

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 4 вересня 2025 р.
№ 5

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
освітня програма «Комп'ютеризоване управління енергетичними системами»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Рекомендовано на засіданні
кафедри робототехніки,
електроенергетики та
автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
25 серпня 2025 р., протокол № 7

Розробник: старший викладач кафедри робототехніки, електроенергетики та
автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна **БОГДАНОВСЬКИЙ Мартін**

Житомир
2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 2</i>

Державний університет
“Житомирська політехніка”

Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
імені проф. Б.Б. Самотокіна

Основи комп'ютерно-інтегрованого
управління енергетичними системами

Конспект лекцій

Богдановський М.В.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 3

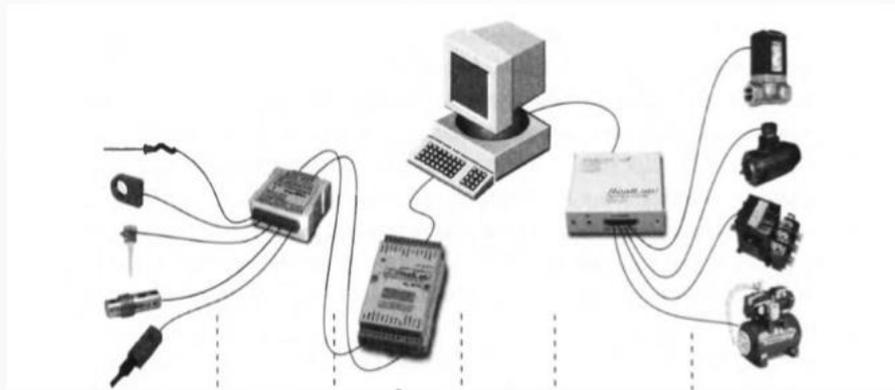
Архітектура та загальні характеристики комп’ ютерно-інтегрованих розподілених систем

Лекція №1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 4

Архітектура комп'ютерно-інтегрованих (КІ) систем управління

- Комп'ютерні системи управління відносяться до класу систем збору і розподілу даних.
- Система збору даних: датчики - АЦП - мікропроцесор (комп'ютер, контролер).
- Система розподілу даних: Мікропроцесор (комп'ютер, контролер). - ЦАП - виконавчі пристрої.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 5

Основні складові частини комп'ютеризованих систем управління

- Датчики (температури, вологості, тиску, потоку, швидкості, прискорення, вібрації, ваги, натягу, частоти, часу, освітленості, шуму, обсягу, кількості теплоти, струму, рівня та ін.) - первинні перетворювачі фізичної величини в електричний сигнал.
- Вимірювальні перетворювачі - забезпечує нормалізацію сигналу датчика (приведення до стандартних діапазонів зміни, забезпечення лінійності, компенсацію похибки, посилення і т.п.). Вимірювальні перетворювачі можуть мати вбудований АЦП або ЦАП, а також мікропроцесор для лінеаризації характеристик датчика і компенсації похибок аналогової частини системи.
- Модулі аналогового вводу - пристрої, призначені для введення в комп'ютер аналогових сигналів. Універсальний - сприймає сигнали напруги в діапазонах ± 150 мВ, ± 500 мВ, ± 1 В, ± 5 В, ± 10 В і струму в діапазоні ± 20 мА. Спеціалізований - наприклад, працює тільки з термопарами і містить вбудовані у внутрішню пам'ять модуля таблиці поправок для компенсації нелінійностей термопар і температури холодного спаю.
- Модулі дискретного введення - не містять АЦП і дозволяють вводити сигнали, які мають два рівня (наприклад, сигнали від кінцевих вимикачів, датчиків відкривання дверей, пожежних датчиків і т. П.). Рівні вхідних сигналів можуть змінюватися в діапазоні, як правило, 0 ... 24 В або 0 ... 220 В.
- Пристрої лічбового введення - мають дискретний вхід і дозволяють вважати кількість або частоту проходження імпульсів. Їх використовують, наприклад, для вимірювання швидкості обертання валу електродвигуна або підрахунку продукції на конвеєрі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 6

Основні складові частини комп'ютеризованих систем управління

- Комп'ютер (контролер) приймає сигнали датчиків, виконує запису в нього програму і видає необхідну інформацію в пристрій виведення. Комунікації між комп'ютером і пристроями введення-виведення виконуються через послідовні інтерфейси, наприклад, USB, CAN, RS-232, RS-485, RS-422, Ethernet або паралельний інтерфейс LPT. Замість комп'ютера або одночасно з ним часто використовують програмований логічний контролер (ПЛК). Типовими відмінностями ПЛК від комп'ютера є спеціальне конструктивне виконання (для монтажу в стійку, панель, на стіну або в технологічне обладнання), відсутність механічного жорсткого диска, дисплея і клавіатури. Останнім часом намілилася тенденція стирання межі між комп'ютером і контролером. З одного боку, контролери дозволяють підключити монітор, миша і клавіатуру, з іншого боку, з'явилася велика кількість промислових комп'ютерів, які мають спеціальне конструктивне виконання та інші властивості, характерні для контролерів.
- Пристрої виведення (модулі виведення) дозволяють виводити дискретні, частотні або аналогові сигнали. Дискретні сигнали використовуються, наприклад, для включення електродвигунів, електричних нагрівачів, для управління клапанами, насосами і іншими виконавчими пристроями. Частотний сигнал використовується зазвичай для управління середньою потужністю пристроїв з великою інерційністю за допомогою широтно-імпульсної модуляції.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 7

