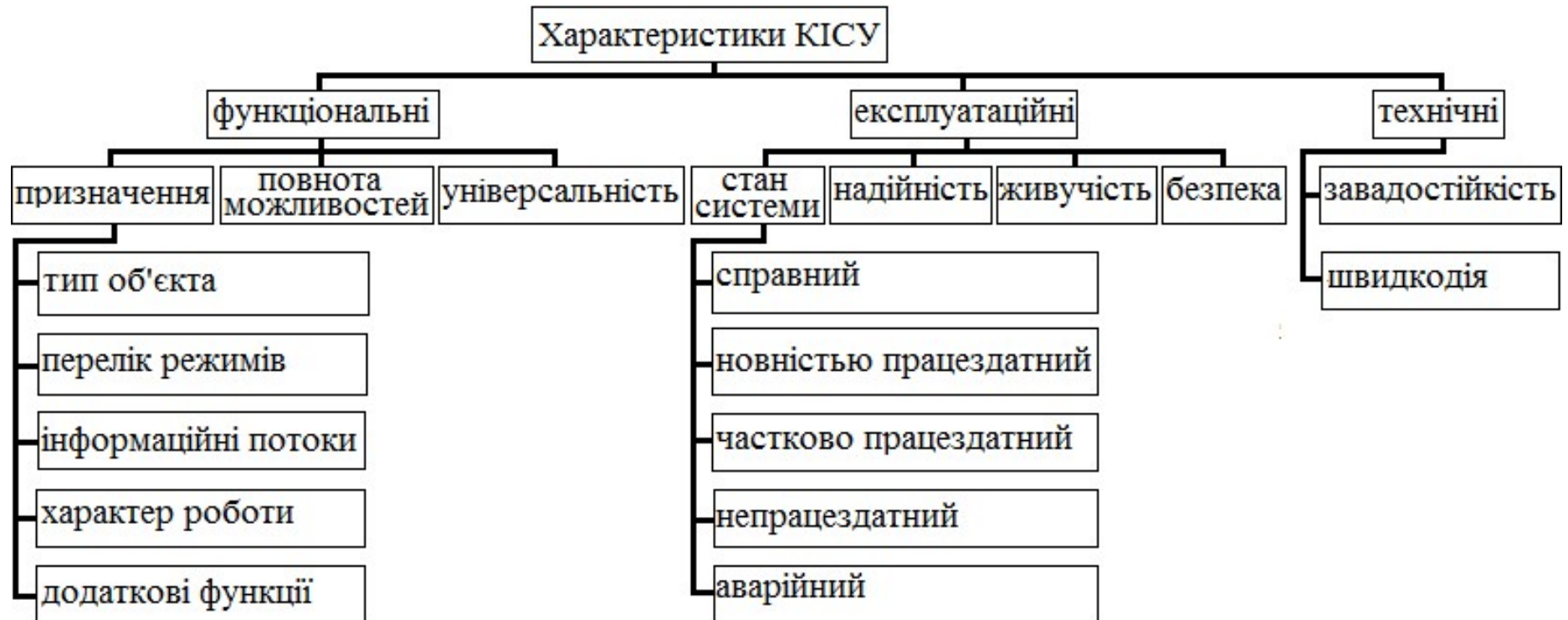
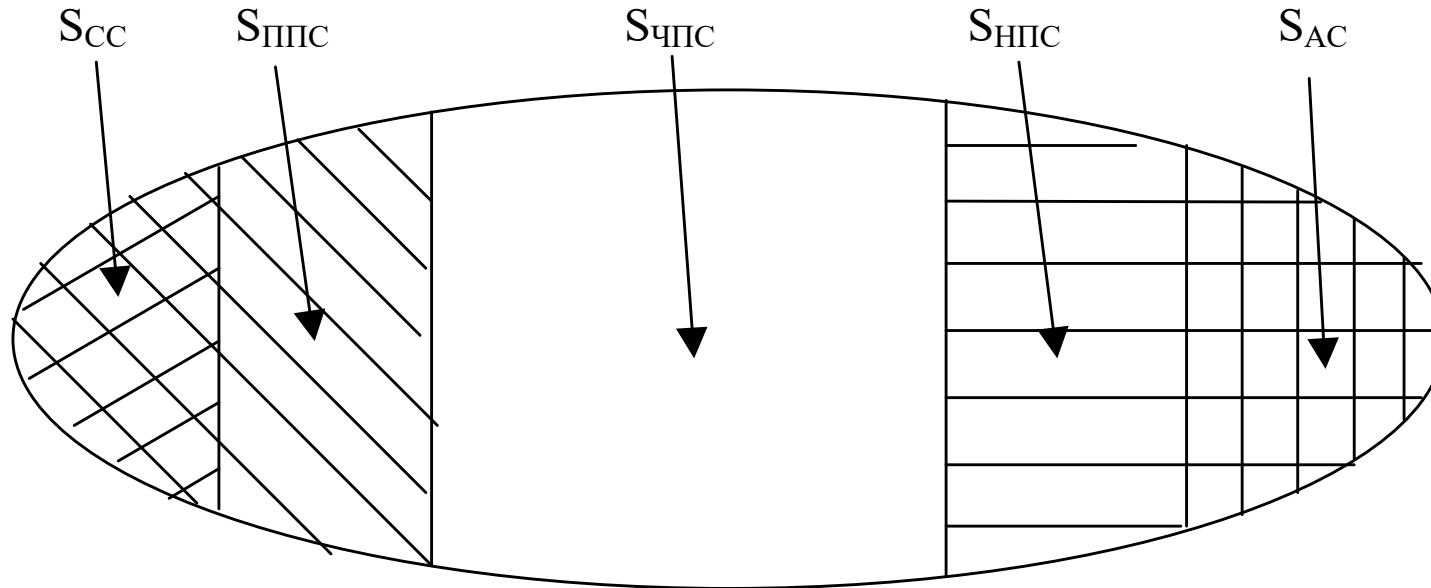


ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КІСУ

Класифікація характеристик КІСУ



Стани КІСУ



- $S_{ППС}$ – множина повністю працездатних станів;
- S_{CC} – підмножина справних станів;
- $S_{ЧПС}$ – множина частково працездатних станів;
- $S_{НПС}$ – множина непрацездатних станів;
- $S_{АС}$ – підмножина аварійних станів.

Основні терміни та визначення

Автоматизована система (АС) складається з персоналу та комплексу засобів автоматизації його діяльності і реалізує інформаційну технологію виконання встановлених функцій.

Особливий клас АС складають автоматизовані системи керування технологічними процесами – **АСК ТП**.

Функція автоматизованої системи – сукупність дій АС, яка направлена на досягнення певної цілі.

Задача автоматизованої системи – функція або частина функції АС, що являє собою формалізовану сукупність автоматичних дій, виконання яких приводить до результату заданого виду.

Функції ділять на три групи:

- а) функції керування;
- б) інформаційні функції;
- в) допоміжні функції, які включають збирання та обробку даних про стан АСК ТП.

Функції АСК ТП:

- збір і оцінка даних технологічного процесу – моніторинг;
- управління деякими параметрами технологічного процесу;
- зворотний зв'язок вхідних і вихідних даних для реалізації автоматичного управління.

Режими виконання функцій

Автоматизований режим виконання функції АСК ТП, за якого вона виконується автоматично, а людина спостерігає за перебігом технологічного процесу, будучи готовою втрутитись, якщо виникне така необхідність.

Діалоговий режим виконання функції АСК ТП, за якого людина управляє розв'язанням задач функції, змінюючи її умови і алгоритм функціонування АСК на основі оцінки інформації, яка надається технічними засобами АСК.

Неавтоматизований режим виконання функції АСК, за якого вона виконується тільки людиною.

Режими керування технологічним процесом

Пуск ТП являє собою сукупність неавтоматизованих, або з певним рівнем автоматизації операцій, що виконуються персоналом як на місці, так і дистанційно з АРМ оператора. Контроль технологічних параметрів проводиться персоналом по приладах, встановлених «за місцем», а також з екрану АРМ.

Функціонування у перехідному режимі, коли оператор або керуючий обчислювальний пристрій змінюють у відповідності з технологічним регламентом завдання контурам регулювання.

Функціонування у сталому режимі, у якому система здійснює автоматичне підтримання контрольованих параметрів в заданих межах.

Зупинення ТП. В процесі зупинення оператор дистанційно чи на місці здійснює припинення подачі сировини і відбору продуктів ТП.

Аварійне зупинення проводиться при виникненні однієї або сукупності аварійних ситуацій.

Аварійне ручне керування призначене для приведення ТП у безпечний стан у випадках відмови АСК ТП.

