

Тема №1 (СРС) ЛОКАЛЬНІ МЕРЕЖІ ETHERNET В КСУ ТП

У 2003 р. на світовому ринку промислових мереж вперше лідером стала технологія Industrial Ethernet - їй належить найбільша частка ринку (32,1 %) усіх польових шин, використовуваних у світі [1]. Згідно з прогнозами у світовому масштабі частка ринку промислового Ethernet для всіх протоколів, використовуваних для забезпечення комунікації між ПЛК і між ПЛК і ПК, буде зростати й у майбутньому (з 32,1 % до 67,1 % до 2006 року, а частка ринку Profibus зменшиться з 30,1% до 14,0%). На сьогодні всі найбільші постачальники автоматизованих систем, у тому числі Siemens, Schneider і Rockwell запровадили Ethernet-мережу у свої промислові системи, а для існуючих промислових мереж (fieldbus) розробляються шлюзи, що дозволяють комплексувати окремі виробничі ділянки в єдину систему автоматизації з застосуванням Ethernet.

Для прикладу розглянемо новий тип ПЛК Vision 200 (компанія Unitronics)[1], який розроблений з підтримкою промислових Ethernet-мереж для здійснення контролю за технологічними процесами і збору даних для подальшої їх обробки (рисунок 3.1). Будучи одночасно економічним і потужним ПЛК, Vision 200 може обробляти максимум 160

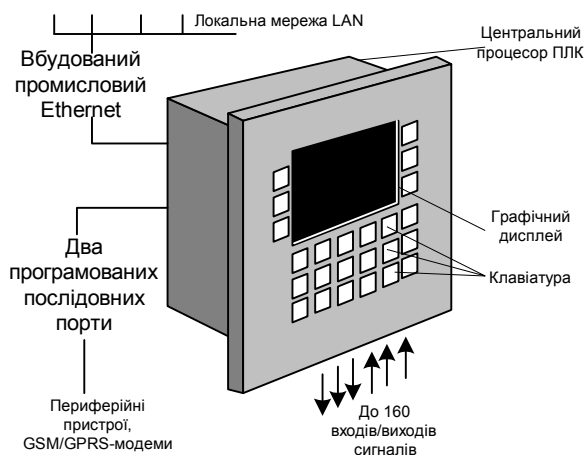


Рисунок 3.1 – Новий тип ПЛК Vision 200 з вбудованим промисловим Ethernet

входів/виходів на одній підстанції, він оснащений графічним дисплеєм і клавіатурою для керування і введення даних вручну, безпосередньо на місці. Гнучкі мережні і комунікаційні властивості Vision 200 забезпечують з'єднання його з різними датчиками, пристроями і провідними/бездротовими мережами.

ПЛК Vision 200 працює з устаткуванням, технологічними лініями й іншими об'єктами як незалежний сучасний контролер. ПЛК може також працювати і як інтелектуальний вхід/вихід між Ethernet-мережею і верхнім рівнем інформаційної техніки, наприклад, зі SCADA і базами даних. ПЛК Vision може використовуватися також і як шлюз для підключення до пристроїв послідовної передачі даних (по стандарту RS), оскільки він має два легко програмованих послідовних порти (рисунок 3.2).

ПЛК Vision надає можливості дистанційного управління, пропонуючи готовий набір функцій:

- інтерфейс через Internet і через стаціонарні телефонні лінії;

- інтерфейс через GSM (за допомогою коротких повідомлень SMS чи передачі GSM-даних) і GPRS для бездротового автоматичного управління;

- управління за законом ПІД регулювання, з аналоговими модулями і модулями з термопарами.

Ethernet ПЛК Vision з підтримкою Modbus здійснює управління системою через протокол TCP/IP. Через Ethernet-порт і прості у використанні функціональні блоки Ladder, ПЛК Vision можуть:

- забезпечувати обмін даними з іншими ПЛК;

- програми ПЛК можна конфігурувати по локальній мережі;

- одержувати доступ до зовнішніх ведених (slave) пристроїв, що підтримують Modbus по протоколах TCP/IP;

- підключати персональний комп'ютер до SCADA і баз даних;

- одержувати дані від віддалених модулів ПЛК Vision, об'єднаних у мережі Intranet, Internet, бездротової локальної мережі WLAN чи мобільних систем передачі даних GSM/GPRS;

- виконувати початкове завантаження комунікаційних програм, використовуючи виділені IP-адреси, і одержувати доступ / програмувати віддалені ПЛК через Internet

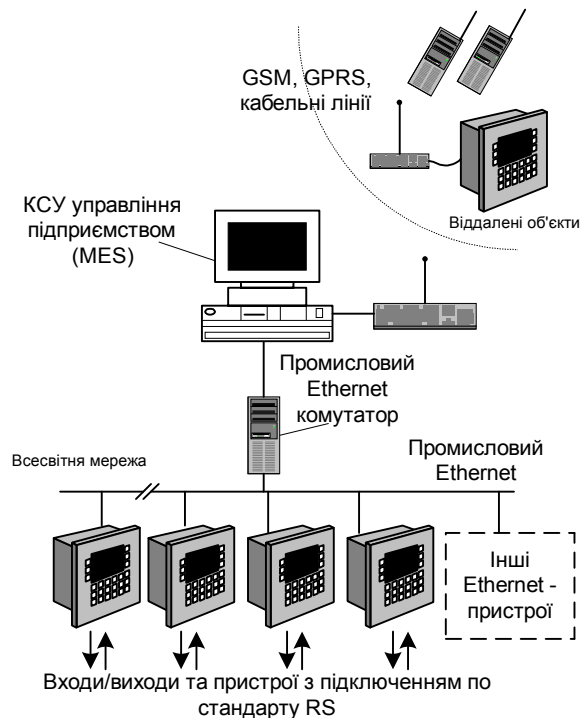


Рисунок 3.2 – Організація зв'язку між низовою автоматикою та MES і MRP системами через мережу промислового Ethernet

Тепер розглянемо більш докладно саму технології локальної мережі Ethernet. Перший експериментальний прототип Ethernet був створений інженерами фірми Хегох на початку 70-х років. Працювала ця мережа зі швидкістю всього-на-всього близько 3 Мбіт/с і поєднувала кілька комп'ютерів і один лазерний принтер. Подібні досліди проводилися й іншими великими компаніями, і наприкінці 70-х років відразу три з них: DEC, Intel і Хегох — об'єднали зусилля для стандартизації розробок в області мережних протоколів. Наприкінці 1980 року це дало результат у вигляді першої (версія 1.0) специфікації Ethernet 10Base-5 за назвою «Блакитна книга, чи Стандарт DIX» (по початкових літерах компаній-

виробників). Основними рішеннями, закладеними в специфікацію 10Base-5, були шинна топологія з відгалуженнями на базі коаксіального кабелю, швидкість передачі даних 10 Мбіт/с і протокол доступу до поділюваного середовища CSMA/CD (множинний доступ з контролем несучої і виявленням колізій). Системи, що відповідають цій специфікації, фахівці відразу охрестили «товстим» Ethernet, через діаметр застосовуваного кабелю. Менш ніж через два роки з'явилися відповідні мережні карти, і в тім же 1982 році вийшла друга (і остання) версія специфікації Ethernet 10Base-5.

Незважаючи на численні недоліки, популярність новонародженої системи виявилася настільки висока, що в 1983 році ініціатива стандартизації була перехоплена Інститутом інженерів по електротехніці й електроніці (IEEE). У рамках цієї організації була створена спеціальна робоча група 802.3, що дала назву і самому міжнародному стандарту. Новий стандарт включив у себе опис фізичного рівня і рівня управління доступом згідно 7-рівневій архітектурі ISO/OSI. З цього часу терміни Ethernet і IEEE 802.3 звичайно вживаються як тотожні, хоча це і не зовсім вірно, тому що фахівці IEEE переробили початкову специфікацію DIX, особливо в частині формату переданого кадру даних. Зміни, однак, не є принциповими і дозволяють спільно використовувати апаратні засоби, що відповідають обом стандартам, у рамках однієї системи.

У 1985 році на світ з'явилася друга офіційна версія стандарту — спеціалізована IEEE 802.3a, що відразу одержала назву «тонкий» Ethernet (10Base-2), оскільки як фізичний рівень використовувався більш тонкий, дешевий і простий у прокладці коаксіальний кабель. Крім того, у 1985 році IEEE випустив специфікацію 802.3b (10Broad3b) для застосування Ethernet у режимі ширококутної передачі даних зі швидкістю 10 Мбіт/с.

Усі зазначені удосконалення не торкалися одного з основних властивостей початкової специфікації – шинної топології, яка утрудняє модифікацію складу мережі і викликає серйозних дорікань з погляду надійності. Революційний прорив у цій області відбувся тільки в 1990 році, коли IEEE обнародував специфікацію 802.3i (10Base-T). Нова специфікація дозволяла будувати кабельну систему для 10 Мбіт/с Ethernet на широко розповсюдженному, дешевому і простому в монтажі кабелі типу неекранованої виті пари (UTP) 3 категорії. Достоїнства кабельних рішень даного типу привели до того, що новий стандарт 10Base-T дуже швидко став популярним і практично витиснув системи на коаксіальному кабелі. Крім чисто апаратних переваг, специфікація 10Base-T значно полегшила життя мережним фахівцям і адміністраторам через можливість реалізовувати більш гнучкі топологічні структури типу «зірка» і «дерево». Завдяки цьому спростилося планування мережі і модифікація її структури, а також виникли реальні умови для забезпечення кращих характеристик надійності і відмовостійкості.

