

Центральні процесори, характеристика каналів вводу-виводу та їх конфігурація.

1.6 Аналогово-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі

Аналогово-цифрові перетворювачі перетворюють вхідні дані у аналоговій формі (звичайно у вигляді значень струму або напруги) на цифрову форму. Процес перетворювання містить у загальному випадку дискретизацію за часом, квантування за рівнем і кодування безперервної вхідної величини. Необхідна швидкість АЦП визначається в основному швидкістю зміни вхідної величини.

Цифро-аналогові перетворювачі реалізують зворотний процес перетворення цифрових даних на аналогові сигнали. Їх будова ґрунтується на генерації у відповідних колах напруг або струмів, пропорційних вагам розрядів.

ЦАП є одним з елементів АЦП, тому спочатку треба розглянути принцип цифро-аналогового перетворення.

Керувальний вплив, сформований у мікропроцесорі, подається у цифрових кодах. Виконавчі механізми (клапан, затулка, електричний двигун) здійснюють повільне регулювання параметрів об'єкту (витрати, тиску, рівня, температури) за допомогою аналогового сигналу. При дискретизації за часом керувальні дії надходять з мікропроцесора до ЦАП у вигляді цифрового коду один раз за період квантування. Тому в ЦАП передбачено регістр, що запам'ятовує цифровий код на весь період квантування до моменту надходження наступного коду.

Структурна схема ЦАП, побудованого за принципом цифрового ділення еталонного сигналу, приведена на рис.1.3.



Рисунок 1.3 – Структурна схема ЦАП

Цифровий код з мікропроцесора надходить через комутатор на регістр, що запам'ятовує. Відповідно до прийнятого цифрового коду змінюється коефіцієнт передачі цифрового дільника по каналу "джерело опорної напруги – вихід ЦАП".

Для однозначного перетворення цифрового коду в аналоговий сигнал необхідно, щоб виконувалося таке рівняння:

$$U_{вих} = E_{ет} \cdot (\theta_1 \cdot 2^{-1} + \theta_2 \cdot 2^{-2} + \dots + \theta_n \cdot 2^{-n}),$$

де $E_{ет}$ – опорна напруга; $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ – цифровий код, у якому θ_i приймає значення "0" або "1", n – кількість розрядів цифрового коду.

The diagram illustrates a multi-bit DAC circuit. It features a ladder network of resistors with a total of $2n$ resistors, where n is the number of bits. The input voltage E_{er} is applied to the left end of the ladder. The ladder consists of a series of resistors R and shunt resistors $2R$. The shunt resistors are connected to comparators $\Pi C_n, \Pi C_{n-1}, \dots, \Pi C_k, \dots, \Pi C_2, \Pi C_1$. The comparators output digital signals $T_n, T_{n-1}, \dots, T_k, \dots, T_2, T_1$. The output of the ladder is connected to an operational amplifier (OA) through a resistor R_{22} , which produces the analog output voltage $U_{\text{вых}}$.

На перемикачі струму $ПС_1, ПС_2, \dots, ПС_n$ з відповідних розрядів $T_1, T_2, \dots, T_n$ регістра, що запам'ятовує, подаються одиничні або нульові рівні сигналів двійкового цифрового коду. При надходженні на $ПС_k$ одиничного сигналу T_k вихідний струм $I_{ет\ k}$ з резистора $2R$ подається через перемикач $ПС_k$ на сигнальний вхід вихідного масштабного операційного підсилювача. Якщо сигнал T_k має нульовий рівень, то струм $I_{ет\ k}$ проходить на землю. Струми $I_{ет\ 1}, I_{ет\ 2}, \dots, I_{ет\ n}$, які проходять через перемикачі струму на вхід підсилювача, визначаються за формулою:

де k – номер розряду перетворюваного коду;

$$I_{\text{er}1} = \frac{E_{\text{er}}}{2^n \cdot R}.$$
$$I_{\text{BX } y} = \sum_{k=1}^n \theta_k \cdot I_{\text{ET } k} = \sum_{k=1}^n \theta_k \cdot \frac{2^{-k} \cdot E_{\text{ET}}}{2^n \cdot R},$$

А вихідна напруга підсилювача $U_{\text{вих}}$ при $K_y \rightarrow \infty$ (K_y – коефіцієнт підсилювання розімкненого підсилювача) дорівнює:

де R_{33} – опір зворотного зв'язку підсилювача. При $R_{33}/2^n R=1$ останній вираз відповідає раніше наведеному рівнянню для $U_{вих}$.