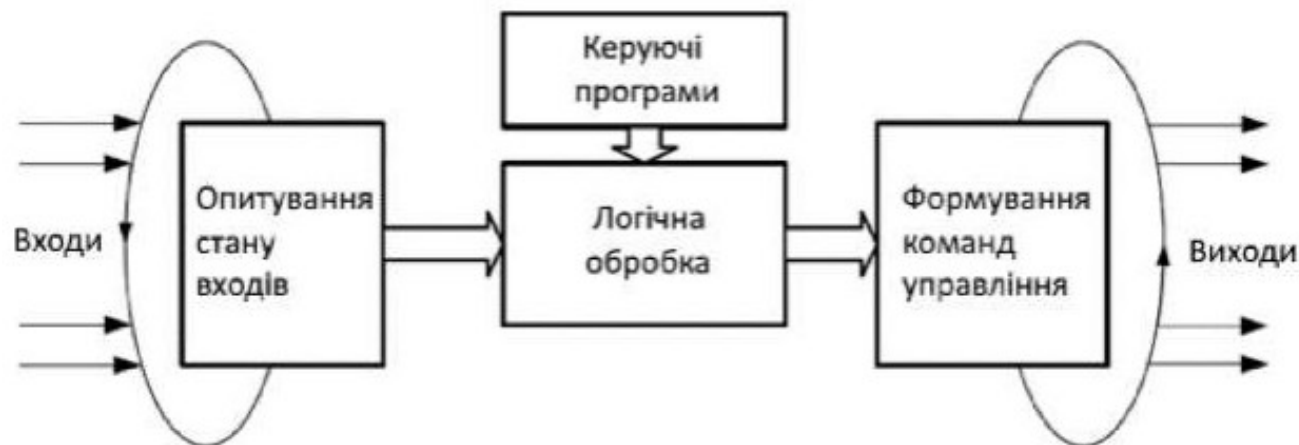
При переході в режим аварійного ручного керування контролери повністю від'єднуються від каналів керування, задіюються пульти місцевого і дистанційного керування, з яких і здійснюється керування ТП в наступних випадках:

- вимкнення живлення керуючого обчислювального пристрою;
- відмова контролера або АРМ оператора;
- натиснення оператором спеціальної кнопки на пульті дистанційного керування.

При функціонуванні системи в режимі аварійного ручного керування не функціонують технологічні захисти і блокування, безпечність процесу визначається тільки діями оператора.

Принципи функціонування програмованих контролерів

Основною особливістю функціонування програмованого контролера (ПрК) є його циклічна робота за програмою, що зберігається у пам'яті ПрК. Кожен цикл складається з трьох основних етапів. На першому етапі проводиться опитування станів входів і запам'ятовування цієї інформації. На другому етапі виконується аналіз отриманої інформації відповідно до керуючої програми. На третьому етапі формуються команди вироблення виходів, сигнали запуску і скидання таймерів і лічильників з поверненням до початку циклу. .



Одна ітерація, що включає замірювання, обрахування і вироблення дії, називається робочим циклом ПрК. Програма ПрК виконується як частина процесу, що повторюється, який називається скануванням. Сканування розпочинається з того, що процесор зчитує стан вхідних сигналів. Далі виконується технологічна програма. Після закінчення виконання програми процесор може виконувати внутрішні діагностичні та комунікаційні завдання. Наступним кроком є оновлення статусу усіх виходів. Цей процес повторюється постійно, поки ПрК знаходиться у режимі роботи.



Операції, що виконуються у робочому циклі, можуть змінюватись у процесі функціонування ПрК.

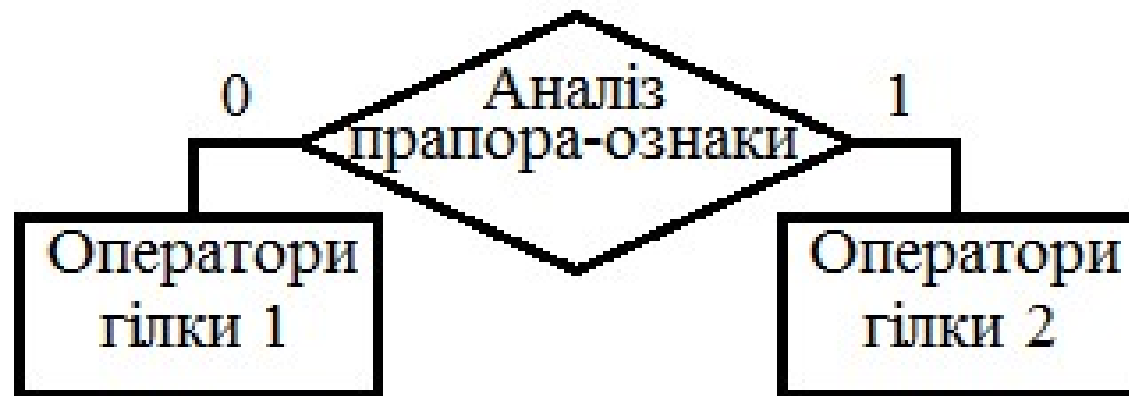
Прийнято розрізняти наступні робочі цикли:

- цикл початкового пуску;
- цикл включеного стану системи;
- цикл відключеного стану системи.

Окремими випадками включеного і відключеного стану системи є відповідно цикл включення і цикл відключення.

Після увімкнення живлення ПрК виконує самотестування і налаштування апаратних ресурсів, очищення оперативної пам'яті даних (ОЗП), контроль цілісності програми користувача. Далі ПрК переходить до основної роботи, яка починається з робочого циклу початкового пуску.

У циклі початкового пуску здійснюється установа початкових значень необхідних констант (наприклад, масштабних коефіцієнтів) і програмних прапорів-ознак, перелік і значення яких задаються при програмуванні контролера. Прапором-ознакою називається певний біт, що зберігається в оперативній пам'яті і аналізується в ході виконання алгоритму. В залежності від стану прапора-ознаки («1» чи «0») відбувається перехід на ту чи іншу гілку алгоритму.