Означення та властивості архітектури комп'ютеризованої системи управління

- Архітектура комп'ютерної автоматизованої системи (комп'ютерної системи управління) - це найбільш абстрактне її уявлення, яке включає в себе ідеалізовані моделі компонентів системи, а також моделі взаємодій між компонентами.
- Елементи архітектури знаходяться у взаємозв'язку, утворюючи єдину автоматизовану систему і забезпечуючи рішення поставленого завдання автоматизації на архітектурному рівні. Правильно спроектована архітектура допускає безліч технічних реалізацій шляхом вибору різних компонентів архітектури і методів взаємодії між ними.
- Елементами архітектури є моделі (абстракції) датчиків, пристроїв введення-виведення, вимірювальних перетворювачів, ПЛК, комп'ютерів, інтерфейсів, протоколів, промислових мереж, виконавчих пристроїв, драйверів, каналів передачі інформації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 8

Властивості КІ системи управління

- **слабка зв'язаність елементів архітектури між собою** (тобто декомпозицію системи на частини слід проводити так, щоб потік інформації через зв'язку був мінімальний і через них не замикалися контури автоматичного регулювання);
- **тестуємість** (можливість встановлення факту правильного функціонування);
- **діагностованість** (можливість знаходження несправної частини системи);
- **ремонтпридатність** (можливість відновлення працездатності за мінімальний час при економічно виправданій вартості ремонту);
- **надійність** (наприклад, шляхом резервування);
- **простота обслуговування і експлуатації** (мінімальні вимоги до кваліфікації і додаткового навчання експлуатує персоналу);
- **безпека** (відповідність вимогам промислової безпеки і техніки безпеки);
- **захищеність системи від вандалів і некваліфікованих користувачів**;
- **економічність** (економічна ефективність в процесі функціонування);
- **модифікуємість** (можливість перенастроювання для роботи з іншими технологічними процесами);
- **функціональна розширюваність** (можливість введення в систему додаткових функціональних можливостей, не передбачених в технічному завданні);
- **нарощуваність** (можливість збільшення розміру автоматизованої системи при збільшенні розміру об'єкта автоматизації);
- **відкритість**;
- **можливість реконфігурування** системи для роботи з новими технологічними процесами;
- **максимальна тривалість життєвого циклу** системи без істотного морального старіння, що досягається шляхом періодичного поновлення апаратних і програмних компонентів, а також шляхом вибору довгоживучих промислових стандартів;
- **мінімальний час на монтаж і пуско-наладку** (розгортання) системи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 9

Типові задачі автоматизації з використанням КІ систем

- Архітектура системи може бути різною в залежності від розв'язуваної задачі автоматизації. Такими завданнями можуть бути:
- моніторинг (тривалі вимірювання і контроль з архівуванням отриманої інформації);
- автоматичне керування (в системі зі зворотним зв'язком або без неї);
- диспетчерське управління (управління за допомогою людини-диспетчера, який взаємодіє з системою через людино-машинний інтерфейс);
- забезпечення безпеки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 10

Види декомпозиції систем

- Побудова будь-якої АСУ починається з декомпозиції (поділу на частини) системи на підсистеми. Декомпозиція може бути функціональною (алгоритмічною) або об'єктною.
- При **об'єктній декомпозиції** використовуються розподілені системи управління, коли кожен об'єкт автоматизації обладнується локальним технологічним контролером, вирішальним завдання в межах цього об'єкта.
- При **функціональній декомпозиції** систему автоматизації ділять на частини, групуючи подібні функції, і для кожної групи функцій використовують окремий контролер. Обидва види декомпозиції можуть бути використані спільно. Вибір способів декомпозиції є творчим процесом і багато в чому визначає ефективність майбутньої системи.
- Незалежно від методу декомпозиції, основним її результатом має бути подання системи у вигляді набору слабо пов'язаних частин. Слабкий зв'язок між частинами системи означає відсутність між ними зворотного зв'язку або трохи модуля петлевого посилення при наявності таких зв'язків, а також відсутність інтенсивного обміну інформацією.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 11

Принципи розподіленого управління системою

- До розподілення управління спонукають: зростання кількості датчиків, збільшення площі території, на якій розташована автоматизована система, ускладненням алгоритмів управління
- Розподілені системи формуються через територіальне рознесення контролерів і модулів вводу-виводу.
- Кожен контролер працює зі своєю групою пристроїв введення-виведення і обслуговує певну частину об'єкта управління.
- Максимальні переваги розподіленої системи досягаються, коли контролери працюють автономно, а обмін інформацією між ними зведений до мінімуму.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 12

