

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Тема наукової роботи: Методи оптимізації промислової мережі типу Modbus
на основі застосування перетворювачів ATV-312

Виконав	_____	Є. В. Яковенко
Керівник роботи	_____	А. І. Купін
Консультант	_____	А. І. Савицький
Нормоконтроль	_____	Д. І. Кузнецов
Завідувач кафедри	_____	А. І. Купін

Кривий Ріг
2024

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 106 сторінок, 30 рисунків, 6 таблиць, 1 додаток, 37 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – оптимізація процесів автоматизації промислових мереж.

Робота складається з трьох розділів.

Перший розділ присвячено аналізу місця та ролі мережних технологій в інтегрованих автоматизованих системах управління. Зроблено огляд сучасних, існуючих підходів до напрямів інтеграції в автоматизованих системах управління. Обґрунтовано властивості промислових мереж. Висвітлено питання основних робочих характеристик промислових мереж.

Другий розділ розкриває питання промислової мережі MODBUS на основі контролера M238. Проведено моделювання, розроблено математичну модель процесу побудови запиту та розрахунку часу транзакції Modbus RTU.

У третьому розділі виконано оптимізацію керування виконавчим механізмом на основі ATV-312, спроектовано конфігурування інтерфейсу сканера входів/виходів Modbus контролера M238, реалізовано шляхи оптимізації промислової мережі для керування виконавчим механізмом.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ, ПРОМИСЛОВА МЕРЕЖА, MODBUS, КЕРУВАННЯ, ВИКОНАВЧИЙ МЕХАНІЗМ, ATV-312

					КНУ.РМ.123.24.03.Р			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Яковенко				РЕФЕРАТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Купін							
Н.контроль	Кузнєцов				КІ-23м			
Затвердив	Купін							

ABSTRACT

Explanatory note: 106 pages, 30 figures, 6 tables, 1 application, 37 sources used.

Object of research - optimization of processes of automation of industrial networks.

The work consists of three sections.

The first section is devoted to the analysis of the place and role of network technologies in integrated automated control systems. An overview of current, existing approaches to integration directions in automated control systems is made. The properties of industrial networks are substantiated. The questions of main characteristics of industrial networks are covered.

The second section reveals the issue of the industrial network of MODBUS based on the controller M238. The simulation was carried out, the mathematical model of the process of constructing the request and calculating the transaction time of Modbus RTU was developed.

In the third section, the optimization of ATV-312 actuator management was implemented, the configuration of the interfaces of the scanner inputs of the outputs of the Modbus controller M238 was designed, and the ways of optimizing the industrial network for controlling the actuator mechanism were implemented.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM OF MANAGEMENT, OPTIMIZATION, INDUSTRIAL NETWORK, MODBUS, MANAGEMENT, EXECUTIVE MECHANISM, ATV-312

					KHY.PM.123.24.03.P	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 МІСЦЕ ТА РОЛЬ МЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ІНТЕГРОВАНІХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ	
1.1 Напрями інтеграції в автоматизованих системах управління	
1.2 Властивості промислових мереж.....	16
1.3 Основні робочі характеристики промислових мереж	22
Висновки за розділом	32
РОЗДІЛ 2 ПРОМИСЛОВА МЕРЕЖА MODBUS НА ОСНОВІ КОНТРОЛЕРА M238	35
2.1 Реалізація MODBUS на прикладному рівні	35
2.2 Побудова запиту та розрахунок часу транзакції Modbus RTU	44
2.3 Основні компоненти програмного забезпечення SoMachine по керуванню виконавчими механізмами	48
Висновки за розділом	52
РОЗДІЛ 3 ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМ МЕХАНІЗМОМ НА ОСНОВІ ATV-312	54
3.1 Конфігурування інтерфейсу сканера входів/виходів Modbus контролера M238	54
3.2 Основні завдання та поняття програмування перетворювача ATV312 ..	62
3.3 Шляхи оптимізації промислової мережі для керування виконавчим механізмом.....	66
3.4 Перспективи використання новітнього обладнання Shneider Electric....	76
Висновки за розділом	91
ВИСНОВОК	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	97
ДОДАТКИ	100

					КНУ.РМ.123.24.03.3													
Змн.	Арк.	№	Підпис	Дата	ЗМІСТ													
Розробив	Яковенко												Літера	Аркуш	Аркушів			
Перевірив	Купін																	
Н.контроль	Кузнецов												КІ-23М					
Затвердив	Купін																	

ВСТУП

Актуальність роботи. Широке використання комп'ютерних систем та конкуренція на ринку комп'ютерних засобів автоматизації промислових мереж зумовлюють зростання вимог до їх продуктивності та надійності.

Інтеграція – процес організації окремих компонентів в єдину систему, який забезпечує узгоджену та цілеспрямовану їх взаємодію для досягнення заданої мети. Результатом даного процесу являється інтегрована система.

Інтегрована автоматизована система управління (ІАСУ) - автоматизована система, в якій комбінуються функції управління технологічними процесами і організаційного управління виробничим підприємством. Тобто ІАСУ – це результат інтеграції АСУТП (автоматизована система управління технологічним процесом) та АСУП (автоматизована система управління підприємством). КІСУ – ієрархічно розподілена система, що інтегрує функції управління технологічними та організаційно-економічними процесами підприємства і складається з робочих, станцій об'єднаних у локально-обчислювальні мережі. У зарубіжній літературі аналогічно терміну КІСУ є два терміни СІМ (Computer Integrated Manufacturing – комп'ютерно-інтегроване виробництво) та СІР (Computer Integrated Processing – комп'ютерно-інтегрований процес).

Теоретичні основи засобів автоматизації обчислювальних пристроїв, систем, мереж і програмних продуктів розробили J.A.Abraham, J.P.Hayes, S.M.Thatte, D.S.Suk, Van de Goor, S.M.Reddy, П.П.Пархоменко, В.А.Гуляєв, Г.Ф.Кривуля, В.Н.Локазюк, Е.С.Сагомоян, Ю.А.Скобцов, Д.В.Сперанский, В.Г.Тоценко, В.І.Хаханов, В.П.Чипуліс.

Мета роботи – оптимізувати роботу засобів автоматизації промислової мережі типу Modbus для керування виконавчим механізмом на основі ATV-312.

					КНУ.РМ.123.24.03.ВС			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Яковенко			ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Купін						
Н.контроль		Кузнецов			КІ-23м			
Затвердив		Купін						

Завдання роботи:

показати місце та роль мережних технологій в інтегрованих автоматизованих системах управління;

розглянути промислову мережу MODBUS на основі контролера M238; визначити проблеми і вдосконалити процеси керування виконавчим механізмом перетворювачем ATV-312

проаналізувати перспективи оптимізації використання новітнього обладнання SHNEIDER ELECTRIC.

Об'єктом дослідження є оптимізація процесів автоматизації промислових мереж.

Предметом дослідження є засоби оптимізації мережі типу Modbus для керування виконавчим механізмом на основі ATV-312.

Методи дослідження: теорія множин, теорія графів та теорія автоматів – для моделювання станів промислових мереж і мінімізації продукційних правил; технічна діагностика промислових мереж – для підвищення ефективністю керування виконавчим механізмом.

Наукове значення (положення). Полягає у запропонуванні комплексного наукового підходу, що дозволяє оптимізувати роботу засобів автоматизації промислової мережі типу Modbus для керування виконавчим механізмом на основі ATV-312. У підсумку це дозволяє зменшити витрати та підвищити ефективність керування зазначеним виконавчим механізмом.

Практичне застосування. Розроблені методи та засоби автоматизації дозволяють реалізувати експертну діагностичну систему як вбудований апаратний засіб комп'ютерної системи чи мережі з меншими апаратурно-програмними витратами на промислову мережу та підвищити ефективність керування виконавчим механізмом.

Апробація роботи. Проведена на навчально-лабораторному стенді на базі контролерів Modicon M238 з використанням порту Modbus RS 485 для керування виконавчим механізмом з перетворювачем ATV-312 в навчальному закладі. Апробація результатів дослідження здійснена шляхом виступу автора в конференції «KICM-2024» та публікації статті на відповідну тему.

Структура та обсяг роботи. Роботаскладається із вступу, 3 розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків.

Перший розділ присвячено аналізу місця та ролі мережних технологій в інтегрованих автоматизованих системах управління та розглянуто напрями

інтеграції в автоматизованих системах управління, властивості промислових мереж, основні робочі характеристики промислових мереж.

Другий розділ розкриває питання про промислову мережу Modbus на основі контролера M238, реалізацію Modbus на прикладному рівні, оптимізацію промислової мережі для керування виконавчим механізмом, побудову запиту та розрахунок часу транзакції Modbus RTU, основні

компоненти програмного забезпечення SoMachine по керуванню виконавчими механізмами;

У третьому розділі розглянуто проблеми та перспективи керування виконавчим механізмом на основі ATV-312, реалізовано конфігурування інтерфейсу сканера входів/виходів Modbus контролера M238, основні завдання та поняття програмування перетворювача ATV312, перспективи використання новітнього обладнання Shneider Electric.

Повний обсяг роботи – 112 сторінок. Робота містить 16 рисунків на 14 сторінках, 5 таблиць на 6 сторінках, 3 додатки на 2 сторінках, список використаних джерел з 23 найменувань на 2 сторінках.

					КНУ.РМ.123.24.03.ВС	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 1 МІСЦЕ ТА РОЛЬ МЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

1.1 Напрями інтеграції в автоматизованих системах управління

Інтегрована автоматизована система (ІАС) – сукупність двох або більше взаємопов'язаних автоматизованих систем (АС), в якій функціонування однієї з них залежать від результатів функціонування іншої(інших) так, що цю сукупність можна розглядати як єдину автоматизовану систему.

Горизонтальна інтеграція (рис. 1.1.)призначена для забезпечення інформаційної взаємодії між існуючими підсистемами одного рівня. На рівні АСУТП горизонтальна інтеграція передбачає об'єднання між собою АС управління технологічних і виробничих процесів, а також адміністративних відділень виробництва у єдину систему. На рівні АСУП горизонтальна інтеграція призначена для об'єднання робочих станцій організаційно-економічного та планового рівня управління підприємством.

Вертикальна інтеграція призначена для інтеграції систем різного рівняєрархії управління, наприклад АСУП та АСУТП. Враховуючи, що дані системи працюють для досягнення єдиної, мети наприклад отримання прибутку, їх об'єднання повинно покращити цей процес.

Створення ІАСУ передбачає роботи по об'єднанню окремих АС у контексті всіх видів забезпечень. Відповідно до видів забезпечення, відносно яких проводиться інтеграція, розрізняють організаційну, функціональну, інформаційну, програмну і технічну інтеграції.

Організаційна інтеграція –раціональне поєднання управлінської діяльностіперсоналу по всім рівням інтегрованої АСУ і в різних локальних її підсистемах, яке визначає узгодженість управлінських рішень.

Функціональна інтеграція забезпечує єдність локальних цілей функціонування, узгодженість функцій та критеріїв ефективності всіх компонентів.

					КНУ.РМ.123.24.03.МРМТ			
Змн.	Арк.	№	ПідписП	Дата				
Розробив	Яковенко				РОЗДІЛ 1 МІСЦЕ ТА РОЛЬ МЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ	ЛітераЛ	Аркуш	АркушіВАрк
Перевірів	Купін							
Н.контроль	Кузнецов					КІ-23м		
Затвердив	Купін							

Інформаційна інтеграція полягає у створенні умов, за яких можливий доступ до всіх необхідних даних для реалізації функцій системи. Програмна інтеграція полягає у забезпеченні сумісного функціонування окремих складових програмного забезпечення з метою взаємодії.

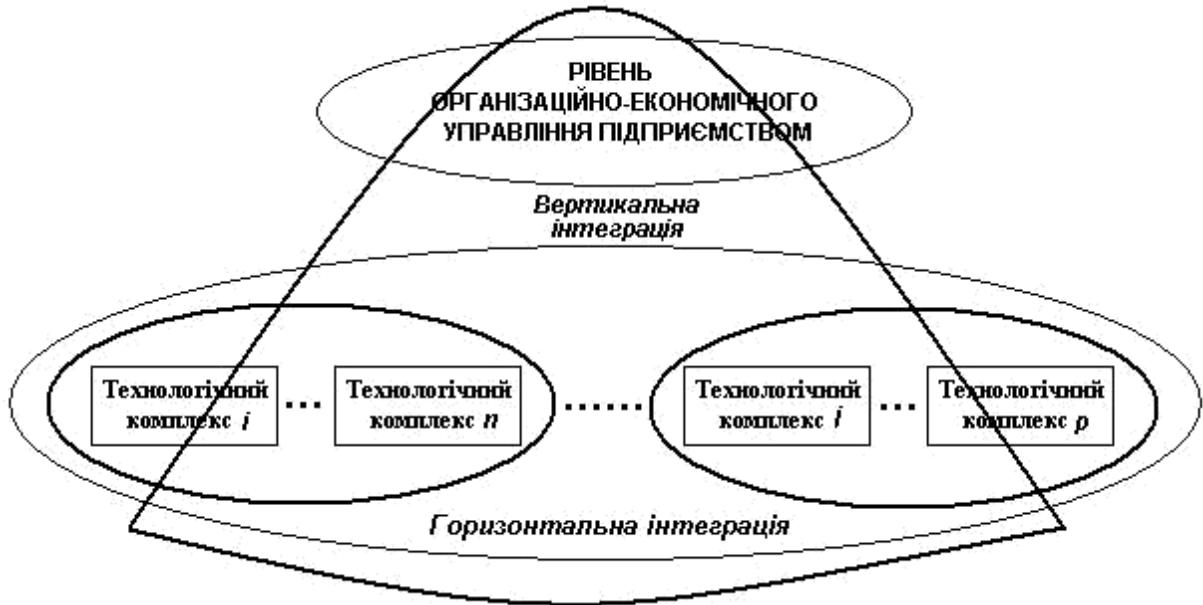


Рисунок 1.1 - Напрями інтеграції в автоматизованих системах управління

Технічна інтеграція полягає у поєднанні технічних засобів для забезпечення збору, передачі та циркуляції технологічної, техніко-економічної та командної інформації між необхідними складовими системи.

В ІАСУ технічна інтеграція базується на обчислювальних мережах, які об'єднують програмно-технічні засоби в єдину розподілену обчислювальну систему.

Програмно-технічні засоби (ПТЗ), які використовуються в інтегрованих автоматизованих системах управління можна розділити на два класи: ПТЗ рівня АСУТП та ПТЗ рівня АСУП.

ПТЗ рівня АСУТП, можна класифікувати по функціональному призначенню на:

- засоби людино-машинного інтерфейсу;
- контролери;
- периферійні пристрої;
- програматори/конфігуратори.

З технічної точки зору ПТЗ рівня АСУП є комп'ютери (ПК,

сервери) з офісним та спеціалізованим програмним забезпеченням
Необхідність їх інтеграції в єдину систему диктується функціональними а відповідно і інформаційними зв'язками.

Засоби людино-машинного інтерфейсу

Функції.Збирання,зберігання,попередня обробка,передача і відображення технологічної інформації (даних процесу) для забезпечення ефективної взаємодії системи управління і оператора.

Технічна та програмна реалізація:

- термінали та операторські панелі (ОП); - автоматизовані робочі місця (АРМ) оператора виконані на баз промислового чи офісного персонального комп'ютера з встановленим спеціалізованим програмним забезпеченням - SCADA/HMI.

Характеристики обміну з контролерами:

- періодичне зчитування даних процесу з контролерів/периферій засобів;
- запис значень даних процесу при їх зміні;
- м'який реальний час;

Контролери. Функції. Реалізація алгоритмів управління процесами в реальному часі. Технічна реалізація.

- ПЛК -програмовані логічні контролери (PLC - Programming Logical Controller);
- IBM PC-сумісні (PC-base) контролери;
- ОПЛК – ПЛК з вбудованою операторською панеллю ОП (OPLC);
- контролери-регулятори з мережним інтерфейсом.

Характеристики обміну з периферійними засобами вводу/виводу.

- циклічне (періодичне) відновлення даних на читання та запис;
- конфігурування/параметрування контролером периферійних засобів;
- забезпечення реального часу для даних процесу;
- можливість прив'язки циклу мережі до циклу контролеру;
- можливість гарячого підключення засобів;
- запуск/зупинка роботи периферійних засобів;

Характеристики обміну з іншими контролерами.

- наявність загальної бази даних процесу, яка циклічно (періодично) оновлюється;
- обмін даними процесу та повідомленнями по запити;
- наявність реального часу;

Периферійні засоби: перетворювачі та виконавчі механізми Функції.Первинне(датчик/ВМ)та вторинне(перетворення в цифрову формулі навпаки) перетворення сигналу процесу.

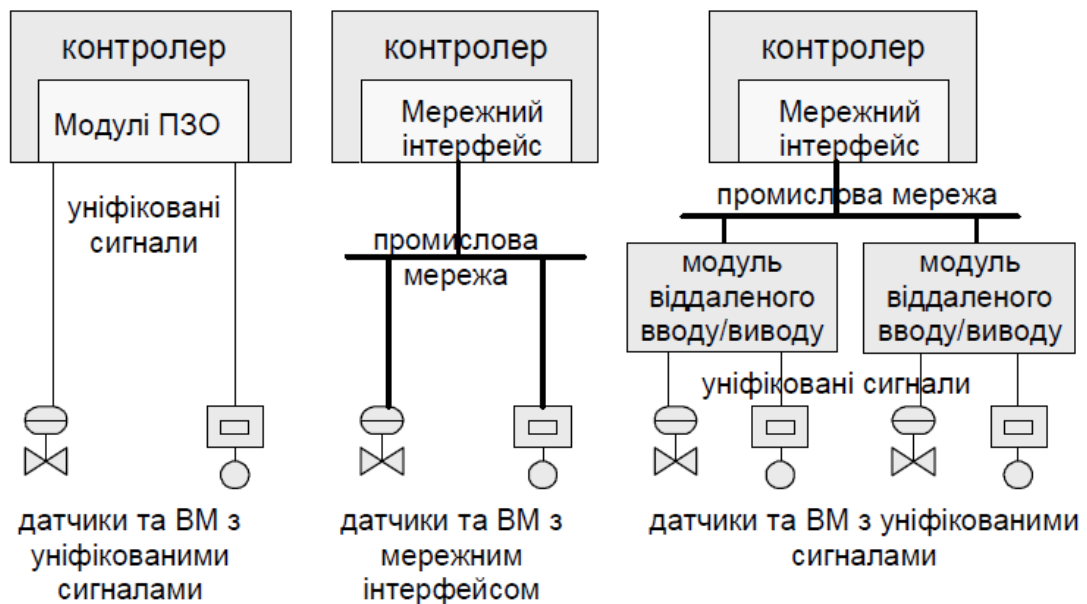


Рисунок 1.2 - Різні методи підключення периферійних пристроїв до ПЛК
Технічна реалізація.

- інтелектуальні (intelligent) датчики та виконавчі механізми;
- засоби розподіленого/віддаленого вводу/виводу (Distributed I/O, Remote I/O).
- засоби управління приводами (POWER DRIVE SYSTEMS – PDS), до яких відносяться частотні перетворювачі, сервоприводи та приводи позиціонуванням.

Переваги обміну цифрового зв'язку між контролером та периферійним засобами порівняно з технологією передачі уніфікованого сигналу (0-10В, 4-20 мА):

- менш чутливий до зовнішніх завад;
- дає можливість розширеної діагностики пристрою;
 - дає можливість змінювати конфігурацію у реальному часі без зупинки роботи управляючої програми;
 - дає можливість будувати системи з мережею без виділеного ведучого вузла.

При роботі з PDS:

- отримання всієї інформації про стан привода та двигуна;
- повне управління приводом та двигуном;
- віддалене та швидке конфігурування системи приводу;

- менша витрата інформаційного кабелю порівняно зі зв'язкоуніфікованим сигналом 4-20мА/24В;

- віддалена діагностика привода;
- можливість безпосереднього обміну між приводами.

Програматори/конфігуратори.

Функції.Програмування,конфігурування та параметрування програмно-технічних засобів.

Технічна та програмна реалізація.

- комп'ютери з встановленим спеціальним програмним забезпеченням;
- спеціалізовані пристрої-програматор.

Характеристики зв'язку програма тора з іншими ПТЗ:

- підключення до системи тільки при необхідності;
- спеціально виділений логічний канал зв'язку;
- наявність команд на запис конфігурації, діагностики, зупинки, рестарту і інше.;
- низька пріоритетність повідомлень;
- можливість гарячого переконфігурування системи зв'язку;

Процес конфігурації одного вузла мережі,не повинен заважати її нормальному функціонуванню. Низька пріоритетність повідомлень дає можливість не заважати реальному часу обміну між іншими вузлами на тій самій мереж. Програматори/конфігуратори в основному оперують конфігураційними іншими словами параметричними даними.

Винятком є режим відладки,коли наладчику необхідно спостерігати та змінювати дані процесу.

Програмно-технічні засоби рівня АСУП

Функції.Вирішення організаційно-економічних задач.

Технічна та програмна реалізація. Програмно-технічними засобами рівняАСУП є комп'ютерна техніка. На сьогоднішній день для програмного забезпечення цього рівня в області ІАСУ найбільш популярною апаратною платформою є ІВМ-РС сумісні комп'ютери з ОС WINDOWS.

Програмне забезпечення інтегрованих автоматизованих систем управління на рівні АСУП можна умовно віднести до однієї з наступних груп:

- універсальні та спеціалізовані СУБД;
- системи рівня MES
- системи рівня ERP;

- офісне програмне забезпечення.

Характеристика обміну даними між засобами АСУП, АСУП з АСУТП:

- відновлення даних по запити;
- відсутність реального часу;
- необхідність в обміні великими обсягами різнорідної інформації;
- великий обсяг даних для загального доступу;

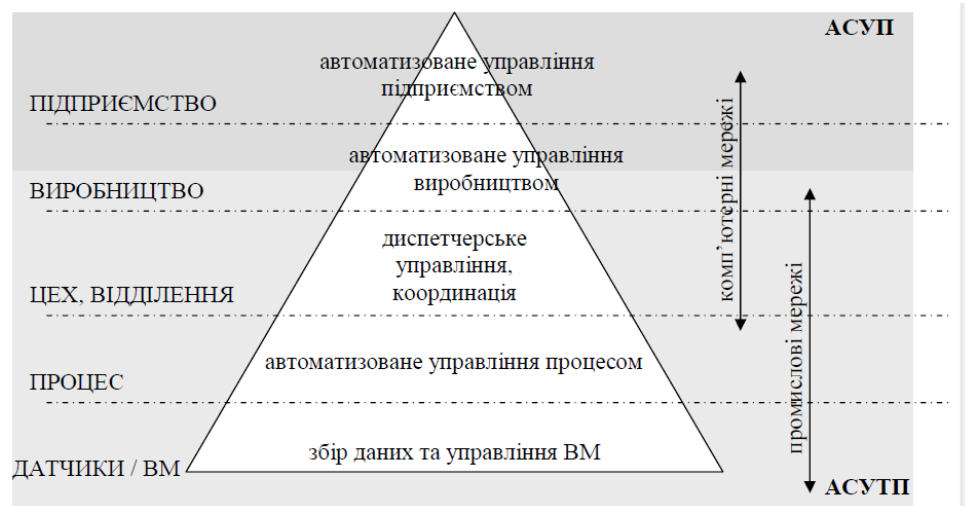


Рисунок 1.3 - Обчислювальні мережі в інтегрованих автоматизованих системах управління.

Таким чином, інтегроване виробництво сьогодні – це єдина система, що являє собою об'єднання різнотипних мікропроцесорних вузлів звикористанням обчислювальних мереж.

1.2 Властивості промислових мереж

Згідно українських стандартів ДСТУ, польова шина – це локальна мережа з лінійною топологією, призначеною для інформаційного обміну між проблемно і об'єктно орієнтованими блоками(пристроями) та територіально розосередженими джерелами: датчиками, перетворювачами, засобами ручного введення) та приймачами (підсилювачами, виконавчими пристроями, засобами віддзеркалення інформації). Згідно МЕК 61158 під терміном Fieldbus розуміється цифрова, послідовна, мультиточкова шина з промисловими інструментальними пристроями, пристроями управління такими як термін Fieldbus – але не обмежено ними – датчиками, виконавчими механізмами та контролерами.

Дослівний переклад „польова шина” переводиться як "промислова мережа", а під промисловою мережею розуміється промислова комунікаційна система з послідовною передачею бітів, яка використовує металевий кабель, оптоволокно або радіохвилі для зв'язку між мікропроцесорними засобами автоматизації. В деяких джерелах терміни "польова шина" та "промислова мережа" не являються синонімами.

У подальшому використовується умовний розподіл промислових мереж в залежності від області застосування на два рівня. - Рівень датчиків, завданням мереж якого є безпосереднє або через модулі/вводу виводу опитування датчиків і керування р різноманітних виконавчих механізмів. Умовно цей рівень можна розділити на два підрівня: рівень датчиків/виконавчих механізмів (Sensor/ActuatorLevel) та польовий рівень(FieldLevel). Перші призначені для роботи безпосередньо з інтелектуальними датчиками/ВМ, а другі для зв'язку з польовими засобами(розподіленим засобами вводу/виводу, приводними засобами, операторськими терміналами та панелями).

Рівень контролерів (Controller level або Cell Level), промислові мережі якого приймають участь у вирішенні завдань по керуванню виробництвом в цілому або комплексом технологічних процесів і забезпечують обмін між контролерами, засобами SCADA/НМІ та засобами рівня АСУП.

До типових функцій промислових мереж можна віднести:

- Обмін даними процесу в реальному часі.
- Програмування та конфігурація вузлів.

Діагностика вузлів.

					КНУ.РМ.123.24.03.МРМТ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

- Управління станом вузла.
- Функції резервного переключення між вузлами мережі.

Доставка даних процесу в реальному часі є одним із показників ефективності конкретної реалізації мережі. Фізичні рамки реального часу чисельно визначаються для конкретної системи управління. Відповідно до стандартів ДСТУ режимом реального часу називається режим оброблення даних, який забезпечує взаємодію обчислювальної системи з зовнішніми, по відношенню до , неї процесами у темпі порівнянному зі швидкістю протікання цих процесів.

Функції програмування та конфігурування. Більшість сучасних мікропроцесорних засобів, зокрема контролери та периферійні, ПТЗ можуть програмуватись з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, встановленого на ПК або програматорі.

На відміну від функцій обміну даними процесу, ці функції не накладають жорстких вимог до обміну в реальному часі.

Функції діагностики дозволяють визначити факт(функція виявлення аварії) та причину відмови пристрою(ідентифікація аварії), що дозволяє визначити та замінити дефектний вузол, а в системах з резервуванням (standby) – переключитися на резервні підсистеми. Функція вияву факту несправності базується на високо-пріоритетних повідомленнях, ідентифікація аварії особливих вимог до реального часу не потребує.