Робочий цикл включеного стану складається з наступних фаз.

1. Початок циклу.
2. Читання стану входів.
3. Виконання коду програми користувача.
4. Запис стану виходів.
5. Обслуговування апаратних ресурсів ПрК.
6. Монітор системи виконання.
7. Контроль часу циклу.
8. Перехід у початок циклу.

У фазі **виконання коду програми** проводяться:

- запис у внутрішні масиви даних значень вхідних сигналів,
- обробка вхідних сигналів,
- розрахунок вихідних даних,
- реалізація локальних систем регулювання,
- аналіз аварійних ситуацій і формування тривожних сигналізацій.

Обслуговування апаратних ресурсів полягає в забезпеченні роботи системних таймерів, годинника реального часу, оперативного самотестування, індикації стану та інших апаратно-залежних завдань.

Монітор системи виконання містить велику кількість функцій, необхідних у процесі налаштування програми і забезпечення взаємодії з системою програмування, сервером даних і мережі:

- завантаження коду програми в оперативну і перепрограмовану пам'ять;
- управління послідовністю виконання завдань; відображення процесу виконання програм;
- покрокове виконання;
- забезпечення перегляду і редагування значень змінних;
- фіксація і трасування значень змінних;
- контроль часу циклу тощо.

Існують завдання, в яких «плаває» час циклу, що істотно впливає на результат. Наприклад, це автоматичне регулювання. Для усунення цієї проблеми в сучасних ПЛК передбачений контроль часу циклу. Якщо окремі гілки коду керуючої програми виконуються дуже швидко, в робочий цикл додається штучна затримка. Якщо контроль часу циклу не передбачений, подібні завдання доводиться вирішувати програмними таймерами.

Цикл відключеного стану виконується перед відключенням контролера, наприклад, при переході на ручне керування. В цьому циклі здійснюється формування таких даних для виведення керуючих сигналів, які відповідають вимкненому стану системи керування. Наприклад, при вимиканні системи повинні бути сформовані такі значення вихідних сигналів, які загальмовують виконавчі механізми. Якщо при відключенні контролера виконавчий механізм продовжує працювати, це може спричинити аварію.

Функція збирання та первинної обробки інформації (ФЗПОІ)

ФЗПОІ відноситься до інформаційних функцій. У КІСУ вона реалізується на нижньому рівні управління за допомогою мікропроцесорних регуляторів, програмованих контролерів або комп'ютерів, оснащених спеціальними модулями введення-виведення технологічних сигналів. Частково може бути реалізована і на верхніх рівнях управління за допомогою комп'ютерного обладнання цехових та заводських лабораторій.

ФЗПОІ включає в себе наступні задачі АС:

- задача запису у внутрішньомашинні масиви даних значень вхідних дискретних сигналів;
- задача запису у внутрішньомашинні масиви даних значень вхідних аналогових сигналів;
- задача контролю вірогідності введених аналогових сигналів;
- задача нормалізації і фільтрації аналогових сигналів.

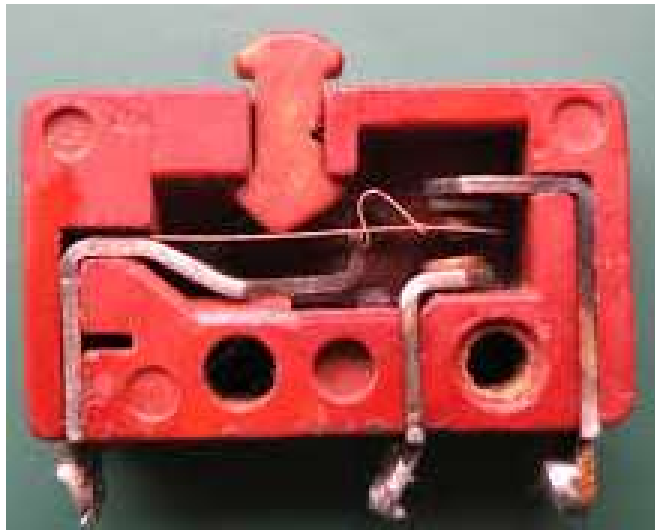
Задача запису у внутрішньомашинні масиви даних значень вхідних дискретних сигналів

Призначення задачі:

- а) фільтрація сигналів методом подавлення «брязкоту контактів»;
- б) запам'ятовування введених значень сигналів;
- в) контроль зміни значення сигналу.

Внаслідок пружності контактних пластин у датчиках типу «сухий контакт» може виникати так званий «брязкіт»: рухомий контакт вібрує із амплітудою, яка затухає, що спричиняє декілька послідовних розмикань та замикань електричного кола. Подібне явище має місце і при розмиканні контактів.

Керуючий пристрій сприйме такі завади як багаторазове спрацювання датчика, що викличе значні ускладнення при його використанні.