Переваги розподілених систем

- більша швидкодія завдяки розподілу завдань між паралельно працюючими процесорами;
- підвищена надійність (відмова одного з контролерів не впливає на працездатність інших);
- більша стійкість до збоїв;
- більш просте нарощування або реконфігурування системи;
- спрощену процедуру модернізації;
- більша простота проектування, налаштування, діагностики та обслуговування завдяки відповідності архітектури системи архітектурі об'єкта управління, а також відносній простоті кожного з модулів системи;
- поліпшена стійкість і точність завдяки зменшенню довжини ліній передачі аналогових сигналів від датчиків до пристроїв введення;
- менший обсяг кабельної продукції, знижені вимоги до кабелю і більш низька його вартість;
- менші витрати на монтаж і обслуговування кабельного господарства

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 13

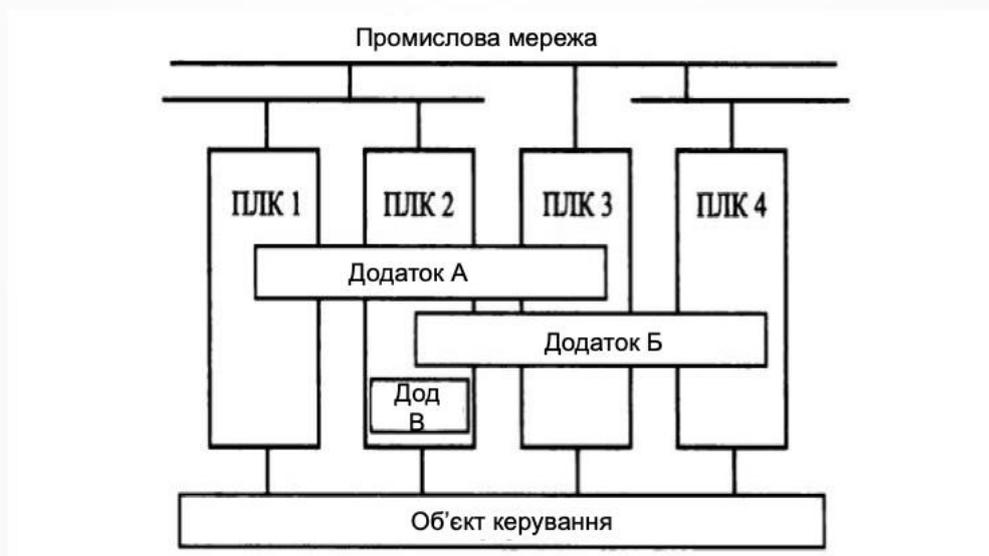
Стандарт МЕК 61499

- Для ефективного проектування розподілених систем автоматизації необхідні суворі методи їх опису. Необхідно також забезпечити сумісність і взаємозамінність між собою всіх пристроїв, що входять в систему і що випускаються різними виробниками. Для цих цілей був розроблений міжнародний стандарт МЕК 61499 «Функціональні блоки для індустріальних систем управління». Він використовує три рівня ієрархії моделей при розробці розподілених систем: модель системи, модель фізичних пристроїв і модель функціональних блоків. Моделі всіх рівнів відповідно до стандарту подаються у вигляді функціональних блоків, які описують процес передачі та обробки інформації в системі.
- Особливістю функціональних блоків стандарту МЕК 61499 є те, що вони враховують не тільки традиційне ініціювання виконання алгоритму за допомогою тактування або тимчасового розподілу, а й за ознакою настання деяких подій (подієвий управління). Подієве управління є більш загальним, а тактування можна розглядати як його окремий випадок, що полягає в періодичному появі одного і того ж події (сигналу тактування).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 14

Фізична модель розподіленої системи

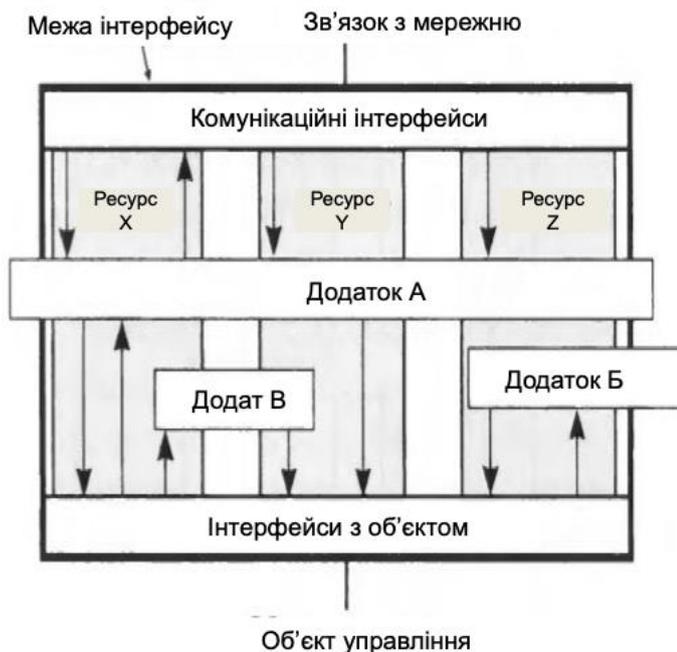
- Модель розподіленої системи автоматизації відповідно до стандарту МЕК 61499 може бути представлена як набір фізичних пристроїв (наприклад, ПЛК), які взаємодіють між собою за допомогою однієї або декількох промислових мереж.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 15

