

## Комунікаційні можливості та характеристика промислових мереж.

### 2.4 Комунікаційні можливості

Основною тенденцією розвитку сучасних систем автоматизації є створення багаторівневих систем керування виробництвом, для яких характерним є інтенсивний обмін інформацією між окремими технічними засобами, робочими станціями і рівнями керування. Тому питанням мережних можливостей ПЛК приділяється особлива увага.

До параметрів контролерів, що характеризують їх здатність взаємодіяти з іншими пристроями системи управління, відносяться:

- кількість і різноманітність портів в процесорних модулях;
- широта набору інтерфейсних модулів і інтерфейсних процесорів;
- протоколи, що підтримуються;
- швидкість обміну даними і протяжність каналів зв'язку.

На рис.2.1 наведена мережна архітектура багаторівневої системи управління.

На рівні управління підприємством знаходяться звичайні РС-сумісні комп'ютери і файлові сервери, що об'єднані локальною мережею і обмінюються великими об'ємами інформації. Задача обчислювальних систем на цьому рівні — забезпечення візуального контролю основних параметрів виробництва, побудова звітів, архівація даних. Масив даних, що пересилається, може бути доступний не лише центральному пристрою, але і іншим вузлам мережі цього рівня. Це означає, що мережа є рівноправною (одноранговою), тобто визначається моделлю взаємодії peer-to-peer (рівний з рівним). Об'єми даних, що передаються між вузлами, вимірюються мегабайтами, а часові показники обміну інформацією не є критичними.

Мережі, що забезпечують інформаційний обмін на цьому рівні, називають інформаційними мережами. Найбільш яскравим представником мереж цього рівня є Ethernet з протоколом TCP/IP.

Мережі, що забезпечують інформаційний обмін між контролерами, датчиками і виконавчими пристроями, часто об'єднуються під спільною назвою – промислові мережі. Їх можна поділити на два рівні:

- управляючі промислові мережі, що забезпечують збір і обробку даних на рівні промислових контролерів та управління технологічним процесом;
- польові мережі або шини, завдання яких зводяться до опитування датчиків і управління роботою різноманітних виконавчих пристроїв.

