

ПРОГРАМОВАНІ ЛОГІЧНІ КОНТРОЛЕРИ

- 1 Місце програмованого контролера в АСУ підприємства
- 2 Термінологія технічних засобів
- 3 Структура ПЛК
- 4 Операційна система ПЛК
- 5 Класифікація ПЛК

Ключові слова: структура управління підприємством, термінологія технічних засобів, організація взаємозв'язку, структура ПЛК, класифікація ПЛК.

1. Місце програмованого контролера в АСУ підприємства

Фахівці з комплексної автоматизації підприємств дотримуються 5-рівневої структури при побудові індустріальних систем (рис. 11.1):

- 1 - Системи планування ресурсів підприємства ERP (Enterprise Resource Planning);
- 2 – Системи виконання виробництва MES (Manufacturing Execution Systems);
- 3 - Станції оперативного технічного персоналу MMI (Men-Maching Interface);
- 4 - Засоби локального управління (Control);

5 - Датчики і виконавчі пристрої I / O (Input / Output).

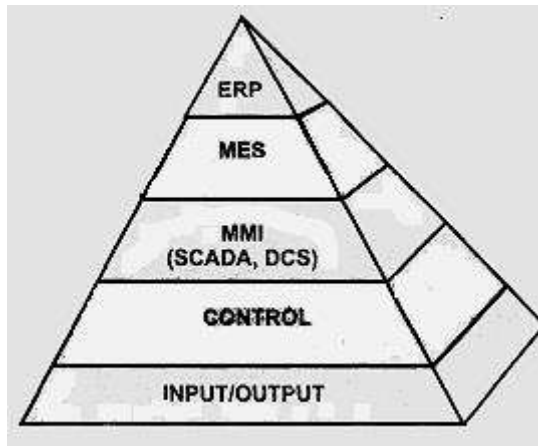


Рис. 11.1 Піраміда комплексної автоматизації підприємства

На рівні ERP здійснюються розрахунок і аналіз фінансово-економічних показників, вирішуються адміністративні та логістичні завдання; на рівні MES - завдання управління якістю продукції, планування і контролю послідовності операцій технологічного процесу, управління виробничими і людськими ресурсами в рамках технологічного процесу, технічного обслуговування виробничого обладнання.

Згідно з раніше прийнятою термінологією ці два рівня відносяться до завдань АСУП (автоматизовані системи управління підприємством). Технічні засоби, за допомогою яких вирішуються завдання рівнів ERP і MES - персональні комп'ютери і робочі станції.

На наступних трьох рівнях вирішуються завдання, які відносяться до класу АСУТП (автоматизовані системи управління технологічними процесами).

Рівень I/O представлений датчиками і виконавчими механізмами.

Рівень Control займають пристрої під загальною назвою програмовані контролери (ПК). Умовно завдання, які вирішуються контролерами на цьому рівні можна розділити на дві групи:

- локальне управління об'єктом (наприклад, підтримання температури на заданому рівні);
- збір даних (наприклад, опитування декількох датчиків температури і передача повідомлення про параметри в цифровому вигляді системі верхнього рівня).

На практиці часто зустрічається поєднання цих двох типів завдань. Протягом останніх 30 років технічними засобами рівня Control служили програмовані логічні контролери (ПЛК). Однак в даний час на рівні Control

розгорнута жорстка конкуренція між ПЛК з універсальними програмованими контролерами, оснащеними пристроями сполучення з об'єктами (ПСО). На рівні MMI здійснюється оперативне управління технологічним процесом, приймаються тактичні рішення, спрямовані на підтримку стабільності процесу, вирішуються завдання двосторонньої зв'язку оператор – технологічний процес. За способом організації взаємозв'язків між рівнями MES, MMI і Control системи MMI поділяють на дві групи:

- SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition);
- DCS (Distributed Control System).

Провідні виробники програмованих логічних контролерів (фірми Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi, AEG Modicon) орієнтуються на використання своєї продукції в системах типу SCADA, структурна схема якої наведена на рис 11.2. Системи SCADA зазвичай мають серверну структуру. Виділений вузол здійснює збір інформації від контролерів, її обробку та передачу контролерам, що управляють. Цей же вузол може виконувати функції операторської станції або бути її сервером. Технічними засобами, на основі яких реалізують операторські станції, служать промислові комп'ютери.

Однак в ряді випадків економічно доцільно об'єднати функції управління і MMI інтерфейсу на основі єдиних апаратних засобів, і тоді неминуче доведеться вибирати між промисловим комп'ютером і програмованим логічним контролером.

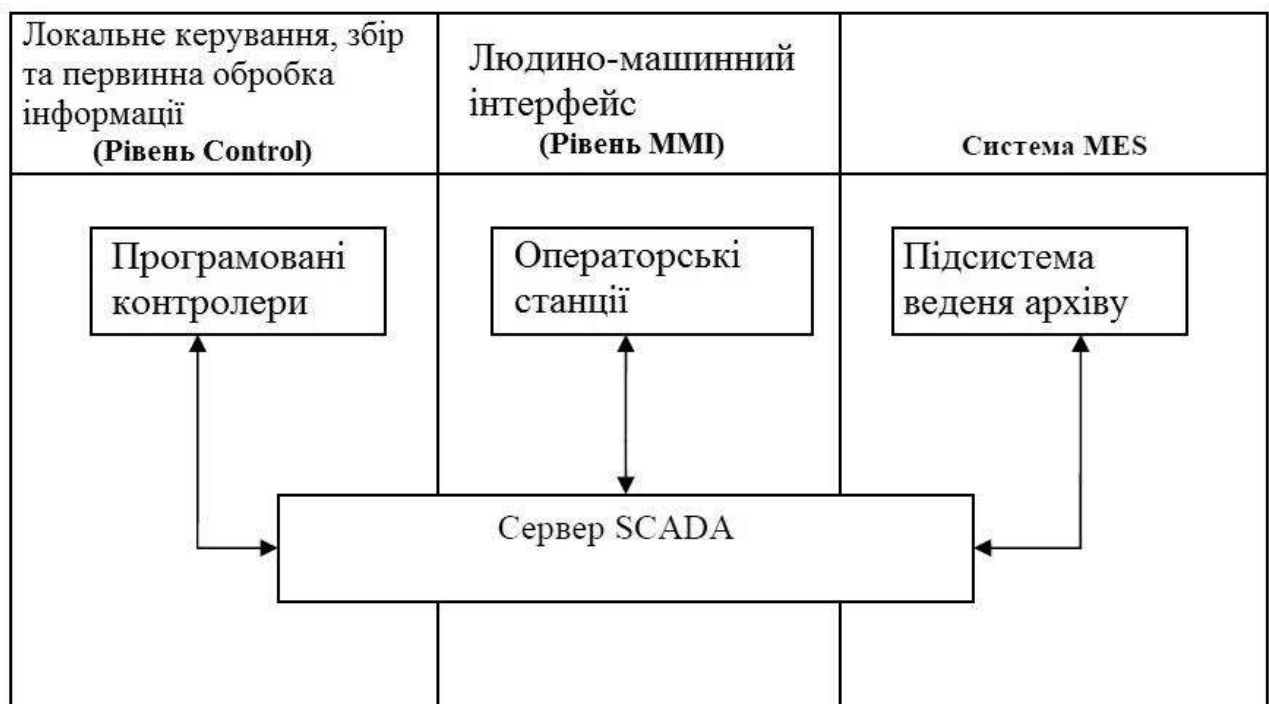


Рис. 11.2 Узагальнена структура системи типу SCADA

Таким чином, сучасні ПЛК можуть використовуватися в якості технічного засобу відразу на двох рівнях «піраміди», і на кожному з них вони відчують все більш серйозну конкуренцію з боку засобів, програмно сумісних з персональними комп'ютерами загального призначення.

