

Принципи побудови та організація роботи мікропроцесорних контролерів.

1.1 Етапи розвитку систем управління

Історія виникнення і розвитку сучасних систем автоматизації відноситься до кінця 70-х - початку 80-х років ХХ століття і безпосередньо пов'язана з появою мікропроцесорів, що спричинило революційні зміни у галузі комп'ютерної техніки та технологіях розвитку засобів промислової автоматики.

Мікропроцесорні системи автоматизації прийшли на зміну автоматизованим системам управління технологічними процесами (АСУ ТП), які впроваджувалися на порозі 80-х років ХХ століття і будувалися на базі потужних (для тих часів) промислових ЕОМ, що централізовано керували складними неперервними технологічними процесами. Їх завданням було збирання й обробка сигналів від датчиків, підготовка та подання інформації оператору, накопичення і документування архівних даних, формулювання рекомендацій та реалізація керуючих дій і т.ін. Основним недоліком таких систем була їх надмірна централізація і надлишковість, що стримувало їх впровадження. Саме цим пояснюється той факт, що процеси, які були пов'язані із впровадженням АСУ ТП і активно розпочалися на початку 70-х років, поступово стали уповільнювати свій розвиток.

Поява мікропроцесорів сприяла бурхливому розвитку багатопроцесорних і багатомашинних керуючих комплексів, які базувалися на нових принципах розподіленого керування, системних інтерфейсах і мережних технологіях. Нові системи, які отримали назву розподілених систем управління (Distributed Control System – DCS), розвивались у напрямі "від загального до часткового", тобто від постановки загальної інтегральної задачі керування технологічним процесом на всіх її рівнях до створення єдиного розподіленого програмно-технічного середовища для її розв'язання. Згідно з цією технологією задачі оперативного управління, збору даних і безпосереднього цифрового управління поділяються між декількома контролерами. При цьому виділяються два рівні – верхній (операторське управління, архівування, документування) і нижній (збір даних і безпосереднє цифрове управління). На кожному рівні використовується різна кількість комп'ютерів залежно від складності технологічного процесу і вимог до надійності та швидкодії.

Комп'ютери верхнього рівня отримали назву АРМ (Автоматизоване Робоче Місце), а нижнього – ПЛК (Програмовані Логічні Контролери), англійською PLC (Programmable Logic Controller). Спочатку на обох рівнях ніякої стандартизації в області апаратної платформи не було. Як правило, один виробник створював комплексні системи управління, в яких були і АРМ і ПЛК. Причому навіть в межах однієї системи DCS апаратні рішення для контролерів і АРМ були абсолютно різні і мали власні інструментальні середовища для програмування.

Для обміну даними між верхнім і нижнім рівнями кожний виробник DCS пропонував власні рішення – польові шини, що мали фізичну апаратуру і логічні протоколи передачі даних. Із-за відсутності стандартів на апаратуру та протоколи передачі даних неможливо було використовувати окремі компоненти

однієї DCS разом з компонентами іншої. Тому користувач був прив'язаний до одного виробника засобів управління.

Перші DCS були впроваджені на виробництвах зі складними неперервними технологічними циклами у хімічній і нафтопереробній промисловості, де і була потреба у використанні великих інтегрованих систем. Провідними фірмами в галузі розробки та впровадження DCS є Honeywell, Fisher-Rosemount, Westinghouse. В Україні прикладом створення таких систем став програмно-технічний комплекс Уніконт.

З подальшим розвитком технології офісної автоматизації більш надійніша і дешевша PC-платформа, а також існуюча стандартизація програмних засобів на рівні операційних систем та засобів комунікації практично витиснули з ринку інші рішення. Це сильно відбилося на архітектурі апаратних комплексів промислових засобів управління і більшість виробників перевели свої АРМ на PC-платформу.

Після того як PC-архітектура стала практично стандартом для верхнього рівня систем управління, з'явилася значна кількість виробників ПЛК, зорієнтованих на використання в АСУ ТП звичайних або промислових PC у якості АРМ. При цьому з контролерами поставлялися системи їх програмування і відкривалися протоколи для обміну даними. Це призвело до появи програм для розробки інтерфейсу користувача, які обмінювалися даними з контролерами через драйвери. Такі програми отримали назву SCADA (Supervisory Control AND Data Acquisition – Супервізорне керування та отримання даних). Вони відрізнялись можливостями в області розробки графічного інтерфейсу, математичній обробці, архівування та документування отриманої від ПЛК інформації. Але всі працювали за одною схемою – запрошували через драйвер дані у ПЛК і в той чи іншій формі представляли їх оператору.

Після розповсюдження PC-архітектури на рівні АРМ, розвиток автоматизованих систем управління пішов шляхом використання її у програмованих контролерах. Така уніфікація апаратних засобів на різних рівнях системи дозволяла суттєво скоротити витрати на їх інтеграцію і мала багато інших переваг. Проте розповсюдження PC-архітектури на рівні ПЛК йшло не так швидко, як в області АРМ. Щоб зрозуміти це необхідно проаналізувати розвиток ПЛК і те, які фактори сприяли, а які перешкоджали використанню в них PC-архітектури [2,3,4].

