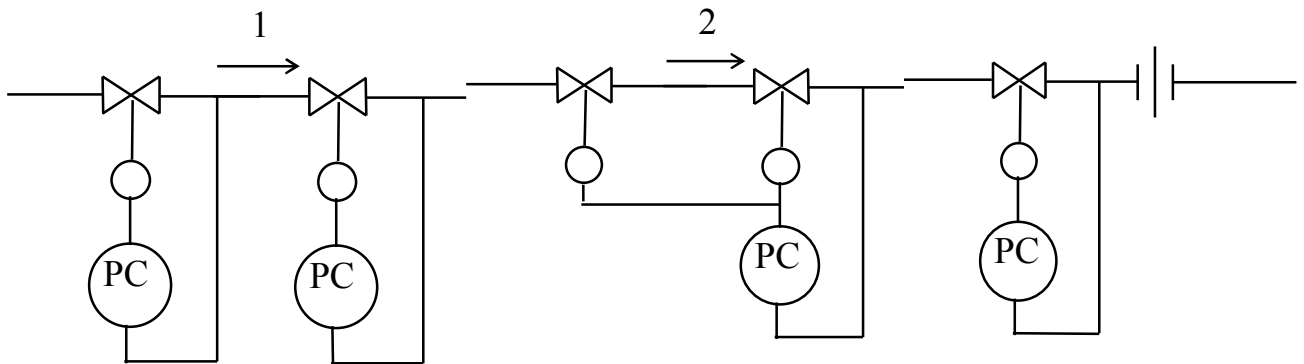


Рис.3.

Ця схема передбачає редукування при допомозі двох регуляторів, що

Рис.4.

Ця схема передбачує редукування при допомозі одного регулятора з двома регулюючими органами, що встановлені послідовно.

Рис.5.

Ця схема передбачує в якості другої ступені редукування дросель постійного січення, що встановлений послідовно

3

Закон регулювання тиску газу вибирають з врахуванням динамічних властивостей газової мережі, характеру режиму газопостачання і допустимої статичної похибки регулювання.

Найчастіше використовують II і III регулятори.

Якщо режим газоспоживання має змінний характер, доцільно застосувати двох імпульсних регуляторів тиску газу, котрі реагують одночасно на зміну тиску і витрати, що покращує якість процесу регулювання.

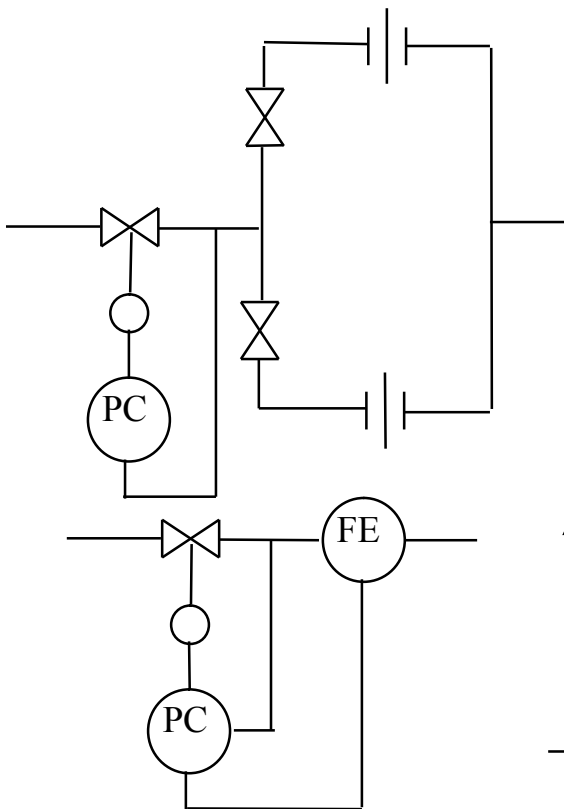


Рис.6. В цій схемі передбачені два дроселі на денний і нічний режим роботи. Переключення дроселів здійснюється дистанційно з диспетчерського пункту.

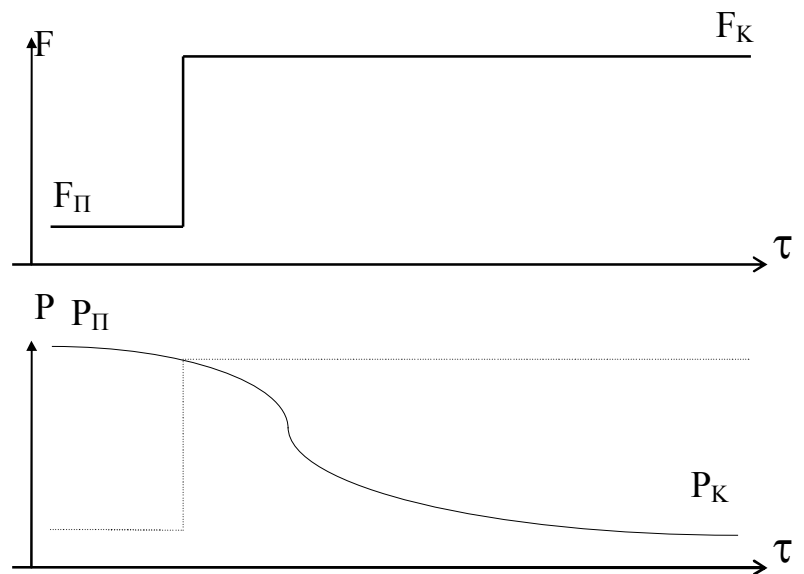


Рис.7. Приклад застосування двох імпульсного регулятора тиску газу.

Схемою автоматизації ГРС або ГРП крім регулювання тиску газу передбачаються:

1. Контроль тиску газу до і після вузлів редукування, температури і витрати газу;
2. Сигналізація знижень тиску газу;
3. Автоматичний захист (застосовуються захисні клапани і автоматичні відсікачі);
4. Дистанційне переключення або відключення вузлів дроселювання.

### 3. Автоматизація об'єктів зберігання та розподілу рідких газів.

В газових господарствах що займаються отриманням, зберіганням і розподілом зріджених газів можуть здійснюватись наступні операції: зливання газів з балонів, транспортування газу (по трубопроводах або в балонах), заправка автомобілів, що працюють на зрідженому газі, регазифікація і змішування парів з повітрям, а також подача парів зріджених газових сумішей в системи споживання.

Для забезпечення безпечної роботи трубопроводи парової фази обладнуються запобіжними пружинними клапанами. Також передбачується контроль рівня рідкого газу в резервуарах, його тиску, температури, наявності газу

в повітрі, а також позиційне відключення газових компресорів по сигналу розрідження нижче 0,05 МПа або тиску вище 1,6 МПа при допомозі електроконтактних манометрів.