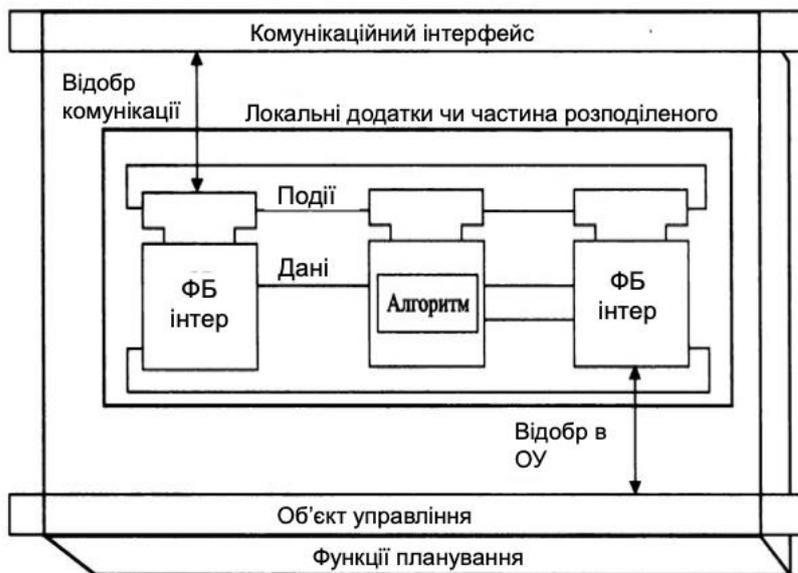
Модель фізичного пристрою

- Кожний фізичний пристрій в розподіленій системі повинен містити принаймні один інтерфейс до об'єкта управління або до промислової мережі і може містити кілька (в тому числі нуль) ресурсів.



Модель ресурсу

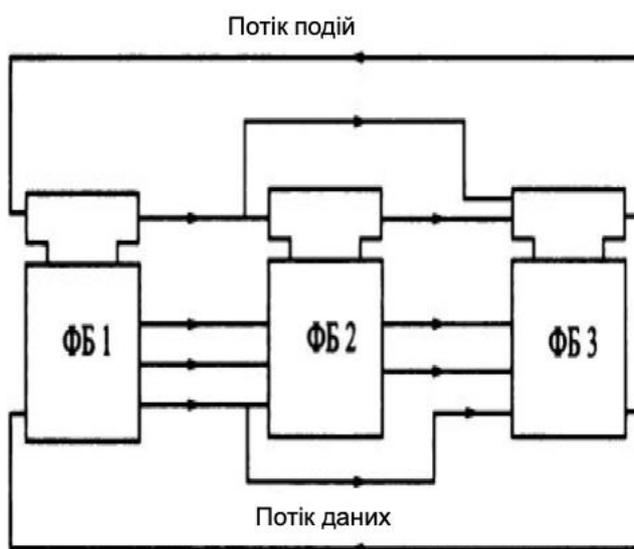
- Ресурс - функціональна одиниця, яка міститься в пристрої (наприклад, в ПЛК), має незалежне управління своїми операціями і забезпечує різні сервісні функції (сервіси) для програмного забезпечення. Ресурс може бути створений, налаштований, параметризований, стартував, вилучений і т.п. без впливу на інші ресурси пристрою.
- У функції ресурсу входить прийом даних або подій від об'єкта управління або комунікаційного інтерфейсу, обробка даних і подій і повернення даних і подій в процес або промислову мережу, відповідно до алгоритму роботи програмного забезпечення, що використовує даний ресурс.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 17