1.2 Тенденції розвитку ПЛК

Поява ПЛК пов'язана насамперед з автоматизацією дискретних процесів і потребою заміни традиційних систем керування, побудованих на базі релейно-контактних або безконтактних логічних схем керування, які працювали за жорсткою логікою. На першому етапі ПЛК практично один до одного замінили ці схеми, але із суттєвою перевагою – можливістю зміни алгоритму керування шляхом перепрограмування. Звідси і назва – програмований логічний контролер. Перший ПЛК, який мав назву MoDiCon (Modular Digital Controller) був використаний у 1968 році в автомобільній промисловості США саме для заміни шаф з релейною логікою. Але дуже швидко побачивши і зрозумівши переваги, які мають системи автоматизації, що побудовані на базі ПЛК,

розробники цієї техніки почали розширювати функціональні та технічні можливості ПЛК. Сучасні ПЛК мають велику різноманітність модулів вводу-виводу, у тому числі дискретних, аналогових, для керування кроковими двигунами, вимірювання ваги та ін. Вони мають у складі свого програмного забезпечення алгоритми аналогової обробки сигналів і задач неперервного регулювання. Використання різноманітних мереж і польових шин, архітектури клієнт-сервер, нових технологій Microsoft (OPC, COM, DCOM, Active-X, Web-client), спеціальних SCADA-програм для створення операторського інтерфейсу АРМ перетворили побудовані на базі ПЛК АСУ ТП, у потужні розподілені системи, які конкурують із системами DCS у галузі автоматизації неперервних технологічних процесів.

Але при цьому ПЛК вдалося зберегти особливості, які на початку розвитку зумовили їх величезну популярність серед користувачів. Це насамперед зручності програмування та обслуговування. Наявність, так званих, "технологічних" мов програмування значно спростило процедуру реалізації і оперативної зміни алгоритмів керування програмним шляхом безпосередньо кінцевим користувачем.

Як недолік, ці ПЛК мають закриту архітектуру і досить велику ціну. Тому у боротьбі за клієнта виробники контролерів намагалися знизити ціни на свої вироби за рахунок підвищення продажу своїх контролерів і використання при їх виробництві комплектуючих, що випускалися великими тиражами і мали низьку ціну. Проте перший шлях вимагав дуже великих витрат на рекламу, а на другому шляху виробник неминуче використовував ті ж самі комплектуючі, що і у звичайних ЕОМ. У зв'язку з цим більшість виробників, які давно працювали на ринку ПЛК, стали поступово переходити на PC-платформу, а нові виробники засобів автоматизації одразу зорієнтувались на цю платформу.

Ця обставина дала можливість виробникам контролерів максимально зосередити свої зусилля на розробці більш широкої номенклатури модулів ПЗО і на архітектурних рішеннях, що підвищували надійність ПЛК. Тому на ринку з кожним роком з'являлося все більше контролерів з PC-архітектурою. Такі контролери отримали назву PC-сумісні контролери або SoftПЛК. Ця назва відображає той факт, що більшість функцій звичайних ПЛК, що раніше вирішувались на апаратному рівні, в цих контролерах розв'язується за допомогою програмного забезпечення (ПЗ). Проте, наявність вже відпрацьованої технології та діюче виробництво існуючих ПЛК, велика кількість користувачів, які вміють працювати зі старими контролерами, наявність в штаті виробників великої кількості співробітників, що вирішують проблеми, яких не буде при переході на PC-платформу, а також затрачені кошти на рекламу, суттєво стримують виробників контролерів перейти на PC-архітектуру.

З появою PC-сумісних контролерів тисячі користувачів персональних ЕОМ отримали можливість використати свої знання і досвід роботи у новій для них галузі. Проте залучення професійних програмістів ускладнило розробку, супроводження і модернізацію систем автоматизації.

Враховуючі те, що все-таки спеціалісти не в галузі комп'ютерних технологій, а в галузі автоматизації повинні бути розробниками сучасних АСУ ТП незалежні розробники ПЗ почали створювати інструментальні засоби

програмування контролерів. Ядро реального часу таких програм було незалежним від марки контролера, а лише змінювалися драйвери для доступу до плат пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО). Ці програми базувалися на вимогах міжнародного стандарту IEC 61131-3 і отримали назву Softlogic. Завдяки їм при розробці прикладного програмного забезпечення сучасних ПЛК, багато задач розв'язується не на рівні програмування, а на рівні простого конфігурування.

Таким чином, перехід на PC-платформу став основною тенденцією розвитку засобів автоматизації. Головною причиною цього є бажання заказників використовувати стандартні рішення, які знижують вартість виробів, підвищують їх надійність і дозволяють легко інтегрувати їх у великі програмно апаратні комплекси.