Функції управління станом вузла необхідні для можливості запуску, перезапуску, зупинки роботи програмного забезпечення та ініціалізації, вузла Враховуючи можливість функціонування декількох вузлів в системі, команди управління станом вузла мають нижчий пріоритет перед обміном даними процесу в реальному часі.

Функцій резервування вузлів в системі. Промислова мережа дає зручний і порівняно недорогий спосіб підвищення живучості та надійності системи.

Обмін даними

За призначенням. Для забезпечення вищевказаних функцій, в мережі циркулюють дані, які можна умовно поділити на два: типи дані процесу та параметричні дані. Дані процесу циркулюють в реальному часі, параметричні – для функцій програмування/конфігурування та функцій діагностики відповідають за ідентифікацію несправності.

За форматом даних. В залежності від типу обміну(обмін даними процесу або параметричними даними) дані можуть бути наступних форматів: числові або аналогові (Integer/Word, Float/Real, Doubleword/Long);

- дискретні або бінарні (Digital/Boolean);
- часові (Time, Date, BCD, BinaryTime)
- масиви та блоки даних (Array, Datablock);
- структурні дані;
- строкові (String);

За відновленням. В одній і тій самій системі можуть бути дані, які необхідно відновлювати постійно (циклічно або періодично) та по необхідності. Можна навести такі схеми відновлення за періодичністю:

- циклічне відновлення: відновлення даних проходить регулярно, повторюючись, тобто після чергового відновлення всіх даних – цикл повторюється;
- періодичне відновлення: циклічне відновлення з постійною тривалістю циклу; тобто через задані інтервали часу нові дані надходять від джерела до споживача;
- ациклічне (аперіодичне) при зміні значення даних або їх стану дані відправляються від джерела до споживача тільки при зміні їх значення.
- ациклічне (аперіодичне) по запиту: дані надходять до споживача після його запиту.

За синхронністю. У деяких системах є необхідність прив'язки ініціації певних дій до конкретних часових або синхронізуючих міток. Це потрібно для синхронності (одночасності) виконання цих дій на декількох (або на всіх) вузлах мережі. До синхронних дій можна віднести одночасне відновлення вхідних даних (одночасне зчитування входів вузлів у їх вхідні буфери), одночасне відновлення вихідних даних (одночасний запис значень вихідних буферів вузлів на їх виходи), одночасну передачу даних в мережу.

Загальні вимоги до промислових мереж

Промислові мережі споріднені комп'ютерним мережам, однак порівняно з останніми, вимоги до промислових мереж дещо відрізняються.

Ідеальний варіант промислової мережі повинен задовольняти наступним вимогам.

- Властивість детермінованості.
- Завадостійкість та промислові умови експлуатації.
- Надійність та живучість.
- Простота, зручність інсталяції та обслуговування.
- Можливість подачі живлення по кабельній системі мережі.
- Вільна топологія.

Детермінованість. Промислова мережа повинна надавати можливість обміну двома типами даних за призначенням, тобто надавати час для реалізації таймтрафіку (для обміну даними процесу) та не реал-тайм трафіку (для обміну параметричними даними). Це можливо при умові визначення пріоритетності повідомлень для обміну даними процесу, або розділення загального мережного часу на циклічно-періодичний обмін даними процесу та ациклічний о параметричними даними.

Завадостійкість та промислові умови експлуатації. Промислові мережі повинні забезпечити стійкість до електромагнітних завад, повинні працювати в промислових умовах експлуатації (широкий діапазон температур, вологість, пил, вібрація, інші кліматичні та фізичні фактори), у деяких випадках вибухонебезпечному середовищі.

Надійність та живучість. Протоколи промислових мереж повинні забезпечити можливість діагностики мережі, для своєчасного виявлення дефектних вузлів, а самі мережні компоненти повинні мати надійність значно вищу н мережні вузли. У промислових мережах необхідно, щоб при виявленні дефектного вузлу, він автоматично відключався, не порушуючи працездатність всієї мережі.

Простота, зручність інсталяції та обслуговування.

Обслуговуючий персонал повинен швидко виявити причину зупинки та замінити дефектну частину системи, при цьому не зупиняючи функціонування мережі. Процедура заміни або добавлення нового вузла повинна проходити швидко та легко.

Живлення вузлів по кабелю мережі. Ця вимога стосується перш за все мереж датчиків. Щоб не прокладати живлення окремим кабелем, воно подається по тому ж самому кабелю, що і цифровий сигнал, а інколи і по тій самій інформаційній парі проводів, створюючи несучий сигнал для модуляції.

Вільна топологія. Потрібна топологія мережі диктується територіальним розміщенням мережних вузлів. Тому в ідеальному варіанті мережа повинна мати вільну топологію, що особливо актуально для мереж рівня датчиків та виконавчих механізмів.

У моделі OSI (OSI-модель, Open System Interconnection Reference Model) більшість мереж організуються у набори рівнів або слоїв (layers), кожен з яких має своє призначення. Ціллю кожного рівня є представлення деяких сервісів для вищого рівня і підтримування зв'язку з однойменним рівнем на іншому пристрої.

Правила і домовленості, які використовуються у даному спілкуванні називаються протоколом рівня(layer protocol).Апаратуру або/і програму,яка займаєтьсязадачами кожного з рівнів називають об'єктом рівня або сутністю рівня. Кожен із рівнів у мережі надає набір сервісів(служб) для реалізації певних задач. Сервіс або служба (Service) – це набір операцій, які нижній рівень представляє верхньому. Сервіс визначає які саме операції рівень буде

виконувати,але не оговорює яким чином. Між кожною парою суміжних рівнів знаходиться інтерфейс (interface), який визначає набір примітивних операцій, які надаються верхньому рівню від нижнього. Під інтерфейсом можна розуміти ті програмні чи апаратні функції,які надаються верхньому рівню для доступу до своїх сервісів.

Таблиця 1.1. - Характеристики промислових мереж

Визначення	Промислова мережа - промислова комунікаційна система з послідовною передачею бітів, яка використовує металевий кабель, оптоволокно або радіохвилі для зв'язку між мікропроцесорними засобами автоматизації.
Градація	- рівень датчиків (включає рівень польових засобів): - рівень контролерів:
Функціональне призначення	1.Обмін даними процесу в реальному часі (обмін даними процесу). 2. Програмування та конфігурування вузлів (обмін параметричними даними). 3. Діагностика вузлів. 4. Управління станом вузла. 5. Функції резервного переключення між вузлами мережі
Обмін даними	1. Призначення даних: а. обмін даними процесу: б. обмін параметричними даними: 2. Формати даних: числові (аналогові): дискретні (бінарні): часові: масиви (блоки даних): структурні даністрокові. 3. Спосіб відновлення даних циклічне відновлення(дані процесу): - періодичне відновлення (дані процесу): - ациклічне при зміні значення (дані процесу): - ациклічне по запиту (параметричні дані або дані процесу): 4. Часова синхронізація - синхронна пепелача
ВИМОГИ ДО промислових мереж	1. Властивість детермінованості (для обміну даними процесу). 2. Завадостійкість та промислові умови експлуатації. 3. Надійність та живучість. 4. Простота, зручність інсталяції та обслуговування. 5. Можливість подачі живлення по кабельній системі мережі. 6. Вільна топологія.

Набір рівнів і протоколів називається архітектурою мережі. Список протоколів, які використовуються системою (по одному протоколу на рівень) називається стеком протоколів.

Ієрархія моделі OSI включає 7 рівнів:

0. Фізичний рівень (Physical Link Layer) повинен забезпечити достовірну доставку бітів від передавача до приймача.

1. Рівень передачі даних (Data Link Layer) або каналний рівень повинен забезпечити достовірну доставку даних від одного вузла до іншого в одній і тій самій мережі.

3. Мережний рівень (Network Layer) повинен забезпечити достовірну доставку даних від одного вузла до іншого в різних мережах, об'єднаних в одну інтермережу.

4. Транспортний рівень (Transport Layer) повинен забезпечити достовірну доставку даних від однієї програми (прикладного Процесу) до іншої, які функціонують на одному вузлі або на різних вузлах в мережі.

5. Сеансовий рівень (Session Layer) Дозволяє організовувати сеанси обміну між прикладними програми (встановлення та розрив з'єднання, тощо).

6. Рівень представлення (Presentation Layer). Служить для перетворення форматів даних із одного в інший.

7. Прикладний рівень (Application Layer) повинен забезпечити одній прикладній програмі доступ до об'єктів іншої прикладної програми через систему домовленостей.

Для опису архітектури промислових мереж як правило достатньо 3-х рівнів: фізичний, каналний та прикладний. Саме ці 3-рівні входять до моделі ІЕС 61158.

1.3 Основні робочі характеристики промислових мереж

При ознайомленні з можливостями промислової мережі взагалі і конкретного вузла, звертають увагу на основні її робочі характеристики, по яким можна в цілому оцінити її функціональні можливості, а саме:

- прикладні сервіси, що використовуються, їх тип та моделі функціонування;
- використання прикладних профілів;
- методи доступу до середовища передачі;
- модель адресації доставки кадрів;
- контроль доставки даних: використання сервісів на різних рівнях мережі – з підтвердженням/без підтвердження;
- топологія мережі;
- максимально можлива кількість вузлів;
- максимальна бітова швидкість;
- середовище передачі;
- сумарна максимальна довжина ліній зв'язку;
- використання стандартних фізичних інтерфейсів;
- можливість сегментації;
- можливість об'єднання в інтермережу;
- транспортні сервіси.

Прикладні сервіси, інтерфейс прикладного рівня

Сервіси прикладного рівня. На прикладному рівні визначаються правила і семантика обміну між двома прикладними сутностями, які ми в свою чергу забезпечують обмін між прикладними Процесами. Для того щоб один прикладний

Процес зміг спілкуватися з іншим, необхідно визначити „мову” спілкування і тип діалогу. Сервіси прикладного рівня повинні забезпечити функціональність мережі. Можна виділити відповідні до функцій сервіси, які підтримуються прикладним рівнем:

1. обмін даними процесу в реальному часі;
2. програмування/конфігурування вузла;
3. діагностичні сервіси;
4. управління станом вузла;
5. функції резервування.

Інтерфейс прикладного рівня. Для користування сервісами прикладного рівня користувачу надається інтерфейс прикладного рівня.

Інтерфейс прикладного рівня може представляти собою комунікаційні функції, доступ до таблиці мережних об'єктів (мережні змінні, словник об'єктів) тощо. Деякі промислові мережі надають можливість графічного конфігурування обміну даними прикладному рівні, наприклад через мову функціональних блоків (FF, LONWorks).

Взаємодія між прикладними Процесами. Для того, щоб прикладні Процесина вузлах могли обмінюватися даними, необхідно налаштувати між ними зв'язок. В залежності від реалізації такого зв'язку можна виділити три моделі взаємодії міжприкладними Процесами:

- модель Клієнт-Сервер (Client-Server);
- модель Видавець-Абонент (Publisher-Subscriber);
- модель Виробник-Споживач (Producer-Consumer);

Модель Клієнт-Сервер передбачає взаємодію тільки двох прикладних Процесів: Процесу-запитувача (Клієнт) та Процесу-відповідача (Сервер). Замовлення послуг проводиться за допомогою запитів (request).

Сервер, обробивши запит повертає відповідь (response). Структура запиту і відповіді залежить від реалізації протоколу. Модель Видавець-Абонент (Publisher-Subscriber) забезпечує зв'язок між декількомаприкладними процесами, один з яких Видавець а інші Абоненти.

Процедура передачі даних називається публікацією (publication). Цей тип обміну найбільш підходить для передачі даних у багатоадресному режимі, оскільки прикладних Процесів-Абонентів може бути декілька.

Таким чином у певний момент часу дані надходять від прикладного Процесу-видавця всім Процесам - Абонентам. В залежності від того, який прикладний Процес генерує публікацію, виділяють два типи моделі Видавець-Абонент (рис.1.4): - pull model, коли момент публікації визначає прикладний Процес одного і вузлів, який у необхідний момент відправляє запит на публікацію (Pull Publishing Manager); push model, коли момент публікації визначає прикладний Процес-видавець, наприклад при зміні цих даних, або через певні проміжки часу.

Прикладний Процес у системі для одних даних може бути Видавцем, для інших – Абонентів.

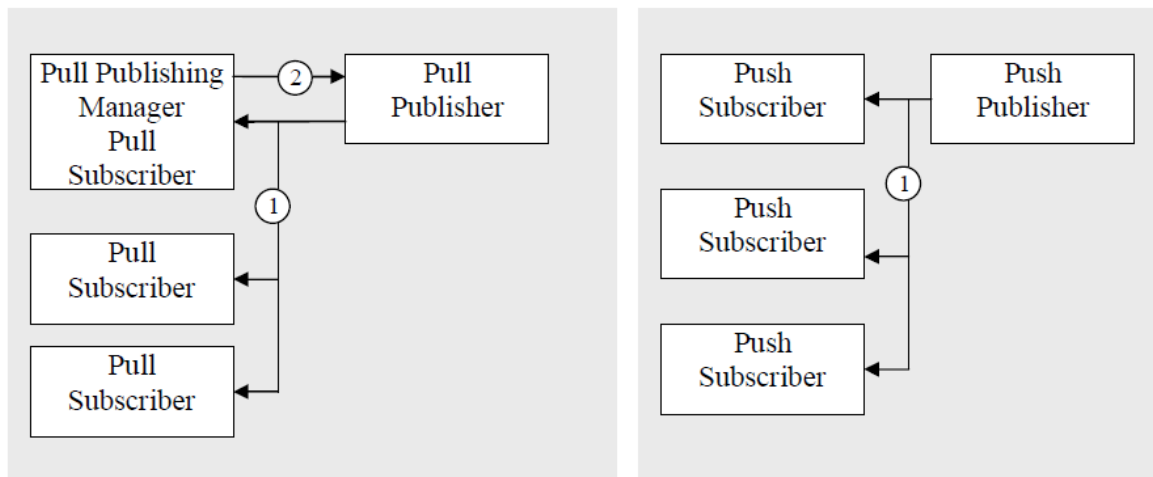


Рисунок. 1.4. - Функціонування моделі видавець-Абонент: pull model – ліворуч, push model – праворуч. 1 – публікація, 2 – запит на публікацію.

Модель Виробник-Споживач (Producer-Consumer) з точки зору користувача аналогічна моделі Видавець-Абонент, за винятком того, що для адресації отримувачів використовується фільтрація по ідентифікатору повідомлень типу Виробник-Споживач-msg. Прикладний Процес, який в широкомовному режимі видає (виробляє) дані в мережу називається Виробником, а який їх приймає – Споживачем. Всі інші характеристики аналогічні моделі Видавець-Абонент, тому при розгляді функціонування мереж на прикладному – рівніці моделі ототожнюються.

Ідентифікація даних. Модель обміну між прикладними Процесами вказує на спосіб передачі даних між ними, однак не визначає спосіб ідентифікації цих даних. Додатково необхідно визначити місцезнаходження та формат даних прикладному Процесі вузла-джерела так і вузла-отримувача. Можна виділити два способи ідентифікації даних: вказати необхідні дані для обміну на початку функціонування мережі або вказувати область та формат даних безпосередньо в момент обміну між прикладними Процесами. Перший спосіб будемо називати

ідентифікованим обміном (identified data), а другий обміном повідомленнями (messaging). Визначену область даних в ідентифікованому обміні будемо називати ідентифікованими даними.

Для мереж рівня датчиків призначення даних для конкретного пристрою визначаються типом самого пристрою та його специфічними особливостями.

Як правило в таких системах для кожного типу пристроїв створюють свій набір параметрів, де і визначається його поведінка та наповнення даних.

Такий набір об'єднують у Прикладний Профіль пристрою. Профільовання пристроїв дає можливість легко інтегрувати однотипні пристрої різних виробників, що дає додаткові зручності при конфігуруванні мережі.

Моделі сервісів прикладного рівня. Функціонування сервісів прикладного рівня, що забезпечують обмін даними можна розглядати в контексті моделей взаємодії між прикладними Процесами в поєднанні зі способом ідентифікації даних. Таким чином для промислових мереж можна виділити чотири моделі функціонування сервісів прикладного рівня для обміну даними:

1. Клієнт-серверна модель обміну повідомленнями; представники: MODBUS (MBAP), CANOpen (SDO), FF (незаплановані повідомлення), WorldFIP (Aperiodic Traffic).

2. Клієнт-серверна модель ідентифікованого обміну (модель Polling); представники: Profibus DP (DP-V0/V1), INTERBUS (PDC), AS-I.

3. Модель Видавець-Абонент / Виробник-Споживач ідентифікованого обміну; представники: WorldFIP (Periodic Traffic), FF (заплановані повідомлення), RTPS, Profibus DP (DP-V2), CANOpen (PDO), LON-Works (NVT).

4. Модель Видавець-Абонент / Виробник-Споживач обміну повідомленнями; представники: CIP (Explicit Message Connection), LonWorks (SNVT), FF (VCR розсилка звітів).

Таблиця 1.2. - Найбільш підходящі моделі для реалізації сервісів обміну даними на прикладному рівні

сервіси прикладного рівня		краща модель реалізації
обмін даними процесу	циклічно-періодичний	pull Publish-Subscribe (Producer-Consumer) ідентифікованого обміну
	ациклічний по зміні	push Publish-Subscribe (Producer-Consumer) ідентифікованого обміну
	ациклічний по запиту	клієнт-серверна модель обміну повідомленнями
програмування / конфігурування вузла (обмін параметричними даними)		клієнт-серверна модель обміну повідомленнями
управління станом вузла		клієнт-серверна модель обміну повідомленнями
діагностичні сервіси		для ідентифікації помилки- Publish-Subscribe (Producer-Consumer) обміну повідомленнями
функції резервування		для відправки образу процесу- Publish-Subscribe (Producer-Consumer) ідентифікованого обміну

Забезпечення каналом зв'язку між вузлами та методи доступу

Сервіси каналного рівня. Створенням каналу зв'язку між вузлами мережі займаються сутності каналного рівня. Канальний рівень оперує кадрами (Frame), що являють собою послідовність інформаційних та службових, які байтів по чергово відправляються сутністю фізичного рівня.

У ширококомовних мережах задачею каналного рівня є забезпечення доставки кадрів конкретному адресатові. Так як одночасно шини прослуховують всі приймачі, необхідно ідентифікувати того, кому призначений даний кадр. Адресація доставки кадрів.

У ширококомовних мережах всі вуз прослуховують шини і відповідно отримують однакові дані.

Задача каналного рівня відфільтрувати кадри, які не призначені для даного вузла (рис.1.5).

Доставка кадрів може проводитись одним із двох способів:

доставка кадрів орієнтована на адресу вузлів(модель Source-Destination-msg);

доставка кадрів орієнтовна на ідентифікатор повідомлення(модель Producer-Consumer-msg).

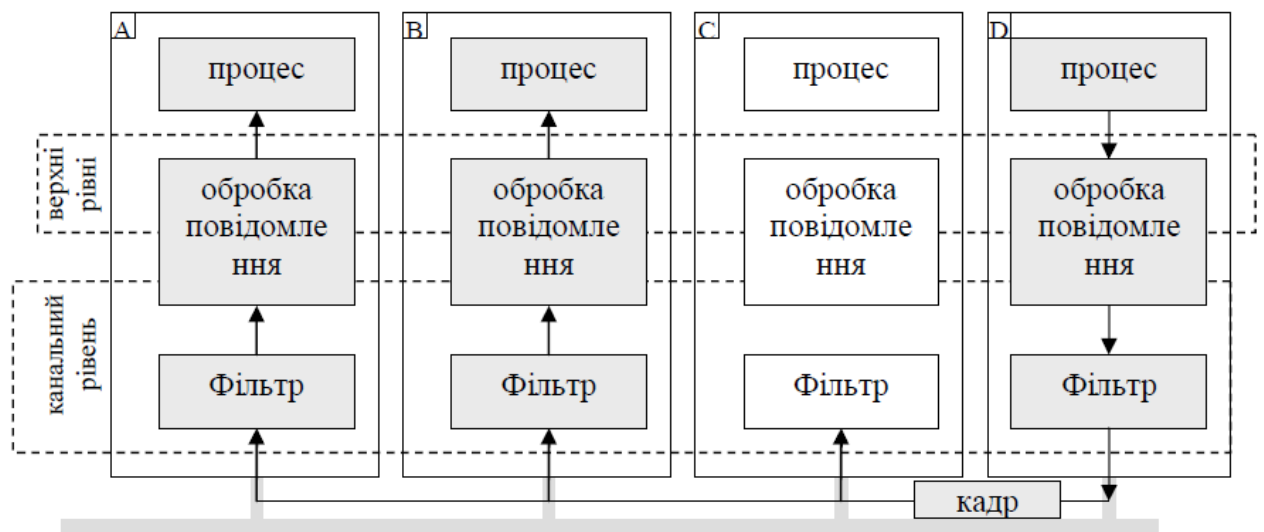


Рисунок 1.5 - Відфільтровування кадрів на каналному рівні

Доставка кадрів по моделі

Відправник-Адресат-msg (Source-Destination-msg) орієнтована на адресацію вузлів отримувача(інколи відправника), і є найбільш популярним способом доставки даних. У таких системах кожен вузол в мережі має свою унікальну адресу. При формуванні кадру, каналний рівень вузла відправника додає до нього заголовок з адресою (-сами) вузлів

отримувачів. Всі вузли отримують цей кадр, але тільки вузли зі вказаною адресою пропустять його для обробки верхнім рівням. Таким чином фільтр каналного рівня кожного вузла налаштований на свою адресу.

Адресу вузла на каналному рівні прийнято називати MAC-адресою (Media Access Control).

Ряд мереж з загальним доступом використовують інший спосіб фільтрації кадрів – на основі ідентифікаторів повідомлення, який будемо називати Виробник-Споживач-msg (Producer-Consumer-msg). При такому способі адресації доставки кадрів, кожний кадр містить ідентифікаційне, поле якому проводиться фільтрація. Фільтр кожного вузла налаштовується тільки на потрібну множину ідентифікаторів. Інакше кажучи, фільтр буде пропускати через себе тільки ті кадри, ідентифікатори яких відповідають одному із заданих значень.

Кожен кадр що передається по мережі повинен мати унікальний ідентифікатор, на який:

- каналний рівень одного з вузлів буде налаштований як відправний (producer, Виробник);
- каналний рівень вузлів призначення буде налаштований як отримувач (consumer, Споживач), тобто його фільтр буде пропускати цей кадр.

Методи доступу. Для широкомовних мереж(шинна та деревовидна топологія) необхідно визначити порядок доступу до єдиного каналу. Широкомовні мережі, які використовують у якості носія сигналу металевий кабель, мають шинну топологію. Якщо у мережі з шинною топологією не буде чітко визначено, хто в конкретний момент може займати шину для передачі, то може виникнути момент одночасної передачі бітової послідовності двома або кількома передавачами.

Така ситуація називається колізією (Collision) або конфліктом. У цьому випадку приймачі не зможуть визначити, який біт був переданий, оскільки рівень сигналу буде результатом дій декількох передавачів.

Існує декілька варіантів вирішення порядку доступу до шини: централізований Ведучий-Ведений; централізований з Арбітром шини; децентралізований з маркерним кільцем; множинні випадкові методи доступу CSMA; множинний з використанням поля арбітра; передбачуваний псевдо-постійний CSMA; TDMA; гібридні.

Централізований метод доступу Ведучий-Ведений.

Найбільш популярні серед мереж з централізованим методом доступу – мережі типу Ведучий-Ведений (Master-Slave), у яких право на

управління володінням шиною надається Ведучому, а Ведені займають шину тільки з його дозволу.

Останні мають унікальну адресу (адреса Веденого), за допомогою якої Ведучий ідентифікує кому надсилається повідомлення.

Формування кадру та контроль за помилками

Потік бітів на фізичному рівні не застрахований від помилок. Кількість прийнятих бітів та значення прийнятих бітів може відрізнитися від переданих. Рівень передачі даних повинен визначити факт помилки. Для виявлення помилки, в кінець кадру добавляються допоміжні дані, розраховані на основі переданих даних по певному алгоритму. Отримувач робить зворотну процедуру, і звіряє розраховане значення з отриманим. Якщо значення не співпадає – є факт помилки. Надлишкові дані, які добавляються в кінець кадру для контролю за помилками називають контрольною сумою -Check Sum.

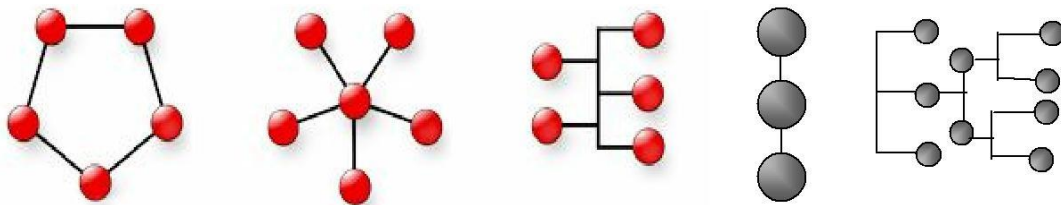
Топологія мережі та сегментація

Мережна топологія визначає фізичну структуру мережі.

Вона накладає обмеження на розташування ліній зв'язку та впливає на функціонування сервісів каналного рівня. Основними топологіями є: кільце, зірка, шина, лінійна та дерево(рис. 1.6).

Сегментація. Підфізичним сегментом мережі розуміють фізичну частину мережі, відокремлену спеціальним мережним пристроєм:

- на фізичному рівні моделі OSI репітером (повторювачем) або концентратором (hub);
 - на каналному рівні моделі OSI комутатором (switch) або мостом(bridge);
- на мережному рівні моделі OSI – маршрутизатором (gateway).



кільце

зірка

шина лінійна

дерево

Рисунок 1.6 - Базові топології мереж

Репітери забезпечують підсилення сигналу, що дозволяє на фізичному рівні збільшити кількість вузлів в мережі, максимальну довжину ліній зв'язку, однак обмежує швидкісні характеристики передачі.

Концентратори використовуються для об'єднання декількох пристроїв в мережу, а також можуть виконувати функції репітерів, за рахунок чого територіальна "зірка" реалізовується в фізичну "шину".

З точки зору засобів канального рівня мережа поєднана репітер концентратором являється одним цілим. Міст (bridge) забезпечує пересилку кадрів між сегментами по їх MAC-адресам. Тобто міст забезпечує фільтрацію кадрів, що циркулюють між сегментами по їх MAC-адресам, що значно зменшує завантаження цих сегментів. Комутатор – це багатопортовий міст, що забезпечує фільтрацію кадрів між сегментами, підключеними до його портів. Маршрутизатор забезпечує пересилку даних між сегментами мережі, які архітектурно можуть відрізнятися між собою.

Фізичні інтерфейси передачі даних

На фізичному рівні для передачі даних може використовуватись електричний сигнал (електричні кабелі), оптичний (оптоволокну) або радіохвилі різної частоти (включаючи інфрачервоний спектр). Передачу бітів електричним сигналом можна безпосередньо, або модулюючи несучий сигнал.