Перш, ніж звернутися до класифікації програмованих контролерів, поглянемо ще раз на піраміду комплексної автоматизації (див. рис.11.1) і відзначимо два важливі аспекти:

1. Рух від основи піраміди до її вершини супроводжується значним ускладненням апаратних засобів і програмного забезпечення, потрібних для реалізації завдань кожного рівня;
2. Число одиниць технічних засобів, що використовуються на верхньому і нижньому рівнях, несумісні. Наймасовішими виробами засобів автоматизації є датчики, виконавчі пристрої і програмовані контролери.

11.2. Термінологія технічних засобів

Функціональне визначення програмованого контролера об'єднує (як мінімум) чотири класи технічних засобів автоматизації:

- промисловий комп'ютер;
- програмований (іноді промисловий) контролер;
- програмований логічний контролер;
- контролер збору даних ПСО в розподілених системах.

Найчастіше додаткову плутанину в термінологію вносить скорочення ПК, яке одночасно позначає і промисловий комп'ютер, і програмований контролер, а іноді (по неакуратності використання термінології) і програмований логічний контролер. Однак, використання однієї аббревіатури ПК для всіх цих засобів не випадково, оскільки вони мають однакові особливості:

- засоби виконані на основі мікропроцесорної елементної бази і є мікропроцесорними системами;
- засоби, що вже мають в своєму складі (або можуть бути легко дооснащені) пристроями сполучення з об'єктом (ПСО), які виконують функції гальванічної розв'язки джерел дискретного, аналогового сигналів, кінцевого силового обладнання та пристроїв введення/виводу контролера, приведення границь шкали безперервного сигналу до стандартного діапазону вимірювального каналу, попередньої низькочастотної фільтрації;

- засоби, що мають конструктивне спеціальне виконання - розміщення плат на спеціальних шасі, покриття плат спеціальними сумішами, застосування пілота вологонепроникних корпусів, розрахованих на надмірний внутрішній тиск і т. д. Всі ці заходи забезпечують працездатність з високою надійністю в умовах підвищеного рівня електромагнітних завад, впливу агресивного хімічного середовища, вібраціях, віддаленого розташування об'єкта від засобу управління.

Границі між засобами в значній мірі розмиті. Однак описати функціональні відмінні риси кожного типу засобів можливо.

11.2.1. Промисловий комп'ютер. В даний час – це WINDOWS сумісний комп'ютер в промисловому виконанні. У ньому присутній повний набір засобів MMI, але дисплеї, клавіатури, вінчестери, теж мають спеціальне виконання. Часто зустрічається щитовий варіант виконання.

11.2.2. Універсальний програмований контролер – це мікропроцесорна система, потужність якої практично не відрізняється від потужності промислового комп'ютера. Однак якщо для останнього однією з основних була функція MMI, то контролер орієнтований в основному на роботу в якості локального вузла збору та передачі даних в розподілені мережі в реальному масштабі часу або на локальне управління об'єктом. Промислові контролери часто оснащені аналоговими і дискретними адаптерами введення / виведення подібно до ПЛК. Останнім часом під промисловим контролером все частіше розуміють WINDOWS сумісні платформи типу microPC і PC 104, хоча це і не обов'язково.

З функціональної точки зору виробу цих двох класів об'єднує важлива особливість - відкрите програмне забезпечення. У ці виробу може бути завантажено будь програмне забезпечення, яке працює під управлінням операційного середовища WINDOWS або спеціальних операційних систем (ОС) реального часу, програма управління може бути написана на мовах високого рівня загального застосування. Ця особливість є надзвичайно привабливою.

11.2.3 Програмований логічний контролер – це мікропроцесорна система спеціального призначення з проблемно орієнтованим програмним забезпеченням для реалізації алгоритмів логічного управління і / або замкнених систем автоматичного управління в сфері промислової автоматики. ПЛК відрізняються від спеціалізованих вбудованих мікропроцесорних контролерів універсальністю структури та інваріантністю по відношенню до об'єкта управління в межах вказаного класу задач.

11.2.4 Контролер збору даних являє собою мікропроцесорну систему, призначену тільки для збору інформації. Ці контролери виконують функції перетворення сигналів групи первинних датчиків в цифровий код, і передачі отриманих даних пристрою верхнього рівня, використовуючи будь-який із протоколів локальних промислових мереж. Програмне забезпечення двох останніх типів систем не є відкритим.

11.3. Структура ПЛК

Перші ПЛК з'явилися в 1967 р. і були призначені для локальної автоматизації найбільш часто вживаних в промисловості технологічних завдань, які описувалися переважно логічними рівняннями. ПЛК з успіхом замінили блоки релейної автоматики і пристрої жорсткої логіки на інтегральних мікросхемах малої і середньої ступені інтеграції. Звідси і назва - програмований логічний контролер, або Programmable Logic Controller (PLC).

Апаратні засоби, програмне забезпечення та конструктивне виконання ПЛК повинні задовільняти наступним вимогам:

- універсальна структура виробу, яка дозволяє звести кожен нову розробку до вибору серед існуючих апаратних засобів і розробці нової керуючої програми;
- висока надійність;
- зручність обслуговування і експлуатації;
- просте програмування і перепрограмування пристрою (можливе не фахівцем в області комп'ютерної техніки);
- стандартизація входів і виходів для безпосереднього підключення датчиків і виконавчих пристроїв;
- менші габарити і енергоспоживання, ніж у аналогічних блоків релейної автоматики і жорсткої логіки;
- конкурентоспроможність за вартістю зі схемами на основі релейної техніки, жорсткої напівпровідникової логіки, можливість обміну інформацією з системою управління верхнього рівня.

Тридцятирічний досвід технічного розвитку та експлуатації привів до виділення ПЛК в окремий клас мікропроцесорних систем.

ПЛК є довершеною формою мікропроцесорних засобів, які характеризуються оригінальною архітектурою і спеціальним програмним забезпеченням. Реалізовані рішення в області апаратних і програмних засобів мають на меті забезпечення максимально можливого рівня надійності при

роботі в промислових умовах експлуатації. Весь комплекс цих рішень можна поділити на такі функціональні групи:

- спеціальна архітектура центрального процесора ПЛК;
- використання різних способів резервування;
- використання програмних методів захисту інформації;
- спеціальна схемотехніка ПСО;
- організація спеціальних швидкодіючих магістралей зв'язку з віддаленими ПСО;
- спеціальне конструктивне виконання.

Структура ПЛК, підключеного до об'єкта управління, показана на рис. 11.3. Центральний процесор (CPU) включає власне мікропроцесор, пам'ять програм і пам'ять даних, формувачі магістралі сполучення з локальними модулями введення / виведення, адаптери зв'язку з віддаленими модулями ПСО, адаптери зв'язку з периферійним сервісним обладнанням (пульт оператора, дисплеї, принтер). Локальними модулями ПСО називають модулі, конструктивно розташовані в одному крейті з платами ЦП і пам'яті ПЛК.