З метою подавлення «брязкоту контактів» здійснюється фільтрація введених дискретних сигналів. Вона полягає в тому, що результат визнається правдивим, якщо хоча б два з підряд уведених трьох значень сигналу правдиві.

Для представлення дискретного сигналу достатньо виділити один біт у певній комірці оперативної пам'яті. Але для здійснення фільтрації використовують три біти у трьох комірках. Крім того треба відвести комірки пам'яті для значення сигналу після фільтрації, а також для прапорів-ознак контролю змін сигналу.

В циклі включення системи для кожного сигналу здійснюється ініціалізаційне (первинне) запам'ятовування значення цих бітів.

В усіх робочих циклах здійснюється:

- запам'ятовування трьох підряд уведених значень сигналу;
- фільтрація сигналу вибором за істинне значення двох підряд однакових;
- формування ознаки зміни сигналу;
- запам'ятовування відфільтрованого значення сигналу.

Зміна сигналу ідентифікується порівнянням поточного результату фільтрації і раніше запам'ятованого значення. Якщо вони не однакові, то мала місце зміна сигналу, при цьому встановлюється відповідний прапор-ознака. Це необхідно, щоб не витратити даремно машинний час програмованого контролера, якщо вхідний сигнал не змінився.

Задача нормалізації і фільтрації аналогових сигналів

Призначення задачі:

- а) масштабування введеного значення сигналу з урахуванням внутрішньомашинного формату представлення чисел;
- б) фільтрація аналогового сигналу.

Нормалізація (масштабування) j -го сигналу здійснюється розрахунковим шляхом відповідно до формули:

$$\text{FLOW}(j) := \text{ADD}(j) + \text{MUL}(j) * \text{DIG}(j) ;$$

де $\text{ADD}(j)$, $\text{MUL}(j)$ – адитивний і мультиплікативні коефіцієнти масштабування;

$\text{DIG}(j)$ – значення введеного сигналу.

Вид фільтрації, що рекомендується – експонентне згладжування.
Експонентне згладжування здійснюється відповідно до формули

$$\text{FLOW}(j) := (\text{FLOW}(j) - \text{PAST}(j)) * \text{EXPS}(j) + \text{FLOW}(j) ,$$

де $\text{PAST}(j)$ – значення, отримане у попередньому циклі;

$\text{EXPS}(j)$ – коефіцієнт експонентного згладжування, що задається при програмуванні.

Якщо отримане значення $\text{FLOW}(j)$ менше допустимої флуктуації $\text{DELT}(j)$, яка задається при програмуванні, то для економії машинного часу процесору значенню сигналу привласнюється нульове значення

Задача контролю вірогідності введених аналогових сигналів

Призначення задачі:

- а) контроль на апаратні уставки;
- б) контроль на припустимий тренд.

Апаратні уставки – граничні допуски $Al_{j \min}$, $Al_{j \max}$. При виході значення вхідного аналогового сигналу Al_j за допуски можна констатувати невірогідність сигналу. Значення апаратних уставок задаються при програмуванні. Умови виходу за апаратні уставки :

- істина $Al_j > Al_{j \max}$;
- істина $Al_j < Al_{j \min}$.

При виході за апаратні уставки формується одиничне значення прапора-ознаки тривоги $ALARM(j)$, у противному випадку ця ознака обнулюється.

Тренд – абсолютна зміна введеного значення аналогового сигналу в міжцикловий період. Якщо, наприклад в одному циклі роботи контролера введений сигнал, що відповідає температурі 60 °С, а через невеликий проміжок часу в наступному циклі маємо температуру 80 °С, то таким даним довіряти не можна, оскільки така швидка зміна не можлива внаслідок явища теплової інерції.

Умови виходу за припустимий тренд:

$$ABS(DIG(j) - AI_j) > LIMIT(j) ,$$

де $DIG(j)$ – раніше запам'ятоване значення сигналу; $LIMIT(j)$ – припустиме значення тренду;

ABS – функція взяття абсолютного значення.

При виході за припустимий тренд формується одиничне значення ознаки тривоги $ALARM(j)$, у противному випадку ця ознака обнулюється.

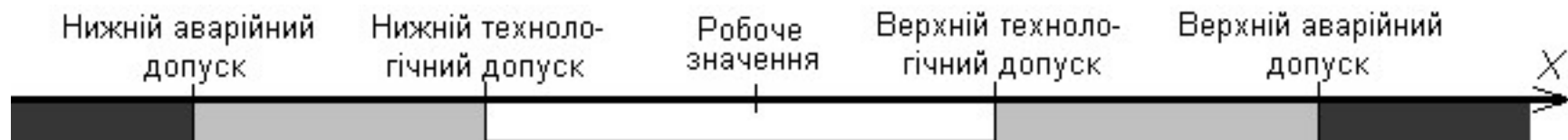
У циклі початкового пуску контроль аналогового сигналу на припустимий тренд не проводиться.