Крім того, розвитку засобів автоматизації сприяло відокремлення задач створення ПЗ від виробництва апаратних засобів. ПЗ одного незалежного виробника може використовуватися на апаратурі різних виробників технічних засобів[3,4,5].

1.3 Нові технології у виробництві контролерів

Значною перевагою PC-сумісних контролерів є те, що вони мають відкриту архітектуру, яка базується на одному з магістрально-модульних стандартів. При відкритій магістрально-модульній архітектурі центральний процесор сполучається з іншими модулями контролера через стандартний інтерфейс. Це надає можливість різним виробникам випускати у даному стандарті будь-які модулі, а розробникам контролерів – компоувати свої ПЛК модулями різних фірм. Широка кооперація фірм, що підтримують даний стандарт на шину і працюють у цьому стандарті, дозволяє користувачам модулів не орієнтуватися на одного постачальника, а мати широкий вибір необхідної продукції.

Зазвичай для задоволення потреб усіх споживачів, виробник випускає велику кількість модифікацій модулів стандартної моделі. Проте це не дозволяє йому істотно знизити вартість продукції. У той же час ринок вимагає функціонально гнучких контролерів, які забезпечували б можливість недорогого розширення або зміни їх конфігурації і функцій.

У кінці 90-х років виробники запропонували моделі контролерів, рівень функціональності та інтеграції яких може змінюватися. Досягається це застосуванням в контролерах з магістрально-модульною архітектурою наплатних мезонін-модулів, які можуть виконувати роль модулів вводу-виводу, інтерфейсів, пам'яті і т.ін. Мезонінні модулі – це додаткові плати, що устанавлюються паралельно на основні для розширення їх функціональних можливостей. Використання наплатних мезонін-модулів надає можливість збирати з готових модулів контролери, структура і характеристики яких можуть відповідати усім вимогам автоматизації конкретного об'єкту. І, враховуючи просту заміну окремої плати в ході експлуатації, завжди залишається можливість переконфігурувати контролер відповідно до нових задач автоматизації і змінних властивостей об'єкту. Такий підхід дозволяє досягти максимально високого рівня інтеграції контролера при відносно малих витратах.

Останніми роками при виробництві контролерів широко розвиваються стандарти магістрально-модульної архітектури, такі як PCI, CompactPCI, VME. За найпоширенішим в Європі стандартом VME вже сотні фірм випускають різні типи плат. Серед них - центральні процесори, мережні контролери, блоки пам'яті, модулі вводу-виводу і т.ін.

VME - це 32 або 64 розрядна шина з максимальною пропускною спроможністю 40 Мбіт/с. Вона розроблена фірмою Motorola і згодом була стандартизована ІЕС, як ANSI/IEEE 1014-1987.

Контролери на базі шини VME виготовляються в конструктивах стандарту Євромеханіки форматів 3U і 6U. Базовим параметром цього стандарту є розмір 19 дюймів (482,6 мм) — це ширина передньої панелі субблока (монтажного каркаса, або крейта), в який вставляються печатні плати. Тому стандарт Євромеханіки часто кваліфікують як 19" стандарт МЭК-60297. Відповідно до цього стандарту висота монтажного каркасу визначається в одиницях U, яка дорівнює 1,75 дюйми, або 44,45 мм. Розробникам контролерів рекомендуються до впровадження субблока під плати висотою 3U і 6U.

Стандарти магістрально-модульної архітектури дозволяють збирати контролери з готових плат різних фірм, що випускають продукцію за цими стандартами. Збірка контролерів при такому підході зводиться до розміщення стандартної плати формату "Eurocard" в конструктиви (стійкі, шафи) такого ж стандарту. І конструктиви, і плати мають широкий діапазон виконання, який задовольняє різні умови експлуатації (температуру, вогкість, вібрацію, пил, електромагнітні перешкоди і т. д.).

Системи, що побудовані на базі VME-шини, набули широке поширення внаслідок великої продуктивності і можливості пристосовуватися до змінних умов експлуатації. В даний час ринок промислових систем розвивається у напрямі використання VME-плат/носіїв зі встановленими на них мезонінами.

Перспективність такого підходу безперечна. Проте висока вартість VME-контролерів (на 20-40% дорожче в порівнянні із звичними контролерами, що мають аналогічні характеристики) в даний час стримує процес їх розповсюдження. Серед фірм, що використовують магістрально-модульну архітектуру VME при виробництві контролерів, знаходяться такі відомі виробники, як GE Fanuc (сімейство контролерів 90-70, PACSystem RX7i), PEP Modular Computers та ін..

Останніми роками розпочався випуск нових пристроїв промислової автоматики – програмованих автоматизаційних контролерів PAC (Programmable Automation Controller). PAC-пристрої мають архітектуру і операційну систему персональних комп'ютерів, потужні процесори, великий об'єм пам'яті але як і ПЛК, призначені для розв'язання завдань безпосереднього цифрового управління.