Наведена схема ЦАП має ту перевагу, що струми $I_{\text{ет } 1}, I_{\text{ет } 2}, \dots, I_{\text{ет } n}$, які проходять через усі резистори дільника, практично не залежать від стану перемикачів $\text{ПС}_1, \text{ПС}_2, \dots, \text{ПС}_n$. Точність перетворення ЦАП визначається точністю еталонного джерела напруги, точністю виготовлення опорів і

точністю коефіцієнта підсилювання операційного підсилювача. Швидкодія – декілька кілогерців. Час одного перетворення 3,5 мкс.

Існує декілька схем аналого-цифрових перетворювачів, які відрізняються принципами будови та способами реалізації. АЦП порозрядного зрівноваження, рис.1.5а, використовує принцип загального зворотного зв'язку, коли вхідна вимірювальна напруга U_x врівноважується сумою еталонних напруг, що виробляє ЦАП. При цьому сумарна еталонна напруга наближується до вимірюваної величини U_x за траєкторією, що здійснює згасання коливань відносно U_x , рис.1.5б.

За сигналом “Пуск” генератор тактових сигналів ГТС генерує послідовність керуючих імпульсів, які переміщують за часом одиничний сигнал на виході регістра зсуву РГС. У результаті цього з'являється послідовність керуючих імпульсів $U_{y1}, U_{y2}, \dots, U_{y\ n+1}$. У першому такті імпульсом U_{y1} устанавлюється тригер ТГ₁ старшого розряду вихідного регістру РГ_{вих} у стан “1”, а решта тригерів (ТГ₂ ... ТГ_n) імпульсом U_{y1} скидається у “0”.

Тригер ТГ₁ через компаратор цифро-аналогового перетворювача подає вихідну напругу U_{k1} до пристрою, що порівнює ПП (нуль-органу). U_{k1} виробляється цифро-аналоговим перетворювачем, устанавленим у колі зворотного зв'язку АЦП. Ця напруга відповідає значенню старшого розряду вихідного регістра ЦАП $U_{k1} = U_{ет} \cdot \theta \cdot 2^{-1}$. Нуль-орган порівнює U_x і U_k .