Модель програмного додатку

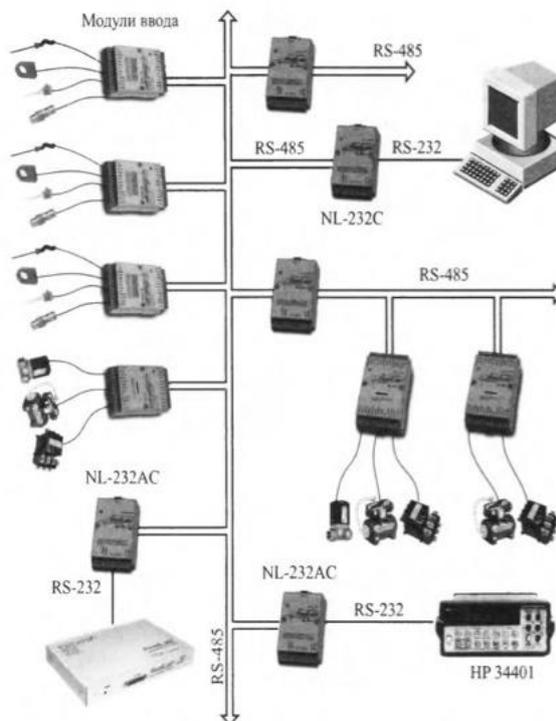
- Програмний додаток складається з мережі функціональних блоків, гілок які переносять дані і подій.
- Потік подій визначає виконання алгоритмів, що містяться в функціональних блоках. До складу функціональних блоків можуть входити і інші програмні додатки.
- Програмні додатки можуть бути розподілені між кількома ресурсами в одному або в декількох пристроях (ПЛК). Ресурс реагує на події, що надходять з інтерфейсів, наступними способами:
 - плануванням і виконанням алгоритму;
 - модифіцированием змінних;
 - генерацією відповідних подій;
 - взаємодією з інтерфейсами.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 18

Архітектура системи КІ управління із загальною шиною

- Для того щоб отримати дані з модуля або контролера, комп'ютер (або контролер) посилає в шину його адресу і команду запиту даних. Мікропроцесор, що входить до складу кожного модуля або контролера, звіряє адреса на шині з його власною адресою, записаним в ПЗУ, і, якщо адреси співпадають, виконує наступну за адресою команду. Команда дозволяє вважати дані, що надходять на вхід пристрою, або встановити необхідні дані на його виході.
- Додаткові проблеми:
- необхідність адресації пристроїв,
- необхідність очікування в черзі.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 19

Багаторівнева архітектура КІ управління

- Така архітектура автоматизованої системи зручна при колективній роботі з системою автоматизації або для зв'язку технологічного рівня АСУ з управлінським. Доступ будь-якого комп'ютера мережі до пристроїв введення-виведення або контролерів здійснюється за допомогою OPC-сервера).
- Основою програмного забезпечення, встановленого на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети - програмні засоби диспетчерського управління та збору даних. У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, які генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах стандарту MEK 61131-3.
- Системи управління з багаторівневою архітектурою зазвичай будуються по об'єктному принципу.

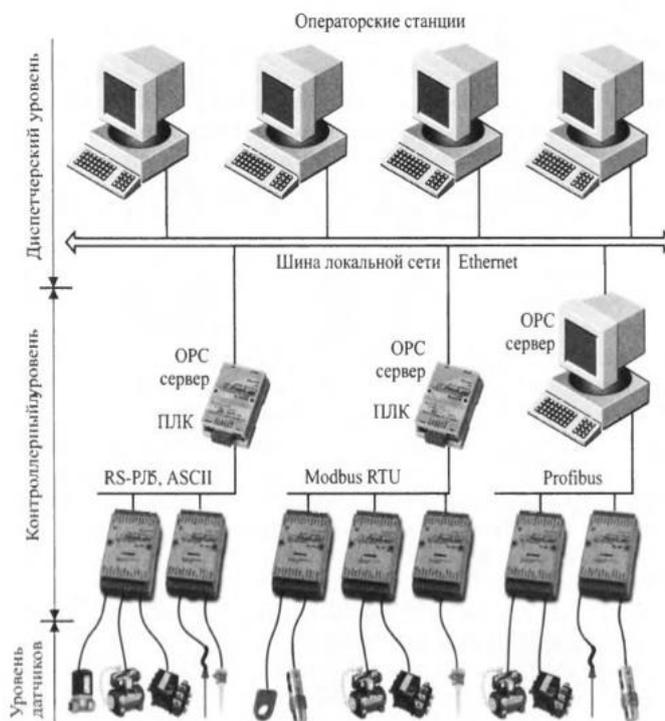


Рис. 1.8. Типова сучасна розподілена система автоматизації, включаюча

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 20

Ієрархія автоматизованих систем управління



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 21

Нижні рівні ієрархії

- Нульовий рівень включає в себе датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиску, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, релепускателі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи та ін. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси типу AS-інтерфейс (ASI), 1-Wire або CAN, HART і ін. Морально застарілими інтерфейсами нульового рівня є аналогові інтерфейси 4 ... 20 мА, 0 ... 20 мА (струмова петля), 0 ... 5 В і ін. В нині намітилася стійка тенденція до викорис тання інтелектуальних датчиків, які мають цифровий інтерфейс, вбудований мікроконтролер, пам'ять, мережеву адресу і виконують автоматичне калібрування і компенсацію нелінійностей датчика. Інтелектуальні датчики в межах мережі повинні мати властивість взаємозамінності, зокрема мати один і той же протокол обміну і фізичний інтерфейс зв'язку, а також нормовані метрологічні характеристики і можливість зміни адреси перед заміною датчика.
- Перший рівень складається з програмованих логічних контролерів і модулів аналого-цифрового і дискретного введення-виведення, які обмінюються інформацією з промислової мережі (Fieldbus) типу Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus і ін. Іноді модулі введення-виведення виділяють в окремий рівень ієрархії.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 22