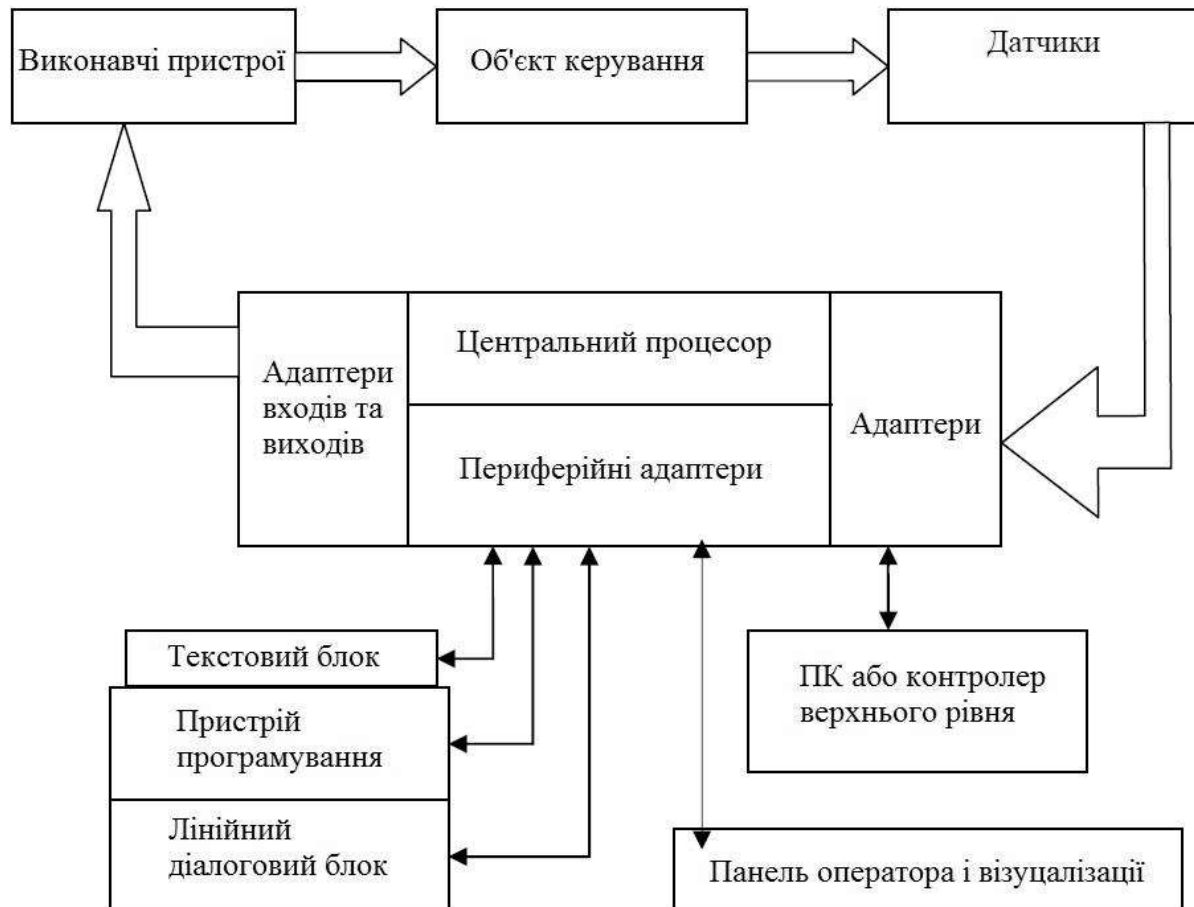


Рис 11.3 Програмований логічний контролер в системі управління

Центральний процесор (ЦП) ПЛК має такі особливості:

- пам'ять програм і пам'ять даних ПЛК розділені не тільки логічно, а й фізично. Спеціалізація центральної пам'яті ЦП є відмінною рисою ПЛК, причому область пам'яті вихідних змінних обов'язково виконана незалежно з метою підтримки стану об'єкта при відключенні живлення;
- в ЦП ПЛК вбудовуються апаратні пристрої контролю адресного простору, які можуть бути різними, в залежності від структури блоків пам'яті ПЛК;
- при побудові ЦП використовуються методи структурного резервування складових елементів (наприклад, ЦП може включати два обробних блоки, які об'єднані між собою блоками прийняття рішень; при цьому сигнали вихідних впливів формуються тільки в разі, коли вони однакові для обох блоків; структура, що відмовила виявляється за допомогою вбудованих тестових програм);
- кілька сторожових таймерів, що входять до складу ЦП ПЛК, контролюють чітко визначений час виконання одного циклу керуючої програми і окремих її частин;
- ЦП середніх і потужних ПЛК часто виконані багатопроцесорними, причому розподіл завдань між окремими процесорами обумовлено типовими алгоритмами функціонування ПЛК, а способи передачі інформації між процесорами підкоряються жорсткій вимозі реалізації програми управління об'єктом за строго визначений часовий інтервал.

Інтерфейс між датчиками, виконавчими пристроями, і ЦП ПЛК забезпечується спеціальними електронними модулями введення / виведення (адаптерами). У зв'язку з тим, що ПЛК орієнтовані на роботу в промислових умовах, особлива увага приділяється схемотехніці і конструкції завадостійких дискретних входів/виходів.

Крім власне прийому інформації, адаптери дискретних входів виконують попередню обробку сигналу, виділення корисного сигналу з багатого на перешкоди, реалізують розв'язку сигналів з різними рівнями потужності. Рівні постійних і змінних напруг вхідного дискретного сигналу стандартизовані: = 24 В, -130 В, -240 В. Адаптери дискретних виходів повинні, крім гальванічної розв'язки, забезпечувати певну потужність сигналу, необхідну для управління виконавчим пристроєм. Стандартні параметри виходів наступні: постійна напруга 24 В, змінна напруга 130 В і 240 В при силі струму до 10 А. Вихідним пристроєм можуть бути біполярні та польові транзистори, реле, тріод, тиристор. Гальванічна розв'язка забезпечується розділяючим трансформатором на змінному струмі або оптронами на постійному струмі.

ПЛК безперервно розвивалися в бік ускладнення. Поступово, не змінюючи назви, вони стали виконувати функції регулювання. У складі ПЛК з'явилися адаптери введення аналогових сигналів, що містять АЦП, і адаптери виведення аналогових сигналів на основі ЦАП. Система команд ПЛК поповнилася командами обробки двійкових кодів, ПЛК стали виконувати операції порівняння і алгебраїчні обчислення. Чим ж відрізняється виконання цих дій в ПЛК і в універсальному мікропроцесорному контролері або промисловому комп'ютері?

11.4. Операційна система ПЛК

Пам'ять програм ПЛК складається з двох сегментів. Перший сегмент - незмінна частина, яка містить ОС ПЛК. По суті, це - інтерпретатор інструкцій програми користувача, які розміщуються в другому сегменті пам'яті - сегменті програми управління. Другий сегмент - це змінна частина програми. Вона заноситься на етапі адаптації серійного виробу для управління конкретним об'єктом.

ПЛК відрізняється циклічним характером роботи. кожен цикл виконання програми управління включає чотири етапи (рис 11.5).

На першому етапі відбувається тестування апаратури ЦП. Якщо тест дає задовільні результати, проводиться запуск циклу. На другому етапі здійснюється опитування всіх вхідних змінних і запам'ятовування їх стану в спеціальній області оперативної пам'яті даних, званої РІІ (Process Input Image - образ стану вхідних змінних). На третьому етапі ЦП виробляє обчислення логічних виразів, що складають програму користувача, використовуючи в якості аргументів стан вхідних образів і внутрішні змінні.