Серед безпосередніх способів найбільш відомі методи NRZ, манчестерське кодування та диференційне манчестерське кодування. При модулюванні сигналу використовують амплітудну, фазову, частотну модуляцію, або їх поєднання. Передачу бітів можна реалізувати електричним сигналом по струму або по напрузі.

При використанні напруги можуть застосовувати асиметричний або симетричний (диференційний) метод передачі.

Для підключення технічних засобів до мережі, та реалізацію кабельної інфраструктури використовують різні типи з'єднувачів (конекторів). Для промислових умов експлуатації їх роблять в герметичному виконанні, наприклад M12.

На фізичному рівні більшість промислових мереж використовують один із стандартних послідовних інтерфейсів: RS-232, RS-422, RS-485 або CurrentLoop („струмова петля”). Використання цих інтерфейсів пов'язано з відносною дешевизною організації зв'язку (існують готові мікросхеми з їх реалізацією) та їх популярністю.

Маршрутизація

Більшість промислових мереж функціонують і описані в контексті фізичного, каналного та прикладного рівнів.

Тим не менше ряд промислових мереж підтримують можливість сегментації на мережному рівні.

Основною функцією мережного рівня є забезпечення передачі кадру з одного фізичного сегменту в інший, навіть якщо ці сегменти відрізняються своєю архітектурою. Вузли, які займаються цією передачею на маршрутизаторах. Об'єднання сегментів в цьому випадку будемо називатися інтермережею, а самі сегменти-підмережею. Маршрутизатори одночасно підключаються до декількох мереж, тобто мають вихід на декілька фізичних ліній зв'язку. Їх задача отримати пакет з однієї мережі, по необхідності розбити на частини і відправити в іншу мережу по іншій лінії у відповідності маршрутною з таблицею. У маршрутній таблиці міститься інформація про те, яким чином можна потрапити в необхідну мережу(мережі). Таким чином мережний рівень підтримує сервіси: маршрутизація пакетів; побудова маршрутних таблиць; роздача мережних адрес.

Транспортування даних

При доставленні пакетів на вузол, необхідно щоб ці дані потрапили до конкретної прикладної сутності (Процесу, прикладної програми). Коли на вузлі виконується тільки одна прикладна програма (наприклад, у контролері) дані передаються їй, або системі. Однак сучасні ПТЗ можуть підтримувати одночасне виконання декількох Процесів. Тому необхідно реалізувати доступ до конкретного Процесу. В даному випадку адресуються не вузли і не повідомлення, а прикладні сутності, тобто Процеси-отримувачі та Процеси-відправники. Ці адреси (точки App App App App доступу TPDU) прийнято називати TSAP 1 2 3 4 (Transport Service Access Point – точки доступу транспортного сервісу), а в ряді А Б протоколів портами (port). Кожній прикладній сутності назначається свій порт, за допомогою якого до неї можна звернутися (серверний порт).

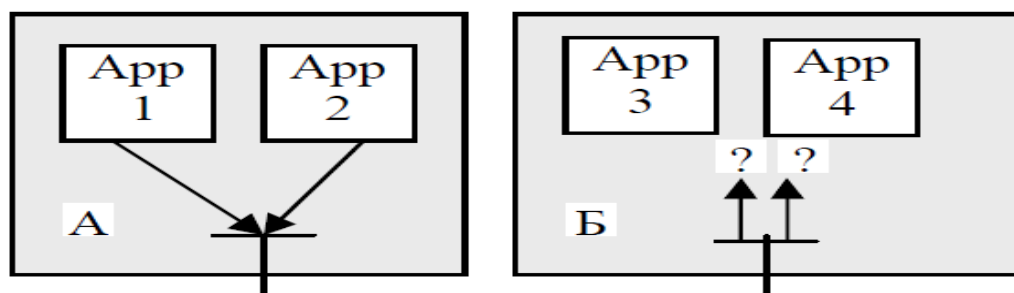


Рисунок.1.7. - Вибір маршруту для даних.

Таблиця 1.3. – Основні робочі характеристики

	характеристика	варіанти реалізації	коментар
	область призначення <i>NetArea</i>	- рівень датчиків - рівень контролерів - рівень датчиків контролерів	деякі мережі призначені для кількох рівнів: рівень датчиків включає польовий рівень (field level)
прикладний	наявні сервіси <i>Lpp.ignore</i>	- шпичинний обмін даними пронесу, • періодичний обмін даними процесу. - ациклічний по зміні значення обмін даними пронесу. - ациклічний по запиту обмін даними пронесу. - обмін параметричними даними (програмування та конфігурування вузла); - > управління станом вузлів: - діагностичні сервіси;	визначається набором протоколів прикладного рівня: вузол мережі не завжди підтримує всі сервіси;
	модель обміну <i>AppModel</i>	- клієнт-серверна модель повідомленнями. - клієнт-серверна модель ідентифікованого обміну (Polling); - Видавець-Абонент Виробник-Споживач ідентифікованого обміну). - Видавець-Абонент Виробник-Споживач обміну повідомленнями;	протокол може підтримувати кілька сервісів з різними варіантами моделей;
	наявність профілів вузлів. <i>AppProfile</i>	- профілі не визначені: - перелік підтримуваних профілів типів вузлів;	вузол мережі як правило підтримує тільки один профіль пристрою:
	кількісна характеристика відновлення даних процесу <i>AppProcData</i>	вкорист. сервіс: максимальна кількість змінних для циклічного періодичного обміну даними процесу	наводяться заявлені дані в офіційних джерелах; залежить від вузлів мережі: для мереж з відсутнім ЦИКЛІЧНИМ трафіком наводиться обмеження ациклічного
	швидкісна характеристика відновлення даних процесу <i>AppResolut</i>	кількість інформації час оновлення	наводяться заявлені дані в офіційних джерелах
транспортний	наявні сервіси <i>TrpService</i>	- доступ до операційної системи; - доступ до прикладного сервісу. - доступ до програми користувача; - ДОСТУП до саревої програмної складової;	визначається набором протоколів транспортного рівня; вузол мережі не завжди підтримує всі сервіси
	модель обміну	- надійні: з встановленням з'єднання, з підтвердженнями (Acknowledge):	можливі комбінації

	TpSlodel	• ненадійне без встановлення з'єднання без підтвердження.	
	наївні сервіси NtService	- маршрутизація пакетів. - побудова маршрутних таблиць. - роздача мережних адрес	взначається набором протоколів мережного рівні, вузод мережі не завжди підтримує всі сервіси.
	метод адресації ChAddModel	- Відправник-Адресат-msg (правило адресації). - Виробник-Споживач-msg.	взначається протоколом каналного рани; може включати обидві модех
1	метод доступу Ch.4cc*ss	- Зедучни-Зеленин. • Зедучнк-Зеденин з активними Зеленими. - з Арбітром шини. - CSMA. CD. CSMA. CA. predecme p-pe>istent CSMA; - TDMA. STDMA: - маркерний.	взначається протоколом каналного рани
	контроль за помилками ChCheckium	- LRC. - CRC (різні варіанти). - інший	взначається протоколом каналного рівня
	можливість сегментаті ChSegment	- так: кількість сегментів, спосіб сегментах.; обмеженні. • ні:	вхкорнстовуютьсх мости та комутатори.
	фізичний інтерфейс PhIntrface	- стандартні: RS-232, RS-422, RS-485, CL, USB, BlueTooth, IR. - інші передача напрутою струмом, метод кодуванні модуляції. симетричний асиметричний.	длх багатьом мереж можливий вибір:
	фізичне середовище передачі PhMedia	- звичайний або спел кабель (кількість жил). - вита пара (кількість витич пар). - екранована знта пара (кількість витич пар); - коаксіальний кабель: - оптоволокно (одно-, багатоходовий).	длх багатьоч мереж можливий вибір:
	топология PhTopology	- шина: - зірка. - хитна; - кільпе: - лерево. - вільна.	длх багатьоч мереж можлнзий вибір, комбінаті можлива при сегментах.:
1	максимальна довжина відгалужень PhL	- не лопускається. • довжина в метрач. вплив на загальну довжин. хни. обмеженні.	визячається тільки длх пинн та дерева: залежить від бітової швидкості.
і	бітова швидкість передачі PhL	- знбкрається з ріл>- можливич (вказується мін-макс). - фіксована:	залежить від вибраного інтерфейсу, середовища передачі, довжини та хідкостг сегмента, обмеженні
	можливість сегментах: PhStgment	- так (кількість сегмента); - ні.	залежить від інтерфейсу та середовища. використовуюсь! рептерк та конпеніаторн.
	максимальна кількість вузлів на сегмент PhNodes	максимальна кількість вузла в сегменті, максимальна кількість всього в мереж:	залежить від інтерфейсу та середовища.
	максимальна довжина сегмент. PhLength	максимальна довжина з метрач сегменту та вас: мережі, правила термінуванні.	
	живлених по хережі PhSupply	- не дозволяється по інформахациях проводах. макс струм. - по окремих проводач кабелю. макс струм.	вхазується напруга та максимальних струм, залежить від вузла мереж.;

Висновки за розділом

Отже, **інтегрована автоматизована система управління (ІАСУ)** може розглядатися як ієрархічно організований комплекс організаційних методів, технічних, програмних, алгоритмічних і інформаційних засобів, які мають модульну структуру і забезпечують наскрізне узгоджене управління матеріальними та інформаційними потоками об'єкта управління.

Центральним поняттям в інтегрованих АСУ є поняття «інтеграція». Інтеграцію можна визначити як спосіб організації окремих компонентів в одну систему, що забезпечує узгоджену і цілеспрямовану їх взаємодію, зумовлюючи велику ефективність функціонування усїєї системи.

Інтеграцію в АСУ можна розглядати в кількох аспектах: функціональному, організаційному, інформаційному, програмному, технічному, економічному.

Функціональна інтеграція забезпечує єдність цілей та узгодження критеріїв і процедур виконання виробничо-господарських та технологічних функцій, спрямованих на досягнення поставленої мети. Основою функціональної інтеграції є оптимізація функціональної структури усїєї системи, декомпозиція системи на локальні частини (підсистеми), формалізований опис функцій кожної підсистеми та протоколи взаємодії підсистем.

Організаційна інтеграція полягає в організації раціональної взаємодії персоналу управління на різних рівнях ієрархії ІАСУ і різних локальних її підсистем, що зумовлює узгодження дій персоналу в напрямку досягнення поставлених цілей та погодженість управлінських рішень.

Інформаційна інтеграція передбачає єдиний комплексний підхід до створення й ведення інформаційної бази усїєї системи та її компонентів на основі одного технологічного процесу збору, зберігання, передачі та обробки інформації, який забезпечує узгоджені інформаційні взаємодії усїх локальних АСУ та підсистем ІАСУ.

Програмна інтеграція міститься у використанні узгодженого та взаємопов'язаного комплексу моделей, алгоритмів і програм для забезпечення спільного функціонування усїх компонентів ІАСУ.

Технічна інтеграція — це використання єдиного комплексу сумісних обчислювальних засобів, автоматизованих робочих місць спеціалістів та локальних мереж ЕОМ, об'єднаних в одну розподілену обчислювальну систему, яка забезпечує автоматизовану реалізацію усїх компонентів ІАСУ.

Економічна інтеграція є узагальнюючим комплексним показником інтеграції системи і полягає в забезпеченні цілеспрямованого та узгодженого функціонування усіх компонентів ІАСУ для досягнення найбільшої ефективності функціонування усієї системи.

Сучасний етап розробки інформаційних систем в економіці країни характеризується створенням АС нового покоління, до яких належать експертні системи, системи підтримки прийняття рішень, інформаційно-пошукові системи, системи зі штучним інтелектом. Основою створення таких систем є децентралізація структури ІАСУ та організація розподільної обробки інформації.

РОЗДІЛ 2 ПРОМИСЛОВА МЕРЕЖА MODBUS НА ОСНОВІ КОНТРОЛЕРА M238

2.1 Реалізація MODBUS на прикладному рівні

MODBUS на сьогоднішній день є однією з найбільш популярних промислових мереж. Основна причина такої популярності – це простота в реалізації. Даний підрозділ присвячений мережам, які базуються на протоколі прикладного рівня MODBUS.

На сьогоднішній день MODBUS підтримує і розвиває організація MODBUS-IDA, вона забезпечує відкритість даного протоколу та розробляє готові компоненти для спрощення реалізації. Згідно стандартів MODBUS-IDA – MODBUS являється протоколом прикладного рівня для зв'язку типу Клієнт-Сервер між прикладними Процесами пристроїв, які під'єднані до різноманітних типів шин або мереж. В контексті OSI-моделі, ці мережі мають архітектуру, наведену на рис.2.1.

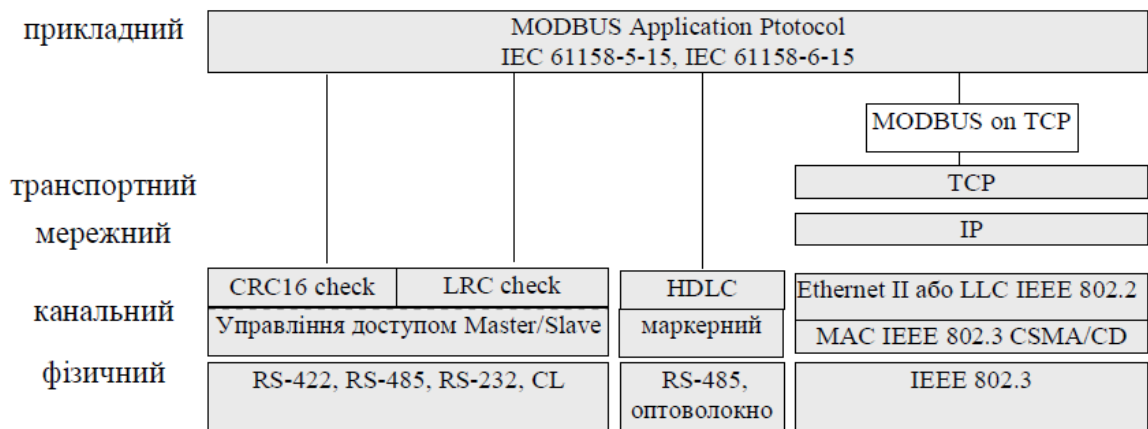


Рисунок 2.1 – Мережа MODBUS в контексті OSI-моделі

MODBUS на сьогоднішній день представлений 4-ма мережами: MODBUS RTU та ASCII (Modbus over Serial Line), MODBUS Plus і MODBUS TCP/IP.

MODBUS Application Protocol (МВАР MODBUS протокол прикладного рівня) базується на моделі Клієнт-Серверного обміну повідомленнями і визначає формат повідомлень (Protocol Data Unit), які мають вигляд наведений на рис. 2.2.

					КНУ.РМ.123.24.01.03.ПММК					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2 ПРОМИСЛОВА МЕРЕЖА MODBUS НА ОСНОВІ КОНТРОЛЕРА M238			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Яковенко									
Перевірів	Купін									
Н.контроль	Кузнецов							КІ-23М		
Затвердив	Купін									

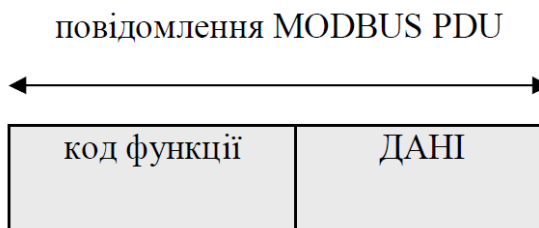


Рисунок 2.2 - Формат повідомлення функції”

Клієнтський прикладний Процес робить повідомлення-запит до серверного Процесу, в якому в полі код вказує йому на дію, яку необхідно MODBUS PDU. провести. Байти даних вміщують інформацію, яка необхідна для виконання даної функції. Серверний прикладний Процес у випадку вдалого виконання цієї функції повторює код функції у відповіді (якщо запит передбачає відповідь). При виникненні помилки, код функції у відповіді модифікується (старший біт виставляється в 1) а в байтах даних передається причина помилки. Тобто, якщо при передачі клієнтським прикладним Процесом повідомлення-запиту з функцією 0316 (000000112) виникла помилка у її виконанні Сервером, той відішле відповідь з полем функції рівним 8316 (100000112). В доповненні до зміни коду функції, при помилці, Сервер розміщує в поле даних унікальний код, який вказує на тип і причину помилки. Код функції являє собою поле з одного байту, яке може приймати значення від 1 до 255 (коди 128-255 зарезервовані під коди повідомлень-відповідей при помилкових діях). Нижче розписані тільки ті функції, які призначені для доступу до даних процесу. Ці дані, з точки зору MODBUS функцій діляться на:

- Discrete Inputs: дискретні входи, тільки для читання;
- Coils: котушки, внутрішні біти або дискретні виходи, читання/запис;
- Input Registers: вхідні 16-бітні змінні, тільки читання;
- Holding Registers: внутрішні/вихідні 16-бітні змінні, читання/запис.

У повідомленні-запиті за полем коду функції можуть слідувати , дані, які уточнюють або доповнюють функцію допоміжними даними. Це можуть бути адреси змінних, їх кількість, лічильник байтів даних та самі дані для запису. Для певних функцій, поле даних може бути відсутнім взагалі. Максимальна довжина повідомлення прикладного рівня рівна 253.

Формат основних функцій

Повний список кодів а також специфікацію протоколу можна знайти по

офіційному Веб сайті MODBUS-IDA - www.MODBUS.org. Номер функції дається в шістнадцятковому форматі. Скорочення в дужках Hi та Lo що вказують відповідно на старший та молодший байти. Тобто, якщо для

вказівки адреси початкової змінної необхідно двобайтове слово, то значення старшого байта буде передаватись в полі з позначенням Hi, а молодшого – відповідно Lo.

Код функції 0116 – читання статусу Coils (дискретних вихідних бітів).

Повідомлення-запит вміщує адресу початкового біту і кількість бітів для читання. Біти нумеруються починаючи з 0. У повідомленні-відповіді кожне значення змінної передається одним бітом, тобто в одному байті пакується статус 8 бітових змінних. Якщо кількість їх не кратно восьми, інші біти в байті заповнюються нулями. Лічильник вміщує кількість байт в полі даних.

Запит:		Відповідь:	
Код функції	01	код функції	01
Адреса початкового біту (Hi)	0 до FFFF ₁₆	лічильник байт	N
Адреса початкового біту (Lo)		Значення бітів (перші 8 біт)	0 до FF ₁₆
Кількість біт (Hi)	1 до 7D0 ₁₆ (2000)	Значення бітів (наступні 8 біт)	0 до FF ₁₆
Кількість біт (Lo)		...	
		Значення бітів (N-ні 8 біт)	0 до FF ₁₆

Код функції 0216 – читання статусу дискретних входів.

Формат даного запиту такий же як попереднього, за винятком поля функції.

Код функції 0316 – читання значення вихідних/внутрішніх регістрів.

Повідомлення-запит вміщує адресу початкового вихідного/внутрішнього регістру (двохбайтове слово), і кількість регістрів для читання.

Регістри нумеруються починаючи з 0.

Запит:		Відповідь:	
код функції	03	код функції	01
Адреса початкового регістру (Hi)	від 0 до FFFF ₁₆	лічильник байт	N*2
Адреса початкового регістру (Lo)		Значення 1-го регістру (Hi)	0 до
Кількість регістрів (Hi)	від 1 до 7D ₁₆ (125)	Значення 1-го регістру (Lo)	FFFF ₁₆
Кількість регістрів (Lo)		...	
		Значення N-го регістру (Hi)	0 до
		Значення N-го регістру (Lo)	FFFF ₁₆

У відповідному повідомленні в полі даних кожний регістр передається двома байтами.

Код функції 0416 – читання значення вхідних регістрів. Формат даного запиту такий же як попереднього, за винятком поля функції.

Код функції 0516 – запис вихідного/внутрішнього біту. В запиті вказується номер бітової змінної та значення: 0 – 0000, а 1 – FF00, всі інші значення не міняють стан змінних. В широкомовній передачі клієнтський запит виставляє значення даної змінної для всіх сервісів.

Функція	05
Адреса біту (Hi)	від 0 до FFFF ₁₆
Адреса біту (Lo)	
Значення біту (Hi)	0000 або FF00 ₁₆
Значення біту (Lo)	

Нормальна відповідь серверу являється повторенням запиту до клієнта. Код функції 0616 – запис вихідного/внутрішнього регістру. Функція аналогічна попередній, але оперує з регістрами(словами). В запиті вказується номер вихідного/внутрішнього регістру та його значення.

В широкомовній передачі запит виставляє значення даної змінної для всіх серверів.

Функція	06
Адреса регістру (Hi)	від 0 до FFFF ₁₆
Адреса регістру (Lo)	
Значення регістру (Hi)	від 0 до FFFF ₁₆
Значення регістру (Lo)	

Нормальна відповідь сервера являється повторенням запиту клієнту.

Код функції 0F16 – запис декількох вихідних/внутрішніх бітів.

В запиті вказується початкова адреса біту, кількість біт для запису, лічильник байтів і безпосередньо значення. В широкомовній передачі біти записуються всім серверам.

Розглянемо приклад для встановлення наступних бітових вихідних/внутрішніх змінних:

Байт 1								Байт 2							
26	25	24	23	22	21	20	19	--	--	--	--	--	--	28	27
1	1	0	0	1	1	0	1							0	1

В таблиці показана відповідність адреси змінної, починаючи з 19-ї, і значення біту. Для зручності біти розміщені у тому порядку, що і передаються. В другому байті корисні тільки 2 перші біти, значення інших не буде прийнято до уваги, оскільки кількість бітів вказані у кадрі. Запит та відповідь будуть мати такий вигляд:

Запит:

Функція	0F
Адреса початкового біту (Hi)	00
Адреса початкового біту (Lo)	13
Кількість бітів (Hi)	00
Кількість бітів (Lo)	0A
Лічильник байтів	02
Дані(змінні 19-26)	CD
Дані(змінні 27-28)	01

Відповідь:

Функція	0F
Адреса початкового біту (Hi)	00
Адреса початкового біту (Lo)	13
Кількість бітів (Hi)	00
Кількість бітів (Lo)	0A

Код_функції 1016 – запис декількох вихідних/внутрішніх_регістрів.

Запит:

Функція	10 ₁₆
Адреса початкового регістру (Hi)	0 до
Адреса початкового регістру (Lo)	FFFF ₁₆
Кількість регістрів (Hi)	1 до
Кількість регістрів (Lo)	007B ₁₆ (123)
Лічильник байтів	2*N
Дані (1-й регістр Hi)	0 до
Дані (1-й регістр Lo)	FFFF ₁₆
...	
Дані (N-й регістр Hi)	0 до
Дані (N-й регістр Lo)	FFFF ₁₆

Відповідь:

Функція	10
Адреса початкового регістру (Hi)	0 до FFFF ₁₆
Адреса початкового регістру Lo	
Кількість регістрів (Hi)	1 до 007B ₁₆
Кількість регістрів (Lo)	(123)

Приклад MODBUS. Запит на читання значення вихідних/внутрішніх регістрів.

Сформуємо повідомлення-запит та повідомлення-відповідь на читавихідних/внутрішніх регістрів починаючи з108-го по 110-й при позитивній обробці запиту Сервером.

Формат повідомлень показаний на рис. 2.3. Як і в попередньому випадку 108-й регістр в запиті вказується під номером 107 (6B16).

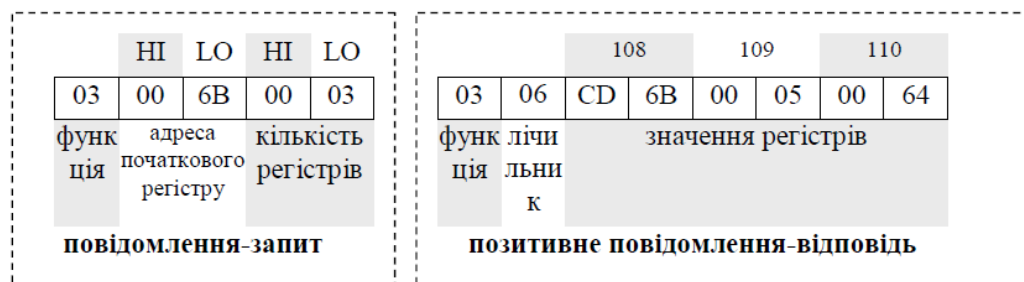


Рисунок 2.3 - Формат повідомлень для запиту читання значень вихідних/внутрішніх регістрів

Перші мережі MODBUS базувалися на асинхронних послідовних лініях зв'язку і отримали назву MODBUS RTU та MODBUS ASCII. На фізичному рівні вони використовують стандартні послідовні інтерфейси з символьним режимом передачі. На сьогоднішній день в MODBUS-IDA ці мережі отримали назву MODBUS over Serial Line і описані у відповідному стандарті.

У ньому вказуються правила та рекомендації використання на каналному та фізичному рівні. Оскільки мережа MODBUS RTU/ASCII може мати шинну топологію, то визначений метод доступу до шини – Ведучий/Ведений. В мережах MODBUS RTU та MODBUS ASCII Процес Ведучого завжди являється Клієнтом, а Процеси Ведених – Серверами. Це значить, що Ведучий відсилає запити, а Ведені їх обробляють. Цей запит може бути адресований як індивідуальному вузлу так і всім Веденим на шині (broadcast).

На каналному рівні MODBUS RTU/ASCII використовується адресація орієнтована на ідентифікатори вузлів.

Кожний Ведений повинен мати свою унікальну адресу (1-247), Ведучий не адресується. При індивідуальних запитах, Ведучий з клієнтським Процесом формує кадр із повідомленням-запитом відправляє його за вказаною адресою. Ведений з серверним Процесом отримує цей кадр і обробляє повідомлення. Після його обробки Ведений формує кадр повідомленням-відповіддю і відправляє його назад. Ведучому Кадр з повідомленням-відповіддю носить також функції кадру підтвердження, який Ведучий буде чекати від Веденого протягом часу, визначеного тайм-аутом. При ширококомовних запитах (broadcast) використовується 0-ва адреса. Широкомовні запити не потребують підтвердження, тому після відправки ширококомовного кадру Ведучий не очікує кадр відповіді.

Канальний рівень. На рис.2.4 показаний загальний вигляд кадру MODBUS

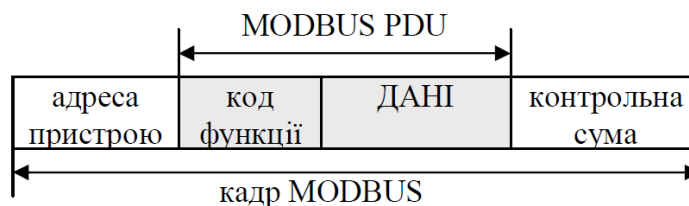


Рисунок 2.4 - Формування кадру MODBUS PDU Serial.