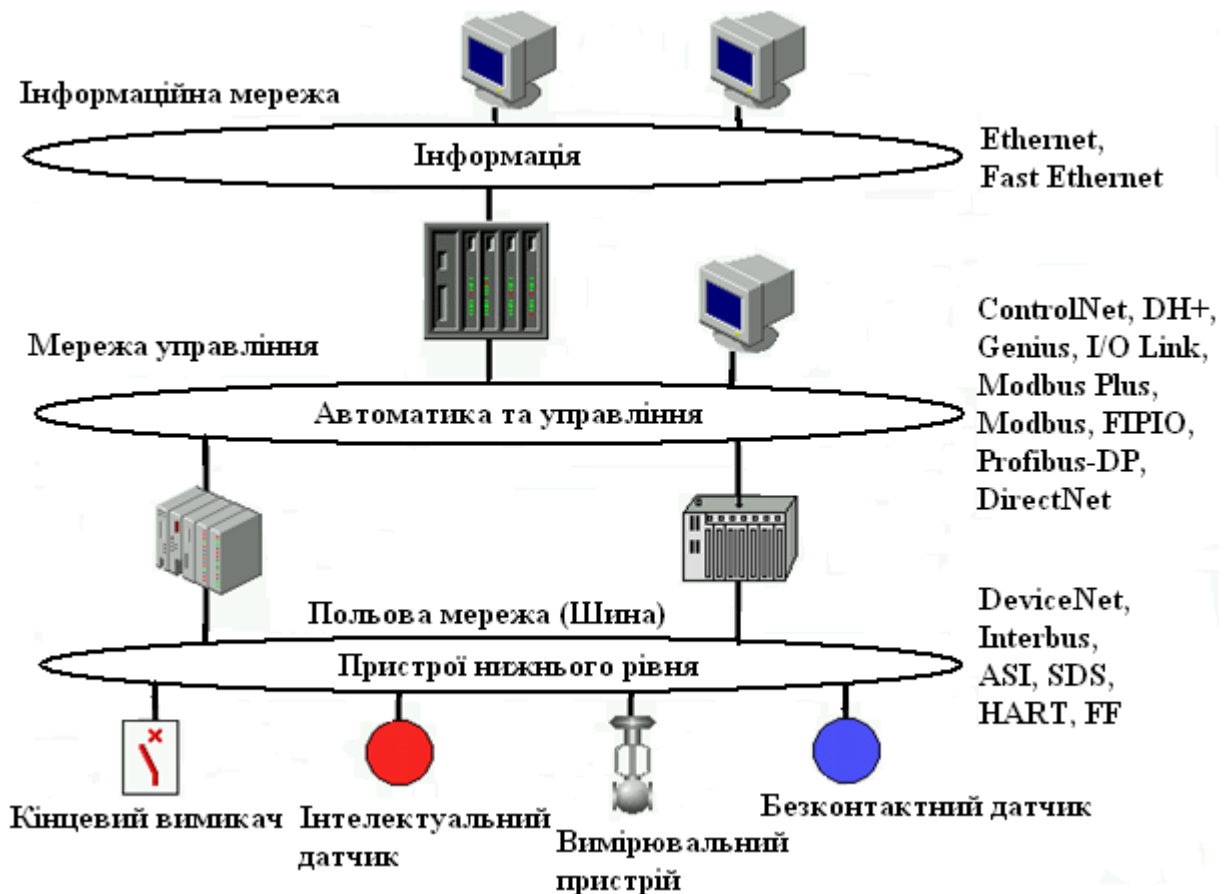


Рисунок 2.1 – Мережна архітектура АСУТП

Міжнародна організація зі стандартизації OSI (Open Systems Interconnect) розробила еталонну модель структури, яка забезпечує взаємодію відкритих систем, тобто спільну роботу в мережі технічних засобів різних фірм. Особливу роль у мережах ПЛК відіграють так звані протоколи зв'язку, що являють собою визначений набір правил, процедур і форматів повідомлень, які необхідні для організації і забезпечення інформаційних зв'язків між ПЛК, а також між ними і зовнішніми пристроями і системами.

Відповідно до еталонної моделі відкритий протокол сполучень включає сім рівнів, на кожному з яких виконується визначена функція:

- перший рівень фізичний — забезпечення фізичних характеристик приєднання пристроїв до фізичних каналів зв'язку (у разі потреби перетворення сигналів);
- другий рівень каналний - забезпечення передачі даних між двома пристроями (з'єднання і роз'єднання каналу зв'язку, захист від помилок у процесі передачі даних);
- третій рівень мережний - вибір, організація і оптимізація маршрутів передачі інформації;
- четвертий рівень транспортний - керування передачею (пересилкою) даних (масивів) між об'єктами мережі;
- п'ятий рівень сеансовий - організація і проведення сеансів зв'язку між прикладними програмами, включаючи розв'язання задач синхронізації і активізації окремих об'єктів або фрагментів програм;

- шостий рівень представницький - перетворення даних, які передаються, до вигляду зручного для кінцевого використання;
- сьомий рівень прикладний - виконання прикладних програм (адміністрування мережею, керування технологічними процесами і транспортними засобами різного призначення).

Перші три рівня забезпечують пересилання даних, а рівні четвертий - сьомий забезпечують керування першими трьома. Залежно від складності задачі керування і розмірів мереж, кількість рівнів може змінюватись. Тому досить часто у мережах ПЛК використовуються найпростіші рівні.

Функціонування системи відповідно до наведеного протоколу виконується за схемою «згори - донизу» — при передаванні даних і “знизу – догори” - при прийманні інформації.

Важливу роль у мережах ПЛК відіграють способи і засоби передачі інформації. Як фізичний канал у сучасних ПЛК можуть використовуватись, звичайні і спеціальні коаксіальні кабелі, виті пари, оптоволоконні канали сполучень.

Передача інформації по каналах сполучень здійснюється симплексним методом – тільки в одному напрямку, напівдуплексним – в обох напрямках, але не одночасно, дуплексним – одночасно в обох напрямках. При цьому використовують як послідовний, так і паралельний способи передачі інформації з синхронізацією передачі повідомлень і без неї.

Існують три основні режими обміну даними, ефективність використання яких залежить від конкретної задачі.

Режим «Провідний-підпорядкований». У цьому режимі один з вузлів промислової мережі є провідним пристроєм (master), який послідовно опитує підпорядковані вузли (slave). Залежно від змісту запиту підпорядкований вузол або виконує одержану команду, або передає провідному поточні дані з підключених кінцевих пристроїв. Slave не може посилати запити. Типовим прикладом мережі, побудованої за таким принципом, є мережа PROFIBUS. Як правило, ролі провідного і підпорядкованого закріплюються за контролерами жорстко і не змінюються в процесі функціонування мережі.

Режим «Клієнт-сервер». Даний режим має багато загального з попереднім і використовується у системах з гнучким розподілом функцій. Вузол клієнт запрошує дані, а вузол сервер їх надає. При цьому клієнт може запрошувати декілька вузлів, а сервер – мати декілька клієнтів. Також функції клієнта і сервера можуть поєднуватися на одному вузлі. Прикладом цього режиму роботи є промислова мережа Foundation Fieldbus.