Верхні рівні ієрархії

- Другий (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій - комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (CMI, HMI - Human Machine Interface), найбільш поширеними варіантами якого є SCADA-пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління ним за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівування зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної та технологічної сигналізації, сигнали спрацьовування пристроїв протиаварійних захистів, а також виконує частину алгоритмів управління технологічним процесом. Завдяки об'єднанню диспетчерських комп'ютерів в мережу спостереження за процесами може бути виконано з будь-якого комп'ютера мережі, але управління, щоб уникнути конфліктів, допускається тільки з одного комп'ютера або функції управління поділяються між декількома комп'ютерами. Права операторів встановлюються засобами обмеження доступу мережевого сервера. Важливою частиною другого рівня є також бази даних реального часу, є сховищами інформації та засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління.
- Третій рівень (рівень управління цехом) з'являється як засіб інтеграції системи АСУ ТП з АСУП - автоматизованою системою управління підприємством. АСУП в залежності від розмірів корпорації може включати ще більш високий (четвертий) рівень та забезпечувати інтеграцію з вищим керівництвом, яке може бути розташоване в різних країнах і на різних континентах земної кулі. На рівні АСУП вирішуються наступні завдання:
 - ERP - планування ресурсів підприємства;
 - MRP - планування ресурсів технологічних підрозділів підприємства;
 - MES - управління виробничими ресурсами;
 - HRM - управління людськими ресурсами;
 - EAM - управління основними фондами, технічним обслуговуванням і ремонтами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 23

Застосування технологій Internet

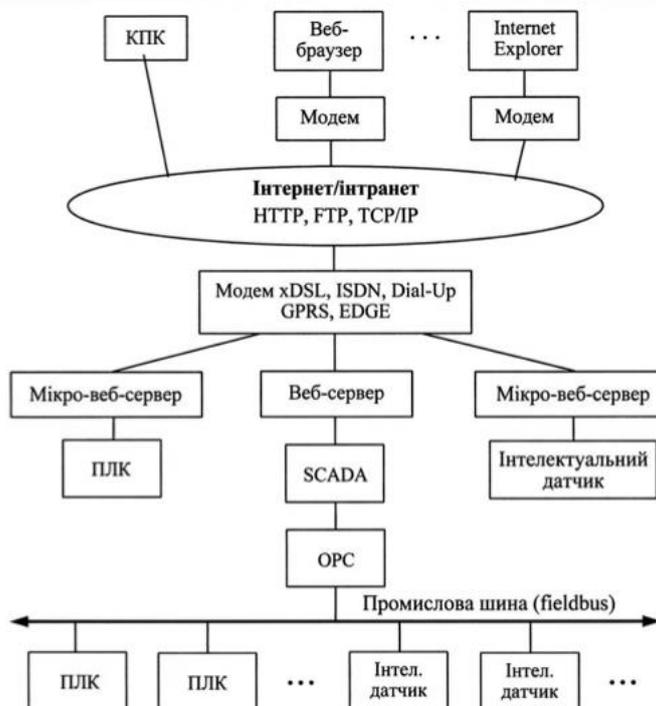
- Коли частина компонентів системи автоматизації виходить за межі локальної мережі і переходить на рівень глобальної мережі WAN, вартість каналів зв'язку різко зростає внаслідок високих тарифів на дальній телефонний зв'язок. У цих умовах найбільш економічно вигідним виявляється застосування Інтернету.
- Другою істотною перевагою застосування Інтернет-технологій в АСУ ТП є можливість використання на комп'ютері диспетчера будь-якого веб-браузера.
- Управління та моніторинг через Інтернет привабливіше тим, що можуть здійснюватися з будь-якої точки земної кулі за допомогою комп'ютера або мобільного телефону (комунікатора).
- Недоліки: Інтернет має низьку надійність і погану захищеність від несанкціонованого доступу.
- Найбільш безпечним застосуванням Інтернету є системи моніторингу, наприклад публікація на веб-сторінці інформації про параметри технологічного процесу, дії оператора, а також зведених звітів і графіків без впливу на сам технологічний процес.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 24

Використання мікро-web серверів

- Веб-сервери для Інтернету зазвичай розташовуються на потужних комп'ютерах і містять жорсткі диски великої ємності.
- Однак для віддаленого управління в АСУ ТП часто досить мати на сервері всього одну нескладну веб-сторінку. Для цієї мети використовують мікро-веб-сервери (вбудовуються веб-сервери, Embedded Web Server), виконані у вигляді мікросхеми, яка розташовується на друкованій платі ПЛК або інтелектуального датчика.
- Кожен мікро-веб сервер доступний за своєю Інтернет-адресою.
- У попередні роки проблемою технічної реалізації мікро веб-серверів була необхідність великої обчислювальної потужності для реалізації протоколу TCP / IP. В даний час з'явилися дешеві однокристальних мікроконтролери фірм Crystal Semiconductor, Winbond, Realtek з вбудованою реалізацією протоколу TCP / IP. Це дозволило застосовувати веб-сервери навіть всередині датчика. Технологію застосування мікро-веб-серверів називають «вбудованим Інтернетом» (Embedded Internet).