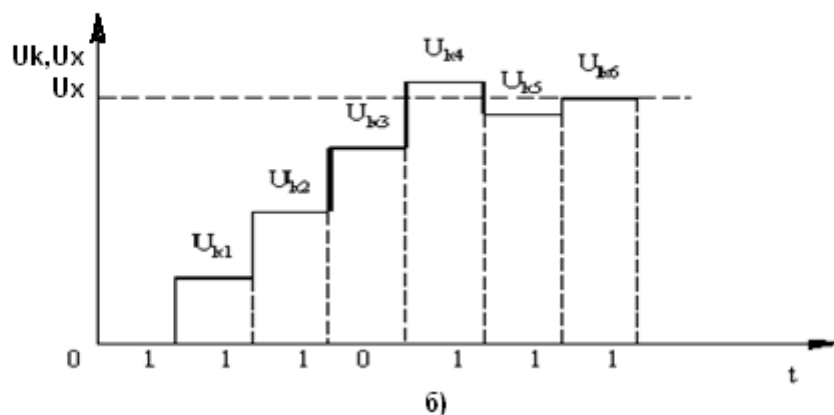
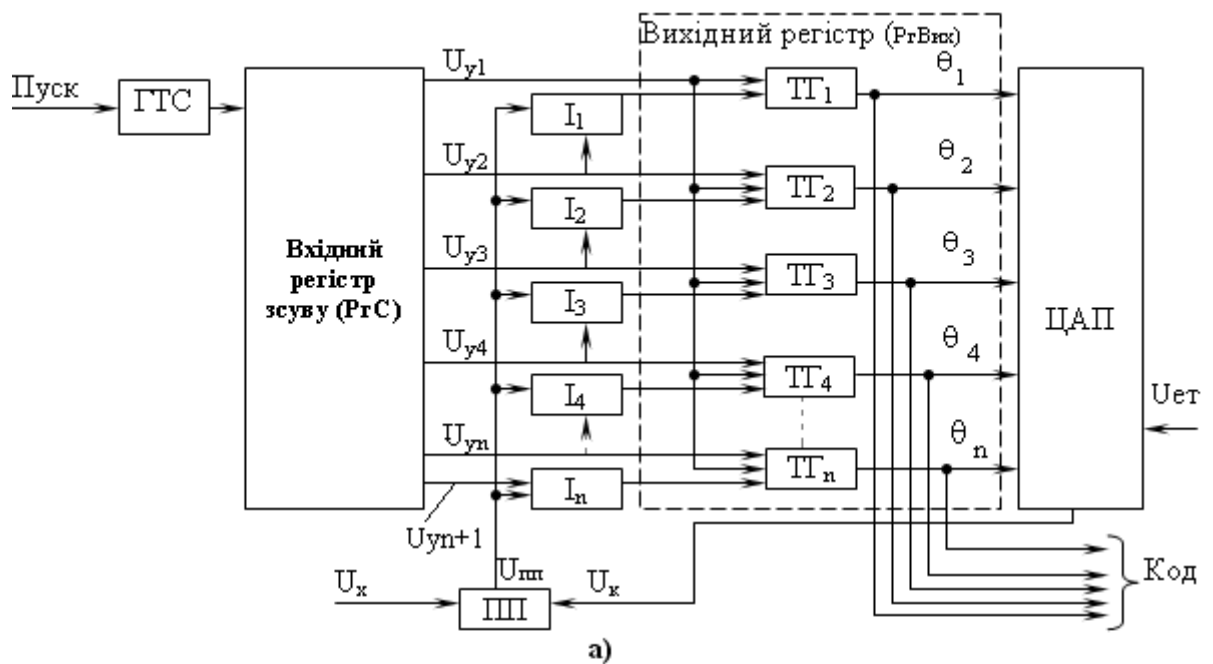


Рисунок 1.5 – АЦП порозрядного зрівноваження (а) і сумарна еталонна напруга (б)

Залежно від знаку різниці $\Delta U = U_x - U_k$, на виході ПП з'являється сигнал різного рівня. Якщо у першому такті $\Delta U < 0$, то на схемі збігу І з виходу ПП поступає сигнал високого рівня. Тоді в наступному такті імпульс U_{y2} з вхідного регістру зсуву проходить скрізь схему І₁ і скидає тригер ТГ₁ в стан "0", вимикаючи напругу U_{k1} від схеми порівняння. Якщо $\Delta U > 0$, то ТГ₁ залишається у стані "1" і напруга U_{k1} подається до ПП. У другому такті тригер ТГ₂ вихідного регістра імпульсом U_{y2} перекидається у стан "1" і подає до ПП додатково напругу $U_{ет} \cdot \theta \cdot 2^{-2}$. Таким чином, після двох тактів у ПП здійснюється порівняння вхідної напруги U_x з величиною $U_{k2} = U_{ет}(\theta_1 \cdot 2^{-1} + \theta_2 \cdot 2^{-2})$, де θ_1 і θ_2 відповідно вихідні сигнали ТГ₁ і ТГ₂, що дорівнюють "1" або "0".

Третій імпульс U_{y3} з вхідного регістра зсуву встановлює тригер ТГ₃ у стан "1". Якщо у другому такті величина $\Delta U = (U_x - U_{k2}) < 0$, то на виході ПП з'явиться сигнал $U_{пп}$ високого рівня. В наслідок цього через схему І₂ сигнал U_{y3} перекине тригер ТГ₂ у стан "0", який через комутатор вимкне від ПП напругу $U_{ет} \cdot 2^{-2}$. Якщо ж $(U_x - U_{k2}) > 0$, то сигнал $U_{пп}$ має низький рівень, а значить напруга $U_{ет} \cdot 2^{-2}$ залишиться. При цьому на вхід ПП з ЦАП буде подаватися компенсуюча напруга $U_{k3} = U_{ет} \cdot (\theta_1 \cdot 2^{-1} + \theta_2 \cdot 2^{-2} + \theta_3 \cdot 2^{-3})$, де $\theta_1, \theta_2, \theta_3$, відповідно, вихідні сигнали ТГ₁, ТГ₂ і ТГ₃, що дорівнюють "1".