Задача запису у внутрішньомашинні масиви даних значень вхідних аналогових сигналів

Призначення задачі:

- a) збереження даних у пам'яті;
- b) контроль значень параметрів на технологічні й аварійні допуски.

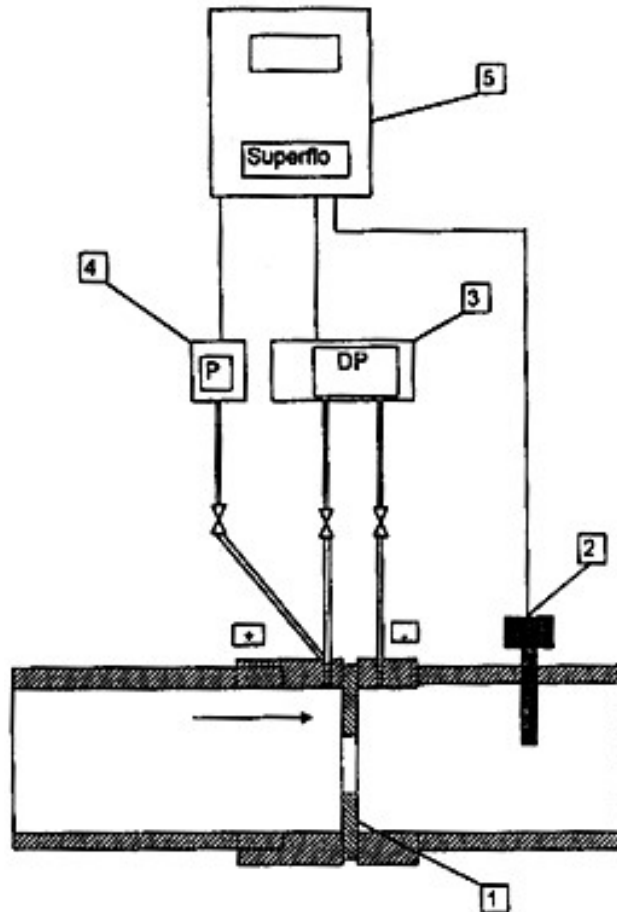
Технологічні допуски – граничні значення технологічних параметрів, які допускаються технологічним регламентом процесу для випуску якісної продукції. Аварійні допуски – граничні значення, при виході за які можлива аварійна ситуація.



. Необхідно забезпечити технологічні захисти і блокування, що спрацьовують при виході за допуски. Наприклад, припинити подачу сировини і відбір продуктів виробництва, щоб запобігти отриманню бракованої продукції.

Задачі обчислення невимірюваних величин

Деякі технологічні параметри неможливо виміряти приладами безпосередньої оцінки, і доводиться застосовувати непрямі методи вимірювання, наприклад, визначення витрати рідини чи газу за перепадом тиску на звужуючому пристрої



- 1 - пристрій, що звужує;
- 2 - датчик температури;
- 3 - датчик перепаду тиску;
- 4 - датчик тиску;
- 5 - програмований контролер.

Обов'язковими процедурами в алгоритмі є аналіз можливості виміру наступних параметрів потоку:

- а) перепаду тиску на звужуючому пристрої (діафрагмі);
- б) температури;
- в) надлишкового тиску.

Для підвищення точності вимірювання перепаду тиску на діафрагмі використовуються два дифманометри: один з меншим діапазоном виміру для використання при малих витратах, інший з більшим діапазоном для виміру великих витрат.

У першу чергу треба визначити, сигнал якого дифманометра використовувати. В алгоритмі це здійснюється аналізом відповідності значення сигналу дифманометра з меншим діапазоном виміру межах виміру цього дифманометра. При істинності результату аналізу як обмірюване значення перепаду тиску приймається нормалізоване значення сигналу дифманометра з меншим діапазоном виміру, при запереченні - сигналу дифманометра з більшим діапазоном виміру.

Далі для контрольованого потоку здійснюється:

а) розрахунок значення абсолютної температури за формулою:

$$T_A = t + 273,15,$$

де t – результат виміру температури в $^{\circ}\text{C}$;

б) розрахунок значення абсолютного тиску контрольованого потоку пари за формулою:

$$P_A = P_{\text{и}} + P_0,$$

де $P_0 = 101,325$ кПа – атмосферний тиск;

$P_{\text{и}}$ – надлишковий тиск (результат виміру).

в) розрахунок оцінки нормалізованого значення витрати пари по формулі:

$$Q_H = C_Q (\Delta P \cdot P_a / T)^{0,5},$$

де C_Q – коефіцієнт витрати, що розраховується наступним чином:

$$C_Q = Q_{\max} / (P_{ap} \cdot \Delta P_{\max} / T_p)^{0,5},$$

де Q_{\max} – розрахункова верхня межа виміру витрати діафрагмою;

P_p, T_p – розрахункові параметри діафрагми (абсолютний тиск, абсолютна температура);

ΔP_{\max} – верхня межа виміру застосовуваного у вузлі обліку основного дифманометра (дифманометра з більшою межею виміру).