Режим «Підписка». У цьому режимі вузол, що потребує регулярне надходження будь-якої інформації, підписується на її отримання від іншого вузла і після цього одержує регулярні розсилки даних без додаткових запитів. Режим має два варіанти – у першому дані передаються циклічно з певним інтервалом незалежно від динаміки інформації, у другому дані передаються тільки у разі їх зміни. Даний режим також використовується в мережах Foundation Fieldbus.

Швидкість, з якою дані передаються в мережі, звичайно вимірюється в кілободах (КБод) або мегабодах (МБод). Швидкість передачі показує, скільки даних може бути передано протягом певного проміжку часу. Наприклад,

швидкість передачі 19,2 КБод означає 19 200 біт за секунду. Всі пристрої, які обмінюються даними через певну мережу, повинні бути настроєні на передачу з однаковою швидкістю. Тому щонайвища швидкість передачі в мережі визначається найповільнішим приладом, підключеним до мережі. Мережна адреса - це унікальний номер, який призначається кожному пристрою в мережі і гарантує, передачу або прийом інформації потрібними засобами автоматизації[3,13,14].

## 2.5 Характеристика промислових мереж

Для функціонування багаторівневих систем керування виробництвом розроблена і впроваджена значна кількість закінчених апаратно-програмних рішень, які суттєво відрізняються своїми параметрами і сферами застосування.

Існує досить широкий спектр протоколів для промислових мереж рівня польових шин. Серед них AS-інтерфейс, CAN – протокол, SDS – протокол, DeviceNet – мережа, специфікація Interbus, HART – протокол та ін.

AS-інтерфейс у вигляді концепції з'явився у 1993 році. Основне завдання цього інтерфейсу – зв'язати в єдину інформаційну структуру пристрої нижнього рівня технологічного процесу, що автоматизується, (фотоелектричні датчики, виконавчі пристрої, реле, контактори, перемикачі, приводи і тому подібне) з системою контролерів. Це підтверджується і назвою мережі - ASI (Actuator Sensor Interface).

AS-інтерфейс дозволяє повністю виключити з АСУ ТП аналогові лінії зв'язку, кросові шафи та інше допоміжне устаткування. Максимальний час циклу опитування складає 5-10 мс, що відповідає циклу виконання програми в контролері, а максимальний об'єм даних з одного ASI-вузла дорівнює 4 біта. Завдяки цьому мережі на базі AS-інтерфейсу активно застосовуються в розподілених АСУ ТП реального часу.

AS-інтерфейс дозволяє через свої комунікаційні лінії не лише передавати дані, але і підводити живлення (24 VDC) до датчиків і виконавчих пристроїв. До одного контролера можна приєднати до 31 пристрою, а протяжність сегменту ASI - шини досягає 100м. За рахунок повторювачів довжину мережі можна збільшити до 300м, а кількість вузлів – до 62. Дані і напруга живлення передаються по одній парі проводів. Мережі на базі AS-інтерфейсу відрізняються економічністю і дуже великим набором засобів взаємодії з іншими промисловими мережами.

Протокол CAN (Controller Area Network) визначає тільки перші два рівні ISO/OSI – фізичний та рівень доступу до середовища передачі даних. З початку 90-х років, коли компанія Bosch розробила відповідну специфікацію, на основі цього протоколу реалізована величезна кількість повнофункціональних мереж, зокрема таких як SDS, CANOpen, DeviceNet та ін. Кількість вузлів мережі, що працюють на основі CAN, обчислюється десятками мільйонів. Практично у кожного крупного виробника мікроконтролерів є виріб з CAN-інтерфейсом. Основними перевагами, що визначили високу популярність цього протоколу у розробників промислових систем, є висока швидкість (до 1 Мбод), можливість мати в мережі декілька провідних пристроїв, надійна система виявлення і виправлення помилок. Метод доступу до інформації поєднує мінімальну затримку передачі інформації з ефективним арбітражем ситуацій, коли декілька

вузлів починають передавати дані одночасно. Завдяки цьому доставка повідомлення гарантується.

DeviceNet – відкрита комунікаційна мережа нижнього рівня. Ця мережа сполучає пристрої нижнього рівня безпосередньо з системою управління, зменшуючи кількість зв'язків вводу-виводу і проводів по відношенню до типових апаратних рішень. Довжина мережі DeviceNet визначається швидкістю передачі даних – 100м при швидкості 500 Кбод, 200м – 250 Кбод, 500м – 125 Кбод. Максимальна кількість вузлів-64.

DeviceNet забезпечує доступ до інтелектуальних датчиків різних виробників, зв'язок "провідний/підпорядкований" і рівноправний, конфігурацію датчиків, управління і збір даних.