Розмежування між кадрами та тип контрольної суми тут не вказані, код пристрою функції оскільки це залежить від режиму передачі ASCII або RTU. В полі кадр MODBUS адреси пристрою Ведучий при запиті MODBUS Serial вказує адресу отримувача, а Ведений при відповіді - свою адресу. Поля MODBUS PDU описані вище.

MODBUS RTU Даний режим передбачає використання 8 біт даних в 11-бітному символі, що дозволяє передавати по байту на символ. Формат символу в RTU режимі: 1 стартовий біт; 8 біт даних (молодший біт передається першим); 1 біт паритету + 1 стоповий біт або без паритету + 2 стопових біта.

Формат кадру MODBUS RTU наведений на рисунку 2.5. Розмежування між кадрами проводиться за допомогою пауз між символами.

Новий кадр не повинен з'являтися на шині раніше, ніж $3.5 \cdot T_c$ від попереднього, де T_c – час передачі одного символу. Якщо час відсутності сигналу на лінії (інтервал тиші) буде більше ніж $3.5 \cdot T_c$ приймач ідентифікує помилку. З іншого боку, появлення нового кадру раніше ніж $3.5 \cdot T_c$, теж приведе до помилки.

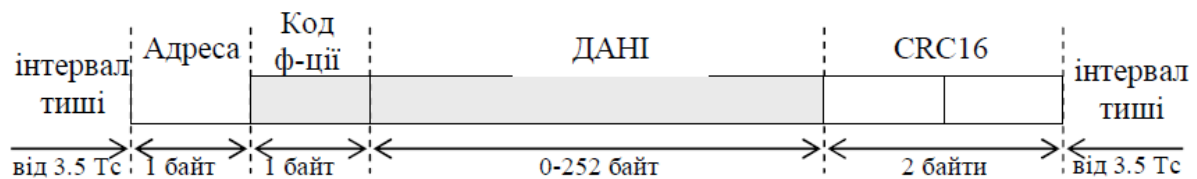


Рисунок 2.5 - Формат кадру для RTU режиму обміну

Поле адреси і коду функції RTU в режимі займають по одному байту, оскільки байти передаються по символу на кожний. У якості контрольної суми використовується два байти, обраховані по алгоритму CRC16.

У ряді випадків реалізація функцій MODBUS-Клієнта лягає на операційну систему, а доступ до них в програмі ПЛК відбувається через інтерф комунікаційні функції. Зокрема це характерно для більшості ПЛК від Schneider Electric (Momentum, Quantum, TSX Micro, TSX Premium, M340). В ряді інших систем – клієнтську сторону на прикладному рівні необхідно по прописувати в програмі ПЛК, а інтерфейс надається тільки для обміну комунікаційним портом. В цьому випадку система надає сервіси відправки та отримання повідомлення (яке формує і аналізує сама програма користувача), і генерації та перевірки контрольної суми.

Комунікаційна архітектура MODBUS TCP/IP. Мережі MODBUS TCP/IP базуються на стеці протоколів TCP/IP і перш за все призначена для роботи на базі Ethernet. MODBUS TCP/IP описаний в специфікаціях MODBUS-IDA, в яких комунікаційна система MODBUS TCP/IP може включати різні типи пристроїв (рис.2.6): MODBUS TCP/IP Клієнти і Сервери підключені до TCP/IP мережі; міжмережні пристрої типу мостів, маршрутизаторів або шлюзів для з'єднання TCP/IP мережі з послідовними лініями підмереж, що дозволяє обмінюватися даними MODBUS Serial Клієнтськими і Серверними пристроями.

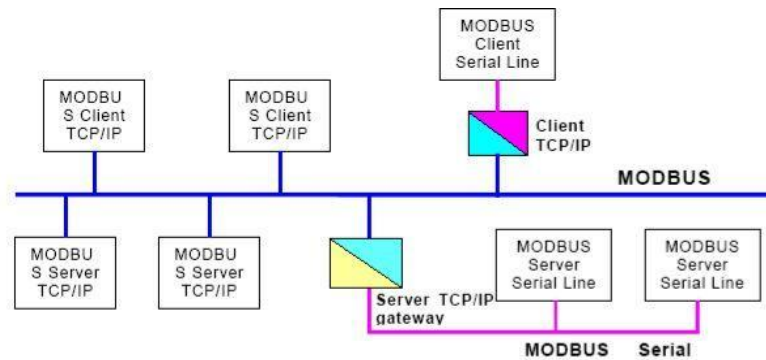


Рисунок 2.6 - Комунікаційна архітектура MODBUS TCP/IP

Таким чином комунікаційна система MODBUS TCP/IP дозволяє обмінюватися пристроям не тільки на мережах зі стеком TCP/IP, а і з пристроями на послідовних лініях зв'язку (MODBUS RTU/ASCII або MODBUS+). Як приклад можна привести рис.2.7, взятий зі специфікації протоколу прикладного рівня.

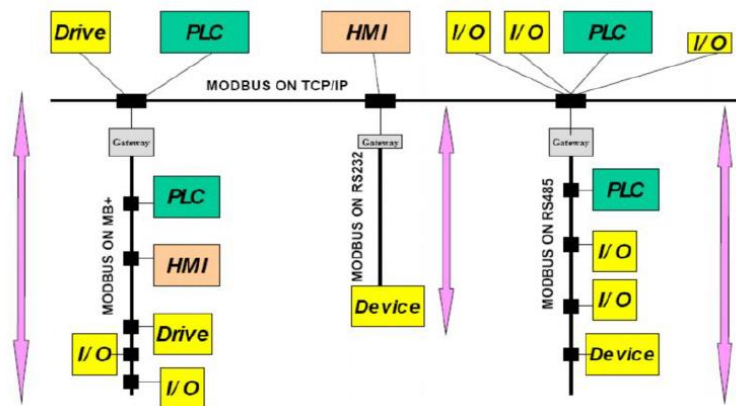


Рисунок 2.7. Приклад архітектури мережі MODBUS

Особливості реалізації протоколу Аналогічно всім мережам MODBUS, дані мережі використовують MODBUS Application Protocol. В MODBUS Serial на каналному рівні до PDU додається адреса Веденого і контрольна сума, сам PDU не модифікується. Однак в MODBUS TCP/IP перед попаданням на транспортний рівень, до PDU (код функції та дані) додається додатковий МВАР-заголовок. (рис.2.8). Заголовок складається з полів, які описані в табл.6. Отриманий модуль передається рівню TCP.

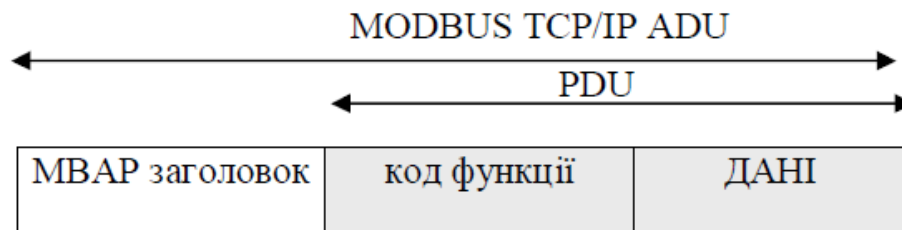


Рисунок.2.8. Формат модуля даних прикладного рівня (APDU) MODBUS TCP/IP

Таблиця 2.1 - Поля МВАР заголовка

Поле	Довжина (байт)	Пояснення	Клієнт	Сервер
TransactionID	2	ідентифікація транзакцій запитів відповідей	ініціалізує Клієнт в запиті	копіює з запиту у повідомлення - відповідь
ProtocolID	2	тип протоколу. 0=MODBUS протокол	ініціалізує Клієнт в запиті	копіює з запиту у повідомлення - відповідь
Length	2	кількість наступних байтів	ініціалізує Клієнт в запиті	ініціалізує Сервер у відповіді
UnitID	1	адреса Веденого, який підключений до вузла	ініціалізує Клієнт в запиті	копіює з запиту у повідомлення - відповідь

За допомогою поля UnitID можна вказати адресу вузла в MODBUS Serial, наприклад адресу Веденого в MODBUS RTU. Якщо потрібно адресувати вузол, безпосередньо підключений по TCP/IP то UnitID=0.

Поле ProtocolID використовується для міжсистемного мультиплексування. Так TCP порт для MODBUS Серверу має номер 502, однак цей же порт, наприклад, використовує Schneider Electric для UNITE-Серверу. Таким чином замінивши поле ProtocolID, Ethernet модулі ПЛК Schneider Electric одночасно підтримують два протоколи: MODBUS та UNITE. Для ідентифікації пристрою, якому передається запит, вказується його IP- адреса. Для ідентифікації TPDU, які направляються MODBUS-Серверу, як прикладному об'єкту, виділений 502-гий TCP-порт.

2.2 Побудова запиту та розрахунок часу транзакції Modbus RTU

Побудуємо кадри форматів повідомлень запитів та відповідей для MODBUS RTU та розрахуємо загальний час опитування 10-ти аналогових 16-бітних змінних для 4-х Ведених (рис.2.9). Швидкість передачі даних 19200 біт/с. Клієнтський Процес Ведучого (TSX Premium) та серверні Процеси Ведених (ПЛК TSX Micro) приймають повідомлення на початку циклу, а відправляють - в кінці циклу. Час циклу Ведучого = 10 мс, Ведених - 5с.

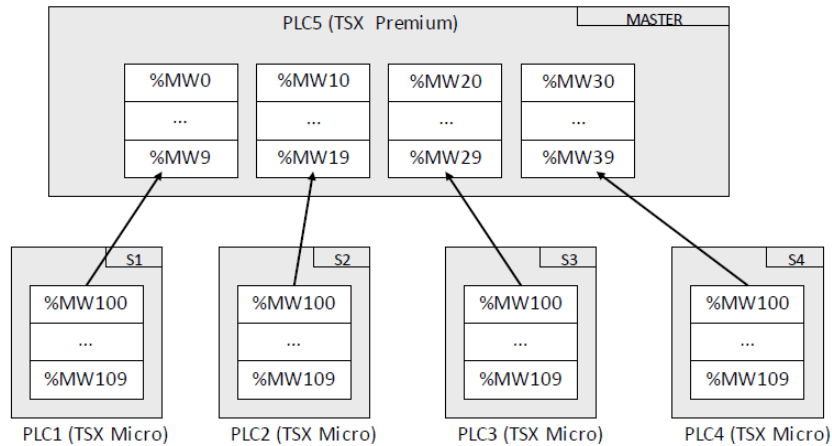


Рисунок 2.9 - Постановка задачі до прикладу

Доступ до внутрішніх аналогових змінних TSX Micro проводиться через 03 або 04 функцію, тому формат кадрів буде мати вигляд як на рис.2.10.



Рисунок. 2.10. - Формат кадрів до S1 та до Ведучого

Враховуючи, що структура інших кадрів – аналогічна, наводити їх формат немає сенсу.

Побудуємо часову діаграму обміну (рис. 2.11) в горизонтальній площині, де по осі абсцис відкладений час а по осі ординат умовно зображені ПЛК. З боку клієнтської програми повідомлення-запит формується за допомогою комунікаційної функції, відправка даних якої через комунікаційний порт проводиться в кінці циклу задачі, а отримування з порту – на початку циклу. Така поведінка клієнтської сторони цілком відповідає багатьом реалізаціям для різних ПЛК.

У TSX Micro MODBUS-Сервер реалізований на рівні операційної системи. Специфіка реалізації заключається в тому, що прийом MODBUS-запитів з комунікаційного порту системою проводиться на початку циклу, а відправка повідомлень-відповідей – вкінці.

Слід зазначити, що реалізація MODBUS-Серверу може бути підтримана на рівні комунікаційного модуля, а обмін даними з пам'яттю самого пристрою проводиться через комунікаційні буфери. В цьому випадку реакція MODBUS-Сервера буде значно швидшою і не залежати від циклу програми. Для розрахунку часу транзакції для інших типів систем необхідно ознайомитися з деталями їх реалізації.

На рис.2.10 показано, що надходження кадру приходить десь всередині циклу. Це значить, що їх обробка та генерація відповіді пройде приблизно через 1,5 циклу. Слід розуміти, що це усереднене значення, для найгіршої оцінки краще резервувати 2 часу циклу (тобто коли кадр прийшов відразу після опитування комунікаційного порту). Таким чином час транзакції для одного ПЛК, наприклад PLC1 (ТТ1), буде дорівнювати:

$$TT1=C5+T1.req+2*C1+T1.res+C5*2 \quad (2.2) \dots$$

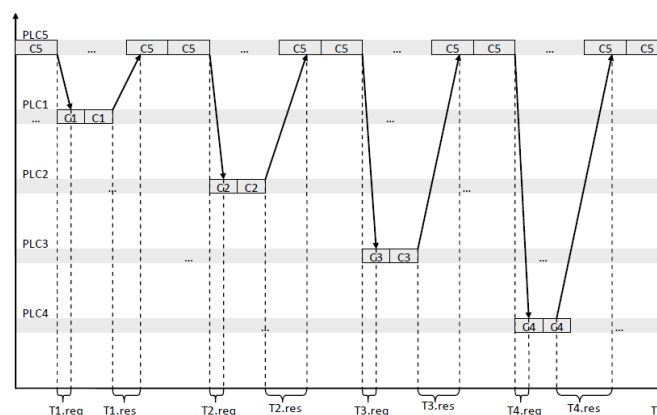


Рисунок.2.11. - Часова діаграма

ТТ1 розрахований з урахуванням 2 циклів затрачених Веденим на генерацію відповіді на повідомлення-запит. Якби транзакція проводилась не періодично, як по умові задачі, а по виникненню події, то в час транзакції

необхідно б було включити також ще один цикл Ведучого. Нескладно вивести час опитування всіх Ведених:

$$T_{\text{all}} = C5 \cdot 9 + C1 \cdot 2 + C2 \cdot 2 + C3 \cdot 2 + C4 \cdot 2 + T1.\text{req} + T1.\text{res} + T2.\text{req} + T2.\text{res} + T3.\text{req} + T3.\text{res} + T4.\text{req} + T4.\text{res} \quad (2.3)$$

Враховуючи, що цикли Ведених однакові, а кадри запитів і кадри відповідей для всіх Ведених мають однакову структуру, загальна формула буде мати наступний вигляд:

$$T_{\text{all}} = C5 \cdot 9 + C1 \cdot 8 + (T1.\text{req} + T2.\text{req}) \cdot 4 \quad (2.4)$$

Розрахуємо час $T1.\text{req}$ та $T2.\text{req}$. Час передачі кадру (T_{frame}) можна орієнтовно розрахувати по кількості символів (N_{symb}) в кадрі та часу передачі одного символу (T_{symb}):

$$T_{\text{frame}} = N_{\text{symb}} \cdot T_{\text{symb}} \quad (2.5)$$

Час передачі одного символу розраховується:

час передачі одного символу = кількість біт в символі / бітова швидкість;

Час передачі кадрів буде дорівнювати:

$$T1.\text{req} = 8 \cdot (11/19200) = 4,58 \text{ мс}$$

$$T1.\text{res} = 25 \cdot (11/19200) = 14,33 \text{ мс}$$

$$T_{\text{all}} = 90 + 40 + (4,58 + 14,33) \cdot 4 = 206 \text{ мс.}$$

Таким чином, для опитування 10-ти змінних з 4-х Ведених зі швидкістю 19200 біт/с необхідно затратити приблизно 206 мс. Якщо необхідне періодичне опитування бажано зарезервувати певний час, наприклад ще додатково 100 мс.

Побудуємо запити та розрахувати час транзакції на MODBUS RTU між ПЛК Ведучого (Master) та двома Веденими ПЛК при умові:

БІТОВА ШВИДКІСТЬ. біт/с	Час циклу, мс			1 запит Slave 1	2 запит Sh\е2
	Master	Sbvel	Shve2		
9600	10	10	15	чигання IS внутрішніх регістрів, з 16	запис 27 внутрішніх регістрів, з 17

Обробку вхідних повідомлень ПЛК проводить на початку циклу, відправку вихідних повідомлень – в кінці циклу. Вважати всі відповіді від Веденого позитивними (без помилок). Адресація регістрів починається з 0. Тайм-аути не враховувати.

1. Часова діаграма стану показана на рис.2.12
2. Формування кадрів показано на рис.2.13.
3. Розрахунок часу транзакції:

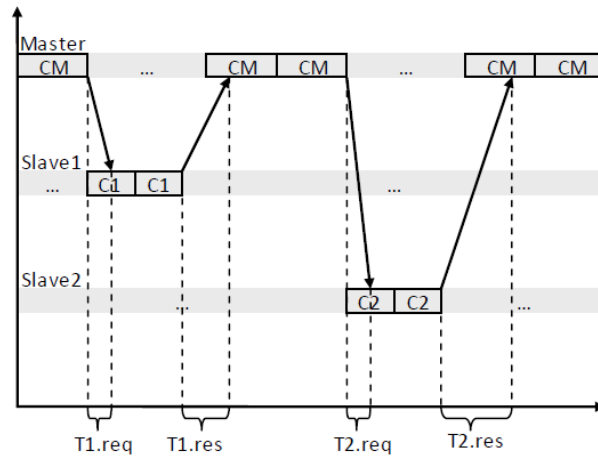


Рисунок.2.12. - Часова діаграма

$$T1.req=8*(11/9600)=9,17 \text{ мс}$$

$$T1.res=41*(11/9600)=46,97 \text{ мс}$$

$$T2.req=63*(11/9600)=72,18 \text{ мс}$$

$$T2.res=8*(11/9600)=9.17 \text{ мс}$$

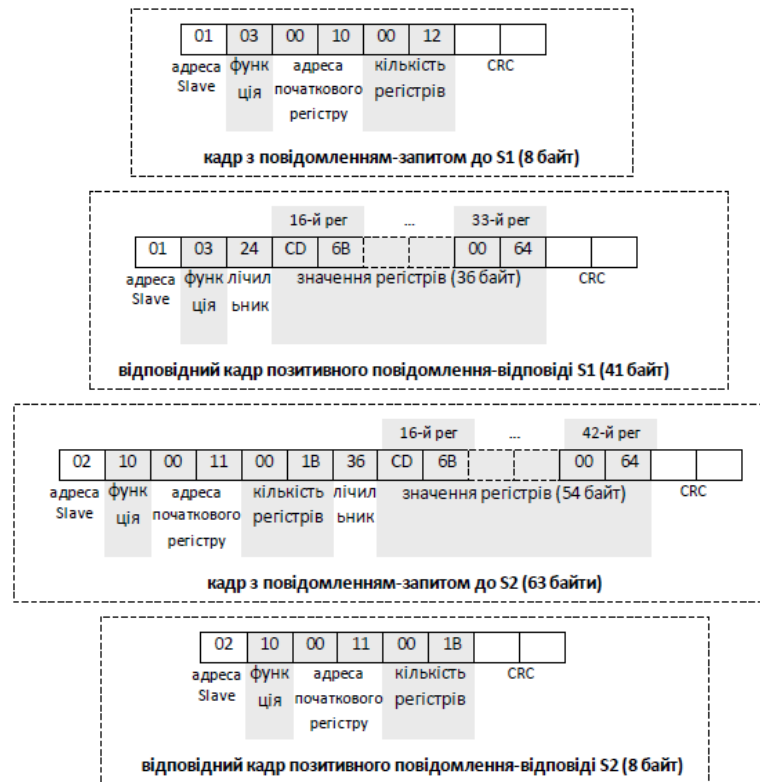


Рисунок.2.13. - Формат кадрів

Загальний час_транзакції:

$$T_{\text{all}} = CM*5 + C1*2 + C2*2 + T1.req + T1.res + T2.req + T2.res = 50 + 20 + 30 + 9,17 + 46,97 + 72,18 + 9.17 = 254.32 \text{ мс.}$$

Таким чином, приклад нестандартного протоколу обміну даними

через інтерфейс дозволяє оптимізувати час транзакції виконання завдання, а все універсальне спрощує розробку завдання.

Існує простий універсальний протокол обміну ModBus, в якому з метою оптимізації часу транзакції надмірність даних і функцій зведена до мінімуму. У мережі ModBus контролери, як правило, з'єднані в топології "Загальна шина". Взаємодія контролерів відбувається відповідно до моделі master-slave (ведучий-ведений). У мережі є головний пристрій - ведучий. А також кілька підлеглих пристроїв - ведені. Обмін може бути ініційований тільки провідним пристроєм.

Транзакція (послідовність операцій при обміні даними) складається із запиту і відповіді. Провідний пристрій може адресувати запит будь-якого відомому контролеру або ініціювати широкомовне повідомлення, для всіх відомих пристроїв одночасно. Ведений пристрій, визначивши свою адресу в запиті, формує відповідь. У запиті від ведучого пристрою обов'язково міститься код функції, тобто що треба робити. Також в залежності від функції в запиті можуть міститися дані.

Існують 3 варіанти оптимізації швидкості обміну протоколу ModBus.

ModBus ASCII - текстовий протокол. У ньому використовуються тільки ASCII символи. Кожен байт передається як два шістнадцяткових символу.

ModBus RTU - числовий протокол. Дані передаються в двійковому вигляді. Байт, який передається по мережі це число протоколу.

ModBus TCP - протокол для передачі даних в TCP / IP мережах.

За оптимізацією продуктивності і швидкості обміну, безумовно, перевагу мають числові протоколи.

2.3 Основні компоненти програмного забезпечення SoMachine по керуванню виконавчими механізмами

Програмне забезпечення SoMachine має 2 основні компоненти: середовище для написання коду для контролерів CoDeSys 3.4 і середовище для створення інтерфейсу панелей оператора Mageii-s - VijeoDesigner.. Усе це виглядає і працює як єдиний пакет з можливістю швидкого розширення змінних між контролером і панеллю, графічним конфігуратором проекту (плюс стандартне для CoDeSys представлення проекту деревом). OPC сервером і великою бібліотекою готових до використання елементів

від «Schneider Electric».

У лінійці класичних ПЛК, що підтримують SoMachine, Modicon M238 є молодшим пристроєм.

У базовій комплектації без модулів розширення контролер має на борту 14 дискретних входів і 10 виходів. Залежно від напруги живлення (24 В або -220 В) частина дискретних виходів (промарковані як -Outputs-) будуть або транзисторними або релейними. Швидкі виходи («Fast Outputs») у будь-якому випадку є транзисторними.

Для програмування контролера незалежно від комплектації використовують порт mini-uSB. так само як і для інших контролерів, що входять до лінійки -MachmeStruxure-.

Modicon M238 пропонують у моделях з 2 рівнями функціоналу у мінімальній конфігурації користувачеві дістанеться пристрій з 1 Мб оперативної пам'яті (для користувацької програми доступно 500 кБ) і одним послідовним портом RS232/485: у розширеній конфігурації доступно 2 Мб оперативної пам'яті (1 Мб доступно для користувача програми). 2 послідовних порти RS232/485 і порт CANopen майстра.

Контролер можна розширити 7 модулями розширення TM2. якими розширюють і контролери TwiOo. Окрім того, якщо ємності встановлених модулів не вистачає, систему можна розширити модулями віддаленого збору інформації через шину CANopen.

Modicon M258, як і впливає з кодового позначення, є старшою моделлю в лінійці ПЛК, що підтримують SoMachine.

Контролер може мати 44 або 66 дискретних входів/виходів. Живиться пристрій від джерела постійної напруги 24 В.

Залежно від модифікації. пристрій може бути оснащений двома додатковими PCI-слотами, в які можна встановити додаткові комунікаційні модулі - RS232/RS485 або ProfiBus slave.

Особливістю контролера є наявність USB-host- порту, який дає змогу під'єднати зовнішні накопичувачі.

На борту наявні такі комунікаційні інтерфейси: сумісний порт RS232/485. порт Ethernet і. в деяких моделях, порт CANopen master.

Логічний контролер Modicon M258 має низку переваг над M238.

По-перше, це двох'ядерний центральний процесор, одне з ядер якого повністю зайняте завданнями комунікацій, а друге - користувацькою програмою.

По-друге, це 64 Мб оперативної пам'яті, що дає змогу писати код для максимально складних завдань з розгалуженими алгоритмами.

По-третє, це 128 Мб вбудованої постійної flash- пам'яті з підтриманням повноцінної файлової системи, доступ до якої можливий також через FTP.

Базовий набір входів/ виходів можна доповнити модулями дискретних (20 варіантів модулів) і аналогових (13 варіантів модулів) входів/виходів, а також рахунковими модулями (5 варіантів). Загальна кількість модулів обмежена цифрою 250.

Є 2 варіанти модулів - так звані Sl*e- чи Slim- модулі. що складаються з трьох основних частин: база розподілу. сам електронний модуль; знімний клемний блок. Завдяки такій конструкції модулі підтримують функцію гарячої заміни (заміна модуля при працюючому ПЛК). Другий варіант - це компактні модулі, які є блоком об'єднаних Slice- модулів. На відміну від Siice- модулів. компактні є нерозбірними: клемний блок можна зняти, але нерозривними: клемний блок можна зняти, але база й електронні модулі є одним цілим. При порівнянні з аналогічною кількістю Slice-модулів такий підхід дає змогу економити до 40% вартості, однак можливість гарячої заміни буде втрачена.

Контролер M258 має можливість побудови мережі з віддаленими островами входів/виходів за такою схемою. До контролера з усіма необхідними модулями розширення додають модуль передавання (Transmitter). На відстань до 100 м проводять екранований кабель, аналогічний тому, який використовують у CANopen. На іншому кінці встановлюють модуль приймача і потрібні модулі розширення. Тобто можна побудувати систему з кількістю островів до 25. Розподілену на відстань до 2500 м.

Додатково, замість островів, побудованих на основі стандартних модулів M258 зі ступенем захисту IP20. можна використовувати модулі дискретних/аналогових входів/виходів у виконанні IP67.

Тобто можна отримати таку систему.

Allrvar ІМС (Integrated Machine Controller) - контролер. виконаний у формфакторі карти розширення для ПЧ.

Пристрій оптимально підходить для завдань, де центральним пристроєм є асинхронний привід, і його вбудованих функцій не вистачає для того, щоб реалізувати весь функціонал. Типові завдання - підйимально-транспортне обладнання і керування насосними станціями.

Altivar ІМС має 10 дискретних входів і 6 дискретних виходів, а також по 2 аналогових входи і виходи.

Для комунікації пристрій має порт CANopen Master і Ethernet з під-

триманням Modbus TCP. HTTP і FTP (як і будь-який інший пристрій, що має вбудований Ethernet-порт і підтримує -SoMachine*). Окрім того, контролер при встановленні під'єднують до внутрішньої шини ПЧ, тобто він може безпосередньо обмінюватися даними з ПЧ без будь-яких зовнішніх шин/мереж.

Продуктивність ATV ІМС є на рівні ПЛК M238. Користувачеві доступний 1 Мб оперативної пам'яті (з 2 Мб, встановлених у пристрої), 2 Мб flash- пам'яті з файловою системою.

Окремо варто зупинитися на пристрої, що підтримує SoMachine та поєднує в собі функції панелі оператора і ПЛК.