Узагальнена архітектура АСУ + Internet



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 26</i>

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 27

Промислові мережі та інтерфейси

Лекція №2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 28

Характеристика промислових мереж

- Захист від пилу та вологи (IP 54 и вище)
- Температурний діапазон -40 +70 С
- Захист роз'ємів від випадкового від'єднання
- Захист від електромагнітних завад в широкому спектрі
- Резервування каналів передачі даних, стійкість до збоїв та можливість автоматичного відновлення передачі даних
- Передача даних на великих відстанях

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 29

Технології реалізації віддалених мереж

На базі Ethernet та Internet

- LAN — локальні мережі для організації обміну на території підприємства
- MAN — мережі рівня місто, що дозволяють поєднувати мережі підрозділів підприємств
- WAN — мережі світового масштабу з можливістю поєднання територіально віддалених мереж

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 30

Поєднання мереж та їх КОМПОНЕНТІВ

Інтерфейс — фізична чи логічна межа між пристроєм та середовищем передачі даних

- CAN
- HART
- Ethernet
- RS-485, RS-232, RS-422
- AS тощо

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 31

Можливість обміну даними

Протокол — набір правил для забезпечення передачі даних (структура, система команд, режим обміну)

- Реалізується:
- Апаратно
- Програмно
- Програмно-апаратно

Стек протоколів — набір протоколів для різних пристроїв, що взаємодіють у мережі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 32

Мережеві моделі взаємодії

- Клієнт — сервер. Одночасна активність множини пристроїв у сеансі зв'язку. Можливість роботи декількох серверів, що надають сервіс декільком клієнтам. Ефективна при детермінованому характері подій.
- Видачник — підписник. У мережі віщає один пристрій-видачник а інші — підписники прослуховують інформацію на попередньо сформованими запитами (тегами) на початку сеансу зв'язку. Ефективна при визначених типах інформації у сеансі з'язку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 33

Роль пристроїв в ініціації передачі даних

- Ведучий (master) — пристрій, що ініціює передачу даних
- Відомий (slave) — пристрій, що відповідає на ініціалізацію передачі даних.

Допускається організація одномастерних та багатомастерних мереж.

- Клієнт — ведучий, сервер — відомий.
- Видає при роздачі тегів — ведучий, у сеансі передачі даних - відомий

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 34

Режими передачі даних

- Широкоповіщувальний режим — передача повідомлення усім пристроям мережі безадресно
- Одно абонентський режим — передача даних конкретному пристрою за адресою
- Багато абонентський режим — передача даних декільком пристроям одночасно за адресами

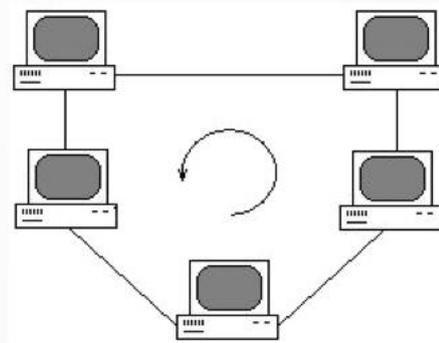
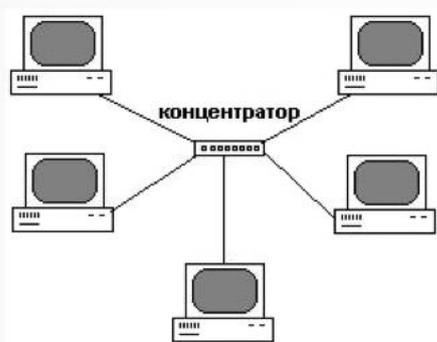
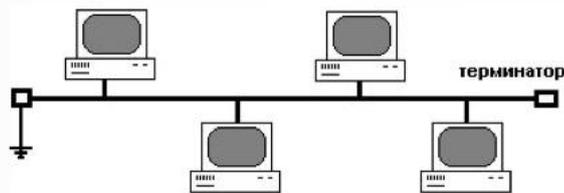
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 35

Типи даних каналів передачі

- Сигнал — короткотривалий у використанні каналу передачі з необхідністю швидкої доставки
- Команди — передається один раз з високою надійністю, ініціює дію у системі
- Стан — відображає зміну поточних процесів та має низький пріоритет у передачі
- Подія — є результатом досягнення межових значень та потребує гарантованої у часі доставки
- Запрос — команда ініціації відповіді чи обробки даних

Топологія мереж

- Зірка
- Кільце
- Шина



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 37

Параметри промислових мереж

- Час реакції — час між запитом та відповіддю
- Пропускна здатність — кількість інф-ії (біти) за секунду
- Коефіцієнт готовності — $T_{нар.о}/(T_{нар.о} + T_{вост.})$
- Ймовірність та час доставлення повідомлення
- Безпека та відмовостійкість передачі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 38