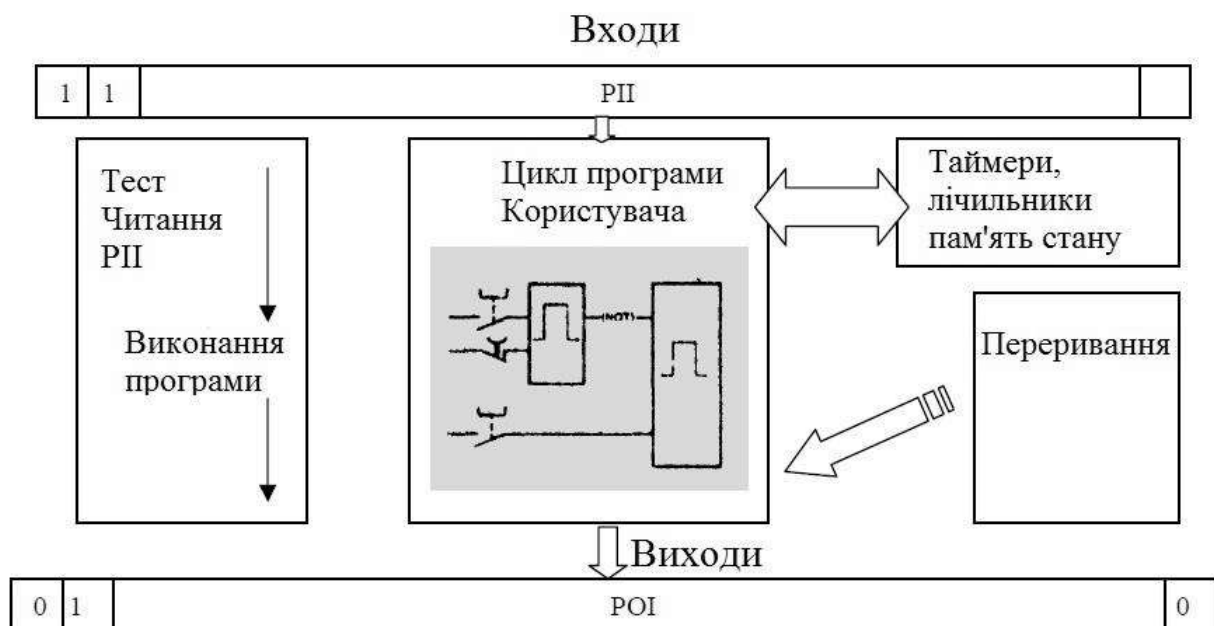


Рис 11.5 Діаграма роботи ПЛК SIMATIC S7-200 / 300/400

Останні використовуються для позначення режимів роботи системи, а також відображають стан програмно-модельованих таймерів і лічильників. Результатом виконання програми є значення вихідних змінних і нові значення внутрішніх змінних. ЦП записує вихідні змінні в іншу спеціальну область пам'яті даних, звану POI (Process Output Image - образ стану вихідних змінних).

Одночасно ЦП управляє лічильниками, таймерами і позначає нові режими роботи системи установкою або скиданням бітів станів в пам'яті. На четвертому етапі слово вихідних впливів видається (всі розряди одночасно) з POI в порти виведення і надходить на входи адаптерів вихідних сигналів. Далі цикл роботи ПЛК відтворюється знову.

Така організація роботи ПЛК (по суті це – найпростіша операційна система) має такі переваги:

1. Час реакції програми управління на зміну вхідних сигналів строго визначено. У класифікації ОС обчислювальних засобів таку систему називають ОС реального часу з жорстким режимом роботи. Саме такі вимоги пред'являються до обчислювальних засобів для автоматизації технологічних процесів, незалежно від апаратної платформи, на основі якої вони реалізовані.
2. Неможливість внесення змін в інтерпретатор інструкцій гарантує виключення помилок програмування апаратних засобів на нижньому рівні. В цьому випадку необхідність вивчення структури і особливостей виконання апаратних засобів повністю відпадає. Не випадково при описі ПЛК ніколи не конкретизується, на якій елементній базі (тип мікропроцесора) виконаний ПЛК, так як це несуттєво.
3. Інтерпретатор інструкцій містить апаратно орієнтовані алгоритми програмного захисту від збоїв апаратури. Використовуються методи надлишкового кодування, багаторазового опитування з мажоритарною логікою визначення значення вхідної або вихідної змінної, вибірки аналогових сигналів з читанням прямого і додаткового кодів, записи в вихідні пристрої з ефектом «відлуння» і т.д. Ці методи, залишаючись практично непомітними для користувача, значно підвищують надійність системи.
4. Одночасна фіксація всіх вхідних дискретних змінних на апаратному рівні з подальшим аналізом копії їх стану в ОЗУ і одночасна видача вихідних значень на адаптери виходів виключає ефект «нестійкості» програми управління через зміни вхідних сигналів в процесі виконання програми.

Розглянута модель функціонування ПЛК пояснює, чому швидкодію ПЛК прийнято оцінювати еквівалентним часом «опитування» 1024 (ІК) дискретних входів. Зазвичай вказується час виконання одного циклу програми середньої

складності для ІК дискретних входів, включаючи етапи читання РІ і завантаження даних з РОІ в буфери. У деяких випадках може бути вказано еквівалентний час опитування одного входу. Слід чітко уявляти, що останнє залежить від швидкодії ЦП, але воно завжди перевищує час виконання однієї бітової інструкції мікроконтролером ЦП, так як реалізація повного циклу навіть для одного дискретного входу вимагає виконання строго визначеної послідовності. У грамотно складеному проспекті ПЛК зазвичай вказано дві величини, що характеризують швидкість: час виконання бітової інструкції ЦП і час опитування ІК дискретних входів. Перша величина характеризує швидкість ЦП, друга - швидкість ПЛК як закінченого пристрою, включаючи особливості операційної системи. Слід зазначити, що розглянутий історично сформований спосіб оцінки швидкодії в даний час використовується переважно для малих ПЛК. Для середніх і потужних ПЛК програми управління, яких включають велике число обчислювальних операцій, оцінювання, засновані на моделі логічного управління, перестали бути актуальними. Для цих ПЛК вказується час виконання операцій певного типу (табл. 11.1).

Табл.11.1. Швидкість деяких ПЛК

Тип ПЛК	Оцінка швидкодії, мс	Примітка
SIMATIC S7-200	Час виконання 1К бінарних команд -0,8	ПЛК малого формату
Modicon TSX Micro	Час виконання 1К бінарних команд -0,15 Час опитування 1К дискретних входів -0,7	
SIMATIC S7-300	Час виконання 1К бінарних команд -0,3 Час виконання 1К змішаних команд -0,8	ПЛК середнього формату
DL-305 Direct Logic	Час виконання 1К бінарних команд -0,87 Час опитування 1К дискретних входів -4...5	
SIMATIC S7-400	Час виконання 1К бінарних команд -0,08 Час виконання 1К операцій додавання -0,08 Час виконання 1К операцій додавання в форматі з плаваючою комою -0,48	Потужний ПЛК

11.5. Класифікація ПЛК

ПЛК прийнято поділяти на три групи. Раніше ці групи називали гаммами. Зараз в літературі СНГ використовують термін «формат», а в англійській ці три групи характеризують як «MicroPLC», «MiniPLC» і «PowerPLC». У табл. 11.2 дані кількісні та якісні критерії для ПЛК різного формату, прийняті 20 років тому і які існують в теперішній час.

Табл 11.2. Функції ПЛК різного формату

Критерії визначення гами ПЛК в 1979р.			Критерії визначення формату ПЛК в 1998 р		
ПЛК	Число дискретних входів/виходів	Виконувані функції	ПЛК	Число дискретних входів/виходів	Виконувані функції
нижньої гами	$20 < N < 100$	Обробка цифрових даних не виконується	малого формату Micro PLC	$5 \dots 10 < N < 100$	Типові: логічні, тимчасові, рахункові, арифметичні в форматі з фіксованою комою. Розширені: арифметичні в форматі з плаваючою комою, ПІД-регулювання
середньої гами	$100 < N < 500$	Виконується спрощена цифрова обробка	середнього формату Mini PLC	$100 < N < 500$	Логічні, тимчасові, рахункові, досконала цифрова обробка, ПІД-регулювання, регулювання за законами нечіткої логіки (Fuzzy logic). Мережеві можливості
верхньої гами	$100 < N < 4096$	Виконується досконала цифрова обробка	потужні Power PLC	$100 < N < 128K$	Логічні, тимчасові, рахункові, досконала цифрова обробка, ПІД-регулювання, регулювання за законами нечіткої логіки (Fuzzy logic). Робота з таблицями, засоби MMI інтерфейсу, розширені мережеві можливості

Дані табл. 11.2 свідчать про те, що поріг рентабельності ПЛК змістився. У 1979 р ПЛК нижньої гами вважалися рентабельними, якщо вони замінювали пристрій автоматики із загальним числом входів / виходів, рівним 20, в даний час можна зустріти ПЛК з п'ятьма-десятьма входами-виходами (наприклад, контролери LOGO і TeleSAFE). Сталося це не тому, що мікропроцесорна елементна база стала відносно дешевою. Підвищився рівень вимог до простих пристроїв автоматизації, які повинні володіти більш розвиненим інтерфейсом візуалізації, а також забезпечувати можливість роботи в загальній інформаційно-керуючій мережі підприємства. Дві останні функції важко реалізувати будь-якими іншими засобами, крім мікропроцесорних. Одночасно підвищилася функціональна складність всіх ПЛК. Раніше ПЛК нижньої гами виконували тільки логічні, рахункові і часові функції, зараз приблизно половина ПЛК малого формату реалізує алгоритми регулювання.