Збільшення числа інсталяцій мереж Ethernet викликало наростання зустрічних вимог з боку експлуатуючих компаній. Користувачі мали потребу в більшій пропускній здатності і можливості покриття більших відстаней. Рух у цьому напрямку почався в 1993 році з появою перших специфікацій (IEEE 802.3j, чи 10Base-F), які дозволяють використовувати оптичні лінії зв'язку. Це давало можливість покривати одним сегментом мережі відстань до 2000 метрів.

У 1995 році відбувся справжній прорив у напрямку підвищення продуктивності мереж Ethernet: IEEE обнародував специфікацію 802.3u (100Base-T) «швидкого» Ethernet (Fast Ethernet), згідно якій швидкість передачі даних збільшувалася в десять разів до 100 Мбіт/с. У цю специфікацію була закладена підтримка відразу трьох фізичних середовищ передачі даних:

- кабель, що містить дві виті пари п'ятої категорії (100Base-TX);
- кабель, що містить чотири виті пари третьої категорії (100Base-T4);
- дві оптичні лінії на базі багатомодового оптоволокна (100Base-FX).

У 1997 році прийшов час подолання самого головного недоліку технології Ethernet, зв'язаного з протоколом доступу CSMA/CD. Закладений у його основі метод вирішення колізій був заснований на процедурі випадкових затримок повторної передачі інформаційного кадру. При збільшенні навантаження на мережу зростає імовірність взаємного блокування станцій одна одною, а у випадку гіршого розвитку цієї ситуації реальна пропускна здатність мережі може упасти до нуля. Даний недолік був головною перешкодою на шляху використання Ethernet у відповідальних застосуваннях. Кардинальним способом рішення проблеми стало введення повного дуплексного режиму обміну даними, при якому унаслідок фізичного поділу каналів прийому і передачі стають неможливими самі колізії. Крім цього, застосування повного дуплексного режиму обміну дозволяє теоретично подвоїти пропускну здатність каналу.

Стрімке впровадження засобів автоматизації і комп'ютерних технологій призвело в 1998 році до чергового підняття планки пропускної здатності мережі Ethernet: IEEE випустив специфікацію 802.3z (1000Base-X), що установлює швидкість передачі 1 Гбіт/с. Нова специфікація підтримує наступні середовища передачі даних:

- багатомодове оптоволокно з довжиною хвилі 850 нм (1000Base-SX);
- одномодове і багатомодове оптоволокно з довжиною хвилі до 1300 нм (1000Base-LX);
- екранована вита пара (1000Base-CX).

Незважаючи на те, що стандарт Ethernet однаковий як для офісних, так і для промислових мереж, вимоги до його апаратури в обох випадках

істотно відрізняються. Промислові умови пред'являють значно більш жорсткі вимоги до надійності, діапазону робочих температур, стійкості до електромагнітних перешкод, вібраційному й іншому видам навантажень.

Розглянемо ці особливості на прикладі устаткування серії Rail відомої фірми Hirschmann, яке було розроблене саме для застосування в сфері промислової автоматизації.

Основними рисами, що виділяють вироби серії Rail, є:

- працездатність у діапазоні температур від 0 до плюс 60°C;
- відсутність вентиляторів, що є найбільш уразливим вузлом будь-якого устаткування;
- відповідність вимогам міжнародних стандартів по електромагнітній сумісності EN 50081 (Class B) і EN 50082;
- стійкість до вібраційних впливів;
- компактність конструкцій;
- можливість швидкого монтажу на стандартну DIN-рейку (рисунок 3.3);

- зручне підключення сполучних проводів, інформативна діагностична сигналізація;

- електроживлення від джерела зі стандартним номіналом від 19 до 30 В постійного струму з можливістю дублювання живильних ліній, гальванічна розв'язка ланцюгів живлення від корпусу пристрою. Забезпечення відмовостійкості мережних комплексів досягається цілою гамою патентованих рішень. Унікальна концепція побудови відмовостійкого кільця (HIPER-Ring) дозволяє не тільки протистояти окремим відмовленням устаткування і ліній зв'язку, але і проводити регламентні чи роботи з переконафігурування мережі, не зупиняючи обміну даними в системі. Одною з найбільш примітних властивостей цього рішення є надзвичайно малий час відновлення після відмовлення: на відміну від стандартного алгоритму «покриваючого дерева» (специфікація IEEE 802. 1d), воно складає менше секунди.

У залежності від ступеня важливості задачі, розв'язуваної на базі мережного устаткування серії Rail, розроблювач може задіяти різні закладені механізми забезпечення надійності і безвідмовності. Наприклад, при наявності у ПЛК дубльованого мережного інтерфейсу будь-який з



Рисунок 3.3 - Монтаж модуля серії Rail на DIN-рейку

відповідних портів може бути підключений до оптичного кільця, або для досягнення більш високого рівня дублювання може бути додане друге оптичне кільце. Застосування комутаторів дозволяє створювати цілком детерміновані мережі Ethernet, що відновлюються при одиничному відмовленні за лічені частки секунди. Функція контролю дублювання може бути активізована на будь-якому включеному в мережу комутаторі за допомогою DIP-перемикачів.

Вироби серії Rail підтримують стандарт мови управління SNMP і, крім того, можуть набуватися за допомогою web-інтерфейсу. Це дозволяє системному адміністратору віддалено набувати мережне середовище при первинному розгортанні чи поточній експлуатації, а можливість одержання максимально повної інформації про кожен мережний вузол забезпечує цілісність розподіленої системи і максимальну надійність її функціонування.

У номенклатуру каналної апаратури фірми Hirschmann входять повторювачі, концентратори і комутатори серії Rail, спеціальні блоки живлення.

Повторювач призначений для з'єднання різнорідних сегментів мережі Ethernet і подолання проблем, зв'язаних з обмеженнями довжини сегмента кабелю. На рисунку 3.4 наведені зовнішній вигляд повторювача RT2-TX/FX (а) та кабельної частини з'єднувачів BFOC і SC для нього (б).

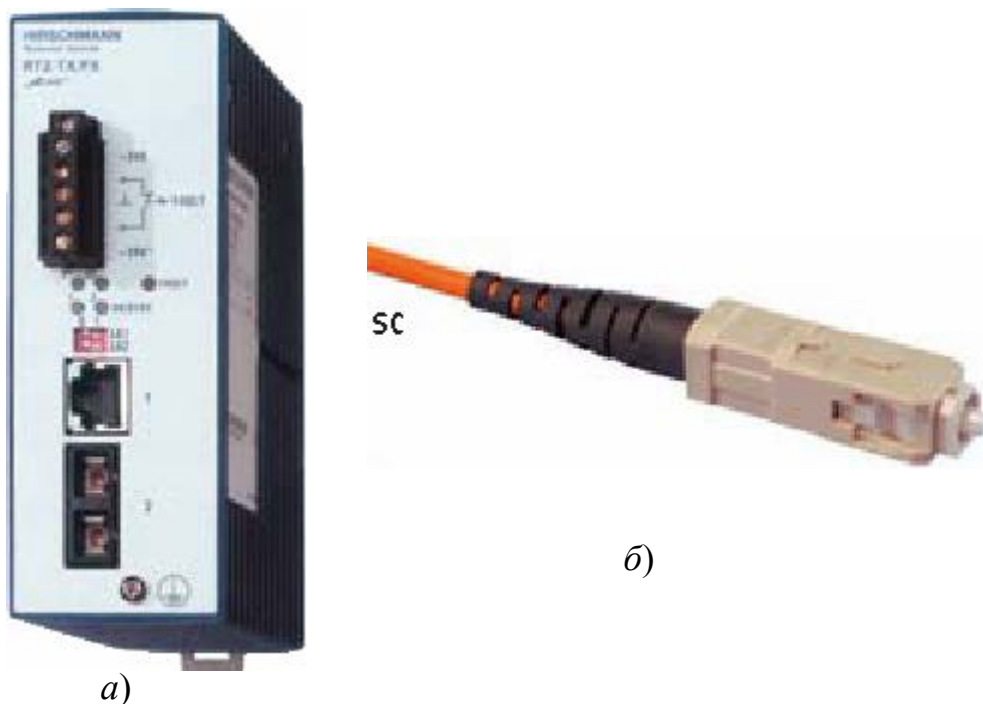


Рисунок 3.4 – Повторювач RT2-TX/FX (а) та кабельна частина з'єднувач SC для нього (б)

Напівдуплексний чи повнодуплексний режим обміну розпізнається повторювачами автоматично і не вимагає окремого налаштування. У відповідності зі стандартом IEEE 802.3 повторювачі здійснюють постійний контроль стану підключених сегментів шляхом передачі в лінію спеціальних службових сигналів (при відсутності інформаційних пакетів); якщо повторювач не одержує по якому-небудь порту таких сигналів, то фіксується обрив лінії.

Приклад топології мережі Ethernet, побудованої з використанням повторювачів серії RT, показаний на рисунку 3.5.