Є два типорозміри ХВТ GC - 3"8 і 5"7. Панель із діагоналлю 3"8 є найменш оснащеною - має монохромний дисплей. USB-порт і можливість розширення за допомогою двох модулів TM2 (модулі розширення від M238) або одного модуля CANopen Master, також має 12 дискретних входів і 16 виходів.

Пристрій із діагоналлю 5"7 оснащено послідовним портом, портом Ethernet (X8TGC2330) і кольоровим екраном - (ХВТGC2330). а також можливістю під'єднання до 3 модулів TM2 або модуля CANopen Master, він має 16 входів і 16 виходів.

Продуктивність пристрою дещо поступається M238 (не кажучи вже про M258). тому на одних і тих же обчислювальних потужностях обробляються одночасно написаний користувачем код і користувацький інтерфейс.

На закінчення необхідно відзначити, що, спираючись на одну із платформ або поєднання платформ керування на основі MachineStructure™, можна побудувати систему керування, котра найповніше відповідає одній із платформ або поєднанню платформ керування на основі MachineStructure™, можна побудувати систему керування, котра найповніше відповідає вимогам нашого обладнання з погляду функціональності і продуктивності.

Таким чином, протокол Modbus і мережа Modbus є найпоширенішими у світі. Незважаючи на свій вік (стандартом де-факто Modbus став ще в 1979 році), Modbus не тільки не застарів, але, навпаки, суттєво зросла кількість нових розробок і обсяг організаційної підтримки цього протоколу. Мільйони Modbus-пристроїв по всьому світу продовжують успішно працювати.

Однією з переваг Modbus є відсутність необхідності в спеціальних інтерфейсних контролерах (Profibus і CAN вимагають для своєї реалізації

замовні мікросхеми), простота програмної реалізації і елегантність принципів функціонування. Все це знижує витрати на освоєння стандарту як системними інтеграторами, так і розробниками контролерну обладнання. Високий ступінь відкритості протоколу забезпечується також повністю безкоштовними текстами стандартів, які можна завантажити з сайту modbus.org.

Популярність протоколу в даний час пояснюється, перш за все, сумісністю з великою кількістю устаткування, яке має протокол Modbus. Крім того, Modbus має високу достовірність передачі даних, пов'язану із застосуванням надійного методу контролю помилок. Modbus дозволяє уніфікувати команди обміну завдяки стандартизації номерів (адрес) регістрів і функцій їх читання-запису.

Основним недоліком Modbus є мережевий обмін по типу «ведучий / ведений», що не дозволяє веденим пристроям передавати дані по мірі їх появи і тому вимагає інтенсивного опитування ведених пристроїв ведучим.

Різновидами Modbus є протоколи Modbus Plus - многомастерний протокол з кільцевою передачею маркера і Modbus TCP, розрахований на використання в мережах Ethernet та інтернет.

Протокол Modbus має два режими передачі: RTU (Remote Terminal Unit - «віддалений термінальний пристрій») і ASCII. Стандарт передбачає, що режим RTU в протоколі Modbus повинен бути присутнім обов'язково, а режим ASCII є опціональним. Користувач може вибирати будь-який з них, але всі модулі, включені в мережу Modbus, повинні мати один і той же режим передачі.

Висновки за розділом

MODBUS на сьогоднішній день є однією з найбільш популярних промислових мереж. Основна причина такої популярності – це простота в реалізації. Даний підрозділ був присвячений мережам, які базуються на протоколі прикладного рівня MODBUS.

На сьогоднішній день MODBUS підтримує і розвиває організація MODBUS-IDA, вона забезпечує відкритість даного протоколу та розробляє готові компоненти для спрощення реалізації. Згідно стандартів MODBUS-IDA – MODBUS являється протоколом прикладного рівня для зв'язку типу Клієнт-Сервер між прикладними Процесами пристроїв, які під'єднані до різноманітних типів шин або мереж.

Однією з переваг Modbus є відсутність необхідності в спеціальних інтерфейсних контролерах (Profibus і CAN вимагають для своєї реалізації замовні мікросхеми), простота програмної реалізації і елегантність принципів функціонування. Все це знижує витрати на освоєння стандарту як системними інтеграторами, так і розробниками контролерну обладнання. Високий ступінь відкритості протоколу забезпечується також повністю безкоштовними текстами стандартів, які можна завантажити з сайту modbus.org.

Основним недоліком Modbus є мережевий обмін по типу «ведучий / ведений», що не дозволяє веденим пристроям передавати дані по мірі їх появи і тому вимагає інтенсивного опитування ведених пристроїв ведучим.

Різновидами Modbus є протоколи Modbus Plus - многомастерний протокол з кільцевою передачею маркера і Modbus TCP, розрахований на використання в мережах Ethernet та інтернет.

Протокол Modbus має два режими передачі: RTU (Remote Terminal Unit - «віддалений термінальний пристрій») і ASCII. Стандарт передбачає, що режим RTU в протоколі Modbus повинен бути присутнім обов'язково, а режим ASCII є опціональним. Користувач може вибирати будь-який з них, але всі модулі, включені в мережу Modbus, повинні мати один і той же режим передачі.

За оптимізацією продуктивності і швидкості обміну, безумовно, перевагу мають числові протоколи.

РОЗДІЛ 3 ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМ МЕХАНІЗМОМ НА ОСНОВІ ATV-312

3.1

Конфігурування інтерфейсу сканера входів/виходів Modbus контролера M238

Практично жодна мікропроцесорна система (МПС) не може обійтися без таких елементів, як виконавчі пристрої. Головне призначення будь-якої системи – це управління яким-небудь зовнішнім механізмом. Це можуть бути електродвигуни, нагрівачі, електромагнітні клапани і т.п. Тому, окрім датчиків, кнопок управління і елементів індикації до мікроконтролера (МК) обов'язково доведеться підключати і виконавчі пристрої. Для управління зовнішніми пристроями використовуються ті ж самі порти введення/виведення МК, які працюють на виведення. Сигнали з будь-якої лінії будь-якого порту легко можуть бути використані для включення і виключення зовнішнього пристрою. Необхідно лише підсилити керуючий сигнал за потужністю до необхідного рівня. Для цього застосовуються різні схеми узгодження. Вибір схеми залежить від типу виконавчого пристрою.

Можливо роздільне підключення ПК з програмою SoMachine до терміналу ЧМІ і до контролера, як показано на схемі 3.1.

Конфігурація послідовного лінійного інтерфейсу для сканера входів / виходів Modbus

Щоб здійснювати зв'язок по протоколу Modbus SL через сканер входів / виходів Modbus, необхідно спочатку створити і настроїти комунікаційний менеджер Modbus IOScanner (Сканер входів / виходів Modbus).

Розглянемо встановлення з'єднання сканера входів / виходів Modbus по послідовному каналу 1 (Serial Line 1) з веденим пристроєм Altivar 312 з використанням сканера входів / виходів для автоматичного обміну даними. Режим читання / запису використовується для читання регістрів ATV312 з 8601 DriveCom Control Word au 8603 DriveCom Status Word і записи в регістр 8601 DriveCom Control Word. Пристрій реалізований за допомогою опису типового веденого пристрою Modbus Slave в ПО

SoMachine.					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК				
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					
Розробив	Яковенко				РОЗДІЛ 3 ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМ МЕХАНІЗМОМ НА ОСНОВІ ATV-312	Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірив	Купін								
Н.контроль	Кузнецов					КІ-23м			
Затвердив	Купін								

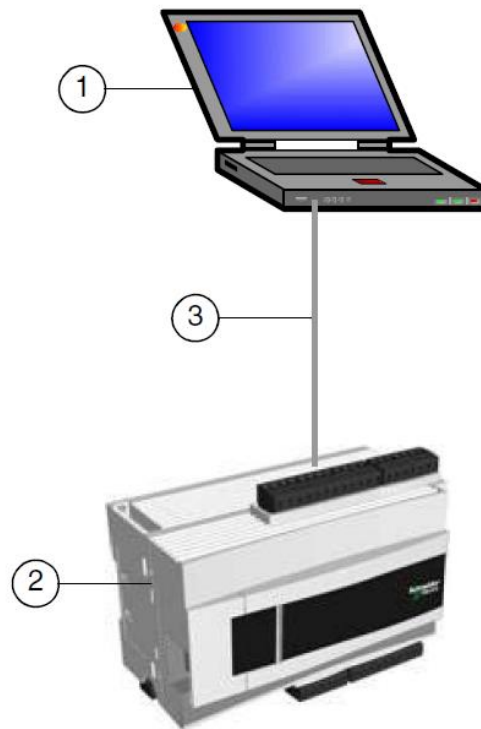


Рисунок 3.1 – ПК з SoMachine, приєднаний до контролера M238

1. ПК, в якому виконується SoMachine
2. Контролер M238
3. USB_кабель для USB_з'єднання типу А - міні В між ПК з SoMachine і контролером M238

За замовчуванням, пристрій TM238LFDC24DT попередньо налаштоване таким чином:

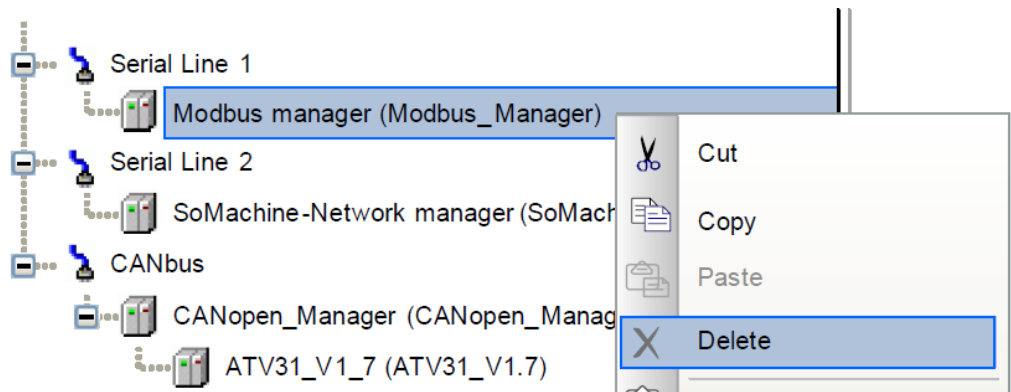
Serial Line 1 (Послідовний канал 1): Modbus manager (менеджер Modbus);

Serial Line 2 (Послідовний канал 2): SoMachine _ Network manager (менеджер мережі).

Щоб використовувати сканер входів / виходів Modbus, видалимо попередньо сконфігурованих менеджер Modbus наступним чином:

Виберемо елемент Modbus Manager (Менеджер Modbus), розташований нижче вузла Serial Line 1 (Послідовний канал 1) у вікні Devices (Пристрої).

Клацніть правою кнопкою на елементі Modbus Manager і виберіть в контекстному меню Delete (Видалити).



Примітка: використовуйте параметри за замовчуванням послідовного каналу, як вони визначені у вікні властивостей вузла послідовного каналу.

Створення сканера входів / виходів Modbus

Щоб створити сканер входів / виходів Modbus, зробимо наступне:

У вікні Devices (Пристрої) клацніть правою кнопкою на пункті Serial Line1 (Послідовний канал 1), представленому у вигляді піделементи контролера M238, і виберіть в контекстному меню команду Add Device (Додати пристрій).

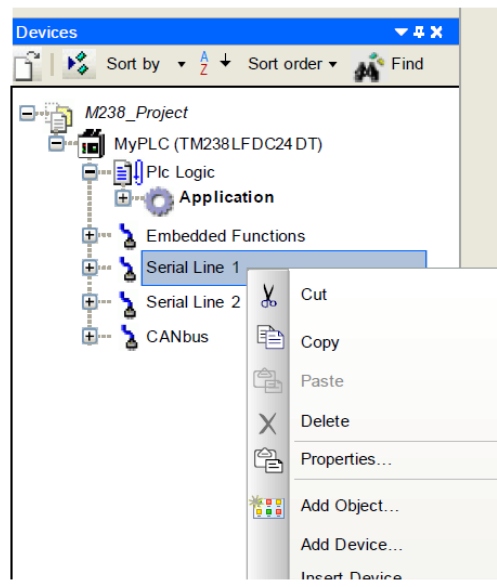


Рисунок. 3.2. – Діалогове вікно пристрої

Результат: справа з'явиться діалогове вікно Add Device для наявних комунікаційних менеджерів

У діалоговому вікні Add Device (Додати пристрій) виберіть Modbus IOScanner (Сканер входів / виходів Modbus.)

Для підтвердження вибору натисніть на кнопці Add Device:

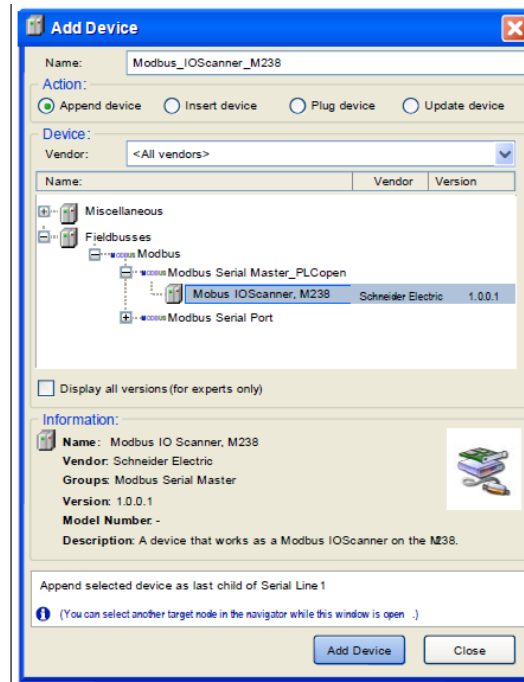


Рисунок. 3.3. – Діалогове вікно додати пристрій

Результат: пункт Serial Line 1 (Послідовний канал 1) вікна Devices (Пристрої) тепер містить пункт комунікаційного менеджера Modbus IOScanner.

Конфігурація ведучого пристрою Modbus SL

Щоб настроїти ведучий пристрій Modbus SL, зробіть наступне:

Двічі клацніть на пункті Modbus IOScanner (Сканер входів / виходів Modbus) у вікні Devices (Пристрої), щоб відкрити діалогове вікно для налаштування комунікацій Modbus SL. Це діалогове вікно містить у собі три вкладки.

Перш за все, налаштуйте параметри передачі у вкладці Modbus Master Configuration (Конфігурація ведучого пристрою Modbus).

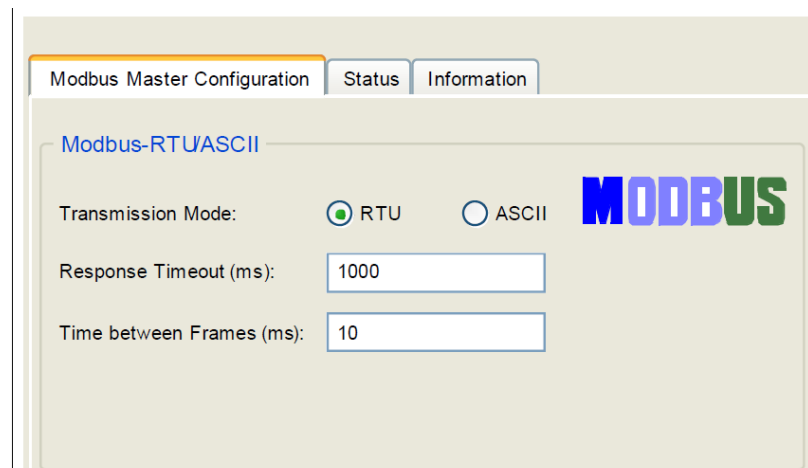


Рисунок. 3.4. – Діалогове вікно параметри передачі Modbus

В поле Transmission Mode (Спосіб передачі) виберіть відповідний спосіб передачі для комунікацій Modbus.

В поле Response Timeout (ТаймБаут відповіді) визначте витримку часу з метою запобігання занадто довгого очікування відповідей системою.

Налаштуйте параметр Time between Frames (Інтервал між кадрами) - часовий інтервал, який повинен бати між фреймами Modbus для поділу кінця попереднього фрейму і початку наступного фрейму.

Примітка: параметри послідовного каналу визначаються у вікні властивостей вузла послідовного каналу.

Для отримання інформації про поточний стан виберіть вкладку Status (Статус).

Для отримання загальної інформації про приєднаний до послідовного порту пристрою натисніть на вкладці Information (Інформація).

Ми можемо додавати в проект пристрою Modbus SL для сканера входів / виходів двома способами:

вибравши пристрій і сконфігурованої його від початку до кінця; за допомогою шаблону пристрою, вже містить конфігурацію польової шини сканера входів / виходів Modbus, а також код (факультативно) і візуалізацію (факультативно).

Конфігурація пристрою введення / виведення Modbus

Щоб настроїти Altivar 312 як ведений пристрій Modbus SL, зробіть наступне:

Клацніть правою кнопкою на підпункті Modbus IOScanner (Сканер входів / виходів Modbus) у вікні Devices (Пристрої) і виберіть команду Add Device (Додати пристрій) для визначення пристрої введення / виводу.

У діалоговому вікні Add Device виберіть пристрій зі списку і клацніть на кнопці Add Device. В даному прикладі ми використовуємо узагальнений тип, іменований Modbus Slave (Ведене пристрій Modbus).

Закрийте діалогове вікно Add Device (Додати пристрій).

Результат: пункт Modbus IOScanner у вікні Devices (Пристрої) тепер містить в якості підпункту ваш пристрій введення / виведення Modbus.

У вікні Devices двічі клацніть на Підвузли пристрою вузла Modbus.

Результат: з'явиться діалогове вікно Modbus Slave Configuration (Конфігурація веденого пристрою Modbus).

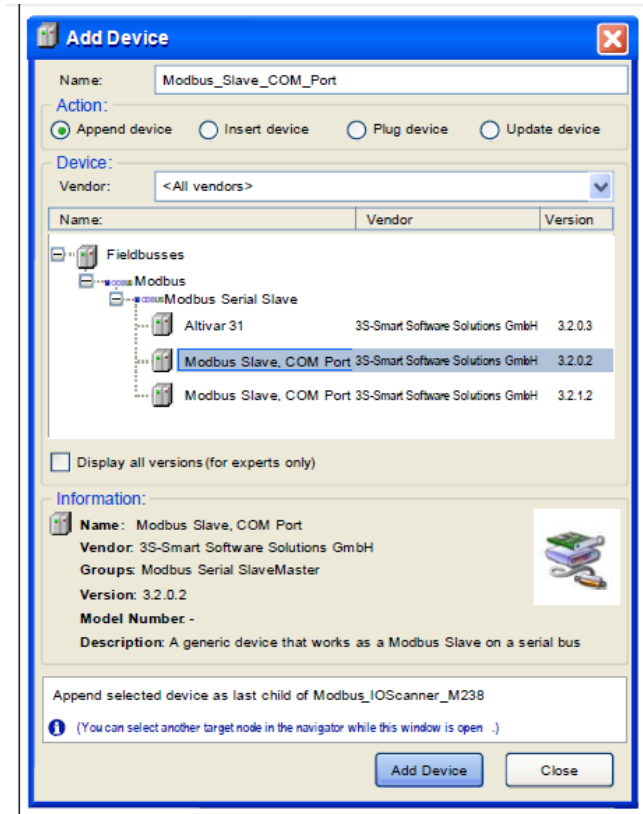


Рисунок 3.5 – Діалогове вікно конфігурації

У вкладці Modbus Slave Configuration виконайте наведене нижче

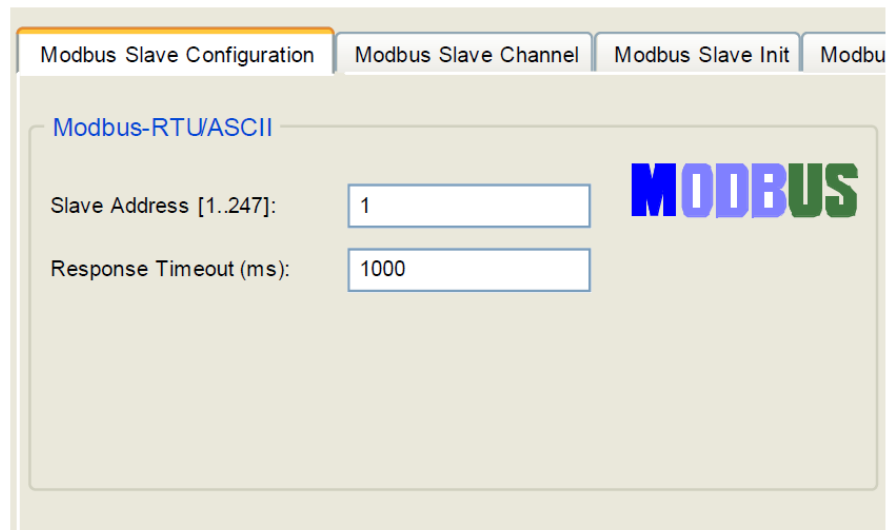


Рисунок 3.6 – Діалогове вікно вводу адреси

Введіть Slave Address (Адреса веденого пристрою).

Визначте Response Timeout (Тайм-аут відповіді) для запобігання занадто довгого очікування відповідей пристроєм.

Щоб настроїти канали Altivar 312 (ведене пристрій Modbus SL), зробіть наступне:

Відкрийте вкладку Modbus Slave Channel (Канал веденого пристрою Modbus) і клацніть на кнопці Add Channel (Додати канал).

Результат: з'явиться діалогове вікно ModbusChannel (Канал Modbus).

У діалоговому вікні ModbusChannel (Канал Modbus) виконайте наступні настройки:

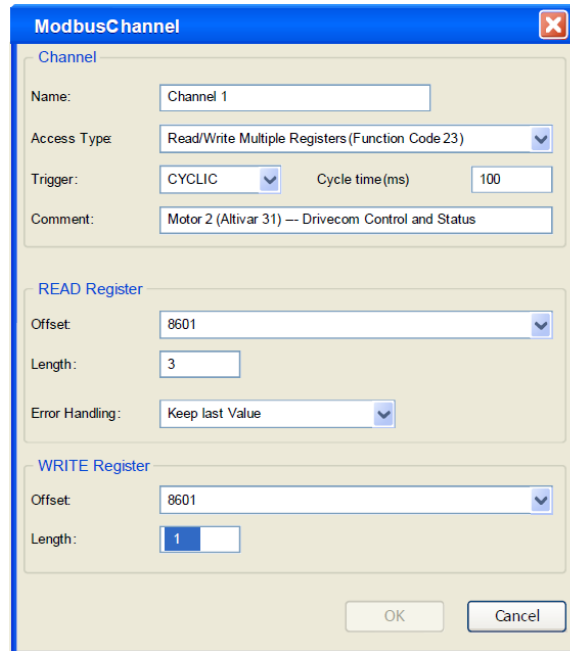


Рисунок 3.7 – Діалогове вікно Канал Modbus

Загальні настройки каналу в розділі Channel (Канал) діалогового вікна:

В поле Name (Ім'я) введіть ім'я настроюваного каналу.

Визначте Access Type (Тип доступу), вибравши відповідний пункт у списку. У нашому прикладі ми хочемо зв'язати з цим каналом запит Modbus на читання / запис. Відповідно, ми вибираємо пункт Read / Write Multiple Registers (Читання / запис декількох регістрів) (Function Code 23 (Функціональний код 23)).

Для періодичних читання і запису на цьому каналі налаштуйте параметр Trigger (Запуск) на CYCLIC (Циклічний) і визначте Cycle Time (Тривалість циклу).

Введіть коментар в поле Comment (Коментар) для кращого визначення каналу, вказавши, наприклад, відомий пристрій Modbus (Altivar 312) і тип адреси.

Визначення регістрів READ (Читання):

Введіть Offset (Зсув) першого регістра, що зчитується на відомому пристрої. У нашому прикладі це регістр 8601 DriveCom Control Word.

Введіть Length (Довжину) таблиці зчитувальних регістрів (в нашому прикладі регістри 8601, 8602 і 8603).

Визначте процедуру, реалізовану в разі помилки зв'язку, шляхом настройки параметра Error Handling (Обробка помилок) на Keep last value (Зберегти останнє значення) (ведучий пристрій буде зберігати останнім отримане від веденого пристрою значення аж до відновлення зв'язку) або на Set to ZERO (Встановити на нуль) (ведучий пристрій буде обнуляти значення аж до відновлення зв'язку).

Визначення регістрів WRITE (Запис):

Введіть Offset першого регістра, що записується на відомому пристрої. У нашому прикладі це регістр 8601

DriveCom Control Word, доступний для читання і запису.

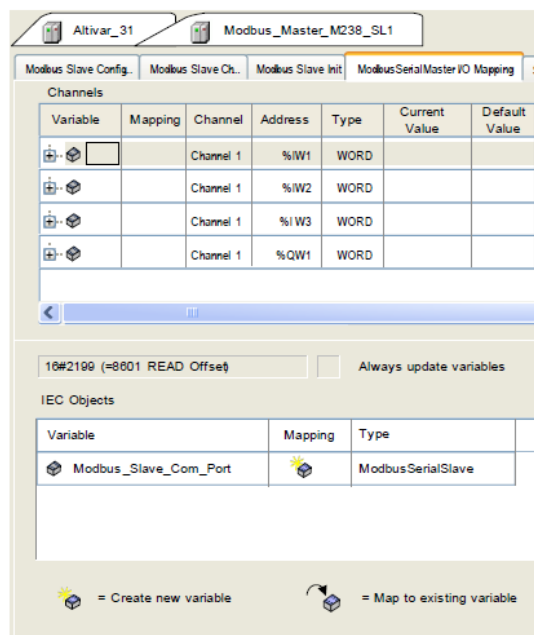
Введіть Length таблиці записуються регістрів (в нашому прикладі тільки регістр 8601).

Клацніть ОК, щоб додати новий канал до списку Modbus Slave Channel (Канал веденого пристрою Modbus).

Результат: діалогове вікно Modbus Slave Channel тепер містить новий канал:

Щоб призначити змінні каналах введення / виводу, зробимо наступне:

Відкрийте вкладку ModbusSerialMaster I / O Mapping (Призначення входів / виходів ведучого пристрою послідовного каналу Modbus) пристрої Altivar 312:



Рисонок 3.8 – Діалогове вікно призначення входів

Примітка: запит на читання / запис спочатку записує нові значення в реєстри веденого пристрою, потім читає зчитувальні реєстри веденого пристрою. У нашому прикладі реєстр 8601 спочатку записується, потім зчитується (це дозволяє перевірити, чи отримали нове значення). З цієї причини не використовуйте одну і ту ж змінну для читання і запису реєстра 8601.

Щоб настроїти пристрій Modbus SL за допомогою шаблону пристрої, виконаємо дії:

Призначимо змінні даними каналів.

Щоб призначити нову змінну, введіть її в поле Variable (Змінна) і клацніть на кнопці Create new variable (Створити нову змінну) в нижній частині діалогового вікна.