ПЛК верхньої гами істотно розширили функціональну гнучкість. Так, число дискретних входів / виходів, що обслуговуються SIMATIC S7-400, може доходити до 128K, число аналогових входів - до 8 K. Потужні ПЛК реалізують завдання логічного управління, регулювання, в тому числі за законами нечіткої

логіки, виконують функції роботи з таблицями для створення баз даних, оснащені програмною підтримкою засобів візуалізації систем SCADA.

Як уже зазначалося, реалізація станції оператора з використанням виділеного промислового комп'ютера не завжди виправдана, тому в ПЛК середнього формату і особливо потужних ПЛК особлива увага приділяється можливості підключення і програмної підтримки пультів оператора і пристроїв візуалізації технологічного процесу. Практично всі фірми виробники ПЛК мають в номенклатурі продукції ряд текстових і графічних панелей операторів, а також програмні продукти для їх параметрування. Діапазон можливостей панелей оператора коротко розглянемо на прикладі продукції фірми Siemens. Текстові панелі OP3 / OP7 / OP17 призначені для простих застосувань, так, OP3 рекомендують як переносний пульт. Дисплей панелей рідкокристалічний з підсвічуванням, число рядків - від 2 до 4, число символів в рядку – від 20 до 40. Максимальна кількість клавіш панелі - 46 для OP17. Графічні панелі OP27 / OP35 / DP37 мають роздільну здатність до 640x480 пікселів, число клавіш - до 68. Панелі мають вбудований процесор, що розвантажує ПЛК від операцій формування зображення в реальному часі.

Побудова систем комплексної автоматизації підприємств вимагає включення практично кожного ПЛК в інформаційну мережу підприємства, здатну працювати в складних промислових умовах, тому одним з основних вимог до сучасного ПЛК будь-якого формату є апаратна і програмна сумісність з одним або декількома стандартами мереж промислового призначення. У недалекому минулому багато фірм виробників ПЛК та засобів автоматизації розробляли власні протоколи обміну (DH-485 для Allen Bradley, Ksequence для PLC-Direct, Telway для Telemecanique). Це в значній мірі обумовлено ієрархічної топологією мережі для великих виробничих установок, які вимагають використання декількох децентралізованих систем управління, виконаних, як правило, на ПЛК однієї фірми і підключених до потужного ПЛК верхнього рівня тієї ж фірми (рис. 11.6). Такий підхід був вигідний фірмам виробникам, так як змушував застосовувати тільки його обладнання. Однак очевидне посилення інтеграції на рівні SCADA вимагає отримання інформації в централізоване користування практично від кожного ПЛК.

У зв'язку з цим конкурентоспроможними залишаться ті ПЛК, які забезпечують сполучення з відкритими промисловими мережами, такими як MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET. Саме адаптацією до різних промислових мереж обумовлена надзвичайна різноманітність WG сучасних потужних ПЛК.

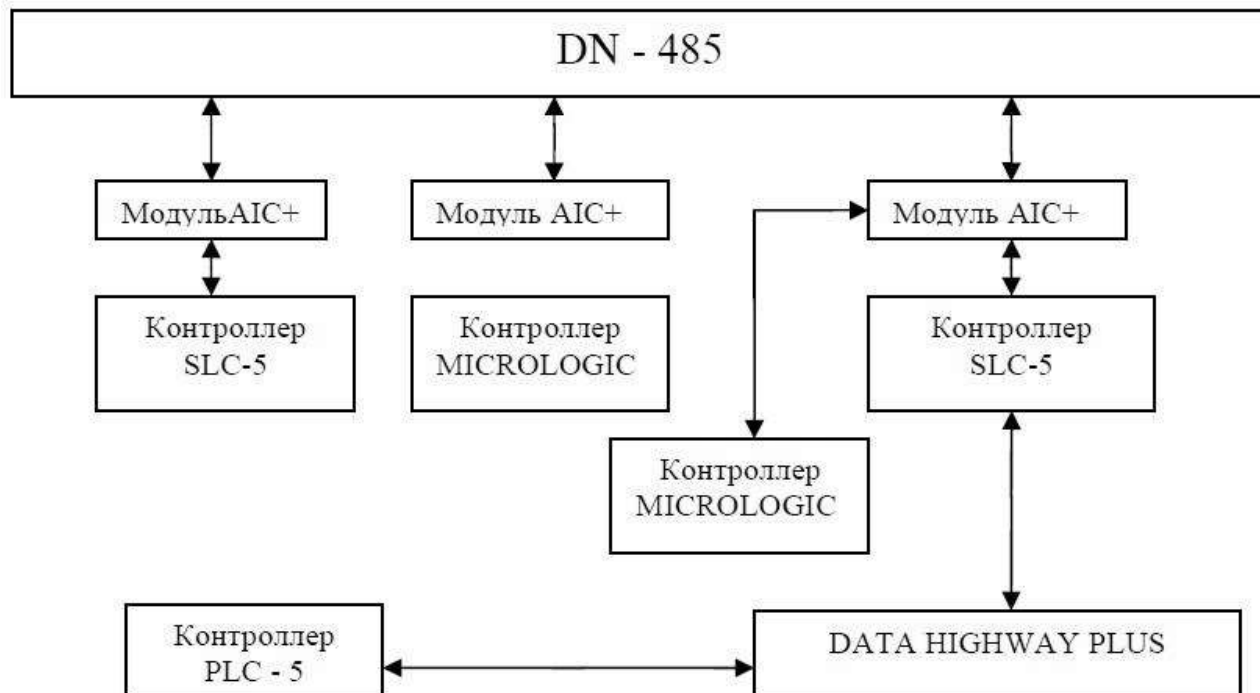


Рис. 11.6 Ієрархічна мережа на основі ПЛК

11.5.1. Потужний ПЛК. Розглядаючи сучасний стан обчислювальної техніки, легко піддатися спокусі, і перекласти функції інтерпретатора на програмні засоби розробки прикладного програмного забезпечення, оригінальні пакети яких, працюють в середовищі Windows, має кожна фірма. Таке рішення передбачає заміну спеціалізованого модуля ЦП універсальним програмованим контролером з відкритим програмним забезпеченням.

Цей напрямок зараз активно розвивається, і отримав назву «Soft PLC». Однак виробники ПЛК не поспішають повністю відмовлятися від спеціалізованих ЦП. Вельми показово, що розробники найпотужнішого на сьогодні ПЛК SIMATIC S7-400 з метою підвищення швидкодії пішли на виконання ЦП мультипроцесорним, але не стали відходити від розглянутого вище принципу побудови ОС ПЛК. Досягнуту таким чином швидкодію (див. табл. 11.1) можна порівняти з швидкістю програм управління промислових контролерів, написаних на мові СІ.

Розглянута спрощена ОС ПЛК є однозадачною. Якщо ПЛК замінює кілька незалежних релейних схем, програмні модулі, що реалізують кожен зі схем, розташовані в пам'яті послідовно. У зв'язку з цим час реакції ПЛК на зміну вхідних сигналів визначається сумарним часом виконання всіх програмних модулів. Якщо серед обслуговуваних пристроїв виявиться такий, який вимагає більш швидкої реакції, то розглянута однозадачна ОС цього зробити не дозволить. Очевидно, мультипроцесорний шлях підвищення швидкодії застосовується лише для потужних ПЛК (але для них він, звичайно, не єдиний).

Інший спосіб підвищення швидкодії ПЛК - перехід до багатозадачних ОС. Раніше багатозадачні ОС були характерні тільки для потужних ПЛК. В даний час така ОС – не рідкість навіть для ПЛК малого формату. Так, двохзадачну ОС має ПЛК середнього формату Telemecanique TSX 47-10 / 20. Програма управління, що записується в цей ПЛК, повинна бути розділена на два завдання. Ініціалізація виконання «швидкого» завдання виконується періодично з регульованим розробником інтервалом між зверненнями (від 5 до 10 мс). програма «повільного» завдання запускається на виконання по сигналу сторожового таймера кожні 150 мс. Окремі частини цієї програми виконуються з поділом за часом після завершення чергового циклу обробки «швидкого» завдання. В ПЛК малого формату Modicon TSXMicro реалізована багатозадачна ОС. Для створення багатозадачних ОС використовують механізм переривання за сигналами зовнішніх пристроїв, якими керує ПЛК. Такий механізм використовують всі ПЛК фірми Siemens (див. рис 11.5).