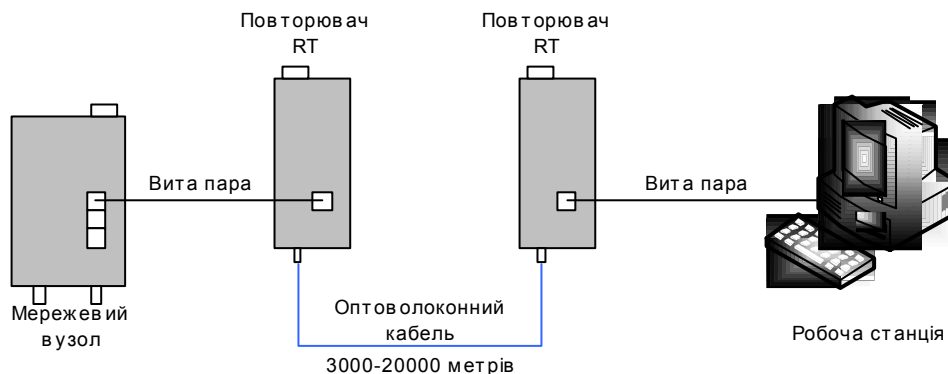


Рисунок 3.5 – Приклад топології мережі Ethernet, побудованої з використанням повторювачів

Концентратор - це повторювач мережного інтерфейсу з багатьма рівноправними портами. Одержавши сигнал від однієї з підключених до нього станцій, концентратор транслює його на усі свої активні порти. Концентратори можна використовувати як автономні пристрої або з'єднувати один з одним, збільшуючи тим самим розмір мережі і створюючи більш складні топології. Їхнє основне призначення — об'єднання окремих робочих місць у робочу групу в складі локальної мережі. Концентратори працюють на фізичному рівні моделі OSI і не чуттєві до протоколів верхніх рівнів.

Приклад топології мережі Ethernet, побудованої з використанням концентратора, показаний на рисунку 3.6.

Основні функції концентраторів такі:

- відновлення форми, фазова і тимчасова синхронізація одержуваних пакетів даних;
- видалення пакетів некоректної довжини, що можуть з'явитися в результаті колізій;
- обробка колізій у відповідності зі стандартом IEEE 802.3;
- автоматичне сегментування по всіх портах, що виконує блокування мережного сегмента, у якому виявлений обрив лінії, відсутність погоджувального опору чи некоректне функціонування

підключеного вузла; у випадку одержання коректного пакета сегмент вважається відновленим і включається в загальну структуру обміну даними.

Не менш важливим засобом забезпечення надійності функціонування мережі є так називана процедура Jabber control, часто іменована мережними адміністраторами «контролем балакучості». При виникненні несправностей у мережній інтерфейсній карті може виникнути ситуація, коли в мережу буде безупинно видаватися

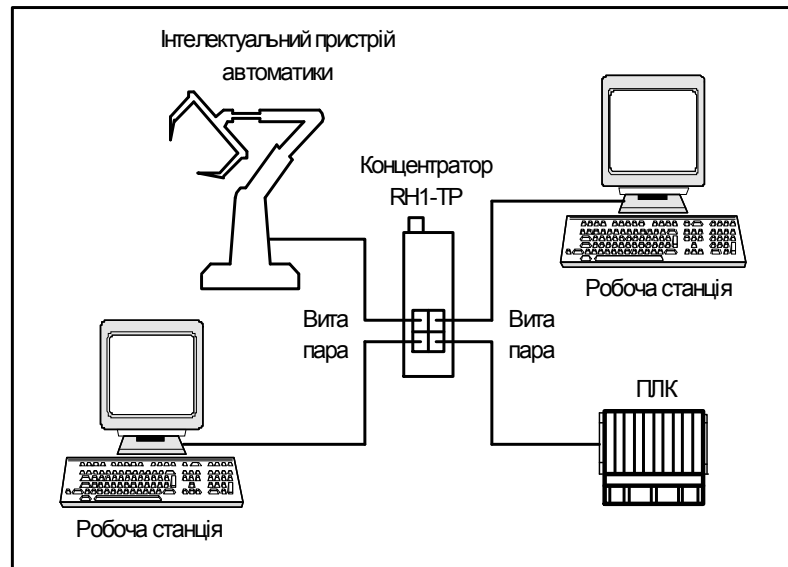


Рисунок 3.6 – Приклад топології мережі Ethernet, побудованої з використанням концентратора

послідовність випадкових сигналів. Такого роду несправність може значно знизити пропускну здатність мережі чи навіть блокувати нормальну роботу значної її ділянки, що неприйнятно для відповідальних додатків. Для запобігання подібних ситуацій у деяких концентраторах реалізована схема, що перевіряє кількість бітів, переданих у пакеті. Якщо максимальна довжина пакета регулярно перевищується, то вузол автоматично відключається від мережі.

Сучасні концентратори можуть мати порти для різних фізичних ліній зв'язку, наприклад, для кабелю типу вита пара і для дуплексного оптичного кабелю. Порти для витої пари використовуються, як правило, для підключення термінального устаткування, а оптичні інтерфейси застосовуються в основному для побудови магістралі, що охоплює велику територію. Утім, можлива й інша топологія. Наприклад, у тому випадку, коли термінальне устаткування знаходиться в технологічних зонах з високим рівнем електромагнітних перешкод, магістраль може будуватися на основі витої пари, а термінальне устаткування підключатися за допомогою оптоволокна, нечутливого до зовнішніх впливів такого роду.

Особливістю концентраторів деяких виробників, наприклад фірми Hirschmann, є можливість формування відмовостійкої кільцевої топології. Побудова такої топології можлива на базі оптоволоконних ліній з використанням концентраторів RH1-TP/FL. Для цього, по-перше, необхідно фізично замкнути існуючу лінійну топологію (рисунок 3.7), з'єднавши вільні оптичні порти крайніх пристроїв, а по-друге, потрібно

установити один із включених у кільце концентраторів у стан, "що стежить" за основною лінією зв'язку, для чого відповідний DIP-перемикач встановлюється в положення «redundant» («запасний»). Відмовлення будь-якого вузла побудованої кільцевої топології чи обрив лінії зв'язку буде виявлений концентратором, "що стежить", протягом 20 мілісекунд, після чого підключається запасний сегмент і відбувається повне відновлення функціональності мережі по запасному шляху.

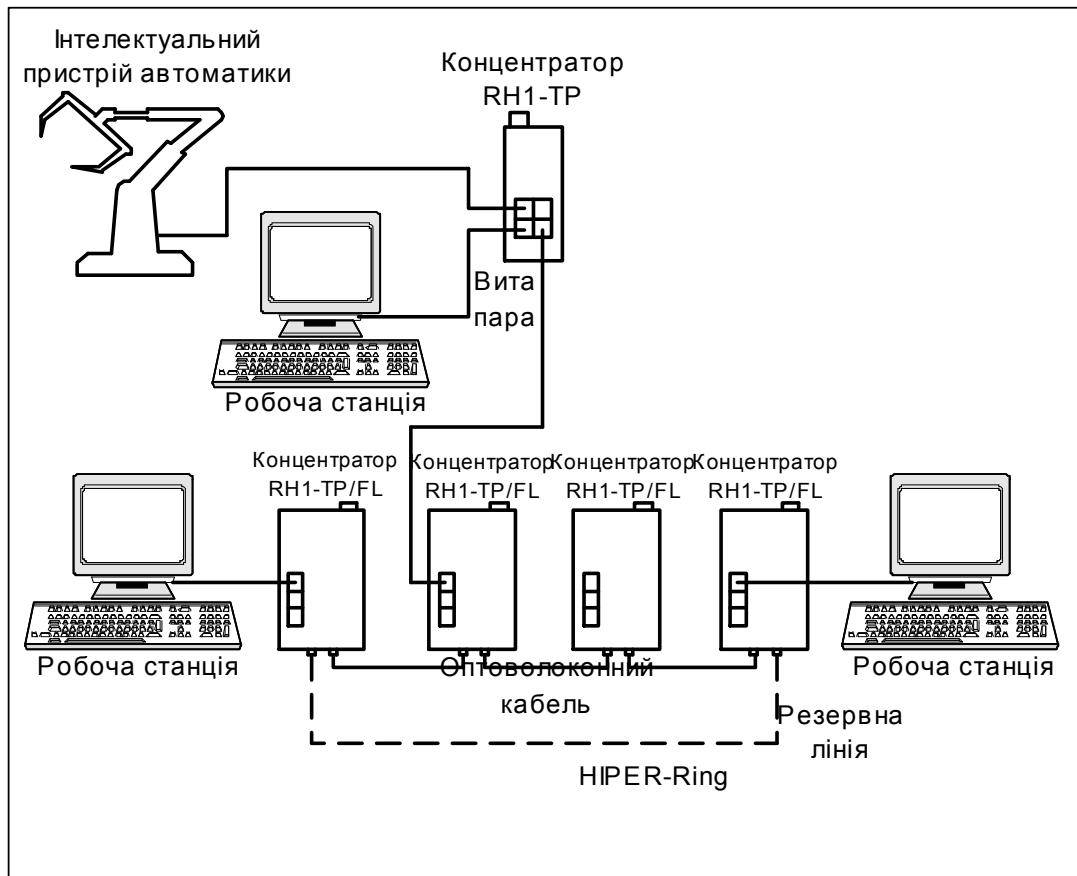


Рисунок 3.7 - Приклад реалізації відмовостійкої кільцевої топології з використанням концентраторів RH1-TP/FL фірми Hirschmann

Комутатори є більш інтелектуальними пристроями, ніж концентратори. Комутатор Ethernet підтримує внутрішню таблицю відповідності портів адресам підключених до них мережних вузлів. Цю таблицю адміністратор мережі може створити самостійно чи задати режим її автоматичного формування вбудованими засобами комутатора. Використовуючи таблицю адрес і адресу одержувача, що міститься в переданому пакеті, комутатор направляє отриманий пакет тільки в той порт, де знаходиться адресат. Виняток робиться тільки у випадку ширококомовних розсилок чи при передачі пакетів з невідомою адресою одержувача, що розсилаються по всіх підключених з'єднаннях. На основі описаної процедури комутатор фактично виконує найважливішу функцію

сегментування мережі Ethernet, що в кінцевому рахунку значно розширює її сумарну пропускну здатність. У сучасних комутаторах передача даних між будь-якими парами портів відбувається незалежно і, отже, для кожного віртуального з'єднання виділяється вся смуга каналу. Швидкість з'єднання визначається автоматично і не вимагає втручання обслуговуючого персоналу.