Відповідно до концепції PAC, програмовані автоматизаційні контролери мають багатозадачні функціональні можливості управління на єдиній платформі; єдине комплексне середовище розробки, що включає спільне програмне забезпечення і спільну базу даних змінних процесу; програмні засоби, які дозволяють розробляти додатки для технологічних ліній у взаємозв'язку з окремими машинами або технологічними процесами; відкрити

модульну архітектуру, яка сприяє розробці комплексних додатків – від польового рівня до рівня управління виробництвом; підтримку існуючих стандартів для мережних інтерфейсів, мов програмування та ін., що дозволяє інтегрувати технічні рішення у системи інших виробників [6,7,8,9].

1.4 Принципи побудови мікропроцесорних контролерів

Програмований логічний контролер – це спеціалізований мікропроцесорний пристрій, який призначений для керування виробничими процесами в умовах промислового середовища у реальному масштабі часу і, програмування якого посильне неспеціалісту в галузі інформатики.

Центральною частиною контролерів є мікропроцесори, які можуть істотно розрізнятися між собою набором функціональних блоків і зв'язками між ними. Проте, у структурі кожного процесора можна виділити основні елементи, що визначають його специфіку, як керуючого центру ПЛК. Серед них, насамперед, пристрій управління та операційний пристрій.

Пристрій управління (ПУ) призначений для реалізації вибирання команд, їх дешифрування і на основі цього керування обміном та обробкою інформації шляхом створення керуючих сигналів.

Операційний пристрій (ОП) служить для обробки цифрової інформації (арифметичні та логічні операції, зсуви, аналіз чисел та ін.).

Узагальнена структура мікропроцесора приведена на рис 1.1.

Основними елементами для збереження інформації в середині мікропроцесора є регістри, які виконують функцію надоперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП) з мінімальним часом запису та зчитування.

Регістр команд (РгК) використовується для фіксування коду команди після зчитування її з пам'яті. Як правило, у цьому регістрі фіксується лише код операції – частина коду команди, яка визначає виконувані дії і спосіб адресації операндів.

Регістри операндів призначені для зберігання даних у процесі їх обробки. Кількість регістрів операндів у сучасних процесорах може досягати 10-15 штук. По суті вони утворюють внутрішню пам'ять процесора. Дані, що були розміщені у регістрах операндів надходять на обробку в арифметично-логічний пристрій (АЛП). У деяких типів процесорів один з регістрів операнда завжди є і приймачем результату операції в АЛП. Такий регістр називають регістром-акумулятором.