Надання ПЛК регулюючих функцій неминуче зажадало введення до складу мов програмування ПЛК команд роботи з двійковими словами. ПЛК стали виконувати складні обчислення, причому арифметики в форматі з фіксованою комою виявилось недостатньо - зараз багато ПЛК мають в системі команд бібліотеки для роботи з числами в форматі з плаваючою комою. В першу чергу арифметичні команди використовуються для реалізації алгоритмів ПД-регуляторів, причому не просто регуляторів, а з алгоритмами самонастроювання і оптимізації перехідних процесів.

Незважаючи на таке істотне ускладнення базового програмного забезпечення, розробники ПЛК не поспішають йти від перевірених часом принципів побудови ПЛК. Так, алгоритм функціонування всіх ПЛК фірми Siemens (законодавця в області ПЛК), аж до потужного S7-400, виконаний за схемою, показаною на рис 11.5, а не у вигляді системи з вільно завантажуваним програмним забезпеченням. Вельми показовим є приклад з Telemecanique TSX 47-10 / 20. Для включення алгоритму ПД-регулювання в його програму необхідно не тільки записати відповідні команди, але і підключати спеціальний блок пам'яті в роз'єм на передній панелі корпусу ПЛК. Користувачеві при зверненні до функції ПД-регулювання слід задати тільки коефіцієнти і постійні часу програмного коду регулятора.

11.5.2. ПЛК малого формату (MicroPLC). ПЛК малого формату були і залишаються найбільш чисельною групою в сімействі логічних контролерів. Цей факт в повній мірі підтверджується числом рядків табл.11.3, в якій наведено характеристики ПЛК малого формату, наявні на українському ринку.

Табл11.3. ПЛК малого формату (Micro PLC)

Модель ПЛК, фірма, габарити	Виконувані функції	Параметри ЦП	Параметри	
			Вхід	Вихід
Simatic S7-200 Siemens (197*80*62)	Логічні, тимчасові, рахункові, арифметичні з фіксованою і плаваючою комою	CPU214 Пам'ять програм - 2К ОЗУ даних - 2К Швидкодія - 0,8 мкс	= 24В ~ 130В	Транзистор 24В / 0,5А Реле +24В / 2А
(218*80*62)	Логічні, тимчасові, рахункові, арифметичні з фіксованою і плаваючою комою, ПІД-регулятор	CPU216 Пам'ять програм - 8К ОЗУ даних - 2,5К Швидкодія-0,8 мкс		
Modicon-TSX Micro	Логічні, тимчасові, рахункові, арифметичні зі словами одинарної і подвійної довжини, в форматі з плаваючою комою, робота з таблицями, ПІД-регулятор	Швидкодія - 0,3 мкс Пам'ять програм - 4,7К Пам'ять програм - 7,8К Пам'ять програм - 40К	= 24В ~ 115В ~ 240В	Транзистор 24В / 2А Реле 240В / 2А
DL 205 PLK Direct By Koyo Inc.	Логічні, тимчасові, рахункові, арифметичні. Годинники реального часу. Вбудований журнал самодіагностики, 4 ПІД-регулятора з самоналаштуванням	DL250 Пам'ять програм 7К ОЗУ - 7К	= 24В ~ 132В	Транзистор 24В, Тріак 264В / 0,5А Реле 264В / 1А

Три чинники визначають їх настільки стійку позицію. Перше, в даний час спостерігається прагнення до автоматизації тих об'єктів, які раніше цьому не підлягали - управління запірною арматурою різних трубопроводів і т.д. По-друге, «освоєння» малими ПЛК функцій регулювання дозволяє їм значною мірою замінити ПЛК середнього формату. По-третє, середні і потужні ПЛК частково витісняються промисловими комп'ютерами і контролерами.

Аналіз даних табл.11.3, дозволяє виявити деякі тенденції розвитку малих ПЛК:

- Відбулась зміна елементної бази пам'яті програм. Незалежне ОЗУ з блоком резервного живлення на акумуляторах замінили програмовані користувачем ПЗУ з електричним стиранням (типу EEPROM або FLASH). Мікросхеми цієї елементної бази мають велику інформаційну щільність при меншому

енергоспоживанні. Це дозволило істотно збільшити пам'ять програм малих ПЛК (до 64К) при зменшенні габаритів плат ЦП. Автономне резервне джерело живлення тепер може використовуватися для підтримки працездатності пристрою в цілому (контролери TeleSAFE).

- Загальне вдосконалення мікроелектронної бази призвело до мініатюризації малих ПЛК. Максимальний лінійний розмір всіх моделей лежить в межах 20 см.
- Змінився підхід до конструктивного виконання ПЛК малого формату. Майже повністю зникли малі ПЛК модульного виконання. Базова модель ПЛК малого формату тепер має незмінну користувачем конфігурацію з фіксованим числом дискретних входів / виходів (їх стали називати інтегрованими). Базова модель виконується в декількох модифікаціях, що розрізняються типом вбудованого джерела живлення (+24 В або 130/240 В), типом ЦП та електричними параметрами дискретних входів / виходів. Це пояснюється тим, що у зв'язку з мікромініатюризацією електронних компонентів відкрилася можливість підвищити надійність ПЛК шляхом зменшення числа плат в його конструктивному виконанні. Нерідкі одноплатні варіанти. Незважаючи на незмінну конфігурацію по числу входів / виходів базової моделі, практично всі малі ПЛК мають можливість підключення модулів розширення з адаптерами аналогових і додаткових дискретних входів / виходів. Підключення саме модулів розширення переслідує дві мети. По-перше, забезпечити перешкодозахищене введення сигналів з віддалених датчиків, що досягається шляхом передачі даних від модуля розширення до базової моделі по спеціальній цифровій магістралі. Довжина такої магістралі може досягати декількох сотень метрів, тому схемотехнічне виконання цифрової частини адаптерів розширення значно відрізняється від аналогічних за функціями інтегрованих адаптерів. Іноді такі адаптери називають модулями віддаленого введення. І тільки, по-друге, модулі розширення служать для збільшення числа входів / виходів. Як правило, малі ПЛК мають два способи програмування: з допомогою кишенькового програматора або через інтерфейс послідовного обміну з використанням засобів розробки, реалізованих на персональному комп'ютері. Для найпростіших ПЛК (чітко простежується прагнення до реалізації режиму програмування «на лінії», при якому не потрібно ніяких додаткових пристроїв (див. LOGO і TeleSAFE).

Практично всі ПЛК малого формату підтримують один або кілька протоколів обміну локальних промислових мереж. Мережеві можливості стають однією з головних характеристик виробів даного класу.

Розглянемо окремі зразки малих ПЛК. Simatic S7-200 і Modicon TSX Micro - найшвидкодійніші і потужні серед малих ПЛК. Близький до них, за функціональними можливостями DL205 PLC Direct. Фірма PLC Direct by KOYO – порівняно нова на українському ринку засобів автоматизації, але надає повний ряд ПЛК з дуже хорошими технічними характеристиками.

Доволі органічний новий маленький LOGO фірми Siemens. В електротехніці його навіть називають не ПЛК, а універсальним логічним модулем. Половину площі передньої панелі корпусу LOGO займає графічний РКІ дисплей, на якому за допомогою шести клавіш можна «зібрати» схему комутації з 30 функціональних модулів. LOGO запам'ятовує програму у FLASH пам'яті і буде реалізовувати заданий алгоритм комутації. При необхідності контролер може бути перепрограмований на місці установки. Пристрій має захист від несанкціонованого доступу.