Щоб призначити існуючу змінну, виберіть існуючу змінну в списку. Ми можемо призначити змінні командному слову ATV 312 (8601 - читання і запис) і слову стану ATV 312 (8603 - читання) або різним бітам слів.

3.2 Основні завдання та поняття програмування перетворювача ATV312

У промисловій сфері надзвичайно важливим та актуальним є питання забезпечення енергозбереження. Саме для цієї мети виробниками застосовується такий пристрій як перетворювач частоти. Унікальність частотного перетворювача в тому, що частотний перетворювач забезпечує досить плавний запуск і зупинку двигуна, дозволяє змінювати швидкість обертів раніше нерегульованих технологічних процесів, підвищує надійність та довговічність роботи обладнання. Цей здавалося б простий з вигляду винахід, дозволяє оптимізувати процеси в системах водопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування.

Основне завдання частотного перетворювача — це управляти синхронними та асинхронними двигунами, забезпечувати підтримку необхідних обертів електродвигуна, шляхом зміни частоти на виході. За допомогою ЧП можна з легкістю управляти технологічними процесами, що потребують частих пусків, зупинок та змін швидкості електродвигунів. На цифровому дисплеї перетворювача частоти відображаються головні параметри системи: вихідна частота, струм, задана швидкість, вихідна потужність, момент та інші параметри.

Суттєвою перевагою частотного перетворювача є те, що він дозволяє заощадити на непродуктивних витратах енергії, оскільки йому притаманна функція енергозбереження. Своєю чергою, дана функція дає можливість економити від 5 до 60% електроенергії, завдяки підтримки двигуна в режимі потрібного ККД (коефіцієнта корисної дії).

На ринку існує досить велика кількість частотних перетворювачів, відповідно і конкуренція в цьому сегменті є надзвичайно високою. Тепер постає питання, на що звернути увагу під час вибору даного пристрою, не помилитися та не переплатити. По-перше, підбираючи частотний перетворювач, варто визначити тип навантаження на валі двигуна, а також режим роботи електроприводу. Відповідно важливо виокремити та проаналізувати область застосування перетворювачів. Наприклад, існують ЧП для управління вентиляторами, насосами, станціями, ліфтами, підйомниками, кранами, станками і т. п. Отож, потрібно визначитися зі сферою застосування ЧП.

На практиці видно, що застосування ЧП для управління дозволяє не лише економити електроенергію, але й суттєво знижує розхід води за рахунок зменшення числа аварійних випадків (переважно такі аварійні ситуації можуть спричинятися гідравлічним ударом). Окрім того, частотні перетворювачі дозволяють автоматизувати систему постачання комплексно, тим самим повністю виключають вплив “людського фактору” на роботу системи.

Перетворювач Altivar 312 - може контролювати обороти електродвигуна такої ж потужності (можна менше). Щодо недорогий перетворювач частоти з багатою базовою оснащенням - вбудований ЕМС фільтр, поворотний регулятор оборотів, ЖК-дисплей. У нього невеликі габарити (240x180x180 мм) і його можна встановити в компактний ящик, наприклад 300x300x200. Споживання Перетворювача використовується трифазна мережа від 380 до 500 Вольт. Вихідна напруга - таке ж. Висока якість виконання плюс плати покриті лаком дозволяють його використовувати в несприятливих умовах виробництва - він стійкий до окислення і електромагнітних завад. 3 аналогових і 6 дискретних входів дозволяють підключати до перетворювача частоти різні датчики і за допомогою них коригувати його роботу. Аналоговий вихід дозволяє віддалено контролювати роботу перетворювача.



Рисунок 3.9 Зовнішній вигляд перетворювача 5.5 кВт Altivar 312

Altivar 312 - найбільш використовувана серія частотних перетворювачів Schneider Electric. У 2016 році в Україні було встановлено більше 10000 перетворювачів різної потужності цієї серії. Вони надійні і універсальні. Перетворювачі частоти даної серії призначені для управління загальнопромисловими механізмами потужністю від 180Вт до 15 кВт з однофазним і трифазним живленням. Перехідний момент - 150-170% номінального моменту двигуна. Зрозумілий графічний інтерфейс: контроль і настройка з мобільника (через Bluetooth); інтуїтивне меню; локальне управління кнопками на корпусі; Численні прикладні функції; автопідстройка під характеристики двигуна;

Закон Управління - скалярний U / f -регулювання; векторне управління в поточкорозомкнутої системі; енергозберігаючий режим.

Різні комутаційні інтерфейси - Modbus і CANopen вбудовані, але можна через плати розширення додати CANopen Daisy chain, DeviceNet, PROFIBUS DP, Modbus TCP, Fipio.

Можливість установки виносного графічного терміналу. Аксесуари до перетворювачів частоти вибираються за каталогом.

Перетворювачі частоти використовуються для керування асинхронними електродвигунами, плавного їх пуску, зупинки та

контролю оборотів. Так само їх застосування дозволяє істотно економити на споживаній двигуном електроенергії внаслідок зниження оборотів двигуна при неповній його завантаженості.

Термінал для локального управління може встановлюватися на дверцятах захисного кожуха або шафи. Він оснащується кабелем з роз'ємами, який підключається по послідовному інтерфейсу до перетворювача (інструкція, постляема з терміналом). Термінал має той же відображення, що і перетворювач Altivar 312. Ручка навігатора виробу замінена на терміналі клавішами зі стрілками навігації. Крім того є перемикач блокування доступу до меню і три клавіші для управління ПЧ:

FWD / REV: зміна напрямку обертання;

RUN: команда пуску двигуна;

STOP / RESET: команда зупинки двигуна або скидання несправності.

Перше натискання на клавішу управляє зупинкою двигуна і, якщо динамічне гальмування до зупинки налаштоване, то друге натиснення припиняє це гальмування.

Виносної термінал дозволяє зберігати до чотирьох повних конфігурацій перетворювача, а також дає можливість зберігати і переносити їх з одного перетворювача на інший того ж типорозміру. Крім того, з його допомогою можна зберігати 4 різних варіанти настройки для одного і того ж пристрою.

Вибір прикладних функцій може бути обмежений кількістю входів-виходів і несумісністю деяких функцій між собою. Функції, які не ввійшли в таблицю, не мають проблем із сумісністю.

Коли функції не сумісні між собою, перша сконфігурована функція забороняє конфігурація інших.

Для конфігурації будь-якої функції необхідно попередньо переконатися, що несумісні з нею функції неактивні, зокрема, ті, які мають призначення при заводській настройці.

Перед призначенням управління, завдання або функції на один з входів або виходів необхідно переконатися, що від вхід або вихід вже не призначені, і що інший вхід або вихід не призначено на несумісну або небажану функцію. При виявленні несправності блимає її код.

Отже, Altivar 312: частотно-керований асинхронний електропривод вентиляторів, компресорів, насосів, пакувальних та текстильних машин, конвеєрів та вантажопідйомних механізмів (середня функціональність, потужність до 15 кВт)

3.3 Шляхи оптимізації промислової мережі для керування виконавчим механізмом

Обмін інформацією між пристроями, що входять до складу автоматизованої системи (комп'ютерами, контролерами, датчиками, виконавчими пристроями), відбувається в загальному випадку через промислову мережу (Fieldbus, "польову шину").

Промислові мережі відрізняються від офісних наступними властивостями:

спеціальним конструктивним виконанням, що забезпечує захист від пилу, вологи, вібрації, ударів;

широким температурним діапазоном (зазвичай від -40 до +70 град);

підвищену міцність кабелю, ізоляції, роз'ємів, елементів кріплення;

підвищену стійкість до впливу електромагнітних завад;

можливістю резервування для підвищення надійності;

підвищеною надійністю передачі даних;

- можливістю самовідновлення після збою;

- детермінованістю (визначеністю) часу доставки повідомлень;

- можливістю роботи в реальному часі (з малої, постійної і відомою величиною затримки);

- роботою з довгими лініями зв'язку (від сотень метрів до кількох кілометрів).

Промислові мережі зазвичай не виходять за межі одного підприємства. Однак з появою Ethernet і Internet для промислових мереж стали застосовувати ту ж класифікацію, що і для офісних:

- LAN (Local Area Network) - мережі, розташовані на обмеженій території (в цеху, офісі, в межах заводу);

- MAN (Metropolitan Area Networks) - мережі міст;

- WAN (Wide Area Network) - глобальна мережа, що охоплює кілька міст або континентів. Зазвичай для цього використовують Internet-технологію.

В даний час налічується більше 50 типів промислових мереж (Modbus, Profibus, DeviceNet, CANopen, LonWorks, ControlNet, SDS, Seriplex, ArcNet, ВАСnet, FDDI, FIP, FF, ASI, Ethernet, WorldFIP, Foundation Fieldbus, Interbus, BitBus і ін.). Однак широко поширеними є тільки частина з них. В Україні переважна більшість АСУ ТП

використовують мережі Modbus і Profibus. В останні роки зріс інтерес до мереж на основі CANopen і DeviceNet. Поширеність в Україні цієї чи іншої промислової мережі пов'язана, в першу чергу, з перевагами і активністю Російських фірм, що продають імпордне обладнання.

Промислова мережа є основою для побудови розподілених систем збору даних і управління.

Оскільки в промисловій автоматизації мережеві інтерфейси можуть бути невід'ємною частиною з'єднувальних пристроїв, а мережеве програмне забезпечення прикладного рівня моделі OSI виконується на основному процесорі промислового контролера, то відокремити мережеву частину від пристроїв, що об'єднуються в мережу, іноді фізично неможливо. З іншого боку, зміну однієї мережі на іншу часто можна виконати за допомогою заміни електричного кабелю ПО і мережевого адаптера або введенням перетворювача інтерфейсу, тому часто один і той же тип ПЛК може використовуватися в мережах різних типів.

З'єднання промислової мережі з її компонентами (пристроями, вузлами мережі) виконується за допомогою інтерфейсів. Мережевим інтерфейсом називають логічну і (або) фізичну межу між пристроєм і середовищем передачі інформації. Зазвичай цією межею є набір електронних компонентів і пов'язаного з ними програмного забезпечення. При істотних модифікаціях внутрішньої структури пристрою або програмного забезпечення інтерфейс залишається без змін, що є одним з ознак, що дозволяють виділити інтерфейс в складі обладнання.

Найбільш важливими параметрами інтерфейсу є пропускну здатність і максимальна довжина кабелю, що підключається. Промислові інтерфейси зазвичай забезпечують гальванічну розв'язку між пристроями, які сполучаються. Найбільш поширені в промисловій автоматизації послідовні інтерфейси RS-485, RS-232, RS-422, Ethernet, CAN, HART, AS-інтерфейс.

Для обміну інформацією взаємодіючі пристрої повинні мати однаковий протокол обміну. У простій формі протокол - це набір правил, які керують обміном інформацією. Він визначає синтаксис і семантику повідомлень, операції управління, синхронізацію і стану при комунікації. Протокол може бути реалізований апаратно, програмно або програмно-апаратний. Назва мережі зазвичай збігається з назвою протоколу, що пояснюється його визначальною роллю при створення мережі. У Росії використовуються мережеві протоколи, описані в серії стандартів.

Зазвичай мережа використовує кілька протоколів, що утворюють стек протоколів - набір пов'язаних комунікаційних протоколів, які функціонують спільно і використовують деякі або всі сім рівнів моделі OSI. Для більшості мереж стек протоколів реалізований за допомогою спеціалізованих мережеских мікросхем або вбудований в універсальний мікропроцесор.

Взаємодія пристроїв в промислових мережах виконується відповідно до моделей клієнт-сервер або видавець-передплатник (виробник-споживач). У моделі клієнт-сервер взаємодіють два об'єкти. Сервером є об'єкт, який надає сервіс, т. п., а також виконує деякі дії за запитом клієнта. Мережа може містити кілька серверів і кілька клієнтів. Кожен клієнт може посилати запити декільком серверам, а кожен сервер може відповідати на запити декількох клієнтів. Ця модель зручна для передачі даних, які з'являються періодично або в заздалегідь певний час, як, наприклад, значення температури в періодичному технологічному процесі. Однак ця модель незручна для передачі випадково виникаючих подій, наприклад, події, що складається в випадкового спрацьовування датчика рівня, оскільки для отримання цієї події клієнт повинен періодично, з високою частотою, запитувати стан датчика і аналізувати його, перевантажуючи мережу марним трафіком. В моделі взаємодії видавець - передплатник є один видавець і безліч передплатників. Передплатники повідомляють видавцеві список тегів, значення яких вони хочуть отримувати за визначеним розкладом або по мірі появи нових даних. Кожен клієнт може підписатися на свій набір тегів. Відповідно до встановленого розкладу видавець розсилає передплатникам запитану інформацію. В будь-якої моделі взаємодії можна виділити пристрій, який управляє іншим (підлеглим) пристроєм. Пристрій, який проявив ініціативу в обміні, називають провідним, головним або майстром (Master). Пристрій, який відповідає на запити майстра, називають веденим, підлеглим або слейв (Slave). Ведений пристрій ніколи не починає комунікацію першим. Він чекає запиту від ведучого і тільки відповідає на запити. Наприклад, в моделі клієнт-сервер клієнт є майстром, сервер - підлеглим. У моделі видавець-передплатник на етапі підписки майстром є клієнт, а на етапі розсилки публікацій - сервер.

У мережі може бути одне або декілька провідних пристроїв. Такі мережі називається, відповідно, одномайстерними або багатомайстерними. У багатомайстерній мережі виникає проблема вирішення конфліктів між пристроями, що намагаються одночасно отримати доступ до середовища передачі інформації. Конфлікти можуть бути розв'язані шляхом передачі маркера, як, наприклад, в мережі Profibus, методом побітного порівняння

ідентифікатора (використовується в CAN), методом прослуховування мережі (використовується в Ethernet) і методом запобігання колізій (використовується в бездротових мережах).

У всіх мережах застосовується "широкомовлення" без певного адреси, тобто всім учасникам мережі. Такий режим використовується зазвичай для синхронізації процесів в мережі, наприклад, для одночасного запуску процесу введення даних усіма пристроями введення або для синхронізації годин.

Деякі мережі використовують багатоабонентський режим, коли одне й те саме повідомлення надсилається кільком пристроям.

Передача інформації в мережі виконується через канал між передавальним і приймальним пристроєм. Канал є поняттям теорії інформації і включає в себе лінію зв'язку і приймально-передавальні пристрої. У загальному випадку замість терміна "лінія зв'язку" використовують термін "середовище передачі", в якості якої може виступати, наприклад, оптоволокно, ефір або кручена пара проводів.

У розподілених системах на основі промислових мереж може бути п'ять типів даних: сигнали, команди, стану, події, запити.

Сигнали - це результати вимірювань, отримані від датчиків і вимірювальних перетворювачів. Їх "час життя" дуже короткий, тому часто потрібно отримати тільки останні дані і в максимально короткий термін.

Команди - це повідомлення, які викликають деякі дії, наприклад, закриття клапана або включення ПД-регулятора. Більшість систем повинні обробляти потоки команд, які передаються адресату з високою надійністю і їх не можна передати повторно.

Стан показує поточний або майбутній стан системи, в яке вона повинна перейти. Вимога до часу його доставки може бути не такі жорстким, як для команд; Неприйняття стан може бути послано повторно.

Подія настає зазвичай при досягненні поточним параметром граничного значення. Наприклад, подією може бути вихід температури за технологічно допустиму межу. За появою події повинні слідувати відповідні дії, тому для подій особливо важливо вимога гарантованого часу доставки.

Запит - це команда, що посилається для того, щоб отримати відповідь. Прикладом може бути запит серверу, який видає на нього відповідь.

Нижче при описі мереж буде використовуватися поняття фрейму. Під фреймом розуміють набір даних, що передаються по мережі і мають

строго обумовлену структуру (формат). Терміни "кадр", "дейтаграмма" "сегмент", які використовуються в стандартах на різні промислові мережі, нижче будуть використані як синоніми фрейма.

Мережі можуть мати топологію зірки, кільця, шини або змішану. "Зірка" в промислової автоматизації використовується рідко. Кільце використовується в основному для передачі маркера в багатомасерних мережах. Шинна топологія є загальноприйнятою, що є однією з причин застосування терміна "промислова шина" замість "промислова мережа". До загальної шині в різних місцях може бути підключено будь-яку кількість пристроїв.

Основними параметрами промислових мереж є продуктивність і надійність. Продуктивність мережі характеризується часом реакції і пропускнуою спроможністю.

Час реакції мережі визначається як інтервал часу між запитом ведучого пристрою і відповіддю веденого за умови, що ведений пристрій має дуже малу затримку вироблення відповіді на запит.

Пропускна здатність мережі визначає кількість інформації, яку переносить мережею в одиницю часу. Вимірюється в біт / с і залежить від швидкодії мережевих приймачів і середовища передачі.

Важливою характеристикою промислових мереж є надійність доставки даних. Надійність характеризується коефіцієнтом готовності, ймовірністю доставки даних, передбачуваністю часу доставки, безпекою, стійкістю до відмов.

Коефіцієнт готовності дорівнює відношенню часу напрацювання до відмови від суми часу напрацювання до відмови і часу відновлення після відмови.

Ймовірність доставки даних визначається перешкодостійкістю носіїв даних, детерминированностью доступу до каналу. У бездротових мережах ймовірність втрати пакетів при передачі набагато вище, ніж в дротяних. У мережах з випадковим методом доступу до каналу існує ймовірність того, що дані ніколи не будуть доставлені абоненту.

Час доставки даних в офісних мережах Ethernet є випадковою величиною, проте в промислових мережах ця проблема вирішена застосуванням комутаторів.

Безпека - це здатність мережі захистити передані дані від несанкціонованого доступу.

Відмовостійкість - це здатність мережі продовжувати функціонування при відмові деяких елементів. При цьому характеристики

системи можуть погіршуватися, але вона не втрачає працездатності. В останнім часом з'явився термін "якість обслуговування" (QoS - "Quality of Service"). QoS визначає ймовірність того, що мережа буде передавати заданий потік даних між двома вузлами відповідно до потреб додатки.

В останній час проблема захисту критично важливих інфраструктур і об'єктів стала особливо актуальною і розглядається як одне з найважливіших завдань. Їх надійне функціонування безпосередньо залежить від стану комп'ютерних мереж та інформаційних систем. Все більш широке застосування Industrial Ethernet в рішеннях, що відповідають за управління відповідальними процесами, викликає зростаючі побоювання, адже промислові мережі можуть виявитися уразливими в разі кібератак. Те, що це не порожні страхи, стало очевидно після історії з вірусом Stuxnet в 2010 році, створеним спеціально для нанесення шкоди встаткування технологічному через промислові системи управління Siemens Step7 і програмовані контролери Siemens Simatic.

Зклопотаність експертів викликає захист таких об'єктів, як водоочисні споруди, станції подачі води, електромережі. Ситуація ускладнюється внаслідок широкого використання в промислових мережах систем автоматики, що працюють без участі людини, і обмеженого застосування в них механізмів забезпечення безпеки. При цьому промислові мережі, де все більше пристроїв взаємодіють по протоколу Ethernet / IP, стають складнішими, що тільки загострює проблему. Для запобігання вторгнень в мережі Industrial Ethernet потрібні надійні механізми забезпечення безпеки на рівні додатків.

Виробники промислових рішень враховують цю тенденцію. Так Rockwell Automation розробила спеціальну програму, що допомагає проектувальникам промислових систем спочатку вбудувати засоби забезпечення безпеки в свої мережі. У компанії вважають, що більш захищена мережна інфраструктура дозволяє ефективніше розгортати сучасні рішення і технології при реалізації критично важливих завдань автоматизації.

Один з продуктів, націлених на захист промислових мереж, - керований комутатор Stratix 8000 (див. Рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Керований модульний комутатор серії Stratix 8000

У керованих модульних комутаторах серії Stratix 8000 використовують архітектура Cisco Catalyst і засоби настройки / діагностики, запозичені з архітектури Rockwell Automation Integration. У числі функцій - VLAN і QoS, повідомлення про перевищення заданої пропускної здатності, STP / RSTP, Resilient Ethernet Protocol (REP), захист портів по MAC ID, підтримка шифрування, SNMP, DHCP, IEEE 802.1x, CIP SYNC (IEEE 1 588), IGMP Snooping, EtherChannels.

Це спільна розробка Rockwell Automation і Cisco Systems. Крім того, партнери виступили зі спільною ініціативою, в рамках якої пропонуються детальна методологія створення мереж Industrial Ethernet з багаторівневим захистом, безпечна архітектура автоматизації для управління, настройки конфігурації і моніторингу мережі, а також забезпечення безпеки підключаються до мережі пристроїв і захисту додатків.

Rockwell збирається консультувати розробників промислових мереж в області ідентифікації загроз і створення відповідних правил і процесів, допомагаючи їм мінімізувати ризики. При цьому безпека розглядається як одна з мережевих функцій, а не як додатковий засіб. Для створення захищеної архітектури автоматизації пропонуються продукти і послуги, що сприяють зміцненню захисту. Компанія планує розширювати їх спектр, розробляти нові моделі керованих комутаторів, засоби аутентифікації користувачів і контролю доступу.

Rockwell і Cisco, не перший рік співпрацюють в області розробки продуктів і послуг для створення безпечних промислових мереж, мають намір розвивати лінійку керованих комутаторів Stratix 8000 (перші моделі з'явилися кілька років тому) і просувають загальну мережеву архітектуру, що охоплює різні продукти і технології для побудови мереж, протоколів, методів забезпечення безпеки і навчання.

Рішення Industrial Ethernet будуть корисні для підприємств важкої та харчової промисловості, нафтогазової, транспортної та інших галузей економіки, для автоматизації будівель, використання в сферах ЖКГ,

охорони і безпеки. Промислові протоколи адаптуються до особливостей Ethernet і TCP / IP, а продукти, що задовольняють вимогам нових стандартів, набувають на ринку все більшу популярність. Ethernet і TCP / IP поступово витісняють складні «індустріальні» протоколи, поступаються місцем більш відкритим рішенням. Впровадження технологій Ethernet в сфері промислової автоматизації полегшить створення однорідних мереж і зведе до мінімуму застосування додаткових протоколів.

За даними американського урядового агентства Industrial Control Systems Computer Emergency Response Team (ISC-Cert), для захисту промислових мереж зараз як ніколи актуальним і ефективним способом вважається застосування керованих комутаторів з функціями брандмауера і NAT. Характерний приклад такого обладнання - Моха EDR-810, 8-портовий керований промисловий комутатор L2 з функціями FW / NAT / VPN. Правила брандмауера дозволяють контролювати мережевий трафік між різними довіреними зонами, VPN - створювати захищені тунелі при доступі до приватної мережі з Інтернету, а NAT - захищати внутрішню локальну мережу від несанкціонованих зовнішніх впливів. Моха анонсувала також послуги консалтингу та проектування промислових мереж (Professional Industrial Networking Services, PiNS).

Комутатор EDR-810 дозволяє створити периметр безпеки в мережах, де необхідно забезпечити безпечний доступ і / або моніторинг таких систем, як насосне обладнання на станціях водоочищення або PLC / SCADA в промислової автоматизації. Завдання EDR-810 - захист від атак. Для промислових мереж Ethernet, де використовується протокол Modbus TCP, комутатор EDR-810 виконує аналіз пакетів Modbus TCP за допомогою технології PacketGuard.

Комутатори серії Scalance S компанії Siemens забезпечують захист систем автоматизації. За безпечний доступ до останніх з мереж більш високого рівня відповідають міжмережеві екрани, а обмін даними здійснюється через VPN з ідентифікацією відправників і одержувачів повідомлень. Доступ з комп'ютерів контролюється програмним забезпеченням SOFTNET Security Client.

Ізраїльська компанія RAD Data Communications представила в цьому році комутатор Industrial Ethernet з функціями безпеки і розпізнаванням сервісів для відповідальних промислових додатків, транспорту та енергетики. Пристрій реалізований на базі продуктів компанії RADiFlow, що входить в RAD Group (див. Рис. 3.11).

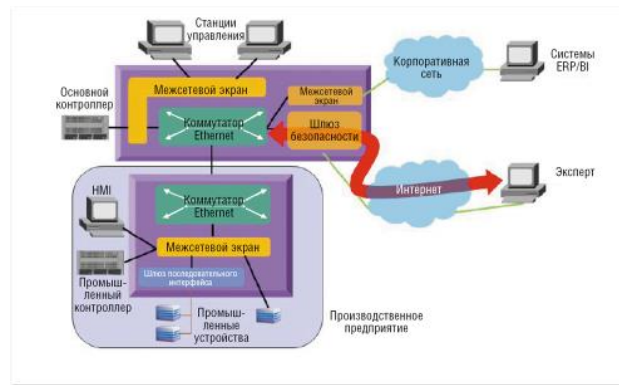


Рисунок 3.11 - Коммутатори RADiFlow компанії RAD

Комутатори RADiFlow компанії RAD, що працюють на рівні сервісів, забезпечують захист підприємства за допомогою розподілених мережевих екранів. При цьому структура мережі залишається простою.

RAD оголосила також про випуск нового комутатора / маршрутизатора Ethernet промислового виконання (IEC 61850-3 і IEEE 1613), сумісного з SecFlow. Як заявляють в RAD, це єдиний на ринку комутатор / маршрутизатор із засобами безпеки і підтримкою SCADA, оснащений 16 портами Fast Ethernet, двома портами Gigabit Ethernet і послідовними інтерфейсами, а також функціями шлюзу і брандмауера в одному пристрої. SecFlow забезпечує гнучке підключення інтелектуальних пристроїв Ethernet (Intelligent Electronic Device, IED) і успадкованих віддалених терміналів з послідовним інтерфейсом (Remote Terminal Unit, RTU). Для повного резервування використовуються волоконно-оптичні кільця, модеми 2 / 3G або зовнішні радіомодулі. SecFlow дозволяє перетворювати старі протоколи SCADA (IEC-101) в нові IP-сумісні еквіваленти (IEC-104), Modbus в IP, що дає можливість підключати до IP-системам SCADA старі і нові RTU, спрощує міграцію на нову мережеву інфраструктуру.

Комутатори Industrial Ethernet від RAD оснащені фаєрволом, контролюючим трафік на кожному з портів на рівні додатків (service-aware і SCADA-aware) і здійснює глибокий аналіз пакетів (DPI). Трафік можна фільтрувати по MAC / IP-адресами на кожному з портів, а передача даних між вузлами мережі, шифруються (IPsec VPN). Для безпечного віддаленого доступу використовується вбудований шлюз. У RAD вважають, що реалізація засобів безпеки на кожному мережевому вузлі захищає всю систему від самих різних загроз.

Нові промислові комутатори Ethernet від RAD, що володіють розвинутою функціональністю Ethernet / IP і комплексними засобами

моніторингу продуктивності, можуть грати роль першої лінії оборони в будь-якій мережевий інфраструктурі, використовуваної для відповідальних додатків. Вони випускаються в трьох форм-факторах під рейку DIN (модульні комутатори з 3 або 7 слотами введення-виведення або компактна 10-портова система), можуть працювати при температурі від -40 до + 750С і відповідають вимогам IEC 61850 EMC і EMI. Як інтерфейсних використовуються модулі Ethernet або RS-232 / RS-485. Для керування пристроями пропонується система iSIM з функціями планування топології мережі, діагностики та виділення ресурсів для сервісів. Вона інтегрується з системою RADview EMS.