Описаний процес "зрівняння та віднімання" здійснюється для всіх імпульсів $U_{y1}, \dots, U_{yn}$, що надходять з вхідного регістру зсуву, тобто стільки разів, скільки розрядів має вихідний код. Формування коду у молодшому розряді здійснюється імпульсом U_{yn+1} .

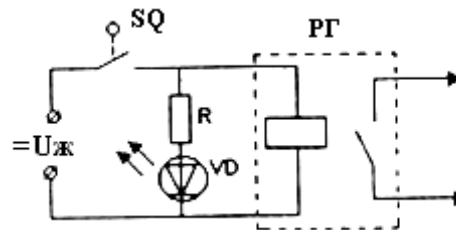
Код результату перетворення знімається з тригерів вихідного регістра РГ_{вих}. АЦП порозрядного зрівноваження з кількістю розрядів вихідного регістру $n=12$ має час одного перетворення $t_{пр}=130$ мкс, тобто у 1с виконується ≈ 7600 перетворювань аналогового сигналу в цифровий код. Точність роботи АЦП залежить від стабільності напруги $U_{ет}$, точності виготовлення резистивної матриці R-2R в ЦАП, точності нуля-органа в ПУ[12].

1.7 Пристрої гальванічного розв'язання електричних кіл контролера

Особливу увагу розробники ПЛК приділяють захисту інформації від впливу різноманітних перешкод, які можуть виникати під час експлуатації контролера в промислових умовах. Насамперед це схемотехнічні рішення, які дають змогу реалізувати надійне гальванічне розв'язання внутрішніх (низьковольтних і слабкострумових) електричних кіл контролера від зовнішніх (високовольтних та сильнострумових) електричних кіл об'єкта керування, які одночасно є джерелом потужних електричних та електромагнітних перешкод.

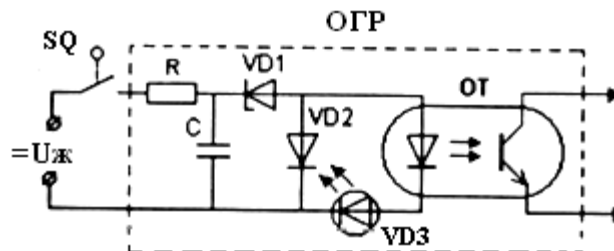
Для дискретних сигналів існує кілька варіантів технічної реалізації гальванічного розв'язання входів і виходів ПЛК.

Найпростішим і найдешевшим є релейний варіант гальванічного розв'язання входів, який виконаний за допомогою мініатюрних герконових реле (РГ), встановлених на платі модуля дискретних входів для кожного дискретного каналу окремо:



Живлення реле може здійснюватись через технологічний контакт SQ як постійним, так і змінним (через діод) струмом. Для індикації спрацювання входного сигналу паралельно обмотці реле можна приєднати світлодіод VD. Недоліком такої схеми є обмежений ресурс спрацювання герконового реле.

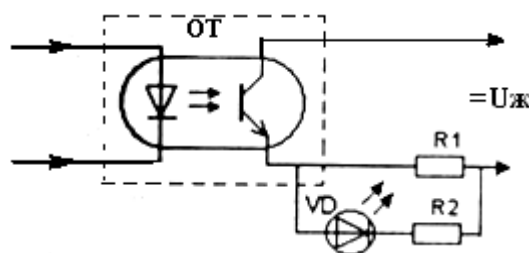
Найчастіше для входних ланок постійного струму використовують оптронне гальванічне розв'язання (ОГР):



Основним елементом цієї схеми є транзисторна або діодна оптопара (ОТ), яка складається із світлодіода (опромінювача) і фототранзистора або світлодіода. Резистор R обмежує вхідний струм оптрона (в межах 14-16 мА), стабілітрон VD1 встановлює поріг спрацювання вхідного кола по напрузі (що досить важливо при приєднанні до ПЛК безконтактних датчиків з великим рівнем залишкової напруги), VD2 забезпечує захист опромінювача оптопари і світлодіода VD3 у разі помилкового підключення полярності вхідного сигналу. R і C утворюють фільтр для захисту вхідної ланки від короточасних імпульсних перешкод.