Комутатори RSI і RS2 фірми Hirschmann (рисунок 3.8) підтримують Ethernet зі швидкістю передачі даних 10 і 100 Мбіт/с.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд комутатора RS2-FX/FX

Модель RS2-TX має 8 портів для підключення витії пари через з'єднувач RJ-45. До кожного порту може бути приєднаний кінцевий пристрій чи інший сегмент Ethernet. Усі порти підтримують функції автоматичного визначення швидкості, режиму обміну і полярності підключення прийомної лінії, а також контролюють відповідні сегменти на наявність обриву чи короткого замикання. Завдяки цим функціям підключення кінцевих пристроїв чи сегментів Ethernet здійснюється в режимі plug-and-play, що значно спрощує процес первинного монтажу мережі і запуску її в експлуатацію. По основному напрямку застосування — створення малих і середніх

мереж Ethernet чи розширення існуючих пристрої RS2-TX аналогічні концентраторам RH1, але комутатори застосовуються в тих випадках, коли потрібно забезпечити велику пропускну здатність, надійність і охопити більшу кількість кінцевих вузлів.

Також слід зазначити, що комутатори фірми Hirschmann підтримують стандарт віртуальних локальних мереж і функції пріоритетної передачі пакетів. У процесі роботи комутатора пакети, що надходять, групуються в дві черги у залежності від свого пріоритету. Більш пріоритетна черга обслуговується раніш, а при перевантаженні комутатора менш пріоритетна інформація може бути вилучена, щоб забезпечити безперешкодне просування більш важливих даних. Наявність вбудованого сторожового таймера дозволяє гарантувати працездатність пристрою при випадкових зависаннях.

Усі пакети, прийняті комутатором, зберігаються в пам'яті пристрою, аналізуються на коректність і тільки потім надходять у порт

(порти) призначення. Некоректні пакети (занадто короткі, занадто довгі чи з неправильним циклічним кодом) знищуються. Внутрішня таблиця адрес комутаторів RS2 може містити до 2000 адрес, що дозволяє ефективно поєднувати кілька незалежних мережних сегментів. Додаткову гнучкість цьому механізму додає реалізація принципів «старіння» адрес: якщо з кінцевою станцією не було обміну даними протягом 30 секунд, то її адреса видаляється з таблиці.

Якщо умови застосування не вимагають комутатора з такою великою кількістю портів, як у RS2-TX, то може бути використаний пристрій RS2-5TX з п'ятьма портами для підключення кабелю типу «вита пара» чи комутатор для змішаної кабельної системи RS2-5TX/FX, у якому один з п'яти портів є оптоволоконним.

Лінійка комутаторів RS2 серії Rail включає також пристрої, що мають дві групи портів: по два порти (повнодуплексний режим) для створення магістральної структури і по п'ять портів для підключення кінцевих вузлів чи інших сегментів Ethernet. Восьмий порт, наявний у таких комутаторах, може використовуватися як службовий у режимі standby і задіятися для створення відмовостійких мережних структур. Порти для підключення кінцевих вузлів підтримують специфікації 10Base-T і 100Base-TX, а магістральні порти розрізняються в залежності від моделі:

- RS2-FX/FX-100Base-FX, багатомодове оптоволоконно, з'єднувачі SC;
- RS2-TX/TX -100Base-TX, з'єднувачі RJ-45;
- RS2-FX-SM/FX-SM-100Base-FX, одномодове оптоволоконно, з'єднувачі SC.

Крім зазначених портів, дані комутатори постачені послідовним інтерфейсом стандарту V.24 для зовнішнього управління. Керуючий пристрій підключається через стандартний з'єднувач RG11, як пристрій управління може виступати термінал VT100 чи будь-який IBM PC сумісний комп'ютер з емуляцією відповідного протоколу. У числі інших можливостей управління комутаторами слід зазначити функцію дзеркального відображення порту (port mirroring): інформаційний потік, що йде на цікавлячий адміністратора сегмент мережі, можна дублювати на іншому сегменті, на якому, як правило, знаходиться робоче місце зі спеціальним програмним забезпеченням для фільтрації й аналізу пакетів, що надходять. Використання цієї функції дозволяє швидко локалізувати проблеми мережного обміну й оптимізувати трафік у системі.

Основні варіанти топологічних структур, створюваних за допомогою комутаторів RS2-xx/xx, такі:

- магістраль,
- відмовостійке кільце,
- відмовостійке об'єднання окремих сегментів.

Магістральна топологія мережі з комутаторами принципово не відрізняється від розглянутих раніше структур. У залежності від моделі магістраль може будуватися або на основі витої пари (100 Мбіт/с), або оптоволокна. Так як застосування комутаторів знімає проблему колізій, то знімаються й обмеження на кількість поєднаних пристроїв.

Слід однак мати на увазі, що з ростом числа проміжних вузлів, через які проходить інформаційний пакет, зростає і час його доставки до кінцевої адреси. Розроблювачі систем реального часу повинні враховувати цю обставину.

Інше обмеження на розмір мережі зв'язане з вимогами, що накладаються додатково застосовуваними функціями, наприклад алгоритмом забезпечення відмовостійкості. Так, відповідна кільцева структура на базі пристроїв RS2 (рисунок 3.9) може складатися не більш ніж з 50 вузлів, що забезпечує автоматичне відновлення обміну при одиничному відмовленні за час 500 мілісекунд.

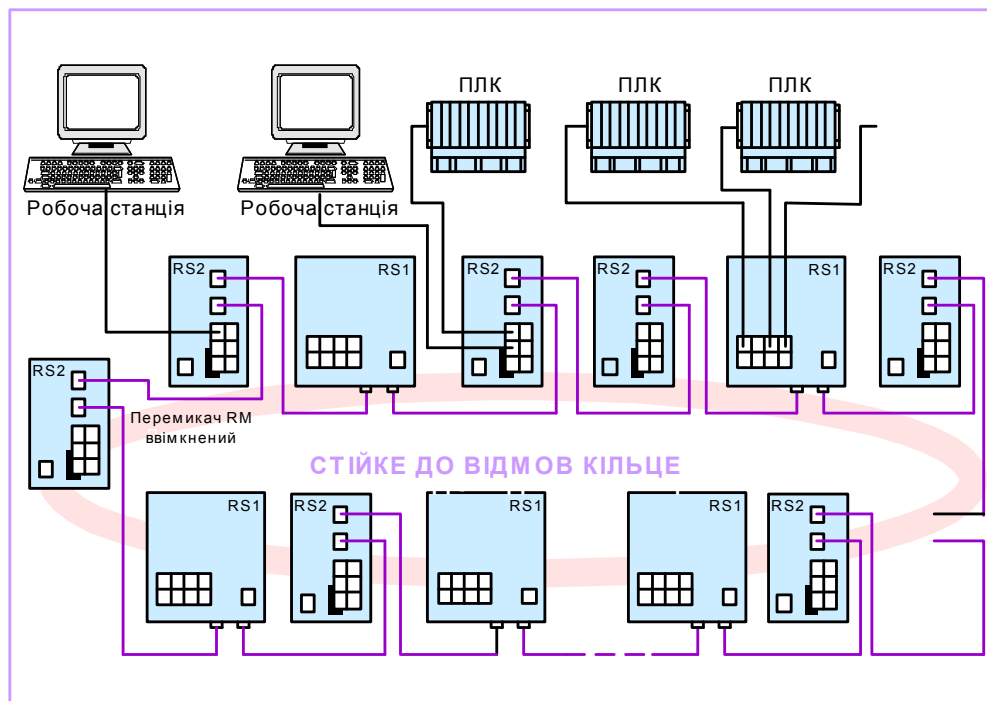


Рисунок 3.9 – Кільцева топологія з використанням комутаторів

В одному з утворюючих кільце комутаторів повинна бути активізована (через DIP-перемикач) функція контролю дублюючого з'єднання.