Особливу увагу слід приділити ряду ПЛК TeleSAFE. Він являє собою нову лінію ПЛК - контролери для віддалених станцій збору даних і управління. Базова модель ПЛК має всього від трьох до п'яти дискретних входів / виходів, але обов'язково оснащена адаптерами аналогових входів. Контролери мають вбудований годинник / календар для складання архівів даних. Основна риса цих ПЛК - видатна комунікаційна гнучкість. TeleSAFE можуть працювати з комутуваними або виділеними телефонними лініями або радіолініями. Програмна підтримка TeleSAFE дозволяє працювати практично через будь-яку мережу. ПЛК TeleSAFE всепогодні, вони єдині серед запропонованого списку можуть експлуатуватися при мінусовій температурі.

12 ВИБІР ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ

12.1 Критерії вибору промислових контролерів

12.2 Адекватність функціонально-технологічної структури об'єкта

12.3 Продуктивність контролерів для АСУТП

12.4 Спеціальні модулі контролерів для АСУТП

Ключові слова: критерії вибору, адекватність, продуктивність, оптимальне співвідношення, спеціальні модулі.

12.1. Критерії вибору промислових контролерів

ПЛК отримали широке застосування у всіх областях промислового виробництва. Велика і швидкозмінна номенклатура ПЛК на ринку виробників засобів автоматизації вводить розробників АСУТП в скрутну ситуацію по

їхньому вибору, виходячи з економічної доцільності певного типу контролера і його конкретного виробника.

Якщо спочатку ПЛК сильно відрізнялися за якістю виготовлення компонентів (технологія), функціональністю (набір базових і спеціальних функцій), продуктивністю, структурою локальної шини управління і даних для зв'язку з ПСО, системними програмними засобами, інструментальними пакетами для розробки прикладного ПЗ і засобів діагностики, то сьогодні є тенденція до зближення всього спектру характеристик ПЛК.

На ринку ПЛК будь-яка представницька фірма (вітчизняна або зарубіжна) може компетентно заявити про застосування своїх контролерів в широкій області промислової автоматизації. За якими ж критеріями обираються ПЛК для конкретної централізованої або розподіленої АСУТП ?

Пропонуються різні варіанти базових критеріїв при оцінці вибору ПЛК:

- технічні характеристики;
- експлуатаційні характеристики;
- споживчі властивості.

У різних варіаціях ПЛК оцінюються за швидкодією, продуктивністю, обсягом пам'яті програм, кількістю каналів введення / виведення і функціональними властивостями.

Оцінка ПЛК з технічних і експлуатаційних характеристик і за споживчими властивостями є природною, але її не можна назвати всеохоплюючою. Наприклад, не враховуються комунікаційні можливості, місце в ієрархії систем АСУТП і інші характеристики.

Пропонуються наступні вимоги, яким можуть задовольняти ПЛК:

- адекватність функціонально-технологічної структури об'єкта;
- оптимальне співвідношення ціна-продуктивність;
- широка номенклатура спеціалізованих модулів (мережеві модулі, модулі зважування, управління рухом та ін.);
- можливість побудови систем резервування та протиаварійного захисту.

12.2. Адекватність функціонально-технологічної структури об'єкта

Централізовані та розподілені АСУТП представляють собою ієрархічну структуру, що складається з ряду рівнів.

Для централізованої АСУТП це такі рівні, як:

- диспетчерський;
- цеховий;
- технологічний.

Для розподіленої АСУТП це рівні:

- диспетчерський;
- цеховий;
- локальний;
- технологічний.

ПЛК використовуються на цеховому і локальному рівнях.

Застосування контролерів на цеховому рівні централізованої АСУТП повинно відповідати таким основним вимогам:

- локальна або польова (промислова) шина обміну між контролером і розподіленим (віддаленим) ПСО (Наприклад, Modbus Plus, PROFIBUS) зі швидкістю обміну не менше 1 Мбіт/с;
- індустріальна шина обміну між контролером і АРМ диспетчера;
- кількість змінних на один ПЛК перевищує 280/112 дискретних / аналогових;
- ОС реального часу;
- синхронізація часу;
- обробка переривань;
- контури регулювання;
- архівування даних;
- система резервування (не обов'язково);
- програмування в режимі реального часу (on-line).

Оптимальними, з цієї точки зору, є контролери з шиною VME або з локальною шиною для обміну даними з вбудованими ПСО, наприклад, контролери типу VME9300-42, IUC9000 (Kontron), SIMATIC S5-115F, SIMATIC S7-400 (Siemens), Premium, Quantum (Schneider Electric) 90-30,90-70 GE (Fanuc), серії 6000 (Octagon Systems). Застосування контролерів на цеховому рівні

розподілених АСУТП аналогічно їх застосуванню на цеховому рівні централізованих АСУТП, за винятком наступних особливостей:

- обов'язкова система резервування;
- кількість змінних на систему досягає 1000;
- для обміну даними між цеховим контролером і локальними контролерами використовується польова шина.

Цим вимогам відповідають контролери типу VME9300-42 (Kontron), SIMATIC S5-115F, SIMATIC S4-400H (Siemens), Premium, Quantum (Schneider Electric). Застосування контролерів на локальному рівні розподілених АСУТП повинно відповідати таким основним вимогам:

- локальна польова шина обміну між контролером і розподіленим (віддаленим) ПСО (наприклад, Modbus Plus, PROFIBUS) зі швидкістю обміну не менше 1 Мбіт/с;
- польова шина обміну між локальним і цеховим контролерами;
- кількість змінних на один ПЛК досягає 280/112 дискретних / аналогових;
- ОС реального часу;
- підтримка синхронізації часу;
- контури регулювання;
- програмування в режимі реального часу (on-line).

Цим вимогам відповідають контролери типу IUC9000, SMART I/O (Kontron), SIMATIC S7-300H (Siemens), Premium, Compact (Schneider Electric), 90-30 (GE Fanuc).

В окрему групу виділяються контролери для наступних застосувань:

- контролери протиаварійного захисту (ПАЗ);
- контролери збору віддалених каналів телемеханіки (RTU).

Контролери ПАЗ застосовуються в системах протиаварійної захисту. Особливості системи ПАЗ полягають у наступному:

- висока готовність системи;
- контролер ПАЗ може бути виділений з системи в окремий блок, якщо система ПАЗ входить до складу АСУТП;

- резервування джерел живлення системи;
- малий час реакції системи на подію (переривання);
- введення аналогових сигналів без мультиплексування виробляється високошвидкісними модулями ПСО з ізоляцією між канали не менш як 1500 В.

Даним характеристикам повною мірою задовольняють контролери SIMATIC S5-115F (Siemens), Premium, Quantum (Schneider Electric), 90-30, 90-70 (GE Fanuc).

Контролери входять до складу обладнання автоматизованих систем контролю і управління (АСКУ) віддаленими об'єктами, де засоби комунікації та доступу до об'єкту затруднені. Властивості контролерів, що входять до складу АСКУ віддалених об'єктів, такі:

- комунікаційна підтримка послідовних і модемних каналів;
 - стандартний протокол обміну;
 - розширений діапазон температури від - 40 до +60 °С;
 - вбудована діагностика;
 - програмування в режимі реального часу (on-line);
 - захист від провалів живлення за допомогою батареї або безперебійного БЖ.
- Для цих цілей фірмами Schneider Electric і Bristol Babcock розроблені спеціальні контролери Compact і серії Network DSC3000.

12.3. Продуктивність контролерів для АСУТП

Продуктивність ПЛК оцінюється за такими характеристикам:

- час зчитування (вибору) каналу телевимірювання;
- час обробки команд (двійкових, логічних, булевих);
- час обороту маркера на зовнішній шині;
- цикл додатку завдання майстра (опитувального пристрою);
- пропускна здатність локальної або промислової шини;
- цикл додатку завдання виконавця (опитуваного пристрою).

Одним з істотних параметрів ПЛК є **час зчитування ($T_{ск}$)** каналу модуля телевимірювання. Цей час представляється в технічних характеристиках на модуль ПСО неявно у вигляді часу перетворення аналогового модуля (близько

50 мкс для типового модуля) і в явному вигляді наводиться в межах 0,2...4,0 мс. Сумарний час перетворення і час на обробку результату (час драйвера модуля ПСО) визначає $T_{ск}$.