SDS (Smart Distributed System) – протокол систем вводу-виводу, запропонований компанією Honeywell для побудови мереж, які об'єднують периферійні пристрої різних виробників.

Ця мережа дозволяє працювати з такими пристроями вводу-виводу, як кінцеві вимикачі, фотоелектричні і безконтактні датчики, позиціонери, і здійснювати обмін інформацією на високих швидкостях. Перевагою мережі є те, що вона призначена для контролерів і джерел інформації, живлення передається по проводах мережного кабелю, діагностика виконується на рівні фізичних пристроїв, а час проходження даних по мережі досягає 0,1 мс. Швидкість передачі інформації залежить від довжини шини. Коли відстань не перевищує 30м, швидкість передачі даних - 1Мбод. При довжині шини 487м – 125Кбод.

Модуль SDS замінює стандартні модулі вводу-виводу, забезпечуючи приєднання 64 дискретних входів/виходів (розподілених ввід-вивід).

Специфікація Interbus розроблена фірмою Phoenix Contact у 1984 році. Основне призначення протоколу Interbus - організація комунікацій на рівні датчиків і виконавчих механізмів. Interbus використовує процедуру доступу до шини за схемою «провідний/підпорядкований» (Master/Slave). Топологія Interbus - це фізичне і логічне кільце, у якого фізичний рівень побудований на основі стандарту RS-485. Для реалізації кільця використовуються дві виті пари (дуплексний режим). Така фізична структура дозволяє організувати мережу, яка працює між двома сусідніми вузлами на відстані 400м зі швидкістю 500 Кбод. Функція повторювача, яку має кожний мережний пристрій сигналу, дозволяє розширити систему до 13 км. Загальна кількість пристроїв мережі обмежена і складає максимум 256 вузлів.

Протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer), розроблений фірмою Rosemount Inc. у середині 80-х років, реалізує відомий стандарт BELL 202 FSK, заснований на технології 4 – 20 мА.

Стандарт BELL 202 FSK - це кодування сигналу методом частотного зсуву для обміну даними на швидкості 1,2Кбод. Сигнал накладається на аналоговий вимірювальний сигнал 4—20 мА. Оскільки середнє значення сигналу дорівнює 0, то він не впливає на аналоговий сигнал 4-20 мА.

Довжина польової шини – 1,5 км, а кількість приладів на одній шині не перевищує 16. Схема взаємостосунків між вузлами мережі заснована на принципі Master/Slave. У HART-мережі може бути присутнім до 2 Master-вузлів (звичайно один). Другий Master, як правило, звільнений від підтримки циклів

передачі і використовується для організації зв'язку з якою-небудь системою контролю/відображення даних. Стандартна топологія – «зірка», але можлива і шинна організація. Для передачі даних по мережі використовуються два режими:

- асинхронний - по схемі «Master-запит/ Slave-відповідь» (один цикл укладається в 500 мс);

- синхронний - пасивні вузли безперервно передають свої дані майстер-вузлу (час оновлення даних в майстер-вузлі - 250 - 300 мс).

HART-протокол через польову шину дозволяє проводити віддалене настроювання датчиків на необхідний діапазон вимірювання; не підводить до датчиків окремі лінії електроживлення і не має в них блоків живлення (електроживлення реалізується від блоків живлення контролерів через польову шину); збільшити інформаційний потік між контролером і приладами; за наявності самодіагностування в пристроях автоматизації передавати повідомлення про несправності.

Протокол MODBUS від компанії Modicon вважається найбільш поширеним протоколом в управляючих промислових мережах. Протокол працює за принципом Master/Slave (провідний/підпорядкований). Конфігурація на основі цього протоколу передбачає наявність одного Master-вузла і до 247 Slave-вузлів. Тільки Master ініціює цикли обміну даними. Протокол Modbus може застосовуватися в дуплексних і напівдуплексних лініях сполучення. Фізичним рівнем протоколу Modbus є лінія стандарту RS422/RS485, проте, якщо використовується сполучення «точка-точка», той же формат команд може використовуватися на будь-якому послідовному асинхронному фізичному інтерфейсі, у тому числі RS232. Закінчення відповіді від підпорядкованого пристрою майстер визначає за часовим інтервалом між закінченням прийому попереднього байту і початком прийому наступного. Якщо цей інтервал більше часу необхідного для прийому двох байтів на заданій швидкості передачі, прийом кадру відповіді вважається завершаним. Кадри запиту і відповіді по протоколу Modbus мають фіксований формат.