Функція вироблення керуючих впливів

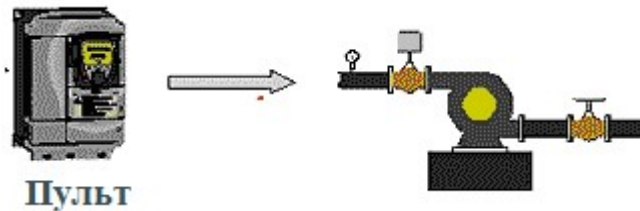
Відноситься до функцій керування АСК ТП. Вона, як і функція збирання та первинної обробки інформації, реалізується в основному на нижньому рівні управління за допомогою програмованих контролерів, мікропроцесорних регуляторів або комп'ютерів, оснащених модулями введення-виведення технологічних сигналів.

До задач цієї функції відносяться:

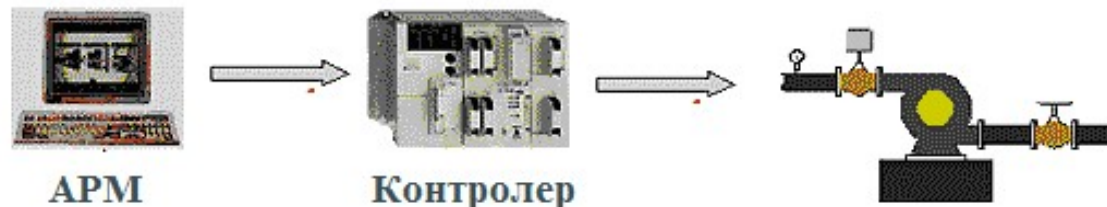
- а) реалізація позиційного регулятора;
- б) реалізація аналогового ПІД-регулятора;
- в) реалізація широтно-імпульсного ПІД-регулятора;
- г) дистанційне керування виконуючими механізмами;
- д) безударний перехід з дистанційного керування на автоматичне.

Керування технологічним об'єктом може здійснюватись в наступних режимах.

1. Місцеве керування засобами КВПтаА. Здійснюється персоналом з місцевих пультів управління, контроль ведеться по місцевим польовим приладам.



2. Дистанційне управління положенням виконавчого механізму через контролер. Можливе використання АРМ оператора або пультів у операторській кімнаті.



3. Автоматичне регулювання технологічних параметрів. Контролер постійно контролює стан датчиків регульованих параметрів і при їхніх відмовах здійснює автоматичний перехід на дистанційне керування виконавчими механізмами з формуванням відповідної сигналізації (повідомлення).



Зміна режимів керування здійснюється оператором шляхом перекомутації кіл керування з інформуванням контролера відповідним сигналом.

Автоматичне регулювання може здійснюватися за двома схемами: однокаскадній та двохкаскадній.

При однокаскадній схемі регулятор безпосередньо формує керуючий вплив на виконавчий механізм.



Двохкаскадна схема – більш досконалий вид керування. При цьому ведучий каскад формує уставку веденого. Ведений каскад формує керуючий вплив на виконавчий механізм.



Регулювання може здійснюватись за двома алгоритмами:

а) алгоритм аналогового регулювання;

б) алгоритм ШІМ-регулювання.

Аналоговий регулятор розраховує необхідне значення положення виконавчого механізму, що порівнюється з поточним значенням сигналу датчика положення, і при їхній невідповідності формується сигнал керування виконавчим механізмом на компенсацію цієї невідповідності (сигнал БІЛЬШЕ чи МЕНШЕ).

При відмові чи відсутності датчика положення виконавчого механізму виконується алгоритм ШІМ-регулювання, у якому розраховується необхідний квант зміни положення виконавчого механізму і формується функціонально залежний від значення цього кванту імпульс вмикання виконавчого механізму по відповідному каналу керування БІЛЬШЕ чи МЕНШЕ.

Перехід на ШІМ-регулювання здійснюється програмно при одиничному значенні прапора-ознаки несправності датчика положення виконавчого механізму.

Під-розрахунок здійснюється у відповідності з наступною формулою:

$$\Delta u(t_k) = K_p[y-y(t_k)] + \Delta t(K_I/ T_I) [y-y(t_k)] + K_D(T_D/\Delta t)[y(t_k)- y(t_{k-1})] ,$$

де $\Delta u(t_k)$ – розрахований на поточний момент часу $t = t_k$ квант зміни керуючого впливу;

K_p, K_I, K_D – коефіцієнти підсилення пропорційної, інтегральної, диференціальної частин регулятора;

T_I, T_D – сталі часу інтегратора і диференціатора регулятора;

y – уставка регулятора;

$y(t_k)$ – значення регульованої величини на момент часу $t=t_k$;

Δt – інтервал дискретизації контролю і керування;

k та $(k-1)$ – індекси поточного і попереднього циклів функціонування регулятора.