Поряд із застосуванням комутаторів для побудови мереж з магістральною чи кільцевою структурою існує третій типовий варіант їхнього використання, що припускає створення резервованих шляхів обміну інформаційними пакетами між окремими сегментами Ethernet (рисунок 3.10). При цьому один пристрій RS2 являється ведучим і спочатку всі пакети йдуть по його лінії. З'єднання, що відноситься до

веденого пристрою, знаходиться в стані чекання. Обмін даними між комутаторами про стан ліній зв'язку здійснюється по контрольній лінії, що з'єднує порти stand-by.

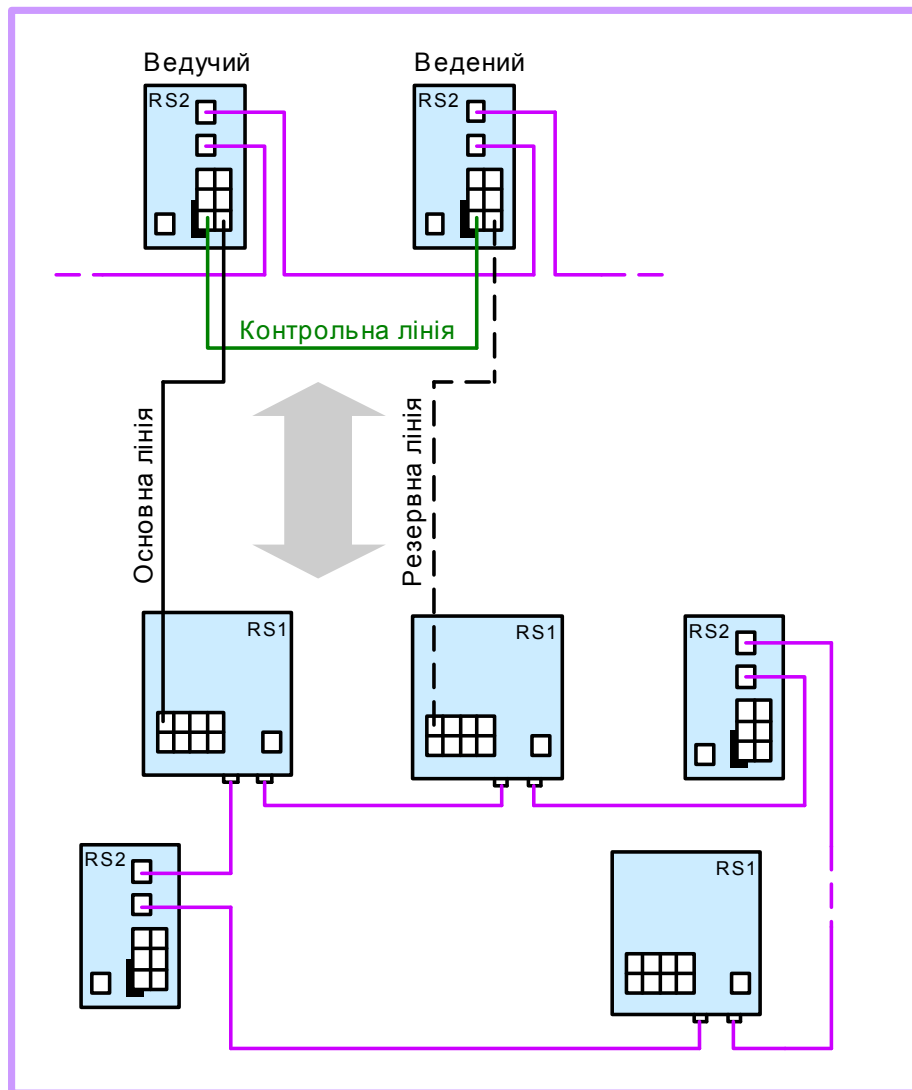


Рисунок 3.10 – Дубльоване з'єднання сегментів мережі з використанням комутаторів

Максимальна довжина контрольної лінії визначається сумарним опором кабелю, що не повинний перевищувати 10 Ом. У випадку відмовлення основної лінії автоматично (не більш ніж за 0,5 с) вмикається запасний канал. При відновленні працездатності основної лінії інформаційний потік негайно піде по ній. За допомогою цього механізму можна організувати мережну структуру «подвійне кільце».

Усі описані топології можуть комбінуватися в залежності від вимог до мережної структури. Розглянемо це на деяких практичних прикладах розподілених систем збору даних та управління ТП.

Так промислові мережі на базі засобів автоматизації виробництва Advantech серій ADAM-5000 та ADAM-6000 (рисунок 3.11), I-7000 (виробництва ICP DAS), контролерів SIMATIC S7-300 і SIMATIC S7-400 (Siemens) з інтерфейсом Ethernet дозволяють будувати територіально-розподілені системи збору даних і управління, забезпечуючи виконання наступних функцій:

- багатоканальне аналогове і дискретне введення-виведення;
- первинне перетворення отриманої інформації;
- прийом команд від віддаленої SCADA-системи і передача в цю адресу перетворених даних з використанням інтерфейсу RS-485 або Ethernet.

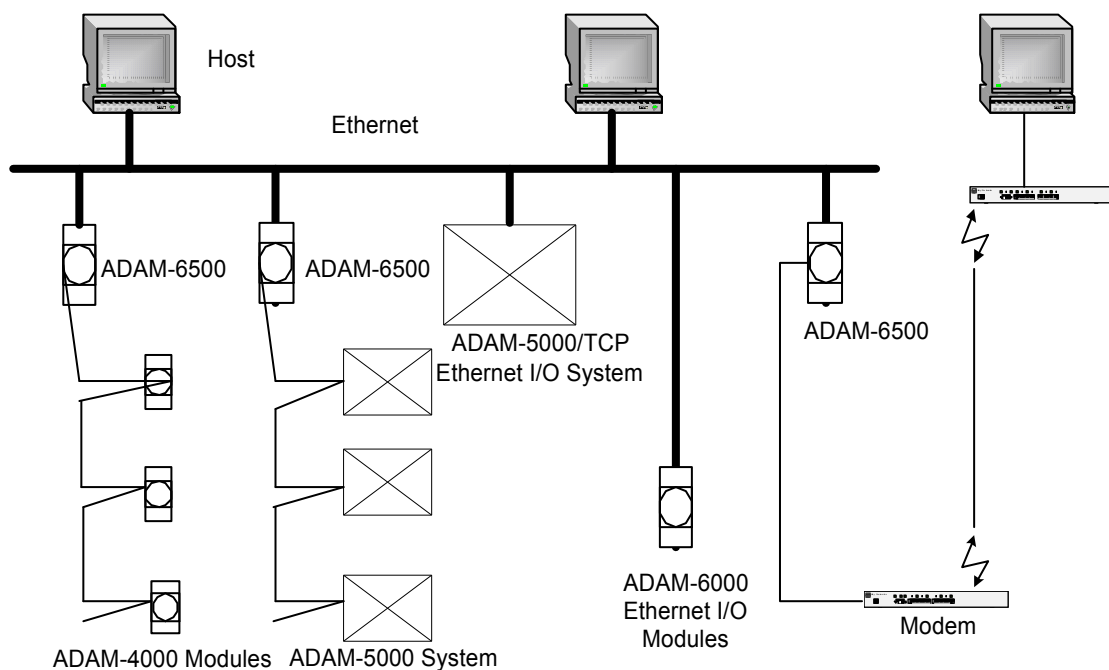


Рисунок 3.11 – Приклад розподіленої системи збору даних і управління на основі промислового Ethernet

До складу ПЛК SIMATIC S7-300 і SIMATIC S7-400 входять також інтелектуальні модулі, що виконують автономну обробку комунікаційних задач для промислових мереж ASi, Profibus і інших інтерфейсів. Контролери призначені для вирішення типових задач автоматичного управління/регулювання, позиціонування, швидкісного рахунку, управління переміщенням і т.д.

В концепції SIMATIC NET від компанії Siemens промислові мережі, що комутуються, можуть мати магістральну або кільцеву топології. Для побудови цих конфігурацій застосовуються електричні і оптичні комутатори OSM і ESM. Зв'язок між модулями виконується по оптичних кабелях (рисунок 3.12). Термінали і сегменти мережі підключаються через

звичайні або промислові виті пари. Для віддаленого підключення пристроїв використовуються ОМС - перетворювачі електричних сигналів в оптичні. Час зміни конфігурації мережі не перевищує 0,5 с.