Протокол PROFIBUS (PROcess FieLd BUS) розроблений фірмою Siemens на початку 90-х років. Стандарт протоколу описує рівні 1, 2 і 7 OSI-моделі. У PROFIBUS використовується гібридний метод доступу – Master/Slave і децентралізована процедура передачі маркера. У якості передаючого середовища використовується екранована вита пара, скляний або пластиковий оптоволоконний кабель. Довжина кабелю в сегменті шини залежить від швидкості передачі даних; вона складає 100 м при найбільшій швидкості передачі (12 Мбод) і 1000 м при якнайменшій (9,6 Кбод). Дальність мережі може бути збільшена за допомогою повторювачів або оптичних модулів зв'язку.

Мережа PROFIBUS може складатися зі 122 вузлів, з яких 32 можуть бути Master-вузлами. У середовищі Master-вузлів за схемою зростаючих номерів передається маркер, який надає право вузлам здійснювати на шині цикли читання або запису. Активний вузол одержує права доступу до шини на певний інтервал часу, після закінчення якого права доступу передаються наступному вузлу. Якщо активному вузлу (майстру) призначені пасивні

вузли (підпорядковані), майстер обмінюється з ними даними поки володіє правами доступу.

При побудові багаторівневих систем автоматизації часто виникають завдання організації інформаційного обміну поміж рівнями. В одному випадку за необхідним є обмін комплексними повідомленнями на середніх швидкостях, в іншому - швидкий обмін короткими повідомленнями з використанням спрощеного протоколу обміну (рівень датчиків), у третьому потрібна робота на небезпечних ділянках виробництва (нафтогазові технології, хімічне виробництво).

Для всіх цих випадків PROFIBUS пропонує три окремі протоколи - PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP і PROFIBUS-PA.

Протокол PROFIBUS-FMS з'явився першим і був призначений для роботи на так званому цеховому рівні, де потрібна висока ступінь функціональності, і де цей критерій більш важливіший ніж критерій швидкості. Основне його призначення - передача великих об'ємів даних.

У завданнях управління, що вимагають реального часу, на перше місце висувається такий параметр, як тривалість циклу шини. Реалізація протоколу PROFIBUS-DP дає збільшення продуктивності шини (наприклад, для передачі 512 біт даних, розподілених по 32 станціям, потрібний всього 6 мс). Протокол PROFIBUS-DP підтримується пристроями різних виробників.

Протокол PROFIBUS-PA - це розширення DP-протоколу, відповідно до якого технологія передачі інформації, заснована не на RS-485, а спирається на стандарт IEC1158-2, що визначає організацію передачі у вибухонебезпечному середовищі. Для комутації пристроїв потрібна всього одна вита пара, яка може одночасно використовуватися для інформаційного обміну і для підведення живлення до пристроїв польового рівня.

Мережа DN+ виробництва Allen-Bradley підтримує передачу даних і віддалене програмування контролерів. Зв'язок між процесорами і пристроями здійснюється за одноранговим принципом, який характеризується відсутністю "майстра", можливістю будь-якого контролера ініціалізувати зв'язок з будь-яким вузлом, мінімальним мережним трафіком і простотою нарощування контролерів в мережі.

Магістральна лінія мережі DN+ має протяжність до 3048м, а відгалуження – до 30м. До однієї мережі DN+ можна приєднати до 64 пристроїв. Швидкість передачі даних залежить від довжини шини і може настроюватися від 57,6 Кбод (3048м) до 230,4 Кбод (750м).

Мережа Genius фірми GE Fanuc призначена для об'єднання в закінчену систему контролери GE Fanuc серій 90-70 і 90-30 та віддалені периферії Genius і Field Control. Взаємодія різних пристроїв з мережею Genius здійснюється за допомогою контролерів шини Genius (GBC), інтерфейсних модулів (GCM) і блоків інтерфейсу з шиною Genius (BUI). Фізично пристрої об'єднуються в мережу екранованою витою парою. Мережа має топологію "шина", до якої можуть бути підключені до 32 пристроїв. Максимальна довжина шини складає 2,3 км при швидкості обміну 38,4 Кбод. Максимальна швидкість передачі даних 153,6 Кбод досягається при довжині лінії до 600 м.

Протокол VITBUS розроблений фірмою INTEL у 1984 році для побудови розподілених систем, в яких потрібно було забезпечити високу швидкість

передачі, детермінізм і надійність. Фізичний інтерфейс заснований на RS-485. Інформаційний обмін організований за принципом "запит - відповідь" (Master /Slave).