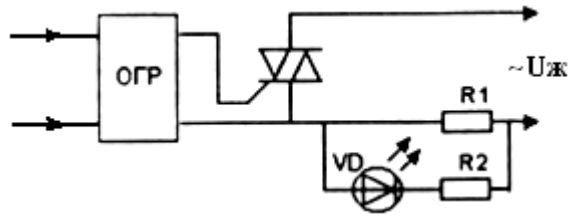
Для вхідних кіл змінного струму використовують таку саму схему але з введенням випрямляча змінного струму на постійний.

У вихідних колах постійного струму використовуються транзисторні оптопари, які виконують функції не тільки гальванічного розв'язання, а й підсилення сигналу:



Необхідно враховувати, що модулі дискретних виходів не «видають» дискретні сигнали, а комутують кола навантаження, які живляться від зовнішніх джерел живлення. Тому в технічних характеристиках дискретних виходів вказується струм, який може комутувати вихідний канал. У колах

змінного струму може використовуватись така сама схема, але доповнена симистором:



Більш складно вирішується питання гальванічного розв'язання аналогових входів-виходів. При цьому використовуються або трансформаторні схеми, або схеми послідовного перетворення аналогового сигналу у послідовність імпульсів з подальшим їх підрахунком і перетворенням на цифрову форму[3].

Велика різноманітність ПЛК на ринку сучасних засобів автоматизації ставить перед розробниками АСУ ТП завдання правильного вибору контролера, вирішенням якого є компроміс між вартістю, технічним рівнем, надійністю, комфортністю, витратами на сервісне обслуговування, повнотою програмного забезпечення та багато чим іншим [11,13].

Зазвичай при побудові систем управління, як основні характеристики, на підставі яких здійснюється вибір контролерів, використовуються п'ять узагальнених показників:

- характеристика центрального процесора;
- характеристика каналів вводу-виводу, що підтримуються контролерами;
- комунікаційні можливості;
- умови експлуатації;
- програмне забезпечення.

2.1 Характеристика центрального процесора

Центральні процесори характеризуються типом, розрядністю основної процесорної плати, робочою частотою, а також функціональними можливостями, основними з яких є:

- кількість шасі, які можуть входити до складу ПЛК;
- кількість входів-виходів, які може обробити контролер;
- наявність функції ПІД-регулювання та спеціальних модулів (лічильники, модулі вимірювання ваги та ін.);
- кількість і типи мереж, до яких може приєднуватись ПЛК;
- підтримка математики з плаваючою комою.

В значній мірі всі ці характеристики і можливості забезпечуються об'ємом і видом пам'яті (ОЗП (RAM), ПЗП (ROM), СППЗП (EPROM), ЕСППЗП (EEPROM), флеш (Flash)), яку мають процесори.

Оперативний запам'ятовуючий пристрій – ОЗП або RAM (random access memory - пам'ять з довільним доступом) є типом пам'яті, яка дозволяє читання і запис у будь-яку комірку без попереднього пошуку. У контролерах цей тип пам'яті використовується для зберігання програм і значень технологічних

параметрів (даних). ОЗП втрачає інформацію при вимкненні живлення, проте існують "незалежні" модулі ОЗП, що містять вбудоване джерело автономного живлення.

Залежно від способу, який використовується для зберігання інформації, всі ОЗП можна поділити на статичні (SRAM) і динамічні (DRAM). У статичних ОЗП елементом зберігання інформації є тригер, а у динамічних - конденсатор. Час доступу у мікросхемах DRAM становить 60–100 нс, а у мікросхемах SRAM –10-15нс. Але пам'ять SRAM коштує значно більше, тому для зберігання великих обсягів інформації використовують DRAM, а як швидкодіючу пам'ять обмеженого обсягу – SRAM.