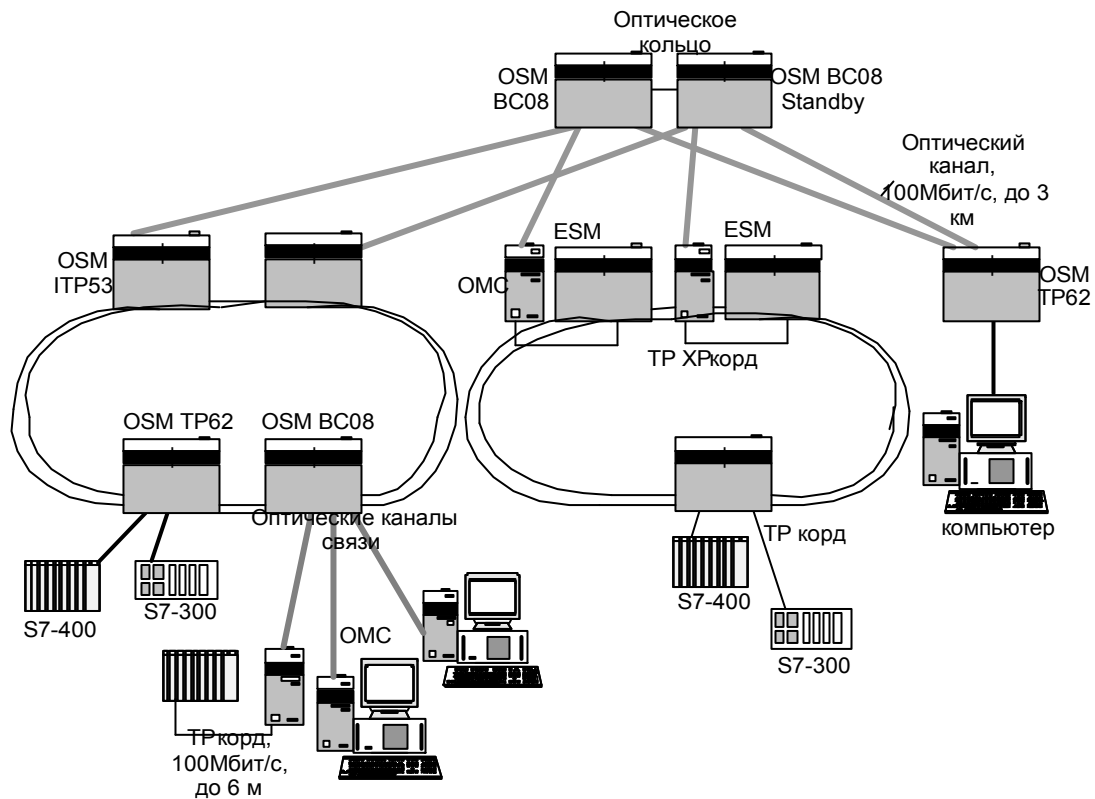


Рисунок 3.12 – Приклад промислової мережі Industrial Ethernet, що комутується

Більш різноманітні і оптимальні конфігурації подібних мереж можна будувати на комутаторах серії RAIL (описані вище) і модульної серії MICE. Це дозволяє створити відмовостійку кільцеву структуру (також і подвійне кільце) з можливістю резервного підключення устаткування рівня контролера і відновленням працездатності мережі у разі збою менш ніж за 300 мс (рисунок 3.13).

Інтерфейс Ethernet забезпечує високу швидкість передачі даних, низьку вартість середовища передачі, наявність підтримки величезного числа виробників програмного і апаратного забезпечення.

Через мережі Ethernet системи збору і обробки даних, комп'ютери, АРМ і сервери систем верхнього рівня управління підприємством можуть діставати безпосередній доступ до даних про параметри технологічного процесу. В результаті ці дані можуть бути використані в системах диспетчерського контролю, адміністративного управління і планування, контролю якості і т.п.

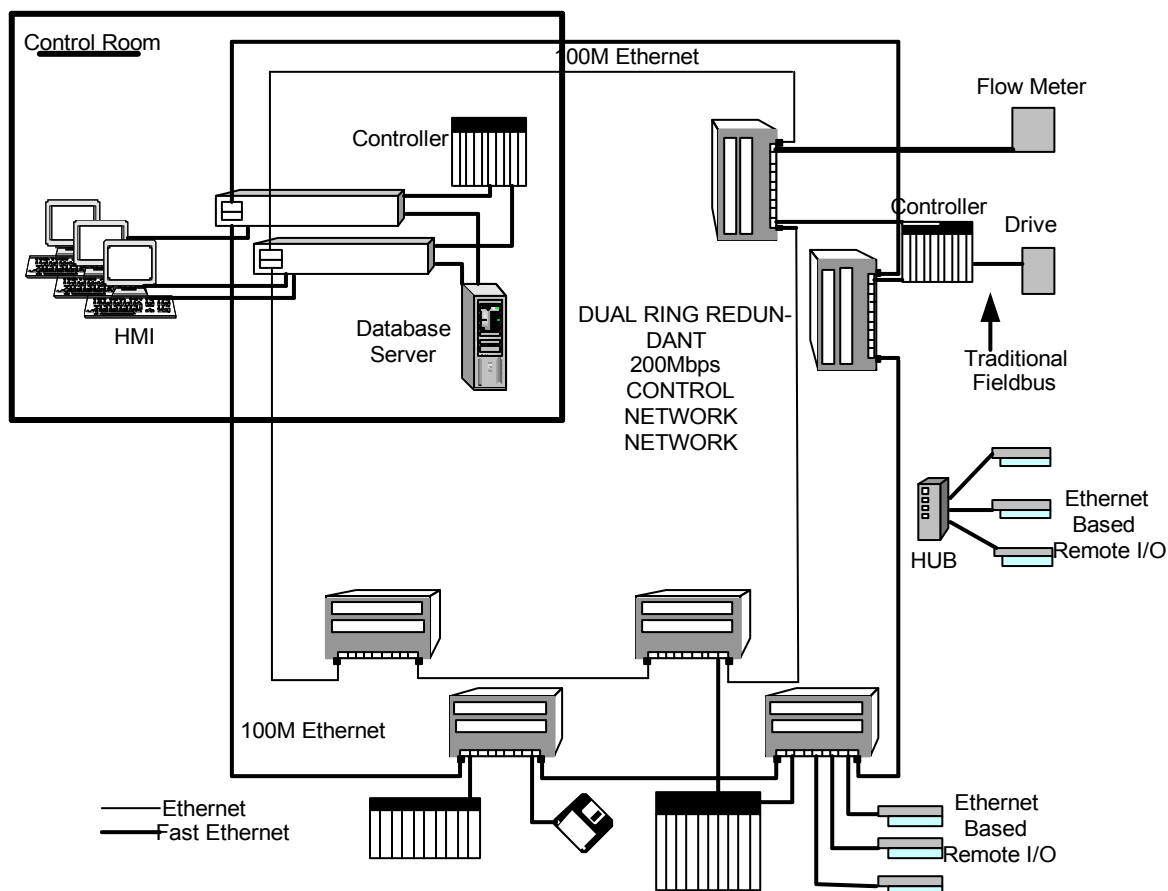


Рисунок 3.13 – Схема відмовостійкого підключення устаткування рівня контролера до подвійного кільця фірми Hirschmann

Як правило, сучасні підприємства не обмежуються одним типом мережі. В мережній інформаційній структурі присутні офісні мережі, мережі АСУТП, магістральні канали. Для підприємства характерні віддаленість цехів і адміністративних будівель. Необхідна інтеграція всіх мереж на базі Ethernet для створення єдиного інформаційного простору.

На рисунку 3.14 приведений приклад розподіленої системи управління на базі комутаційного устаткування Industrial Ethernet для двох очисних станцій стічних вод. На цеховому рівні автоматизації - рівні контролера (plant automation) здійснюється взаємодія з контролерами через відмовостійке Ethernet кільце (Redundant ring), або через Profibus FMS підключення, також утворююче відмовостійке кільце з використанням модулів OZD Profi. На рівень оператора (Process control engineering) інформація поступає по дубльованих Ethernet каналах (Redundant coupling) з підключеними до них резервованим Profibus FMS зв'язкам через Master і Slave станції. Взаємодія між диспетчерськими А і В (Sewage treatment plant A and B) здійснюється по оптичних Ethernet каналах зв'язку на відстані 4,2

км на верхньому рівні з використанням продуктивного магістрального устаткування серії MICE, на нижньому 2 станції також з'єднано по оптиці на відстані 4,2 км з використанням менш потужного устаткування серії RAIL.

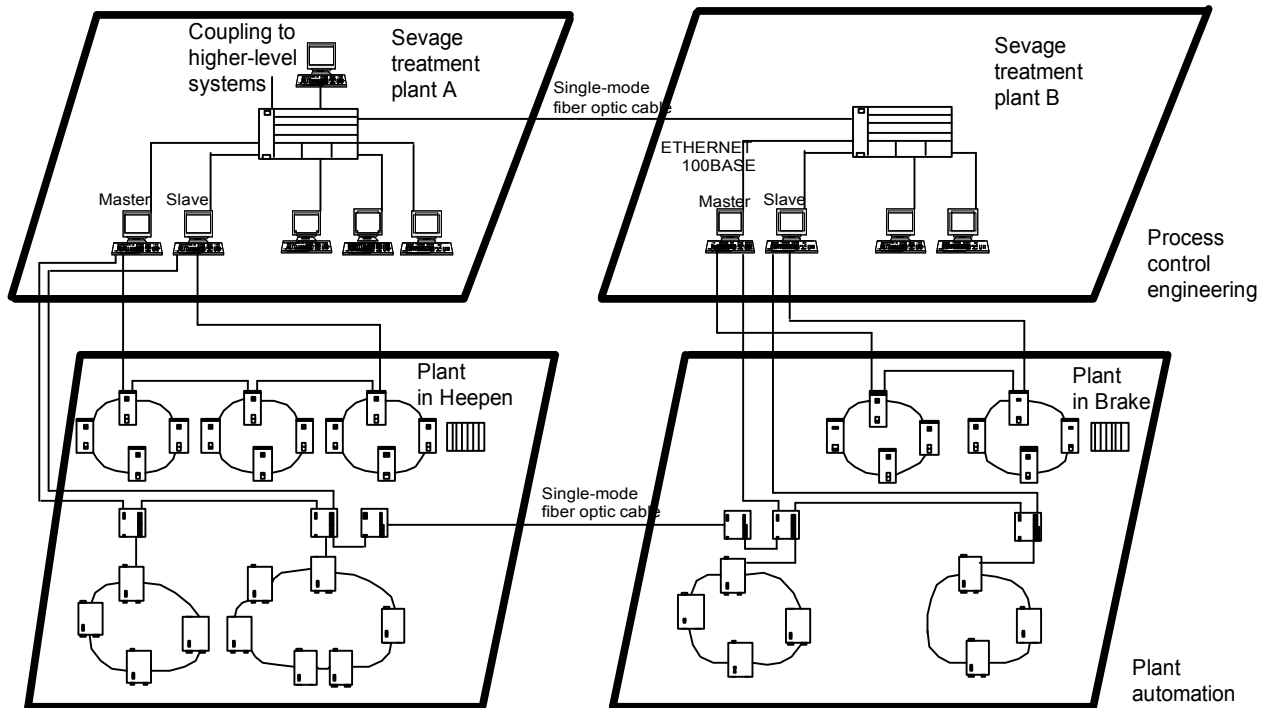


Рисунок 3.14 – Приклад розподіленої системи управління на базі комутаційного устаткування Industrial Ethernet