Поширення безпеки на рівень портів доступу, підтримка адекватних механізмів безпеки, таких як IEEE 802.1x і контроль за MAC-адресами, використання сервера аутентифікації RADIUS дозволяють домогтися максимального захисту і перевіряти ідентичність клієнта безпосередньо в точці підключення..

Оскільки мережі польових пристроїв переходять в більш великі мережі управління через інтеграцію польовий шини в Ethernet, розгортання і управління мережею стає все складніше, а продуктивність мережі знижується до критичного значення. Для оптимізації продуктивності і управління мережею комутатори і шлюзи Industrial Ethernet повинні ставити на чільне мережу. Це підвищить продуктивність, ефективність конфігурації, спростить управління мережею і забезпечить гнучкість.

Оптимізація продуктивності мереж промислової автоматизації має вирішальне значення для забезпечення максимальної продуктивності і надійності. Висока пропускна здатність, висока швидкість передачі даних, апаратні особливості комутаторів є Вижній складовими продуктивності мережі. Проте, ці чинники є марними, якщо мережа недоступна. Для підтримки високої доступності мережі потрібні не тільки надійні мережеві пристрої, але і швидке відновлення мережі та її компонентів під час технічного обслуговування, в разі обриву з'єднання або збою пристрою.

Надмірність є обов'язковим компонентом для забезпечення надійності промислової автоматизації. Тривалі періоди незапланованого простою системи можуть поставити під загрозу безпеку персоналу на майданчику, серйозно вплинути на продуктивність і навіть пошкодити дороге устаткування. Останні досягнення в технологіях резервування не тільки забезпечують час відновлення в мс, а й дозволяють істотно знизити

витрати на розгортання.

Перезапуск комутаторів і ПЛК, як правило, потрібно в момент технічного обслуговування. Більшості керованих комутаторів потрібно близько трьох хвилин, якщо не більше, щоб запуснитися, тому що мають відносно малу обчислювальну потужність. ПЛК, з іншого боку, працюють на основі простої релейної логіки, і перезапуск зазвичай займає менше однієї хвилини. Пристрої адміністративного рівня (наприклад, SCADA і HMI) не зможуть отримати доступ до контролеру і польовому рівням до тих пір, поки комутатори не завершать POST-діагностику (самотестування при включенні) і процес початкового завантаження. Різниця між часом перезапуску ПЛК і комутаторів не тільки «зведе нанівець» зусилля на технічне обслуговування, але і може привести до блокування портів в деяких старих, чутливих до часу, системах автоматизації. «Просунуті» керовані комутатори здатні запуснитися протягом 10 секунд.

Зазвичай на шлюзи встановлюється 16-бітна архітектура, що обмежує шлюз до восьми одночасних з'єднань і час відгуку. Нещодавно розроблені 32-розрядні шлюзи Industrial Ethernet можуть обробляти до 16 одночасних підключень (SCADA / HMI / PLC) без шкоди для часу відгуку і надійності передачі.

Більшість комутаторів передбачають призначення пріоритету пересилаються пакетів між пристроями адміністративного рівня (SCADA/HMI) і контролерних рівня (ПЛК). Деякі шлюзи Ethernet в даний час також здатні забезпечити пріоритизації даних на польовому рівні, щоб впровадити QoS (якість обслуговування) і забезпечити детермінізм.

Ядро промислової автоматизації складається з SCADA, ПЛК і пристроїв введення / виводу. Комутатори і шлюзи об'єднують польову шіницю і Ethernet шляхом надання мережевої взаємодії між цими основними пристроями на всіх рівнях мережі. Для оптимізації продуктивності великомасштабних мереж промислової автоматизації вкрай важливо, щоб кожен пристрій мережі працювало з урахуванням тимчасових рамок.

3.4 Перспективи використання новітнього обладнання Shneider Electric

Компанія Shneider Electric в рамках співпраці з провідними технічними вищими навчальними закладами України та зарубіжжя активно сприяє формуванню сучасної бази технічних засобів

					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

автоматизації різних областей промисловості для практичної підготовки майбутніх інженерно-технічних працівників.

Мета і завдання навчальної лабораторії: це частина інноваційного тренажерного комплексу, обладнана найпередовішими засобами промислової автоматизації, а саме програмованими логічними контролерами (PLC), частотними перетворювачами, панелями оператора і мережевим комунікаційним обладнанням (рис. 3.12).

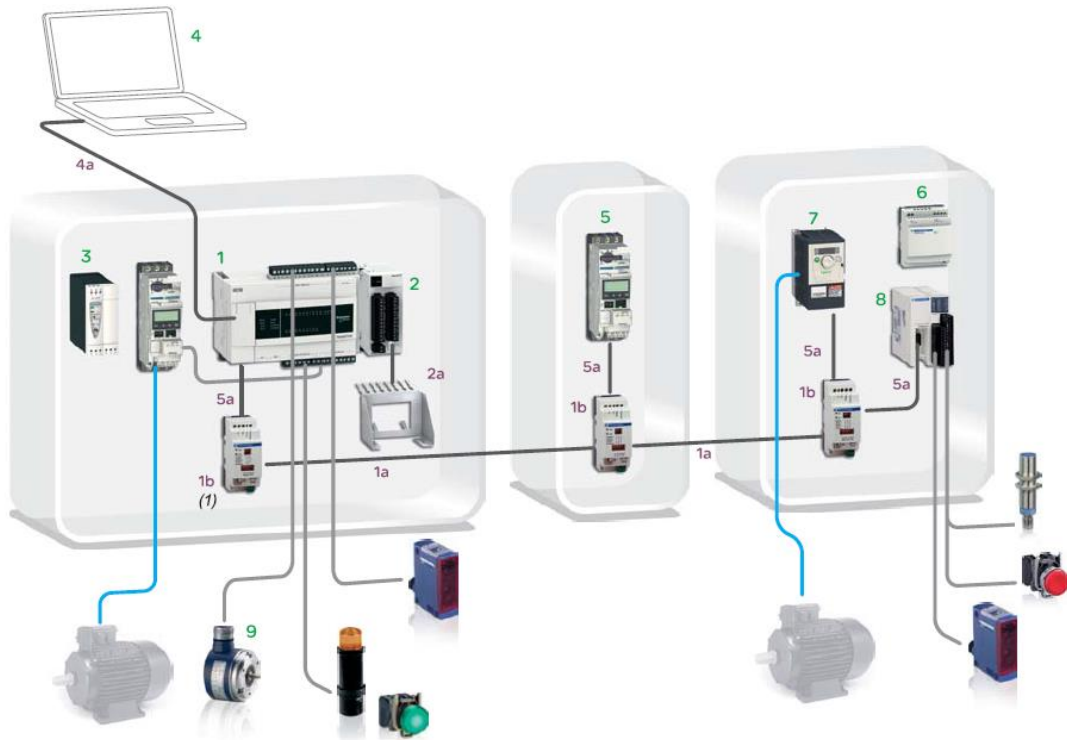
Лабораторія в повному обсязі забезпечує підготовку спеціалістів в частині практичних навичок експлуатації сучасного електрообладнання та засобів автоматизації.

Навчально-лабораторні стенди за складом, функціональними можливостями, навчально-лабораторним завданням можуть бути розділені, до певної міри, автономні частини з умовними назвами:

- Простий моноблочний PLC Shneider Alpha 2 і частотний електропривод (VFD), що включає в себе перетворювач частоти Shneider серії Atv 312 з асинхронним двигуном;

- Компактний модульний PLC Shneider FX3U р мережевими модулями Modbus, модулем обробки температурного датчика, комбінованим аналоговим модулем введення / виводу і графічної панеллю оператора GOT 1000.

Для побудови ієрархічної структури обидві частини стенду зв'язуються між собою за допомогою мережі Modbus. Крім того, передбачено безпосередній зв'язок FX3U і перетворювача частоти по мережі



Modbus.

Рисунок 3.12. - Вид лабораторного стану на базі контролерів Modicon M238 з використанням порту Modbus RS 485 для керування виконавчим механізмом з перетворювачем ATV-312

Загальне призначення пристроїв лабораторного стану:

По з	Пристрій	№ по каталогу	Опис
1	Контролер	TM238 LDD24DT, TM238 LDA24DR	Контролер с 24 входами-виходами (в тому числі 2 входа, існують в якості швидкодіючих) и порт SL1 (протокол Modbus
2	Модуль с 8 аналоговими входами	TM2 ARI 8LT	Модуль с восьмью входами 2 или 3-проводного датчика температуры, підсоединених к двум клемным блокам с винтовими зажимами
3	Блок живлення Phaseo, 24 В пост. тока	ABL 8REM24ppp	Блок живлення Optimum, ppp: 030 для I = 3 А, 050 для I = 5 А
4	ПО для програмування	MSD CHNSFUV20	ПО SoMachine, лицензия на 1 станцію
5	Інтелектуальний пускач TeSysU	LUB 320	Силовий блок на 32 А с багатофункціональним блоком управління LUCM 32BL и інтерфейсним модулем Modbus LUL C032
6	Блок живлення Phaseo, 24 В пост. тока	ABL 7RM24025	Модульний блок живлення 2,5 А 98
7	Перетворювач	ATV 312	Перетворювач частоти для асинхронного двигателя

	частот Altivar 312		(зі встроєною піддержкою Modbus и CANopen)
8	Система розподіленого вводу-вивода Advantys OTB	OTB 1S0 DM9LP	Інтерфейсний модуль шини Modbus, входи 12 x 24 В пост. тока, виходи 2 x 24 В пост. тока и 6 релейних виходів
9	Інкrementальний енкодер Osicoder	XCC 14pK/15pY/19pK N XCC PM23121L	Поворотний діам. 40/58/90 мм с двотактними виходами и модулем розширення
1a	Магістральний кабель Modbus	TSX SCA 100/200/500	Кабелі RS485: дві екрановані виті пари (100/200/500 м) –
1b	З'єднувальна коробка Modbus	TWD XCA ISO	Клемний блок с винтовими зажимами для магістрального кабеля, 2 розема RJ45 для ответвления, розв'язка лінії оконечна нагрузка. живлення 24 В пост. тока
2a	Пластина заземлення	TM2 XMTGB	З'єднання екрана кабеля и функціонального заземлення (FE) модуля 2 38
4a	Кабель «порт зв'язку/ USB ПК»	TCS XCN AMUM3P	Кабель для з'єднання USB порта базового блока Modicon M238 с USB портом ПК (довжина 3 м)
5a	Відповідальні кабелі Modbus	VW3 A8 306 R03/10/30	Кабель с 2 роземами RJ45 (0,3/1/3 м) 12

До складу частини навчально-лабораторного стенду входить:

- Програмований логічний контролер Modicon M238, що містить вісім дискретно-аналогових входів і шість дискретних виходів контактного типу;

- Блок живлення Shneider Alpha Power240,75;

- Перетворювач частоти Shneider FRE720S030SCEC;

- Асинхронний двигун АИРМ 63І4У2;

- Панель ручного введення вхідних і вихідних сигналів контролера.

Компактні контролери Modicon M238 є універсальними («all-in-one») малогабаритні пристрої (розміри, не включаючи модулі розширення, складають 157 x 118 x 86 мм).

Доступні чотири моделі, що відрізняються типами вбудованих інтерфейсів зв'язку і напруженнями живлення.

Характеристики моделей TM238 LDD24DT і TM238 LFDC24DT з живленням 24 В пост. струму:

- входи 14 x 24 В пост. струму, в тому числі 8 швидкодіючих входів, призначених для реалізації спеціальних функцій, наприклад, функції швидкодіючого лічильника (HSC);

- напівпровідникові виходи 10 x 24 В пост. струму, в тому числі 4 швидкодіючих виходу, призначених для реалізації спеціальних функцій, наприклад, ШІМ і РТО (вихід для групи імпульсів);

					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

- послідовний інтерфейс RS 232 / RS 485 (мережа SoMachine, Modbus, протоколи ASCII).

Крім того, модель TM238 LFDC24DT має також:

- інтерфейс ведучого пристрою шини CANopen;
- додатковий послідовний інтерфейс RS 485 (мережа SoMachine, Modbus, протоколи ASCII).

Характеристики моделей TM238 LDA24DR і TM238 LFAC24DR з живленням 100-240 В змінного струму:

- входи 14 x 24 В постійного струму, в тому числі 8 швидкодіючих входів, призначених для реалізації спеціальних функцій, наприклад, функції швидкодіючого лічильника (HSC);

- напівпровідникові виходи 4 x 24 В, призначені для реалізації функцій швидкодіючого лічильника (HSC) з миттєвою обробкою, і 6 релейних виходів;

- послідовний інтерфейс RS 232 / RS 485 (мережа SoMachine, Modbus, протоколи ASCII).

Крім того, модель TM238 LFAC24DR має також:

- інтерфейс ведучого пристрою шини CANopen;
- додатковий послідовний інтерфейс RS 485 (мережа SoMachine, Modbus, протоколи ASCII).

- Кількість входів і виходів у всіх чотирьох моделях може бути збільшено шляхом додавання з правого боку базового контролера до 7 модулів розширення (1) відповідного типу:

- в дискретні модулі TM2 DDI / DDO / DMM / DRA;

- аналогові модулі TM2 AMI / ALM / ARI / AMO / AVO / AMM;

- до 3 швидкодіючих лічильників TM200 HSC206DT / DF;

- до 2 провідних моделей AS-Interface TWD NOI 10M3.

Модеми або комунікаційні шлюзи можуть бути підключені до послідовних інтерфейсів з метою розширення можливостей мережевої взаємодії на основі протоколів Ethernet Modbus / TCP, Profbus DP, DeviceNet і ін.

Примітка. Послідовний інтерфейс кожного контролера забезпечує видачу напруги 5 В пост. струму, використовуваного насамперед для живлення дисплея Magelis або компактного терміналу XBT Np00 / R400 / RT500, а також шлюзу Ethernet 499 TWD 01100.

Рішення на базі компактних контролерів забезпечують значну гнучкість щодо дротову мережу. При використанні модулів розширення дискретного введення – виведення доступно кілька варіантів під'єднання,

					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

в тому числі за допомогою знімних клемних блоків з гвинтовими зажимами, пружинних клем і роз'ємів HE 10, які забезпечують просте, швидке і безпечне дротове з'єднання. Використання системи Advantys Telefast ABE 7 дозволяє дуже просто з'єднувати модулі розширення за допомогою роз'ємів HE 10.

(1) При додаванні 7 модулів розширення забезпечується конфігурація з максимум 136/192/248 входами-виходами (залежить від типу використовуваних модулів розширення: з гвинтовими зажимами, пружинними затискачами або роз'ємами HE 10).

Створення та налагодження додатків для контролера Modicon M238

Продукція, що поставляється компанією Schneider Electric середовище програмування SoMachine використовується для програмування контролерів з допомогою:

- мов програмування, відповідних MEK 61131-3: мова списку інструкцій (IL), мова сходових діаграм (LD), мова функціональних блок-схем (FBD), мова послідовних функціональних блоків (SFC) і мову структурованого тексту (ST);

- мови безперервних функціональних блоків (CFC), Modicon M238, рішення для пакувальних машин і конвеєрів

Завдяки широкій підтримці мов програмування, наявності спеціалізованих функціональних блоків і вбудованих функцій (швидкодіючий лічильник (HSC), виходи для групи імпульсів (PTO) і широтно-імпульсна модуляція (ШИМ)) контролери Modicon M238 ідеально підходять для використання спільно з приводами з регульованою частотою обертання Altivar, сервоприводами Lexium і терміналами оператора Magelis в пакувальних машинах:

- вертикальні фасувальні машини;
- вертикальні пакувальні машини;
- роторна або лінійна машина для етикеток;
- конвеєри;
- інше обладнання.

Наведемо перелік обладнання Schneider Electric, яке можливо використовувати для створення лабораторного стенду:

1. Програмовані логічні контролери серії Twido. Призначені для комплексної автоматизації технологічних процесів

Основні можливості:

12 дискретних входів 24 В;

6 релейних виходів + 2 дискретні транзисторні виходи р-п-р;

можливість підключення модулів розширення входів/виходів; спеціальні функціональні модулі; промислові комунікаційні інтерфейси;

програмування і конфігурування за допомогою комп'ютера;

3 мови програмування (LD, IL, Grafset);

Області застосування:

контроль і керування локальними технологічними установками; автоматизація технологічних процесів у промисловості, на транспорті тощо

Програмований логічний контролер серії M238 - Призначений для комплексної автоматизації технологічних процесів

Основні можливості:

до 248 входів/виходів; 0,3 мкс/інструкцію;

8 входів для швидких лічильників; 4 виходи ШІМ;

модулі високошвидкісних лічильників; керування від 1 до 4 осей;

середовище програмування SoMachine

Області застосування:

керування машинами; автоматизація подачі і транспортування;

керування пакувальним обладнанням

Програмовані логічні контролери серії Zelio Logic

Призначені для автоматизації простих технологічних процесів

Основні можливості:

монохромний сенсорний екран 3''8; 6 функціональних клавіш;

послідовний інтерфейс зв'язку RS232/RS485; програмне

забезпечення ZelioSoft

Графічні термінали серії Magelis XBT GT

Призначені для реалізації людино-машинного інтерфейсу в системах автоматизації

Основні можливості:

монохромний сенсорний екран 3''8; 6 функціональних клавіш;

послідовний інтерфейс зв'язку RS232/RS485; програмне

забезпечення VijeoDesigner

Області застосування:

візуалізація технологічних процесів; контроль стану обладнання

Графічні термінали серії Magelis XBT GC

Призначені для керування та реалізації людино-машинного інтерфейсу в системах автоматизації (ЛМІ-контролери)

Основні можливості:

повнокольоровий сенсорний екран; функції керування; швидкі

лічильники 100 кГц

програмне забезпечення VijeoDesigner

Області застосування:

візуалізація технологічних процесів; контроль стану обладнання;
керування простими процесами та установками

Датчики Osisense для систем автоматизації технологічних процесів

Призначення:

вимірювання тиску та положення; розпізнавання кольорів;
індикація присутності і руху; розпізнавання металів

Принцип дії:

електромеханічні;

фотоелектричні; ємнісні; індуктивні; лазерні;

ультразвукові; п'єзоелектричні

Області застосування:

збиральне, пакувальне та поліграфічне обладнання; харчова, хімічна
та фармацевтична промисловість

Віддалені входи/виходи Advantys

Призначені для підключення датчиків та виконавчих пристроїв до
логічних контролерів

Основні можливості:

до 32 модулів в одній системі; сумісність із ПЛК Twido;
комунікаційний протокол CANopen

Області застосування:

збиральне, пакувальне та поліграфічне обладнання;; виробництво
напівпровідників

Перетворювачі частоти серії Altivar 312

Призначені для керування асинхронними двигунами потужністю до
15 кВт

Основні можливості:

частота вихідної напруги 0...1000 Гц; діапазон регулювання
швидкості 50;

закони частотного керування: $U/f=\text{const}$, $U/f^2=\text{const}$, бездатчиковий
векторний, енергоощадний);

ПІ-регулятор технологічного параметра; керування
електромагнітним гальмом; кількість настроюваних параметрів 170;

7-сегментний вмонтований термінал програмування;

вмонтовані комунікаційні протоколи: Modbus, CANopen

Області застосування:

					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

підйомно-транспортне устаткування; насоси, компресори, вентилятори;

мішалки, змішувачі, мийні машини, центрифуги; текстильне обладнання

Сервопривод Lexium 05

Призначені для керування синхронними серводвигунами з постійними магнітами потужністю до 6 кВт

Основні можливості:

робочі режими: позиціонування, керування швидкість або моментом, електронний редуктор, ручний, повернення до нульової точки; автоматичне розпізнавання двигуна та автонастроювання регуляторів; керування електромагнітним гальмом;

вмонтовані комунікаційні протоколи: Modbus, CANopen

Області застосування:

завантажувально-розвантажувальні операції; перемотувальні механізми; конвеєрні системи;

виробництво плівок, волокна; пакувальне устаткування;

тонколистові стани безперервної прокатки металу

Пристрій плавного пуску серії Altistart 01

Призначений для керування одно- та трифазними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором потужністю до 15 кВт

Основні можливості:

плавний пуск та гальмування; обмеження пускових струмів; сигналізація несправностей;

інтеграція з інтелектуальним пускачем TeSysU

Області застосування:

насоси, вентилятори, компресори; конвеєри та транспортери; автоматичні двері та ворота; пакувальне устаткування

Інтелектуальні пускачі серії TeSysU

Призначені для комутації та захисту однофазних та трифазних асинхронних двигунів з номінальним струмом до 32 А

Основні можливості:

нереверсивна та реверсивна модифікації; захист двигуна за струмом, від замикання на землю, асиметрії фаз,

затяжного пуску, перевищення моменту, від перевантаження; контроль поточних параметрів двигуна; сигналізація несправностей вмонтований термінал програмування;

велика кількість змінних функціональних блоків та модулів;

вмонтований комунікаційний протокол Modbus

Області застосування:

насоси; конвеєри;

дробарки, центрифуги; пакувальне устаткування

Багатофункціональні реле захисту й керування серії TeSysT

Призначені для комутації та захисту трифазних асинхронних двигунів з номінальним струмом до 810 А

Основні можливості:

захист двигуна за струмом, від замикання на землю, тепловий та температурний, від зтяжного пуску, перевищення моменту, від перевантаження, асиметрії фаз;

контроль ізоляції, напруги мережі, споживаної потужності та cos, споживання електроенергії;

автоматичний повторний пуск; перепризначення входів/виходів; вибір режимів керування; сигналізація стану двигуна

Області застосування:

Галузі з жорсткими вимогами до надійності та безпеки виробничих процесів:

металургія, очистка стічних вод, водопідготовка, насосні станції,

видобуток корисних копалин, нафтовидобувна і нафтохімічна промисловість, хімічна промисловість,

керування інженерним устаткуванням житлових та цивільних споруд,

харчова промисловість, енергетика, аеропорти та тунелі

Апаратура для керування та захисту електродвигунів

пускарі, контактори,

автоматичні вимикачі; реле часу, захисту та контролю,

проміжні реле; кнопки, джойстики та перемикачі

Діючі макети технологічного устаткування:

насосна станція з частотно-керованим електроприводом та системою автоматичної стабілізації тиску;

вентиляторна установка з частотно-керованим електроприводом та системою автоматичної стабілізації температури;

компресорна установка частотно-керованим електроприводом та системою автоматичної стабілізації тиску;

ліфтова установка електромагнітним гальмом та частотно-керованим електроприводом;

триланкові пневматичні роботи-маніпулятори МП 9С;

					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

стенд для сортування виробів за кольором з датчиком ХУК-С1PSMM12

Обладнання для комунікаційних мереж Modbus та CANopen

Персональні комп'ютери:

сервер DualCore;

11 робочих станцій (Intel i3); лазерний принтер; мережне обладнання

Допоміжне устаткування:

цифровий осцилограф; блок вимірювальних

датчиків струму та напруги;

трифазний автотрансформатор; електродвигуни;

плати енкодерів, плати розширення входів/виходів, гальмівні резистори для перетворювачів частоти;

мультимедійний проектор

Склад навчально-лабораторних стендів визначає базові напрямки лабораторних і практичних занять, які можна проводити з використанням перерахованого обладнання:

- Автоматизація типових технологічних завдань;
- Управління частотним електроприводом;
- Організація промислових мереж обміну даними;
- Взаємодія керуючої системи і оператора через людино-машинний інтерфейс (HMI);
- Організація інтегрованої системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA).

Програмне забезпечення навчально-лабораторних стендів

На окрему увагу заслуговує сучасне програмне забезпечення, яким укомплектовані навчально-лабораторні стенди. Це потужний програмний комплекс SoMachine, який утворює єдине середовище для розробки рішень в області автоматизації, що охоплює контролери, управління рухом і графічні панелі управління.

Пакет SoMachine представляє собою центральну частину. Він дозволяє легко проектувати закінчені системи верхнього рівня і органічно інтегрувати в них інші програми SoMachines. Пакет має такі функції, як проектування конфігурації системи, пакетна настройка параметрів, системні мітки і пакетне читання. Кілька проектів, що включають програмовані контролери різних рівнів, контролери позиціонування і панелі оператора, можуть централізовано управлятися з робочою області SoMachine, що дозволяє згрупувати проекти в керовані модулі: фабрика -

лінія - виробнича осередок; судно - технологічний процес - механізм; дизелі - генератори - ГРЩ - споживачі і т.п. Такі функції, як редагування програми, настройка параметрів і пакетне читання виконуються інтуїтивно і легко за допомогою графічного інтерфейсу. Крім того, мінімізується можливість внесення помилок в настройки як обладнання, так і програм, так як вся система проглядається в режимі реального часу.

SoMachine є середовищем для програмування і обслуговування власне PLC, розроблену на основі добре зарекомендували себе пакетів для програмування і документування SoMachine, останній з яких є однією із складових частин SoMachine.

Сучасне середовище розроблена відповідно до міжнародного стандарту IEC 611313 для мов програмування PLC. Найбільш суттєві особливості середовища SoMachine це:

- Спадна архітектура;
- Структуроване програмування;
- Загальний огляд проекту програмованого контролера і ресурсів;
- Можливість розробки великих і складних проектів;
- Єдине середовище програмування для модульних і компактних контролерів;
- Головна міжнародна технологія відповідно до стандарту IEC 611313;
- Одночасна підтримка різних мов програмування, що дозволяє паралельну розробку різних програмних модулів з використанням мови релейних схем (LD), функціональних блок-діаграм (FBD), структурованого тексту (ST), списку інструкцій (IL) і послідовних функціональних схем (SFC);
- Потужне автономний моделювання;
- Використання бібліотек функцій;
- Налаштування і зміна програм online. SoMachine є комплексним програмним забезпеченням для програмування і технічного обслуговування панелей оператора, а також створення екранів.

Розроблений компанією Schneider Electric логічний контролер Modicon M238 має широким діапазоном функцій. Цей контролер підходить для безлічі різноманітних видів застосування.

Логічний контролер Modicon M238 підтримується і програмується програмним забезпеченням для програмування SoMachine, яке надає такі мови програмування відповідно до стандарту MEK 61131-3:

- Instruction List (IL), мова списку інструкцій;

- Structured Text (ST), мова структурованого тексту;
- Функціональний блок Diagram (FBD), мова функціональних блокових схем;
- Sequential Function Chart (SFC), мова послідовних функціональних блоків;
- Ladder Diagram (LD), мова багатоступеневих схем;
- Continuous Function Chart (CFC), мова безперервних функціональних блоків.

Логічний контролер Modicon M238 може управляти максимум сьома завданнями (одна головна задача (MAST) і до шести інших завдань).