Постійний запам'ятовуючий пристрій ПЗП або ROM (Read Only Memory - пам'ять тільки для читання) уявляється як масив адресованих комірок (матриця). Кожна комірка пам'яті може кодувати одиницю інформації. Дані на ROM записуються при її виготовленні шляхом нанесення на матриці алюмінієвих сполучних доріжок літографічним способом. Наявність або відсутність у відповідному місці такої доріжки кодується "1" або "0".

У контролерах пам'ять типу ПЗП використовується для зберігання програм користувача. Даний тип пам'яті не набув широкого поширення у зв'язку з тим, що сучасне програмне забезпечення часто має багато недоробок і вимагає оновлення, тоді як виробничий цикл виготовлення пам'яті достатньо тривалий (4-8 тижнів).

Перепрограмований постійний запам'ятовуючий пристрій зі стиранням записаної інформації (СППЗП) або EPROM (Erasable Programmable ROM), перепрограмований постійний запам'ятовуючий пристрій з електричним стиранням запису ЕСППЗП або EEPROM (Electrically EPROM), а також Flash (флеш-пам'ять) відносяться до класу незалежної перезаписуваної пам'яті (англійський еквівалент - nonvolatile read-write memory або NVRWM).

В EPROM перед записом необхідно здійснити стирання (для отримання можливості перезаписувати вміст пам'яті). Стирання комірок EPROM виконується відразу для всієї мікросхеми за допомогою опромінювання чипа ультрафіолетовим або рентгенівським промінням протягом декількох хвилин.

Коли відбувається стирання інформації в EPROM, усі біти області пам'яті переводяться в один стан (звичайно в одиницю, рідше - в нуль). Запис на EPROM здійснюється за допомогою програматорів. Великою перевагою такої пам'яті є можливість перезаписувати вміст мікросхеми.

EEPROM розроблена у 1979 році в компанії Intel. Головною відмінністю EEPROM (у т.ч. і Flash) від інших типів незалежної пам'яті є можливість перепрограмування при підключенні до стандартної системної шини мікропроцесорного пристрою. В EEPROM стирання окремої комірки здійснюється за допомогою електричного струму. Відбувається стирання автоматично при запису в комірку нової інформації, тобто можна змінити дані в будь-якій комірці, не зачіпаючи інші. Процедура стирання набагато триваліше процедури запису.

EEPROM в порівнянні з EPROM має збільшений ресурс роботи, простіша у використанні, але характеризується більш високою вартістю. У контролерах цей тип пам'яті використовується як для зберігання програм, так і для зберігання даних.

Flash (повна назва - Flash Erase EEPROM) вперше була розроблена компанією Toshiba у 1984 році, і вже наступного року розпочалось виробництво мікросхем flash-пам'яті у промислових масштабах. У 1988 році компанія Intel розробила власний варіант флеш-пам'яті.

У флеш-пам'яті використовується дещо відмінний від EEPROM тип комірки-транзистора. Технологічно флеш-пам'ять споріднена як з EPROM, так і з EEPROM. Основна відмінність флеш-пам'яті від EEPROM полягає у тому, що стирання вмісту комірок виконується або для всієї мікросхеми, або для певного блока (кластера, кадру або сторінки). Звичайний розмір такого блока складає 256 або 512 байт, проте в деяких видах флеш-пам'яті об'єм блока може досягати 256 Кбайт. Існують мікросхеми, що дозволяють працювати з блоками різних розмірів (для оптимізації швидкодії). Стирати можна як блок, так і вміст всієї мікросхеми відразу.

Флеш-пам'ять іноді називають "флеш-дискон" тому що вона допускає багаторазовий (до 1 млн. циклів) перезапис даних і по суті виконує функції, які раніше виконували накопичувачі на жорстких та гнучких магнітних дисках. Конструктивно "флеш-пам'ять" це мікросхема або твердотільна картка, яка не має ніяких рухомих частин. Тому швидкість зчитування даних з флеш-пам'яті перебуває у межах 1-5 Мбайт за секунду. І хоча до останнього часу флеш-пам'ять як ОЗП не використовується, у зв'язку зі збільшенням її випуску і зменшенням ціни можна очікувати, що у майбутньому мікросхеми DRAM у ОЗП, можуть поступитися місцем мікросхемам або карткам флеш-пам'яті[13].