Протокол ВІТBUS визначає два режими передачі даних по шині:

- синхронний режим використовується при необхідності роботи на великій швидкості, але на обмежених відстанях. У цьому режимі до шини можна підключити не більше 28 вузлів, але довжина шини обмежується 30 м. Швидкість може бути від 500 Кбод до 2,4 Мбод. Синхронний режим передачі передбачає використання двох пар проводів (однієї пари - для даних, іншої - для синхронізації);

- режим з самосинхронізацією дозволяє значно продовжити шину. Стандартом визначено дві швидкості передачі – 375 Кбод (до 300м) і 62,5 Кбод (до 1200м). Використовуючи повторювачі, можна об'єднувати послідовно декілька шинних сегментів (до 28 вузлів на сегмент). Тоді спільне число вузлів можна довести до 250, а довжину спільної шини - до декількох кілометрів. При цьому режимі передачі також використовуються дві пари провідників (одна для даних, інша для управління повторювачем).

Протокол FIP (Factory Information Protocol) забезпечує високі швидкості передачі і конкретні інтервали оновлення даних. Протокол має гібридний централізований/децентралізований контроль за шиною, заснований на принципі широкого мовлення. Використання режиму широкого мовлення не потребує присвоєння кожному пристрою унікальної мережної адреси.

Кожен вузол на шині повністю автономний. Всі вузли мають можливість отримувати дані, що призначені для них. Контроль здійснюється з боку центрального вузла мережі, який називається арбітром.

FIP протокол підтримує рівні 1, 2 і 7 стандарту OSI. Для його передачі використовується вита пара або оптоволоконний кабель. Максимальна протяжність мережі - 1000м без повторювачів (до 15 км з оптичними повторювачами) при швидкості обміну інформацією – 1 Мбод. Мережа підтримує до 128 пристроїв.

Foundation Fieldbus — стандарт промислових мереж, який з'явився у 1995 році як результат зусиль консорціуму крупних, в основному північноамериканських виробників. По багатьох параметрах ця система схожа з PROFIBUS-PA - можливість установа в вибухонебезпечних зонах, передача інформаційного сигналу разом з напругою живлення по одній парі проводів, дворівнева ієрархія і т.ін. У Foundation Fieldbus на верхньому рівні використовується високошвидкісна магістраль Ethernet, а на нижньому — технологія передачі за стандартом IEC 61158-2, як і в PROFIBUS-PA. Дві особливості виділяють Foundation Fieldbus серед інших промислових мереж. По-перше, була розроблена спеціальна мова опису кінцевих пристроїв (Device Description Language), використання якої дозволяє підключати нові вузли до мережі за технологією plug-and-play. Достатньо фізично підключити новий пристрій, і він одразу самовизначиться на підставі закладеного опису DD (Device Description). По-друге, на відміну від інших промислових мереж, Foundation Fieldbus орієнтований на забезпечення однорангового зв'язку між вузлами без центрального провідного пристрою. Цей підхід дає можливість реалізувати системи управління, розподілені не тільки фізично, але і логічно,



що у багатьох випадках дозволяє підвищити надійність і живучість АСУ ТП. У Foundation Fieldbus реалізовані найскладніші технології обміну інформацією – підписка на дані, режим «клієнт-сервер», синхронізація розподіленого процесу.

Промисловий (Industrial) Ethernet – це мережа для рівня управління підприємством і цехом у відкритій, незалежній від виробника системі зв'язку, яка сполучає комп'ютери і програмовані контролери, для застосування в індустріальній галузі. Industrial Ethernet придатний для швидкої передачі великих об'ємів даних. Через міжмережні шлюзи він надає можливість з'єднання абонентів різних мереж.

Фізичним електронним з'єднанням є коаксіальний кабель з подвійним екрануванням або промислова вита пара. Оптичне з'єднання виконується на основі скляного оптоволоконного кабелю. Дальність електронної мережі складає до 1,5 км, оптичної – до 4,5 км. Швидкість передачі даних встановлена на рівні 10 Мбод. Більше 1000 вузлів може бути об'єднано в мережу за допомогою промислового Ethernet. Перед здійсненням доступу до шини кожен вузол перевіряє, чи передає в даний момент інший вузол. Якщо це так, то вузол чекає протягом довільного інтервалу часу перед наступною спробою дістати доступ. Всі вузли мають рівні права доступу.

Основним чинником, що забезпечив Ethernet переможний шлях у сфері АСУ, є наявність величезного вибору сумісних між собою апаратних і програмних засобів побудови мереж цього стандарту. Перехід від концентраторів (hub) до комутаторів (switch) і від напівдуплексних каналів зв'язку до дуплексних, дозволив зняти питання про можливість блокування обміну по мережному каналу через численні колізії інформаційних кадрів. Завдяки своїм «інтелектуальним» можливостям комутатор направляє одержаний інформаційний кадр тільки на те підключення, де реально знаходиться абонент, а не ширококомовно в усю мережу. В результаті загальний об'єм трафіку в мережі на багато разів скорочується. Фактично топологія «загальна шина» на логічному рівні трансформується в топологію «кожен з кожним», забезпечуючи гарантовану доставку даних. Крім того, однією з основних перешкод до застосування Ethernet в АСУ ТП завжди була невідповідність виготовлення апаратних засобів умовам їх застосування в промисловості. Зараз ситуація змінилася – з'явився цілий ряд концентраторів і комутаторів, що виконані відповідно до вимог промислових умов експлуатації. Це дозволяє протягнути надійну лінію Ethernet з верхнього (офісного) «поверху» АСУ ТП підприємства на нижній — в цех[3,13,14,15].