Живлення контролера Modicon M238 може бути наступним:

- 24 В постійного струму;
- 100 ... 240 В змінного струму.

Контролер Modicon M238 з живленням постійним струмом має наступні характеристики:

- 14 дискретних входів, в т.ч. 8 швидкодіючих;
- 10 дискретних виходів, в т.ч. 4 швидкодіючих.

Контролер Modicon M238 з живленням змінним струмом має наступні характеристики:

- 14 дискретних входів, в т.ч. 8 швидкодіючих;
- 10 дискретних виходів, в т.ч. 6 релейних.

Розробка та налагодження прикладних програм для моноблочних Shneider PLC серії Alpha здійснюється в програмному пакеті ALPCS / WINEU. Цей пакет просто незамінний на початковій стадії знайомства з PLC. Пакет дозволяє швидко освоїти прийоми прикладного програмування на мові функціональних блок-діаграм (FBD).

Для настройки, конфігурації і налагодження частотного електроприводу призначений пакет FR Configurator, що дозволяє змінювати налаштування електроприводу, управляти електроприводом в різних режимах безпосередньо через комп'ютер, відслідковувати зміну основних параметрів електроприводу і отримувати тимчасові характеристики досліджуваних величин в режимі реального часу. Характерні переваги програмного пакета такі:

- FR Configurator дозволяє управляти роботою до 32 перетворювачів одночасно завдяки мережевим можливостям перетворювача частоти;
- Полегшена конфігурація різних параметрів за допомогою функцій повного і групового огляду;

- Зручні і зрозумілі функції відображення, що забезпечують виведення цифрових і аналогових даних, повідомлень про збої і осцилограм;

- Розвинена система діагностики дозволяє виробити і закріпити навички швидкого і ефективного визначення та усунення несправностей;

- Режим тестування дозволяє імітувати роботу перетворювача частоти;

- Функція автоматичної настройки дозволяє найбільш точно управляти різними двигунами;

- Параметри налаштувань можуть бути збережені в спеціальному файлі, виведені на друк і переміщені в якості налаштувань на інші електроприводи.

Наявність в навчально-лабораторних стендах досить розгалуженою апаратної частини з потужним програмним забезпеченням, з усією очевидністю дозволяє сфокусувати цілі навчальних дисциплін як на вивченні апаратної частини, конфігурації системи, спільну роботу блоків, датчиків, виконавчих пристроїв, так і на прийомах програмування PLC. Навчання на обладнанні Shneider Electric сприяє формуванню навичок роботи в найсучасніших програмних оболонках, дозволяє отримувати кінцевий продукт у вигляді випробуваних і налагоджених під певну апаратну конфігурацію прикладних програм, що управляють, виконаних в повній відповідності з міжнародним стандартом IEC 611313.

Навчальні завдання, які реалізуються на стендах, можуть бути розділені за наступними напрямками:

- Освоєння програмного забезпечення - освоєння апаратної частини;
- Прості завдання програмування на базі PLC - просунуте програмування із застосуванням модульних PLC серії FX3U;
- Конфігурація частотного перетворювача
- Управління частотним перетворювачем по мережі Modbus;
- Знайомство з ієрархічними керуючими структурами - використання панелей оператора і так далі.

Є в розпорядженні лабораторії програмне забезпечення, взагалі, може виділятися в окрему сферу навчальних і практичних завдань, які доповнюють вже наявні в навчальному плані дисципліни.

Крім цього, обладнання та програмне забезпечення навчально-лабораторних стендів дозволяє розширити прикладні технічні завдання, які вирішуються в процесі курсового і дипломного проектування.

Наявність лабораторії такого рівня, дозволяє проводити не тільки

					КНУ.РМ.123.24.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

навчання студентів відповідно до навчальних планів спеціальностей, а й дає можливість повноцінного відродження науково-дослідницької роботи студентів. Поряд з цим, сучасне обладнання лабораторії, безсумнівно, стає катализатором процесу кваліфікаційного зростання викладацького складу профільюючих кафедр.

Нижче наведені деякі варіанти базових змістових модулів (БСМ) з використанням обладнання і програмного забезпечення навчально-лабораторних стендів з дисципліни «Програмовані логічні контролери»:

БСМ 1. Базові відомості. Вивчення архітектури та принципів роботи PLC, систем числення і логічних функцій. Огляд лінійок Alpha, FX і System Q. Опис можливостей лінійки FX. Студенти отримують практичні навички програмування найпростіших функцій вводу-виводу, роботи з дискретної логікою і внутрішніми пристроями, а також способи роботи з зовнішніми модулями. При програмуванні учні знайомляться із середовищем розробки ALPCS / WINEU і отримують навички програмування на мові FBD.

БСМ 2. Студенти знайомляться з можливостями SoMachine, дізнаються призначення локальних і глобальних змінних, регістрів PLC, практично освоюють роботу зі стандартними функціональними блоками і отримують навички програмування на мові релейних схем (LD). Розглядаються інструменти моніторингу та діагностики, загальні принципи роботи з зовнішніми модулями вводу-виводу, робота з аналоговими сигналами, датчиком температури, розширені функції, математичні операції.

БСМ 3. Комунікаційні можливості PLC. Студенти знайомляться зі способами підключення до PLC різних пристроїв Shneider: спеціального адаптеру RS485 і Modbus, комунікаційного модуля мережі, модуля зв'язку з об'єктом, панелі оператора GOT 1000, перетворювача частоти Atv 312. Розглядаються практичні приклади зв'язку двох контролерів і побудови ієрархічної структури з застосуванням контролерів. Огляд можливостей зв'язку з CClink і Ethernet. управління частотно-регульованим приводом по мережі.

БСМ 4. Вивчаються основні принципи програмування панелей оператора, достатні для самостійного створення простих проектів для керуючих систем з НМІ. Студенти отримують знання про способи візуалізації даних, про створення простих елементів управління обладнанням і про різні варіанти інтеграції панелей оператора в промислові мережі.

БСМ 5. Практичні аспекти роботи з перетворювачами частоти Shneider Electric.

Студенти знайомляться з загальними принципами роботи перетворювачів частоти, проводиться огляд і порівняння лінійок перетворювачів частоти Shneider Electric, а також їх комунікаційних можливостей з використанням промислових польових шин MODBUS.

Висновки за розділом

Практично жодна мікропроцесорна система (МПС) не може обійтися без таких елементів, як виконавчі пристрої. Головне призначення будь-якої системи – це управління яким-небудь зовнішнім механізмом. Це можуть бути електродвигуни, нагрівачі, електромагнітні клапани і т.п. Тому, окрім датчиків, кнопок управління і елементів індикації до мікроконтролера (МК) обов'язково доведеться підключати і виконавчі пристрої. Безпека - це здатність мережі захистити передані дані від несанкціонованого доступу.

Відмовостійкість - це здатність мережі продовжувати функціонування при відмові деяких елементів. При цьому характеристики системи можуть погіршуватися, але вона не втрачає працездатності. В останнім часом з'явився термін "якість обслуговування" (QoS - "Quality of Service"). QoS визначає ймовірність того, що мережа буде передавати заданий потік даних між двома вузлами відповідно до потреб додатки.

В останній час проблема захисту критично важливих інфраструктур і об'єктів стала особливо актуальною і розглядається як одне з найважливіших завдань. Їх надійне функціонування безпосередньо залежить від стану комп'ютерних мереж та інформаційних систем.

У промисловій сфері надзвичайно важливим та актуальним є питання забезпечення енергозбереження. Саме для цієї мети виробниками застосовується такий пристрій як перетворювач частоти. Унікальність частотного перетворювача в тому, що частотний перетворювач забезпечує досить плавний запуск і зупинку двигуна, дозволяє змінювати швидкість обертів раніше нерегульованих технологічних процесів, підвищує надійність та довговічність роботи обладнання. Цей здавалося б простий з вигляду винахід, дозволяє оптимізувати процеси в системах водопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування.

Altivar 312 - найбільш використовувана серія частотних перетворювачів Schneider Electric.

Отже, Altivar 312: частотно-керований асинхронний електропривод

					КНУ.РМ.123.18.03.ППОК	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

вентиляторів, компресорів, насосів, пакувальних та текстильних машин, конвеєрів та вантажопідйомних механізмів (середня функціональність, потужність до 15 кВт)

Компанія Shneider Electric в рамках співпраці з провідними технічними вищими навчальними закладами України та зарубіжжя активно сприяє формуванню сучасної бази технічних засобів автоматизації різних областей промисловості для практичної підготовки майбутніх інженерно-технічних працівників.

Мета і завдання навчальної лабораторії: це частина інноваційного тренажерного комплексу, обладнана найпередовішими засобами промислової автоматизації, а саме програмованими логічними контролерами (PLC), частотними перетворювачами, панелями оператора і мережевим комунікаційним обладнанням (рис. 3.5).

Лабораторія в повному обсязі забезпечує підготовку спеціалістів в частині практичних навичок експлуатації сучасного електрообладнання та засобів автоматизації.

Наявність в навчально-лабораторних стендах досить розгалуженою апаратної частини з потужним програмним забезпеченням, з усією очевидністю дозволяє сфокусувати цілі навчальних дисциплін як на вивченні апаратної частини, конфігурації системи, спільну роботу блоків, датчиків, виконавчих пристроїв, так і на прийомах програмування PLC. Навчання на обладнанні Shneider Electric сприяє формуванню навичок роботи в найсучасніших програмних оболонках, дозволяє отримувати кінцевий продукт у вигляді випробуваних і налагоджених під певну апаратну конфігурацію прикладних програм, що управляють, виконаних в повній відповідності з міжнародним стандартом ІЕС 611313.

ВИСНОВОК

Таким чином, інтегрована автоматизована система управління (ІАСУ) може розглядатися як ієрархічно організований комплекс організаційних методів, технічних, програмних, алгоритмічних і інформаційних засобів, які мають модульну структуру і забезпечують наскрізне узгоджене управління матеріальними та інформаційними потоками об'єкта управління.

Центральним поняттям в інтегрованих АСУ є поняття «інтеграція». Інтеграцію можна визначити як спосіб організації окремих компонентів в одну систему, що забезпечує узгоджену і цілеспрямовану їх взаємодію, зумовлюючи велику ефективність функціонування усієї системи.

Інтеграцію в АСУ можна розглядати в кількох аспектах: функціональному, організаційному, інформаційному, програмному, технічному, економічному.

Протокол Modbus і мережа Modbus є найпоширенішими у світі. Незважаючи на свій вік (стандартом де-факто Modbus став ще в 1979 році), Modbus не тільки не застарів, але, навпаки, суттєво зросла кількість нових розробок і обсяг організаційної підтримки цього протоколу. Мільйони Modbus-пристроїв по всьому світу продовжують успішно працювати.

Однією з переваг Modbus є відсутність необхідності в спеціальних інтерфейсних контролерах (Profibus і CAN вимагають для своєї реалізації замовні мікросхеми), простота програмної реалізації і елегантність принципів функціонування. Все це знижує витрати на освоєння стандарту як системними інтеграторами, так і розробниками контролерну обладнання. Високий ступінь відкритості протоколу забезпечується також повністю безкоштовними текстами стандартів, які можна завантажити з сайту modbus.org.

Популярність протоколу в даний час пояснюється, перш за все, сумісністю з великою кількістю устаткування, яке має протокол Modbus. Крім того, Modbus має високу достовірність передачі даних, пов'язану із застосуванням надійного методу контролю помилок. Modbus дозволяє уніфікувати команди обміну завдяки стандартизації номерів (адрес) регістрів і функцій їх читання-запису.

					КНУ.РМ.123.24.03.В			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Яковенко			ВИСНОВОК	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Купін						
						КІ-23м		
Н.контроль		Кузнецов						
Затвердив		Купін						

Основним недоліком Modbus є мережевий обмін по типу «ведучий / ведений», що не дозволяє веденим пристроям передавати дані по мірі їх появи і тому вимагає інтенсивного опитування ведених пристроїв ведучим.

Різновидами Modbus є протоколи Modbus Plus - многомастерний протокол з кільцевою передачею маркера і Modbus TCP, розрахований на використання в мережах Ethernet та інтернет.

Протокол Modbus має два режими передачі: RTU (Remote Terminal Unit - «віддалений термінальний пристрій») і ASCII. Стандарт передбачає, що режим RTU в протоколі Modbus повинен бути присутнім обов'язково, а режим ASCII є опціональним. Користувач може вибирати будь-який з них, але всі модулі, включені в мережу Modbus, повинні мати один і той же режим передачі.

Altivar 312: частотно-керований асинхронний електропривод вентиляторів, компресорів, насосів, пакувальних та текстильних машин, конвеєрів та вантажопідйомних механізмів (середня функціональність, потужність до 15 кВт)

Необхідно відзначити, що сучасна вища освіта повинна бути спрямована на навчання студентів відповідно до постійно оновлюється технічною базою і зі зростаючими потребами роботодавців. Для вирішення цих завдань необхідно впровадження нових технологій в процес навчання і підготовки фахівців, що не тільки сприяє підвищенню рівня підготовки, але і орієнтування навчального процесу на реальні проблеми промисловості.

Використання новітнього обладнання Shneider Electric в навчальному процесі, а також в науково-дослідній роботі студентів, безумовно, зберігає високі позиції і заслужений авторитет учбового закладу серед університетів світу. При цьому великий плюс отримують викладачі та аспіранти профільюючих кафедр, які залучаються до обговорення сучасних прикладних проблем автоматики і електроприводу, завдяки чому отримують доступ до широкого поля актуальних практичних завдань для реалізації своїх проектів і наукових розробок.

Нова, сучасна навчальна лабораторія з використанням стендів на базі обладнання Shneider Electric дозволить в стінах нашого учбового проводити післядипломну перепідготовку та перевірку компетентності майбутніх спеціалістів.

Приклад нестандартного протоколу обміну даними через інтерфейс дозволяє оптимізувати час транзакції виконання завдання, а все універсальне спрощує розробку завдання.

Існує простий універсальний протокол обміну ModBus, в якому з метою оптимізації часу транзакції надмірність даних і функцій зведена до мінімуму. У мережі ModBus контролери, як правило, з'єднані в топології "Загальна шина". Взаємодія контролерів відбувається відповідно до моделі master-slave (ведучий-ведений). У мережі є головний пристрій - ведучий. А також кілька підлеглих пристроїв - ведені. Обмін може бути ініційований тільки провідним пристроєм.

Транзакція (послідовність операцій при обміні даними) складається із запиту і відповіді. Провідний пристрій може адресувати запит будь-якого відомому контролеру або ініціювати широкомовне повідомлення, для всіх відомих пристроїв одночасно. Ведений пристрій, визначивши свою адресу в запиті, формує відповідь. У запиті від ведучого пристрою обов'язково міститься код функції, тобто що треба робити. Також в залежності від функції в запиті можуть міститися дані.

Існують 3 варіанти оптимізації швидкості обміну протоколу ModBus.

- ModBus ASCII - текстовий протокол. У ньому використовуються тільки ASCII символи. Кожен байт передається як два шістнадцяткових символу.
- ModBus RTU - числовий протокол. Дані передаються в двійковому вигляді. Байт, який передається по мережі це число протоколу.
- ModBus TCP - протокол для передачі даних в TCP / IP мережах.

За оптимізацією продуктивності і швидкості обміну, безумовно, перевагу мають числові протоколи.

Безпека - це здатність мережі захистити передані дані від несанкціонованого доступу.

Відмовостійкість - це здатність мережі продовжувати функціонування при відмові деяких елементів. При цьому характеристики системи можуть погіршуватися, але вона не втрачає працездатності. В останнім часом з'явився термін "якість обслуговування" (QoS - "Quality of Service"). QoS визначає ймовірність того, що мережа буде передавати заданий потік даних між двома вузлами відповідно до потреб додатки.

В останній час проблема захисту критично важливих інфраструктур і об'єктів стала особливо актуальною і розглядається як одне з найважливіших завдань. Їх надійне функціонування безпосередньо залежить від стану комп'ютерних мереж та інформаційних систем.

У промисловій сфері надзвичайно важливим та актуальним є питання забезпечення енергозбереження. Саме для цієї мети виробниками

застосовується такий пристрій як перетворювач частоти. Унікальність частотного перетворювача в тому, що частотний перетворювач забезпечує досить плавний запуск і зупинку двигуна, дозволяє змінювати швидкість обертів раніше нерегульованих технологічних процесів, підвищує надійність та довговічність роботи обладнання. Отже, цей здавалося б простий з вигляду винахід, дозволяє оптимізувати процеси в системах водопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування.

					КНУ.РМ.123.24.03.В	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баталін Г.М., Васютінський В.В. Створення розподілених систем збору даних з урахуванням стандарту OPC. // Промислові контролери АСУ. 2005, №10 с.25-30
2. Блек Ю. Мережі ЕОМ: Протоколи, стандарти, інтерфейси: Пров. з англ / Под ред. В.В.Василькова. – О.: Світ, 1992.-506с.
3. Буров Є. Комп'ютерні мережі /За ред. В.Пасічника. - 2-е вид. оновл. і доп. - Львів: БАК, 2003. - 584с.
4. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі: Підручник. - Львів: Магнолія 2006, 2007. - 262 с.
5. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник / Л.С. Ямпольский, П.П. Мельничук, Б.Б. Самотокін, М.М. Поліщук, М.М. Ткач, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовіченко. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.
6. Гудвін Г.К. та ін. Проектування систем управління. Пер. з англ. – Л. БІНОМ, 2004. – 913 с.
7. Гуржій А.М., Коряк С.Ф., Самсонов ВВ., Склярів О.Я. Контроль та керування корпоративними комп'ютерними мережами: Інструментальні засоби та технології: Навч. посібник. - Харків: СМІТ, 2004. -544 с.
8. Денисенко В.В. Комп'ютерне управління технологічним процесом, експериментом, обладнанням. / В.В. Денисенко – О.: Гаряча лінія - Телеком, 2008 г. - 608 с.
9. Джонсон Говард Ст. Конструювання високошвидкісних цифрових пристроїв: Початковий курс чорної магії. / Джонсон, Говард Ст, Грехем, Мартін.: Пров. з англ. Парал. Тіт. - К.: Видавничий дім "Вільямс", 2006. – 624 с.: ил. [ISBN 5-8459-0807-8]
10. Жуков І.А., Гуменюк В.О., Альтман І.Є. Комп'ютерні мережі та технології: Навч. посіб. - Київ: НАУ. 2004. - 276 с.
11. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навч. посібник для студентів вищ. навч. закладів / І.В. Ельперін; Нац. ун-т харч. технологій. – К.: НУХТ, 2003. - 319 с. [ISBN 966-612-024-0]
12. Камер Дуглас Е. Мережі TCP/IP. Т. 1 Принципи, протоколи та структура: Пер. з англ. - 4-те вид. – Київ: Вид. будинок "Вільям", 2003. -880 с.

					КНУ.РМ.123.24.01.СВЛ					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					
Розробив	Яковенко							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Купін									
Н.контроль	Кузнецов							КІ-23м		
Затвердив	Купін									

13. Лозікова Г.М. Комп'ютерні мережі: Навч.-метод, посібник. - Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 128 с.
14. Мінаєв І.Г. Програмовані логічні контролери: практичне керівництво для інженера-початківця / І.Г. Мінаєв, В.В. Самійленка. – Х.: АГРУС, 2009. – 100 с.
15. Мітін Р. П., Хазанова Про. Ст. Системи автоматизації з допомогою програмованих логічних контролерів: Навчальний посібник. - О.: Вид-во «Станкін», 2005. — 136 с.
16. Новіков Ю.В., Кондратенко СВ. Локальні мережі: архітектура, алгоритми, проектування. - Д.: ЕКОМ, 2000. -312с.
17. Пар Е. Програмовані контролери: посібник для інженера. / Пер. 3-го англ. вид. Б. І. Копилова - К.: БІНОМ. Лабораторія знань, 2007. — 516 с. (ISBN 9785947743401)
18. Передача даних у системах контролю та управління: практичне керівництво/Дж. Парк, С. Маккей, Е. Райт. Пер. з англ. С. С. Савельєва. - К.: ТОВ "Група ІДТ", 2007. — 480 с. (ISBN 9785948330235)
19. Петров І. С. Програмовані контролери: Стандартні мови та прийоми прикладного проектування. - Х.: СОЛОН-Прес, 2004. — 256 с. (ISBN 590030794)
20. Польова шина FOUNDATION Fieldbus, Технічний огляд FD-043, версія 3.0 [Електронний ресурс, режим доступу <http://www.fieldbus.org>]
21. Програмовані контролери / Мішель Ж. Лоржо К. Еспьо Б. Пер. з франц. А. П. Сізова. - К.: Машинобудування, 1986. — 176 с.
22. Програмовані логічні контролери: практичний посібник для інженера-початківця / І.І. р. Мінаєв, С. С. Самойленка. — Д.: АГРУС, 2009. — 100 с. (ISBN 978959606091)
23. Промислові мережі та інтеграційні технології [Електронний ресурс] : курс лекцій для студентів напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / уклад. О.М.Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с. Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/100.02.pdf>.
24. Промислові мережі та інтеграційні технології [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / уклад. О.М.Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 76 с. Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/100.03.pdf>.
25. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. Навчальний посібник. / Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М.,

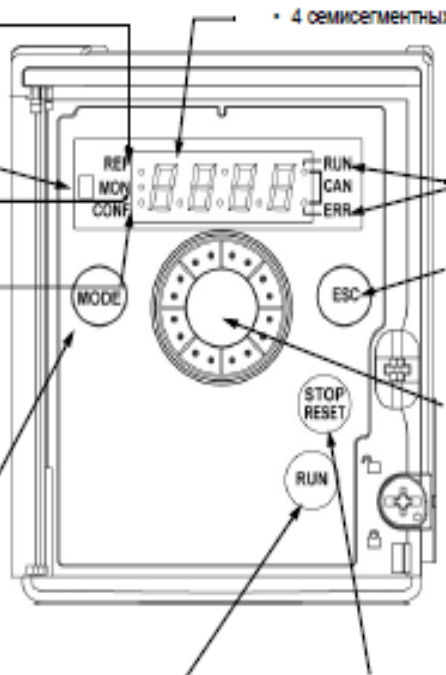
- Ладанюк А. П. — К.: Ліра-К, 2011. — 500с. (ISBN 9789662174137)
26. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с
27. Пупена О.М., Ельперін І.В. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
28. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена,
29. Пупена О.М., Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк — К. : Вид-во «Ліра-К», 2015. — 552 с.
30. Пупена О.М., Ельперін І.В. Інтеграція систем управління. // Харчова і переробна промисловість. 2005, №1 с. 9-11.
31. Пупена О.М., Ельперін І.В., Ладанюк А.П. Використання концепції ОРС в сучасних системах автоматизації. // Автоматизація виробничих процесів. 2003, №1 с.65-70
32. Таненбаум Ендрю. Комп'ютерні мережі. 3-тє вид / Таненбаум Ендрю, 2002. – 848 стр. [ISBN 5-318-00300-1]
33. Таненбаум Ендрю. Розподілені системи Принципи та парадигми / Ендрю Таненбаум, Маартен ван Стеен, 2003. – 880 стр. [ISBN 5-272-00053-6]
34. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації: Навчальний посібник./ В. Г. Трегуб – К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 344 с.
35. Трегуб В.Г., Ладанюк А.П. Структуризація системи управління при проектуванні сучасних систем автоматизації цукрових виробництв. // Цукор України, 2005, №4 с.34-36
36. Халсалл Ф. Передача даних, мережі комп'ютерів зв'язок відкритих систем: Пер. із СНГЛ. / Ф. Халсалл - К.: Радіо і зв'язок, 1995. - 408с.
37. Хархаліс І.Р., Телекомунікації, канали і мережі: Термінологічний словник./ І.Р. Хархаліс, Р.І. Хархаліс - Київ: ІСДО, 1995. - 52с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Опис операторського інтерфейсу перетворювача ATV312

Функции дисплея и клавиш



• Светодиод REF загорается при активном меню [ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ]

• Светодиод режима Нагрузка

• Светодиод MON загорается при активном меню [КОНТРОЛЬ] (SUP) -

• Светодиод CONF загорается при активном меню: [НАСТРОЙКА] (SE-), [ПРИВОД] (dr-), [ВХОДЫ-ВЫХОДЫ] (I-O-), [УПРАВЛЕНИЕ ЭП] (CtL-), [ПРИКЛАДНЫЕ ФУНКЦИИ] (FUN-), [УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ] (FLt-) или [КОММУНИКАЦИЯ] (COM-)

• Клавиша MODE (1): при отображении [ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ] (rEF-) позволяет перейти к меню [НАСТРОЙКА] (SE-); в противном случае переход к меню [ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ] (rEF-)

• Клавиша RUN: пуск двигателя, если параметр [2-/3-проводное управление] (tCC) меню [ВХОДЫ-ВЫХОДЫ] (I-O-) настроен на [Местное] (LOC), стр. 45

• Клавиша STOP/RESET:

- сброс обнаруженных неисправностей RAZ;
- может служить для остановки привода:
 - если [2-/3-проводное управление] (tCC) отличается от [Местное] (LOC), то остановка на выбеге;
 - если [2-/3-проводное управление] (tCC) настроено на [Местное] (LOC), то остановка с заданным темпом или остановка на выбеге при активном динамическом торможении

• 4 семисегментных индикатора

• 2 светодиода состояния CANopen

• Кнопка ESC: выход из меню, параметра или сброс текущего значения для возврата к предыдущему значению, находящемуся в памяти

• Ручка навигатора: служит навигатором по меню при повороте по часовой стрелке или против. Нажатие на нее служит для выбора или подтверждения информации

• Действует в качестве задающего потенциометра, если [Канал задания 1] (Fr1-) в меню [УПРАВЛЕНИЕ ЭП] (CtL-) настроен на [Отображение входа A/V1] (A/V1)

• = ENT

Стандартная индикация при отсутствии неисправности и не при вводе в эксплуатацию:

- Ч 3.0 отображение параметра, выбранного в меню [МОНИТОРИНГ] (SUP-) (по умолчанию: частота двигателя). При ограничении тока индикация мигает. В этом случае, если терминал ПЧ ATV61/ATV71 подключен к преобразователю в верхнем правом углу отображается код CL1.
- In I: инициализация;
- r d Y: ПЧ готов;
- d C b: динамическое торможение;
- n S b: остановка на выбеге;
- F S b: быстрая остановка;
- t U n: автоподстройка.

При обнаруженной неисправности мигает ее код. Если подключен графический терминал ПЧ ATV61/ATV71, то отображается название неисправности.

(1) Если ПЧ заблокирован с помощью кода ([Код PIN 1] (Cod), стр. 97), нажатие на клавишу Mode позволяет перейти от меню [МОНИТОРИНГ] (SUP-) к меню [ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ] (rEF-) и наоборот.

					КНУ.РМ.123.24.03.Д		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив	Яковенко				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Купін						
Н.контроль	Кузнецов				КІ-23м		
Затвердив	Купін				ДОДАТКИ		