В аналоговому регуляторі формований керуючий вплив розраховується як

$$u(t_k) = u(t_{k-1}) + \Delta u(t_k).$$

В однокаскадній САР і у веденому каскаді двохкаскадної системи розраховане $u(t_k)$ являє собою необхідне положення виконавчого механізму регулюючого органу системи.

У ведучому каскаді $u(t_k)$ являє собою необхідну уставку регулятора веденого каскаду.

В алгоритмі ШІМ-регулятора на підставі ПІД-розрахованого кванту $\Delta u(t_k)$ визначається тривалість імпульсу вмикання виконавчого механізму системи регулювання ТІМР:

$$T_{\text{ІМР}} = K_M \cdot \Delta u(t_k).$$

Тут K_M - мультиплікативний коефіцієнт налаштування ШІМ-регулятора.

Загальний алгоритм ПІД-регулювання передбачає:

- а) розрахунок розбалансу між необхідним і поточним положенням виконавчого механізму;
- б) формування керуючого сигналу на останов виконавчого механізму, якщо цей розбаланс незначний;
- в) формування керуючих даних на вмикання виконавчого механізму по каналах БІЛЬШЕ чи МЕНШЕ в залежності від знака розбалансу при істотному розбалансі.
- г) контроль стану датчика положення виконавчого механізму. При його відмові здійснюється перехід на ШІМ-регулювання. При нормальному стані датчика продовжується функціонування аналогового ПІД-регулятора.

При функціонуванні ШІМ-регулятора продовжується контроль стану датчика положення виконавчого механізму. При відновленні нормального стану датчика здійснюється перехід на функціонування аналогового ПІД-регулятора.

У веденому каскаді аналогового ПІД-регуляторах здійснюється:

- а) розрахунок розбалансу регулятора $y - y(t_k)$;
- б) аналіз істотності розбалансу $y - y(t_k) > \Delta_{\text{зад}}$;
- в) ПІД-розрахунок збільшення керуючого впливу при істотній значимості розбалансу:

$$\Delta u(t_k) = K_p [y - y(t_k)] + \Delta t (K_i / T_i) [y - y(t_k)] + K_D (T_D / \Delta t) [y(t_k) - y(t_{k-1})];$$

- г) привласнення збільшенню керуючого впливу нульового значення при неістотній значимості $\Delta u(t_k)$;
- д) розрахунок керуючого впливу:

$$u(t_k) = u(t_{k-1}) + \Delta u(t_k);$$

- е) обмеження розрахованого керуючого впливу згідно технічним можливостям виконавчого пристрою.

Алгоритм ШІМ-регулятора здійснює:

а)...г) – згідно попередньому алгоритму;

д) розрахунок тривалості імпульсу вмикання виконавчого механізму на підставі розрахованого збільшення керуючого впливу:

$$T_{\text{IMP}} = K_M \cdot \Delta u(t_k);$$

е) обмеження розрахованої тривалості імпульсу фізичними можливостями ВМ;

ж) запуск таймера на відпрацьовування імпульсу T_{IMP} з установкою прапора-ознаки стану відпрацьовування імпульсу;

з) формування керуючих даних на вмикання виконавчого механізму (БІЛЬШЕ чи МЕНШЕ в залежності від знака розбалансу регулятора);

і) формування керуючих даних на останов виконавчого механізму, якщо розбаланс регулятора незначний зі скиданням прапора-ознаки стану відпрацьовування.

Алгоритм також здійснює контроль значення таймера. При досягненні заданої тривалості імпульсу здійснюється перезапуск таймера на відпрацьовування паузи між умиканнями з обнулінням ознаки відпрацьовування тривалості імпульсу вмикання, з установкою ознаки відпрацьовування паузи і з формуванням керуючих даних на останов виконавчого механізму. Тривалість паузи є параметром налаштування регулятора.

У ході відпрацьовуванні паузи здійснюється контроль значення таймера на досягнення заданої тривалості паузи. При досягненні таймером заданої тривалості здійснюється обнуління ознаки відпрацьовування паузи і перехід на розрахунок розбалансу регулятора і далі на новий ПІД-розрахунок.

Задача виконання безударного переходу на автоматичний режим

Безударний перехід – відсутність різких стрибків при переході від одного режиму до іншого.

При вмиканні регулятора у роботу в ньому відбуваються перехідні процеси. Для того, щоб при цьому не відбувалися значні відхилення регульованого параметра, що може привести до аварії, необхідно передбачити наступні дії:

а) у випадку аналогового регулювання – привласненням для формованого керуючого впливу початкового значення, рівного поточному значенню сигналу датчика положення виконавчого механізму;

б) у випадку ШІМ-регулювання – обмеженням тривалості імпульсу вмикання виконавчого механізму.