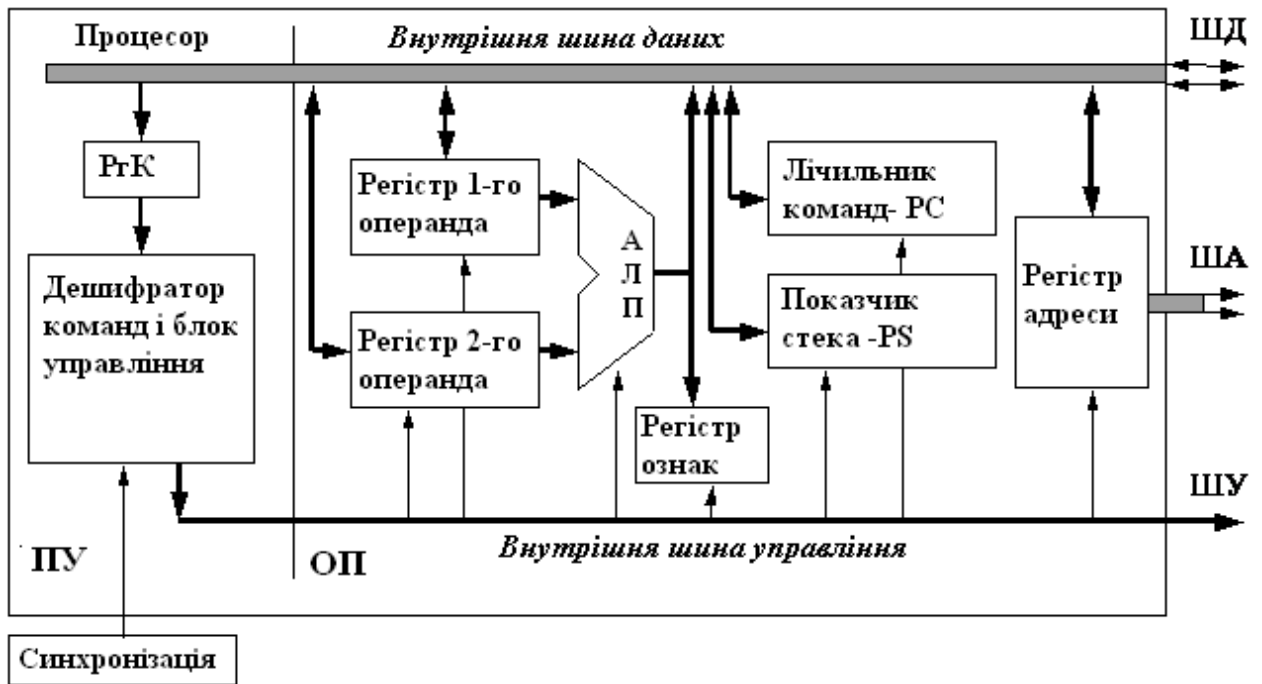


Рисунок 1.1 – Структурна схема універсального мікропроцесора

Лічильник команд містить адресу комірки пам'яті, в якій знаходяться байти виконуваної команди.

Показчик стека зберігає адресу останньої зайнятої комірки стека, яку називають вершиною. Число, що знаходиться в показчику, вказує, де знаходиться вершина стека. Коли в стек записується чергове слово, число, що в показчику стека, збільшується на одиницю. При добуванні слова із стека число, що заповнює його показчик, навпаки зменшується на одиницю.

Регістром ознак є набір тригерів – прапорців. Залежно від результатів операцій, виконуваних АЛП, кожен тригер встановлюється в стан 0 або 1. Біти прапорців, що визначають вміст регістра, відображають умовні ознаки: нульового результату, знака результату, переповнення і тому подібне. Ця інформація, важлива для вибору подальшого шляху обчислень.

Для сучасних контролерів характерна магістральна (шинна) фізична організація роботи, при якій обмін інформацією між блоками виконується в паралельному коді по магістралях, які називаються шинами. Шина – це кілька паралельних провідників із загальним функціональним призначенням.

У типовій структурі контролера, як правило реалізовані три інформаційні магістралі:

- шина адреси (ША) – використовується для передачі інформації, яка вказує пристрій або адресу комірки пам'яті, до яких здійснюється звернення з боку процесора;

- шина даних (ШД) – служить для передачі інформації (кодів команд або даних) між пристроями контролера;

- шина управління (ШУ)- набір сигналів, що визначають, які пристрої обмінюються даними, у якому напрямку (у процесор або з процесора) і, в якому режимі, а також виконують синхронізацію роботи мікропроцесора і інших блоків у складі контролера.

Усі пристрої контролера підключені до одних і тих самих шин адреси і даних. В кожний момент часу тільки два пристрої можуть обмінюватися інформацією по шині даних, а по шині адреси тільки один з пристроїв, що бере участь в обміні (частіше всього процесор), видає адреси абонента. Інші пристрої у складі системи відключені від шини даних.

В узагальненому вигляді функціонування мікропроцесора може бути подане, як циклічна послідовність двох етапів – вибирання (читання) команд з пам'яті та їх дешифрування і виконання команд.

Вибирання команд є автоматичним процесом, який відбувається під впливом імпульсів від генератора тактових імпульсів і не залежить від програміста.

Дешифрування команди – це процес формування послідовності керуючих сигналів для всіх вузлів процесора і інших блоків контролера на основі коду, що міститься в команді.

Дії, які виконуються відповідно до команди, являють собою арифметичну або логічну обробку даних визначених програмістом. Після виконання дії процесор автоматично переходить до вибору з пам'яті наступної команди.

Мікропроцесор, незважаючи на його універсальність, самостійно нездатний реалізувати конкретну задачу обробки інформації або керування об'єктом. Для виконання цих функцій необхідно його з'єднати з деякими пристроями, запрограмувати та забезпечити обмін інформації мікропроцесора з цими пристроями, тобто утворити мікропроцесорну систему, яка є суттю будь-якого ПЛК.

Узагальнена структура програмованого логічного контролера приведена на рис.1.2.

Програмований контролер окрім мікропроцесора (МП) додатково має оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), вхідні та вихідні модулі, що перетворюють аналогові, дискретні, вхідні сигнали у цифрову форму і навпаки, комунікаційні модулі для створення промислових мереж та ряд інших пристроїв, які призначені для виконання деяких чітко окреслених функцій з обробки цифрової інформації і керування процесом цієї обробки.

Оперативний запам'ятовуючий пристрій є основним видом пам'яті контролера. В ОЗП зберігається програма обробки інформації та дані. Пристрій керування мікропроцесора постійно звертається до пам'яті та крок за кроком виконує команди, які записані в ній.

Ємність пам'яті характеризують порціями, які кратні 1024 словам, або байтам. Скорочено ємність такої порції позначають 1 Кбайт.