Порівняльна характеристика мереж і шин наведена у табл.2.1.

Таблиця 2.1 Порівняльна характеристика мереж і шин

Мережа	Топологія, метод доступу	Фізичне середовище	Довжина	Швидкість	Вузли
Ethernet	Шина, зірка	Коакс.кабель	100 м	10 Мбод	
		Вита пара Оптоволоконно	2800 м	100 Мбод	
FIP	Шина	Вита пара Оптоволоконно	15 км	1 Мбод	128
Profibus	Шина, M/S*, маркер	Вита пара Оптоволоконно	9600 м 90 км	12 Мбод	125

Bitbus	Шина, M/S*	Дві пари проводів	300м 1200 м	375 Кбод 62,5 Кбод	28
MODBUS	Шина, M/S*	Вита пара	1200 м	115,2 Кбод	254
DH+	Шина	Вита пара	3048 м 750 м	57,6 Кбод 230,8 Кбод	64
Genius	Шина	Вита пара Оптоволокно	600 м 2300 м	153,6 Кбод 38,4 Кбод	32
DeviceNet	Шина	Вита пара	100 м 500 м	500 Кбод 125 Кбод	64
Interbus	Кільце, M/S*	Вита пара Оптоволокно	12.8 км	500 Кбод	256
ASI	Шина, зірка, кільце, M/S	Вита пара	100м - сегмент	-	31
SDS	Шина M/S	Вита пара	450 м 30 м	125 Кбод 1 Мбод	64
HART	Шина, M/S		1500 м	1,2 Кбод	16
FF	Шина, зірка			До 1 Мбод	16

\* M/S - master/slave

## 2.6 Засоби програмування контролерів

При виборі контролерів для автоматизації одним з основних критеріїв є наявність програмних засобів, які дозволяють ефективно реалізувати прикладні задачі користувача. Ефективна реалізація задач передбачає, перш за все, швидку розробку програмних додатків для ПЛК, а також наявність готових рішень для стандартних функцій контролю та управління. Кращий результат відбувається, коли спеціаліст з автоматизації технологічних процесів може своє розуміння задачі втілити у життя без посередників – програмістів. Але відсутність або низьке розповсюдження придатних для цього мов суттєво стримувало застосування програмованих РС – сумісних контролерів. Користувач, як правило, віддавав перевагу спеціалізованому пристрою, який мав обмежені можливості, тільки за те, що для його використання не потрібні програмісти.

Тривалий час, фактично з самої своєї появи в кінці 70-років ХХ – століття, програмовані контролери були пристроями одного з трьох типів – логічний контролер для управління дискретними процесами, регулювальний контролер для керування неперервними процесами та вільно програмований контролер для універсального застосування. Як для логічних, так і для регулювальних контролерів мови програмування остаточно сформувалися до середині 80 – років і були повністю адекватні тим задачам, для яких вони застосовувалися. Проте для складних систем автоматизації, які характеризуються багатоконтурними функціональними зв'язками, задовільного рішення не було знайдено. Спроба введення міжнародного стандарту для програмування контролерів показала, що саме багатфункціональна мова описана найменш чітко. Щоб зрозуміти причину цієї ситуації розглянемо особливості основних мов програмування.

Перші технологічні контролери були переважно логічними тому відповідну специфіку мала одна з перших технологічних мов. Рішення було найпростішим і безпомилковим – імітувати проектування той техніки, замість

якої використовувалися контролери. Так з'явилася мова релейно – контактних схем (РКС). Завдяки зведенню нової сутті до старої звичної формі був забезпечений психологічно безболісний перехід на нову техніку. РКС – мова мала ще одну перевагу – процедури вводу та налагодження програм легко реалізувалися на примітивних пультах з однорядковим дисплеєм і півтора десятками кнопок.

Успіх програмованих логічних контролерів невдовзі розділили одноканальні та багатоканальні програмовані цифрові регулятори. Для програмування була створена мова функціональних блоків, яка повторювала методику створення систем регулювання на технічній базі, що використовувалася раніше, коли окремі електронні або пневматичні функціональні блоки з'єднували між собою для отримання більш складних функціональних можливостей.

В Україні РКС - мова і мова функціональних блоків були застосовані при програмуванні відповідно МікроДАТів і Реміконтів.