Таким чином, з обох диспетчерських через SCADA-систему здійснюється операторський контроль і управління за ходом технологічного процесу. У разі збою забезпечується перехід на резервні канали зв'язку, також інформація може поступати до сусідніх диспетчерських по оптичних каналах зв'язку.

При створенні великих розподілених систем управління (класу DCS, Full Scale) розробникам обов'язково треба організувати взаємодію різних промислових мереж (рисунок 3.15). Так мережі рівня Fieldbus через відповідні шлюзи (gateway) можуть передавати дані в інші мережі, у тому числі і офісні, які побудовані на технології Ethernet. Мережі самого нижнього рівня (AS-i, Bitbus і ін.) взаємодіють з мережами рівня контролю і управління ТП (Profibus, Hart і ін.). Останні передають дані на рівень магістралі, а далі вони можуть передаватися в мережі LAN і WAN.

Для віддаленого з'єднання промислових мереж застосовуються волоконно-оптичні інтерфейси з підтримкою відповідного протоколу.

Як видно з рисунку 3.15 для міжмережної взаємодії треба

застосовувати спеціальні пристрої – мости (bridges) і шлюзи (gateways)

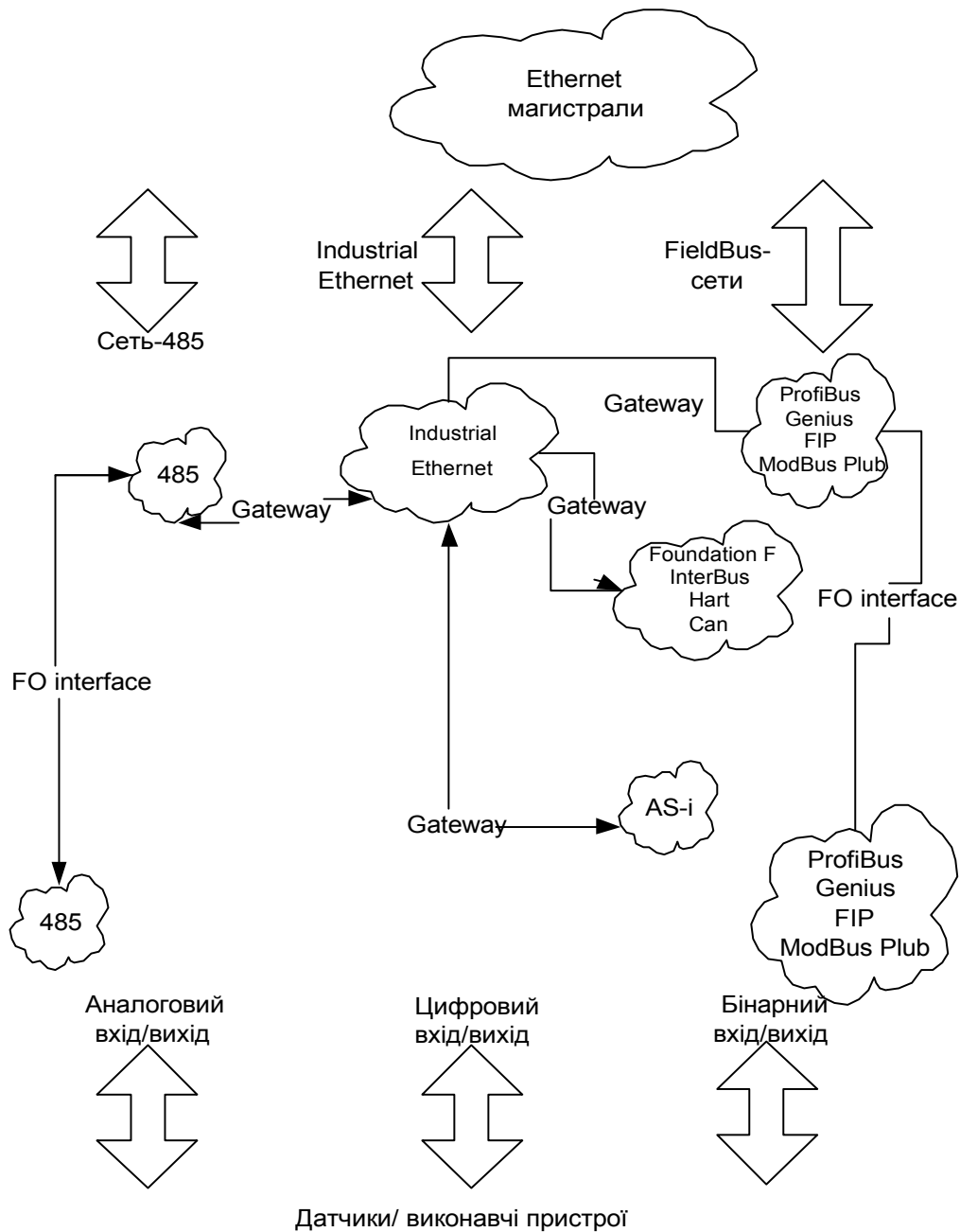


Рисунок 7.15 – Функціональна схема міжмережної взаємодії в великій розподіленій системі управління

Мостом називається пристрій, що з'єднує дві окремі мережі або два сегменти однієї мережі, що використовують однакові протоколи. В термінології OSI міст є системою максимум четвертого транспортного рівня передачі даних. Мости можуть встановлювати з'єднання, передавати дані і фільтрувати пакети, тобто передавати в інші сегменти або мережі тільки частину трафіку на основі інформації канального рівня. Але всю інформацію міст передає "усліпу", оскільки підтримувані їм рівні моделі

OSI не мають механізмів самостійної обробки даних. В цілому, за принципом обробки даних міст нічим не відрізняється від розглянутого вище комутатора (switch). Основна їх відмінність полягає в тому, що комутатор є пристроєм з багатьма портами і, в основному, асоціюється з мережами Ethernet, а міст - частіше всього одноканальний, і як термін ближче користувачам, що працюють з польовими шинами.

Шлюз - це складніший пристрій, який дозволяє об'єднувати різні мережі, одночасно вирішуючи проблеми несумісності фізичних середовищ передачі, відмінності протоколів і систем адресації. Шлюз витягує з посилки потрібну інформацію і повторно упаковує її у формат, діючий на боці одержувача. Повертаючись до розглянутої вище моделі OSI, можна сказати, що шлюзи підтримують дану модель в повному об'ємі – від рівня 1 до рівня 7. Це дозволяє забезпечити повну свободу обміну даними між різними мережами і виключити проблеми несумісності. Використовуючи шлюзи, можна достатньо швидко і просто з'єднати дві різні мережі, наприклад, Ethernet з CANopen, або з Modbus, чи з Profibus.

Як вже було сказано, повноцінний шлюз - це достатньо складний пристрій як з апаратного, так і з програмного боку. З цієї причини виробників подібних пристроїв у всьому світі не так багато - їх можна перерахувати по пальцях.

Одним з таких визнаних світових лідерів в області промислових комунікацій є шведська компанія HMS Industrial Networks AB (торгова марка Anybus) [5]. Її перетворювач Anybus-X може працювати як в режимі мосту, так і в режимі шлюзу. Функціонально перетворювач складається з двох комунікаційних плат Anybus-S, що забезпечує апаратну підтримку мереж, і об'єднуючого їх вбудованого мікрокомп'ютера з ОС реального часу (рисунок 3.16).

Існують три основні варіанти виконання шлюзів Anybus-X:

- Fieldbus-Fieldbus: об'єднання двох промислових мереж з можливістю роботи в режимах Master і Slave;
- Fieldbus-Ethernet: підключення польової шини до мережі Ethernet; вбудований web-сервер дозволяє дістати доступ до даних через стандартний Internet-браузер;
- Fieldbus-Bluetooth&Ethernet: функціонально повторює попередній варіант, але має вбудовану карту Bluetooth, що забезпечує бездротовий доступ до промислової мережі за допомогою ноутбука, мобільного телефону і інших пристроїв, що підтримують технологію Bluetooth.