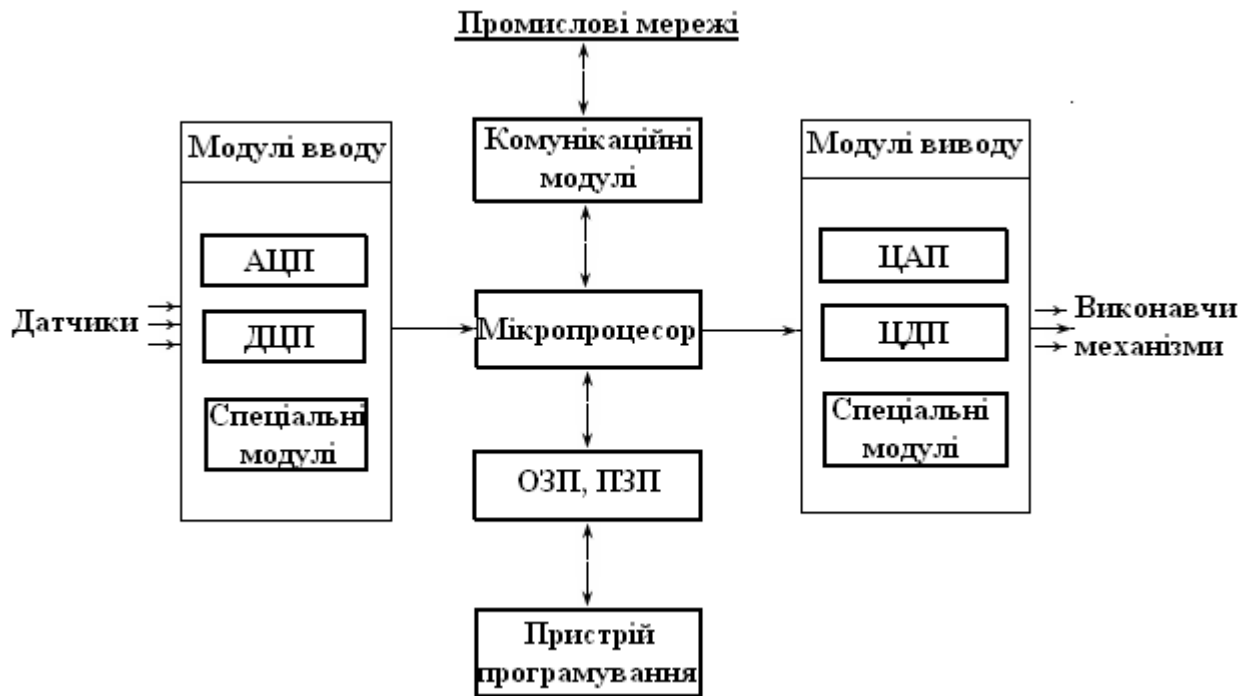


Рисунок 1.2 – Узагальнена структура програмованого логічного контролера

Розрядність вибірки визначається кількістю розрядів інформації, яка записується до ОЗП чи береться з нього за одне звернення. Оперативну пам'яттю з довільним доступом, звідки і з'явилась абревіатура RAM (Random Access Memory), в яку в довільний момент часу можна записати інформацію та у довільний час прочитати дані з неї. Незважаючи на велику швидкість і гнучкість у роботі, ОЗП має один суттєвий недолік - при вимкненні живлення дані, які записані в ОЗП, втрачаються. У деяких випадках паралельно живленню ОЗП приєднують батарею (або акумулятор), яка підтримує працездатність ОЗП деякий час при вимкненні живлення. Такі ОЗП називають енергонезалежними.

Повністю уникнути втрати інформації при вимкненні живлення дає можливість постійний запам'ятовуючий пристрій. На початку розвитку мікропроцесорної техніки вважалось, що ОЗП призначене тільки для тимчасового зберігання інформації, а дані з ПЗП у процесі експлуатації можна тільки зчитувати.

Дані до ПЗП записують тільки один раз або при його виготовленні у виробника ПЗП на базі маски (картки) замовника, або безпосередньо користувачем.

Останнім часом значного поширення набули такі види ПЗП, які називають перепрограмованими постійними запам'ятовуючими пристроями (ППЗП). Вони допускають багаторазовий запис даних. Залежно від типу ППЗП час зберігання в них може бути від кількох тисяч годин до десятків років.

Інформація, яка призначена для обробки у мікропроцесорі, може бути як дискретною, так і аналоговою. Проте в обох випадках вона подається у МП однаково - у вигляді двійкових чисел. Тому для автоматичного збору інформації про стан об'єкта керування, його обробки та формування керуючої дії, до складу ПЛК входить пристрій зв'язку з об'єктом керування (ПЗО), у складі якого є відповідні модулі вводу – аналогово-цифрові (АЦП), дискретно-

цифрові (ДЦП), та виводу - цифро аналогові (ЦАП) і цифро дискретні (ЦДП). Завданням ПЗО є автоматичне перетворення сигналів від датчиків, встановлених на об'єктах керування у форму, необхідну для вводу у МП, а також перетворення керуючих сигналів, що надходять з МП, у форму, яка може сприйматися виконавчими механізмами для керування регулюючими органами, безпосередньо встановленими на об'єкті керування.