2.2 Характеристика каналів вводу-виводу

Характеристика каналів вводу-виводу, що обслуговуються центральним процесором, найчастіше є визначальною при виборі контролерів. При цьому, важливою є не тільки кількість каналів, а і різноманітність модулів вводу-виводу за кількістю і рівнем комутованих сигналів (струм/напруга), способи підключення зовнішніх кіл до модулів вводу-виводу, кількість каналів локального, віддаленого і розподіленого вводу-виводу.

Більшість фірм-виробників поставляють на ринок засобів і систем автоматизації сімейства контролерів, кожне з яких розраховане на певний набір виконуваних функцій і об'єм оброблюваної інформації. Серед них є контролери невеликої обчислювальної потужності (мікро), що призначені для управління простими об'єктами і, які здатні підтримувати максимум декілька десятків вводів-виводів, в основному, дискретних. До таких ПЛК відносяться, наприклад, контролери сімейства MicroLogix (Allen-Bradley), LOGO (Siemens), Nano (Schneider Electric), Durus (GE Fanuc).

Сімейства малих контролерів здатні підтримувати вже сотні вводів-виводів, виконувати складніші функції. Ці контролери мають достатньо розвинений аналоговий ввід-вивід, виконують операції з плаваючою комою і функції ПІД-регулювання. До цієї групи контролерів можна віднести SLC 500 (Allen-Bradley), Simatic S7-200 (Siemens), Twido (Schneider Electric), Fanuc 90-30 (GE Fanuc).

Контролери середньої потужності, маючі достатню пам'ять і швидкодію, можуть обробляти вже тисячі змінних дискретного, аналогового і швидкісного

типу. Це контролери PLC-5 (Allen-Bradley), Premium (Schneider Electric), CJ1 (Omron), Simatic S7-300 (Siemens) та ін.

Деякі крупні фірми випускають клас контролерів дуже високої обчислювальної потужності, які мають пам'ять, що вимірюється мегабайтами і десятками мегабайтів. Їх здатність обробляти десятки тисяч змінних визначила одну з областей застосування – у якості концентраторів інформації, що одержується від локальних контролерів. Обчислювальні можливості цього класу контролерів дозволяють реалізовувати складні алгоритми (адаптивне, оптимальне управління), що використовуються при автоматизації безперервних технологічних процесів. Найяскравішими представниками цієї групи контролерів є ControlLogix (Allen-Bradley), Simatic S7-400 (Siemens), PACSystems RX7i (GE Fanuc), Quantum (Schneider Electric).

Як закордонні, так і вітчизняні виробники контролерів комплектують свої вироби широкою гаммою модулів дискретного і аналогового вводу-виводу. По кількості сигналів, що обробляються, модулі розрізняють на 2-, 4-, 8-, 16-, 32- і 64-канальні. Така різноманітність модулів полегшує підбір необхідної конфігурації контролера і дозволяє мінімізувати вартість технічних засобів.

Сигнали, що комутуються модулями дискретного вводу-виводу, можуть мати різний рівень напруги. Серед них 12, 24 і 48 В постійного струму, а також 120 і 240 В змінного струму.

Рівні сигналів, що комутуються модулями аналогового вводу-виводу, можуть бути – 0-5В, 0-10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$ по напрузі і 0-20мА, 4-20мА по струму. Серед модулів вводу-виводу є модулі, які призначені спеціально для роботи з термopарами і термометрами опору різних градувань.

Розрізняються модулі вводу-виводу і за способом підключення зовнішніх кіл. До одних модулів зовнішні кола приєднуються за допомогою клем з гвинтовими затисками. Інші виробники пропонують системи вводу-виводу, в яких зовнішні низьковольтні кола підключаються за допомогою пружинних затисків.

Розповсюджене також приєднання зовнішніх кіл до модулів вводу-виводу через знімні термінальні блоки або фронтальні з'єднувачі. Це дозволяє здійснювати заміну модулів без демонтажу зовнішніх проводів.

На лицевій панелі дискретних модулів вводу-виводу можуть бути розташовані світлодіоди індикації стану їх каналів[13].