Час обробки команд ($T_{ок}$) дається в технічних характеристиках на модуль ЦП в розрахунку на обробку 1К операцій. Це час відноситься до обробки операндів в додатку, побічно можна оцінити за обсягом додатку в пам'яті програм. Як правило, час обробки команд значно перевищує сумарний час зчитування каналів і в підсумку визначає час циклу завдання в інструментальному пакеті ПЛК.

Час обороту маркера ($T_{ом}$) визначається циклами зчитування модулів ПСО на локальній шині або циклами прикладної задачі на локальних контролерах, а також пропускну здатністю шини. $T_{ом}$ визначається за формулою:

$$T_{ом} = (N - 1) + n \cdot (T_z + T_v + T_{xx}) \cdot T_{бim/c},$$

де N - кількість вузлів;

n - кількість змінних;

T_z - час запиту;

T_v - час відповіді;

T_{xx} - час холостого ходу;

$T_{бim/c}$ - час передачі 1 біта в секунду.

На рис. 12.1 і 12.2 дані тимчасові співвідношення циклу додатку, $T_{ск}$ і $T_{ом}$, (де $T_{зк}$ - час зчитування каналу; $T_{ом}$ - час обороту маркера; $T_{зм}$ - час зчитування модуля; $T_{зв}$ - час зчитування вузла) для опитування на промислових шинах Modbus Plus і Profibus.

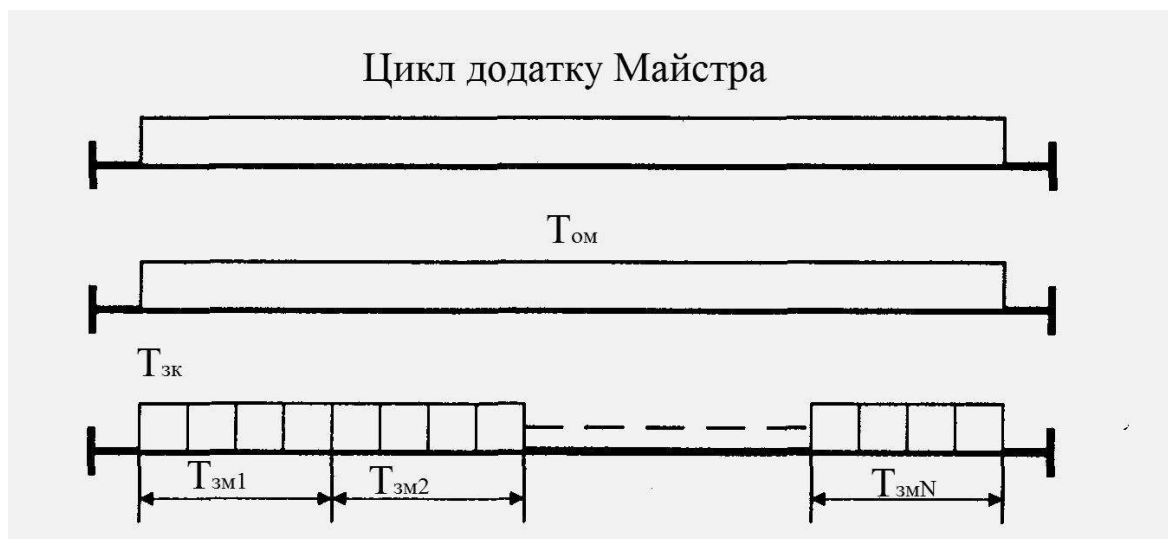


Рис. 12.1 Опитування на промисловій шині типу Modbus Plus

Час обороту маркера на локальній і промисловій шині рівний циклу додатку вузла датчика (майстра) на шині і може бути менший за пропускну здатність шини. Цикл додатку вузла виконавця на промисловій шині не повинен перевищувати T_{om} , інакше програма не встигне підготувати дані для опитування. Цикл додатку майстра на промисловій шині може бути менше циклу додатку виконавця, але при цьому не в кожному циклі додатку майстра дані модифікуються.

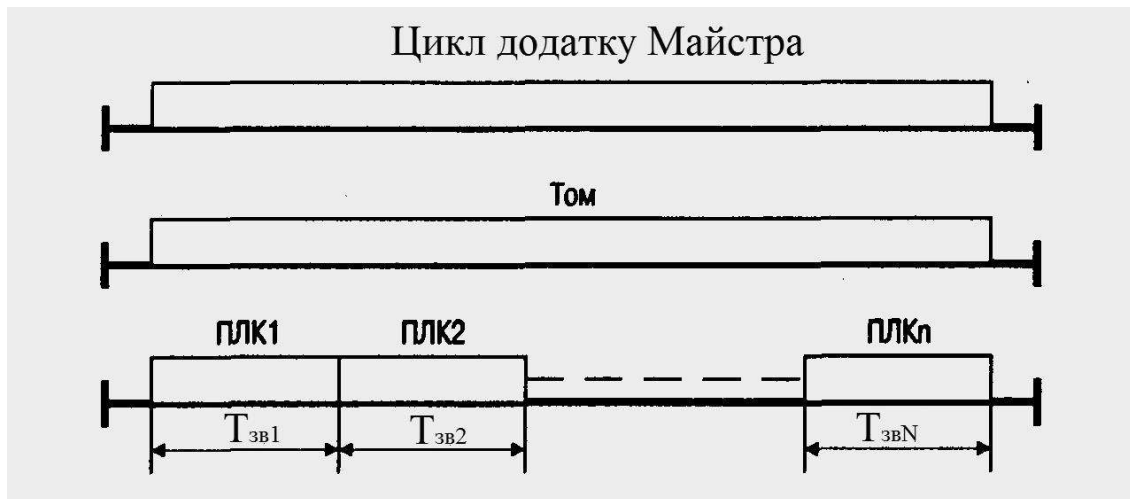


Рис. 12.2 Опитування на промисловій шині типу Profibus

Табл. 12.1 Лінійка контролерів від основних виробників

Фірма	Лінійка верхнього рівня	Лінійка середнього рівня	Лінійка нижнього рівня
Kontron	VME9300	IUC9000	Smart I/o
Siemens	SIMATIC S7-400	SIMATIC S7-300	ET200
Schneider Electric	Quantum	Premium	Micro/Nano
GE Fanuc	90 - 70	90 - 30	VersaMax

У табл. 12.1 представлені лінійки контролерів від основних виробників. Лінійка контролерів є групою контролерів з однаковим конструктивом, рівними функціональними можливостями, але з різною продуктивністю в залежності від ЦП. Лінійки контролерів у різних виробників лежать в одному шарі з рівними типовими рішеннями конструктиву, набору функцій, щільності каналів ПСО та ін. Лінійки поділяються за рівнями (табл. 12.1):

- лінійка верхнього рівня (потужні цехові контролери, як правило, типу VME);
- лінійка середнього рівня (контролери локального рівня АСУТП, середньої продуктивності);

- лінійка нижнього рівня (контролери – інтелектуальні ПСО для зв'язку з розподіленими об'єктами).

В одній лінійці ПЛК відрізняються за продуктивністю центральних процесорів і їх комунікаційними можливостями. Вартість ПЛК в однорівневих лінійках різних виробників контролерів близька до рівного номіналу. В ряду однієї лінійки вартість ПЛК може коливатися в межах вартості ЦП.

12.4. Спеціалізовані модулі контролерів для АСУТП

Поряд з традиційними модулями дискретних, аналогових і послідовних каналів на ринку промислових контролерів є ніша для набору спеціалізованих модулів, які розширюють номенклатуру спектра застосування промислових контролерів. Склад спеціалізованих модулів наступний:

- модулі комунікаційні;
- модулі - лічильники;
- модулі частотні;
- модулі зважування;
- модулі управління рухом;
- модулі захисту;
- модулі швидкісного аналогового введення для систем вимірювання в реальному часі.