Так модель *Anybus-X Serial Server* є мостом, орієнтованим на з'єднання пристроїв з портом RS-232 з мережею Ethernet. Дані, що передаються по послідовному порту, формуються в пакеті TCP/IP і передаються в мережу Ethernet. Якщо на іншому кінці лінії зв'язку передбачається використовувати PC-сумісний комп'ютер, можна встановити

спеціальний програмний драйвер, який дозволить сприймати Serial Server як звичайний додатковий COM-порт.

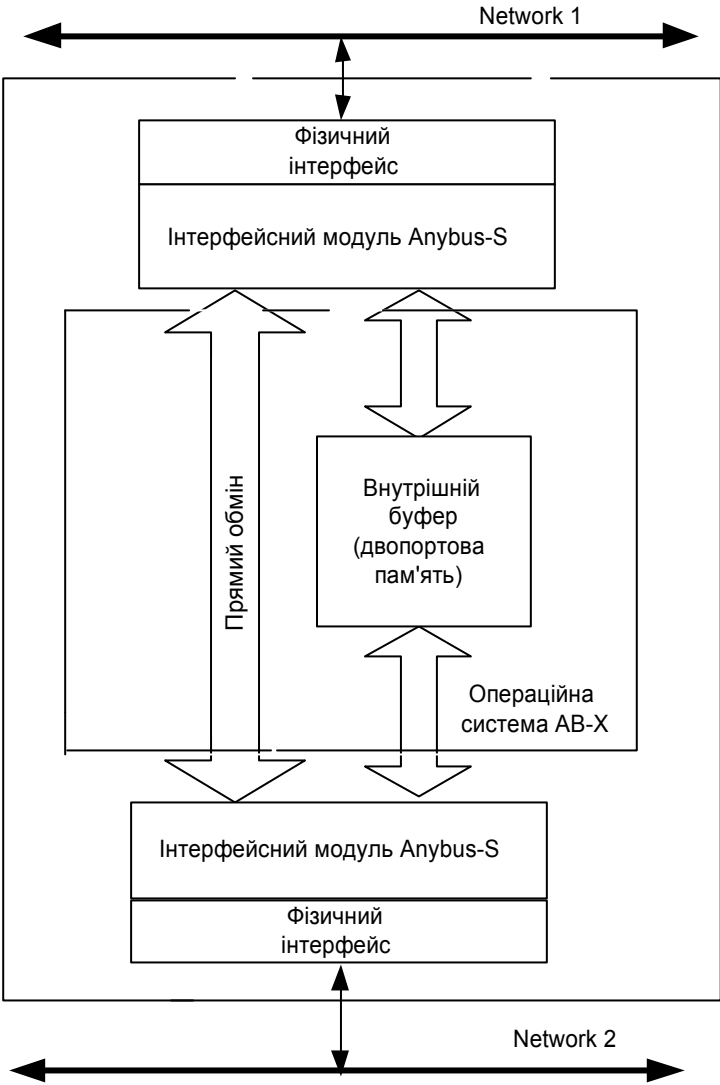


Рисунок 3.16 – Функціональна схема шлюзу Anybus-X

Програмне забезпечення користувача, яке призначене для роботи з послідовними портами, без жодних доробок отримує доступ до віддаленого устаткування через мережу Ethernet. Як приклад застосування можна привести зв'язок з віддаленим принтером, передачу даних на індикаторний пристрій або дистанційне конфігурування/ програмування ПЛК через термінальний порт RS-232.

Якщо встановити програмний драйвер не вдасться (наприклад, при використанні ПЛК), необхідно застосовувати два мости Anybus-X Serial

Server на різних кінцях лінії. В цьому випадку для передачі даних буде використана мережа Ethernet, але на кінцях лінії будуть звичайні порти RS-232.

Узагальнюючи весь розглянутий матеріал можна стверджувати, що на сьогоднішній день мається достатній набір апаратних засобів, за допомогою яких можна простягнути лінію Ethernet з верхнього (офісного) “поверху” КСУ підприємства на нижній — у цех. Виникає наступний питання: як в подальшому оптимально використовувати отриманий інформаційний канал?

Слід відразу зазначити, що можливості безпосереднього підключення окремих кінцевих пристроїв (датчиків та виконавчих пристроїв) до Ethernet поки немає. Це пояснюється кількома обставинами. По-перше, накладні витрати на передачу малого об'єму інформації (1-2 байта) у Ethernet невиправдано високі (мінімальний розмір блоку даних 512 біт). По-друге, при усій своїй економічності Ethernet-рішення поки ще занадто дорогі, якщо застосовувати їх до кожному кінцевого пристрою.

Проте існує кілька системних рішень, що гарантують промислового Ethernet довге і щасливе життя. Насамперед це об'єднання в єдину мережу промислових комп'ютерів, робочих станцій і терміналів, використовуваних як робочі місця технологів і операторів. Це напрямок застосування Ethernet в АСУТП практично нічим (за винятком апаратних засобів) не відрізняється від комплексування IBM PC сумісних комп'ютерів в офісному середовищі. Варто згадати про застосування промислових контролерів, що мають вбудований мережний інтерфейс. Прикладів безліч: Octagon Systems 6225, Fastwel CPU686E, Diamond Prometheus і т.д. Кожний з них може служити обчислювальним ядром системи введення/виведення, що контролює ту чи іншу технологічну ділянку виробництва. З верхнього рівня за допомогою файлового обміну і стандартних протоколів IPX і TCP/IP можуть здійснюватися такі важливі функції, як завантаження програм, налаштування, параметризація, одержання поточних значень, видача команд оператором. Вибір тих чи інших протоколів обміну знаходиться цілком у веденні розроблювача програмного забезпечення верхнього рівня. Найбільш популярним рішенням у даний час є застосування ModBus/TCP.

Наступний напрямок розвитку КСУ ТП на базі Ethernet — розподілені ПЗО з Ethernet-інтерфейсом. Приклад такого рішення був розглянутий на основі серії модулів — ADAM-6000 фірми Advantech (див. вище). Ця серія ПЗО є розвитком широко використовуваної серії ADAM-4000, що підтримує інтерфейс RS-485. Номенклатура модулів (аналогове і дискретне введення/виведення, введення сигналів термопар/RTD, лічильники і т.д.) повторює і розширює серію 4000, а також підтримує стару систему команд у ASCII-форматі, що дозволяє кінцевим користувачам здійснювати модернізацію системи віддаленого збору даних

у мінімальний термін і з мінімальними витратами. Крім того, серія ADAM-6000 підтримує протоколи TCP/IP, UDP/IP, а також стандартний промисловий протокол ModBus/TCP для прямого сполучення із SCADA-системами за допомогою OPC-сервера. Нові ПЗО ідеально підходять для побудови КСУ ТП на базі Internet-технологій, оскільки мають вбудовану підтримку web-сторінок і віддаленого завантаження програмного забезпечення.

Вирішена тепер вже і проблема недетермінованості Ethernet. Перехід від концентраторів (hub) до комутаторів (switch) і від напівдуплексних каналів зв'язку до дуплексного дозволив зняти питання про можливість блокування обміну по мережному каналу через численні колізії інформаційних кадрів. Завдяки своїм «інтелектуальним» можливостям комутатор направляє отриманий інформаційний кадр тільки на те підключення, де реально знаходиться абонент, а не ширококомовно у всю мережу. У результаті загальний об'єм трафіка в мережі багаторазово скорочується. Фактично топологія «загальна шина» на логічному рівні трансформується в топологію «кожний з кожним», забезпечуючи гарантовану доставку даних.

Крім того, одним з основних перешкод до застосування Ethernet в КСУ ТП завжди була невідповідність між конструктивним виконанням апаратних засобів і умовами їхнього застосування в промисловості. Зараз ситуація змінилася: з'явився цілий ряд концентраторів і комутаторів, виконаних відповідно до вимог промислових умов експлуатації. Такі пристрої, зокрема, випускаються фірмами Advantech (ADAM-6510), Hirschmann (Rail-серія) і WAGO (758-500).

Література

1. Наиболее используемой промышленной шиной в 2003 г. во всем мире считается Industrial Ethernet, который с каждым годом становится более распространенным// Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. - №7. – С. 49-51. (про ПЛК Visio 2xx и статистику)
2. Нестерова А. Schneider Electric: будущее автоматизации за Ethernet и Web-технологиями// Мир компьютерной автоматизации. – 2001. - №4. – С.50-51.
3. Кругляк К. Локальные сети Ethernet в АСУТП: быстрее, дальше, надёжнее// Современные технологии автоматизации. – 2003. - №1. – С.6-13.
4. Румянцев Е.Н. Единая концепция создания АСУТП на базе контроллеров от разных изготовителей// Промышленные АСУ и контроллеры. – 2002. - №12. – С. 51-52. (про режим РВ в сети Ethernet и разные ПЛК)
5. Кузьмин Ю.Б. Типовой проект автоматизации технологических процессов на базе технологии Industrial Ethernet// Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. - №1. – С. 14-21. (про структуру большой PCSU и межсетевой обмен)
6. Молчанов А.Ю. Мосты и шлюзы: соединить можно все// Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. - №5. – С.15-18. (про мосты и шлюзы Anybus)