2.3 Конфігурація ввідів-виводів

Однією з найважливіших характеристик контролерів є їх здатність підтримувати локальний, розширений, віддалений і розподілений ввід-вивід.

При локальному ввіді-виводі модулі розміщуються безпосередньо на тому самому шасі, на якому встановлений центральний процесор. Оскільки кількість слотів в шасі обмежена, то і кількість локальних ввідів-виводів також обмежена. Перевага локального вводу-виводу полягає у тому, що вони мають високу швидкість оновлення даних, оскільки взаємодіють з центральним процесором напряму.

Для підтримки більшої кількості змінних багато контролерів мають можливість розширення локального вводу-виводу за допомогою виносних шасі.

Ці шасі розширення з розміщеними в них модулями вводу-виводу з'єднуються між собою спеціальним коротким кабелем і можуть бути віднесені максимум на декілька десятків метрів від центрального процесора. Деякі комплекси контролерів здатні підтримувати одне-два шасі розширення, інші – десятки шасі з дуже великою кількістю модулів вводу-виводу.

Наприклад, для збільшення кількості модулів в контролерах CS1 (Omron) використовуються панелі розширення, які приєднуються до базової панелі за допомогою кабелів довжиною – 0,3 м, 0,7 м, 2 м, 3 м, 5 м, 10 м, 12 м. Загальна протяжність з'єднувальних кабелів між панелями розширення не повинна перевищувати 50 м. До однієї панелі центрального процесора може бути приєднано до семи панелей розширення, що дозволяє довести загальну кількість модулів вводу-виводу в системі до 80.

Віддалений ввід-вивід застосовується для систем, в яких є велика кількість датчиків і інших польових пристроїв, що знаходяться на достатньо великій відстані (1000 і більше метрів) від центрального процесора. Такий підхід дозволяє зменшити вартість кабелів, що з'єднують датчики і виконавчі пристрої з контролерами, за рахунок того, що модулі вводу-виводу розміщуються поблизу польових пристроїв.

Виробники апаратних засобів автоматизації розв'язують проблему віддаленого вводу-виводу по-різному. Підтримка віддаленого вводу-виводу може здійснюватися за допомогою модулів, які називаються "віддалений провідний" і "віддалений підпорядкований". Провідний модуль розташовується в локальному каркасі контролера і з'єднується кабелем з "віддаленим підпорядкованим", який знаходиться у віддаленому каркасі (наприклад, контролер Quantum компанії Schneider Electric). Один провідний модуль може підтримувати 32, 64, 125 підпорядкованих. Таким чином, системи управління, що побудовані за технологією віддаленого вводу-виводу, здатні обробляти тисячі параметрів.

Інше рішення організації віддаленого вводу-виводу забезпечується вбудованим в процесор портом, що виконує роль "майстра", як це відбувається в контролерах PLC-5 фірми Allen-Bradley.

Розподілений ввід-вивід є різновидом віддаленого, з тією лише різницею, що кількість параметрів, яку потрібно обробляти, не велика (від декількох параметрів до десятків). Тому рішення із застосуванням каркасів віддаленого вводу-виводу, які розраховані на достатньо велику кількість параметрів, може виявитися досить дорогим. У зв'язку з цим деякі фірми пропонують спеціалізовані рішення для реалізації розподіленої системи. Наприклад, контролери серії Modicon TSX Quantum компанії Schneider Electric можуть приєднуватися до трьох мереж розподіленого вводу-виводу. Одна мережа реалізується через порт Modbus Plus, що є на ЦПУ, а дві інші - за допомогою додаткових модулів інтерфейсного зв'язку NOM, які мають порти Modbus і Modbus Plus та забезпечують розширені можливості зв'язку для системи Quantum.

Для реалізації віддаленого і розподіленого вводу-виводу деякі виробники контролерів пропонують так звані системи децентралізованої периферії - SIMATIC ET 200 (Siemens), Genius і Field Control (GE Fanuc), Momentum (Schneider Electric), у складі яких є процесорні модулі, адаптери зв'язку і модулі

вводу-виводу. Процесорні модулі по спеціальним каналам забезпечують безперешкодний обмін інформацією між периферією, яку вони контролюють, і ЦПУ контролера розташованого у центральному пункті