Проте, як показав досвід, РКС – мова виявилася незручною для опису управління такими кроковими процесами, де послідовність кроків порушувалася розгалуженнями, паралелізмом і рециклами. Багатоканальні схеми регулювання, мовою функціональних блоків, були занадто громіздкі і невиразно представлені на примітивних пультах. Змішування цих мов вирішувало задачу при невеликому відхиленні від функціонального призначення мови, але було безсилим у випадку їх дійсно багатофункціонального застосування. Тому почалися пошуки, які дали декілька варіантів для розв'язання проблеми.

Перший успіх принесли спроби організації загальної структури програми. Такий підхід дозволив зробити декомпозицію задачі за рахунок введення модульності програм і їх ієрархічного представлення. Вдалим прикладом цього підходу вважається створення французькою фірмою “Telemechaniqu” мови Графсет, яка стала зразком для розробки подібних мов іншими фірмами. Основні властивості мови Графсет, яка практично застосувала розроблені в теорії автоматів мережі Петрі, це представлення програми у вигляді кроків і переходів, а також наявності декількох одночасно працюючих програм і організуючої програми, яка керує їх роботою. Причому, логіка виконання кроків і переходів в багатьох випадках може бути описана РКС – мовою. Наявність кроків, розгалужень і циклів, разом з структуризацією задачі та використанням РКС – мови забезпечили Графсет-мові достатню універсальність і можливість використання її для розв'язання задач управління більшості дискретних і періодичних процесів.

Необхідність поєднання неперервного та дискретного управління на значній кількості промислових об'єктів спонукала створення універсальної технологічної мови. Початком шляху до неї стала спроба адаптації універсальних мов програмування. У перших вільно програмованих контролерах застосовувався асемблер, потім для програмування контролерів використовувалися мови високого рівня (Си, Бейсик), проте для програмування цими мовами запрошувалися професійні програмісти, а сам процес розробки програм був достатньо трудомістким. Використання пультів для програмування

виключалося складністю мов програмування, а також великими ресурсами, необхідними для компіляції та рекомпіляції програм у випадку внесення змін.

З іншого боку стрімкий розвиток персональних комп'ютерів показав, що кращим пультом програмування для будь-якого контролера є звичайний офісний notebook. Тому обмеження на складність мови програмування були зняті й стало можливим здійснити перехід від програм – інтерпретаторів до компіляторів, що працюють на інструментальній машині і створюють код завантаження для виконання в контролері.

Принцип адаптації універсальних мов програмування був простим – в мову вводилися нові типи змінних – “входи” і “виходи” контролера, а також створювалася певна бібліотека підпрограм, що реалізують найбільш популярні алгоритми. Програмування спростилося, але ще було складним для звичайного технолога або “автоматчика – киповця”. І тоді був зроблений наступний крок – створення на базі розповсюджених мов програмування процедурного типу спеціалізованих технологічних мов, орієнтованих саме на кінцевого користувача на об'єкті. Основною різницею текстових технологічних мов від універсальних стало, поперше, різьке спрощення синтаксису та семантики (скорочення типів операторів, складності виразів та ін.), а подруге, введення в мову спеціальних технологічних понять, які реалізують типові функції контролю та управління. У зв'язку з цим відкрився великий простір для творчості і кількість мов такого типу на першому етапі, майже, співпала з кількістю фірм, які бажали їх застосовувати.

Щоб уніфікувати численні технологічні мови, Міжнародний електротехнічний комітет МЕК (ІЕС) у 1993р опублікував стандарт ІЕС61131-3, який визначив п'ять мов програмування – LD (крокових діаграм), FBD (функціональних блокових діаграм), SFC (послідовних функціональних схем), ST (структурованого тексту) і IL(список інструкцій).

Досвід роботи з контролерами показав, що вибір мов програмування частіше за все визначається особистою схильністю користувачів і мало залежить від об'єкта автоматизації. Дійсно мови, що представлені у стандарті в більшості випадків взаємозамінні. Це означає, що при різному рівні підготовленості в області чистого програмування користувачі можуть створювати програми рівної функціональності. За різними оцінками, біля 80% ПЛК– ринку обслуговується програмними продуктами, які реалізують в той чи іншій мірі стандарт ІЕС-61131-3. Всі основні виробники інструментальних програмних систем для промислової автоматики прийняли нові правила діяльності. У списку інструментальних програмних систем, що реалізують цей стандарт, більш ніж два десятки найменованій. Серед них системи CoDeSys (Німеччина), PUMA (Австрія), PDS7 (Нідерланди), SELECONTROL (Швейцарія), ISaGRAF (Франція), MULTIPROG (Німеччина)[1,3,16,17,18].