Модулі дискретних входів здійснюють перетворення дискретних сигналів в цифрові. Один дискретний вхід ПЛК здатний приймати один бінарний електричний сигнал, який характеризується двома станами – увімкнений або вимкнений. На рівні програми це один біт інформації – ІСТИНА або ХИБНІСТЬ.

Кнопки, вимикачі, контакти реле, датчики наявності предметів і багато приладів з виходом типу «сухий контакт» або «відкритий колектор» безпосередньо можуть бути підключені до дискретних входів ПЛК.

В модулях аналогового входу електричний сигнал відображає рівень напруги або струму пропорційний фізичній величині, яка вимірюється в кожний момент часу. Це може бути температура, тиск, вага, швидкість, частота і т.ін.

Оскільки ПЛК є цифровою обчислювальною машиною, аналогові вхідні сигнали обов'язково піддаються аналого-цифровому перетворенню. В результаті, утворюється дискретна змінна певної розрядності. Як правило, в ПЛК застосовуються 8-12 розрядні перетворювачі. АЦП вищої розрядності не виправдовують себе, в першу чергу через високий рівень індустріальних перешкод, характерних для умов роботи контролерів.

В модулях дискретних виходів відбувається перетворення цифрового управляючого сигналу в дискретний. Один дискретний вихід ПЛК здатний комутувати один електричний сигнал. Дискретний вихід, як і дискретний вхід, з погляду програми це один біт інформації, приймаючий стани ІСТИНА або ХИБНІСТЬ.

Навантаженням дискретних виходів можуть бути лампи, реле, соленоїди, силові пускачі, пневматичні клапани, індикатори і т.ін. Простий дискретний вихід ПЛК виконується у вигляді контактів реле. Такий вихід достатньо простий і зручний в застосуванні. Проте він має характерні недоліки реле – обмежений ресурс, низьку швидкодію, руйнування контактів при роботі на індуктивне навантаження. Альтернативним рішенням дискретного виходу є електронний силовий елемент. Схема ключа обов'язково містить гальванічну розв'язку, елементи захисту від помилкового вмикання навантаження і короткого замикання, а також часто індивідуальну світлодіодну індикацію.

У модулях аналогового виходу здійснюється перетворення цифрового сигналу, сформованого центральним процесором за програмою користувача, в аналоговий сигнал управління. Навантаженням аналогових вихідних модулів можуть бути будь-які підсилювальні блоки тиристорів і симисторів, виконавчі пристрої пропорційного типу та ін.

Окрім сполучення з датчиками та виконавчими пристроями, модулі ПЗО можуть забезпечувати зв'язок з пристроями відображення інформації або з іншими мікропроцесорними автоматичними системами або ЕОМ, користуючись промисловими мережами.

Інформація як між окремими пристроями ПЛК, так і при обміні із зовнішніми (периферійними) пристроями передається по загальних інформаційних каналах - шинах.

Периферійні пристрої не мають безпосереднього контакту із системними шинами. Замість цього вони приєднані до спеціальних регістрів, які використовуються для тимчасового зберігання бінарної інформації і називаються портами. Кожний порт має свою адресу (по аналогії з комітками пристроїв пам'яті), причому в кожний момент часу до шини даних може бути підключений тільки один порт. Цим керує спеціальний контролер вводу-виводу.

У простих випадках зовнішні пристрої приєднуються до ПЛК за допомогою портів. При інтенсивному обміні інформацією використовується більш складна система спряження, яка має назву інтерфейс. Інтерфейс - це комплекс апаратних та алгоритмічних засобів уніфікованого спряження компонентів мікропроцесорної системи. До складу апаратних засобів входять система уніфікованих шин, уніфікованих сигналів і електричних схем. Алгоритмічна частина - це алгоритм (чи, як його ще називають, протокол) обміну, тобто сукупність правил взаємозв'язку цих компонентів у процесі обміну інформацією. Найбільш поширені інтерфейси паралельні - ІРПР, в яких інформація передається по паралельних, і послідовні - ІРПС, в яких інформація передається послідовно по лініях зв'язку обмеженої кількості[3,10,11].

1.5 Організація роботи контролера

У зв'язку з тим що основною задачею запрограмованого мікропроцесорного контролера є керування виконавчими механізмами на підставі сигналів, які характеризують стан об'єкта автоматизації, контролер повинен весь час стежити за значеннями вхідних сигналів і виробляти керуючі дії відповідно до алгоритму керування. Тому процес роботи ПЛК складається з циклічної послідовності виконання кількох етапів, які становлять робочий цикл контролера. До них належать:

- читання входів, у процесі якого в оперативну пам'ять контролера записується інформація про стан фізичних входів;
- виконання прикладної програми, підготовленої користувачем відповідно до заданого алгоритму керування;
- відновлення виходів, у процесі якого вихідним каналам модулів встановлюються значення, отримані в результаті обробки прикладної програми. Окрім того, в процесі кожного робочого циклу виконуються процедури, які пов'язані не стільки з обробкою прикладної програми, як із задачами аналізу стану апаратних засобів, самодіагностики, обробки запитів, які прийшли з пульта ПЛК або по мережі і т. ін. Тобто відбувається внутрішня обробка, яка записується у системну пам'ять контролера.

Прикладна програма має справу з одномоментною копією значень входів. У середині одного циклу виконання програми, значення входів можна вважати константами. Така модель спрощує аналіз і програмування складних логічних і послідовних алгоритмів. Очевидно, що час реакції на подію залежатиме від часу виконання однієї ітерації прикладної програми.

У технічних характеристиках ПЛК надається типовий час робочого циклу, який у сучасних контролерах вимірюється одиницями мілісекунд і менше. Події, що вимагають швидкої реакції, виділяються в окремі задачі, пріоритетність і період виконання яких можна змінювати.

При роботі контролера можливі дві форми організації робочого циклу – циклічне або періодичне виконання.

Для циклічного виконання характерно послідовне, один за одним, виконання етапів прикладної програми. Сумарне виконання окремих етапів програми визначає час робочого циклу.

У зв'язку з тим що в процесі виконання прикладної програми час виконання окремих її етапів може змінюватись, змінюватиметься і тривалість робочого циклу ПЛК.

За періодичного режиму виконання робочого циклу його тривалість задається при програмуванні контролера. У цьому разі при виконанні програми ПЛК також послідовно виконує всі етапи обробки програми. Проте, якщо останній етап робочого циклу виконався, а заданий час періоду ще не вичерпався, процесор заповнює час операційного циклу, що залишився, системними чи фоновими задачами доти, поки не закінчиться період, і тільки після цього почнеться новий робочий цикл.

Основним призначенням систем самодіагностики і тестування ПЛК є забезпечення оперативного виявлення несправностей апаратних засобів контролера, а також програмних помилок, які заважають подальшому виконанню програми користувача або роблять його неможливим. Процедури самодіагностики виконуються автоматично і не залежать від прикладної програми. Розвитку і функціональним можливостям цих систем розробники ПЛК приділяють велику увагу. Це пояснюється тим, що у разі побудови системи автоматизації на базі локальних засобів автоматизації показники надійності цієї системи рівномірно розподілені між окремими технічними засобами. У разі відмови одного з технічних засобів автоматизації інші контури керування зберігають свою роботоздатність. Якщо ж система автоматизації будується на базі ПЛК, її надійність в основному визначається надійністю роботи саме ПЛК, тому що в ньому зосереджені основні ресурси керування об'єктом. Безумовно, що у разі відмови датчиків або виконавчих механізмів нормальна робота контурів керування, пов'язаних з ними, також буде порушена, але якщо вийде з ладу ПЛК, то може втратити свою роботоздатність система в цілому. Тому своєчасне виявлення помилок у роботі ПЛК є дуже важливим. Це дає можливість не тільки оперативно виявити відмови ПЛК, а й вжити заходи для їх усунення. Цьому сприяє також блоково-модульний принцип побудови ПЛК. Вважається, що час відновлення роботоздатності ПЛК не повинен перевищувати 1 години.

Розрізняють два типи порушення роботоздатності контролерів – "помилка" і "відмова". Помилка - це часткова втрата роботоздатності ПЛК, яка не порушує виконання більшої частини алгоритму керування (відмова окремих каналів модулів, вихід значень вхідних сигналів за допустимі межі і т.ін.). Відмова - це порушення роботоздатності контролера, яке не дає можливості подальшого виконання алгоритму керування. При виявленні "відмови" ПЛК має припинити виконання прикладної програми. Розрізняють апаратні і програмні

засоби самодіагностики. Апаратні засоби виконуються, як правило, у вигляді світлових індикаторів, які розташовуються на лицевих панелях модулів. Їх стан дає можливість оператору візуально визначити роботоздатність ПЛК і окремих його модулів, а також визначити момент порушення в його роботі.

Програмна самодіагностика виконується в процесі кожного робочого циклу ПЛК. Її результати записуються у пам'ять контролера у відповідні системні слова. До цих слів можна звертатися в процесі виконання програми користувача і програмним шляхом реалізовувати алгоритми реагування системи на виявлення відповідних помилок. Крім того, ця інформація може використовуватись для аналізу причин відмов ПЛК.

Детальніше виявити причини порушення роботоздатності ПЛК дають змогу системи тестування і діагностики ПЛК, які запускаються з терміналів програмування або з пультів програмування. Ці системи дають можливість швидко визначити причини виникнення помилок і відмов контролера. У деяких випадках для відновлення роботоздатності ПЛК необхідно замінити модулі, а у деяких – відновити або внести зміни у програму користувача[3].