Еталонна модель OSI

Open system interconnection

Номер рівня	Назва рівня	Протокол	Приклади	Одиниця обміну (PDU)
7	Прикладний	Прикладний протокол	FTP, HTTP, SMTP	APDU, повідомлення
6	Рівень представлення	Протокол рівня представлення	SSL	PPDU
5	Сеансовий	Сеансовий протокол	—	SPDU
4	Транспортний	Транспортний протокол	TCP, UDP, SPX	TPDU
3	Мережевий	Мережевий протокол	IP, IPX	Пакет
2	Канальний (передачі даних)	Протокол каналного рівня	—	Кадр
1	Фізичний	Протокол фізичного рівня	—	Біт

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 39

Фізичний та каналний рівні OSI

- Фізичний рівень — гарантує можливість передачі даних між приймачем та передавачем на рівні біта шляхом модуляції, фільтрації, синхронізації по фронтах, узгодження рівнів
- Канальний рівень — забезпечує контроль доступу до лінії та формування кадру (набору бітів) з контролем колізії кодової посилки (контрольна сума)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 40

Мережевий та транспортний рівні OSI

- Мережевий рівень — забезпечує маршрути передачі даних між пристроями з урахуванням трафіку та пріоритетів посилки, реалізує сегментацію пакетів даних
- Транспортний — забезпечує адресацію, пакетування, буферизацію, рівень якості передачі та формування пріоритетів, виявлення та усунення колізій

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 41

представлення прикладний рівні OSI

- Сеансовий рівень — забезпечує режим зв'язку (дуплексний, напівдуплексний), сегментує довгі повідомлення, формує черги повідомлень
- Рівень представлення — кодування та захист інформації логічного рівня. ASCII, SSL тощо.
- Прикладний рівень реалізує об'єктну модель доступу до вайлових систем і пам'яті через стандартні протоколи. HTTP, FTP, SMTP, POP тощо

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 42

Критика моделі OSI

- Застарілість — пізно вийшла на ринок, коли виникли редуковані протоколи (TCP/IP)
- Погана технологія та реалізація — занадто складна та збиткова, складно масштабована
- Політичне забарвлення — штучно просувалась на ринок асоціацією та великими розробниками на ринку США та Європи. Протекціонізм мав погані наслідки

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 43</i>

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 44

Інтерфейси промислових мереж

Лекція №3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 45

Інтерфейс RS-485

Переваги та особливості

- Двосторонній обмін даними по витій парі дротів
- Робота з декількома трансиверами на одній лінії — побудова мережі
- Довга лінія зв'язку
- Відносно висока швидкість передачі даних

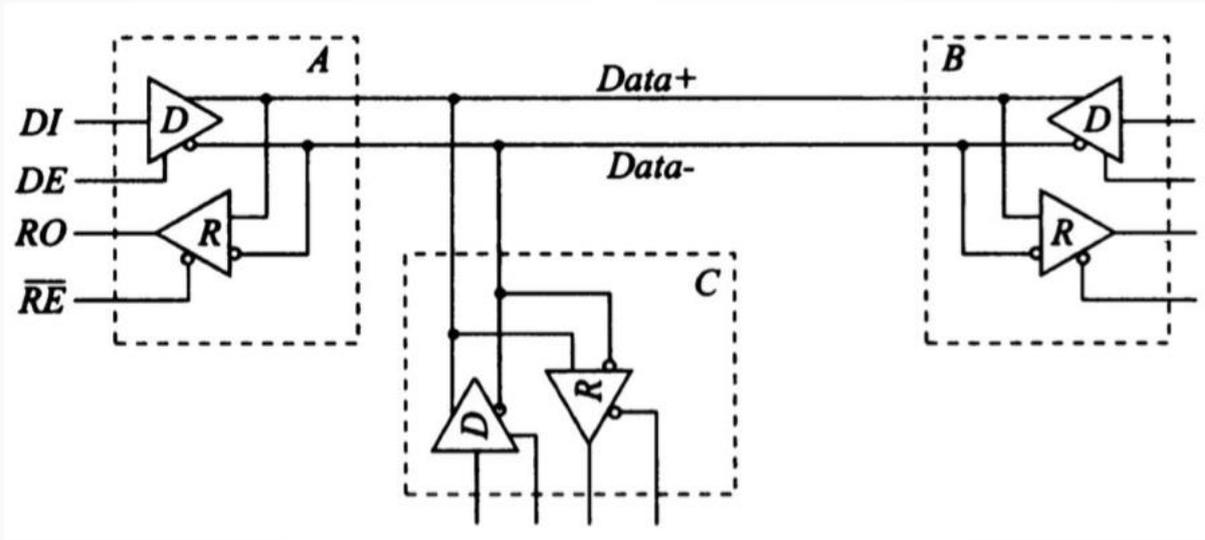
Використовується Modbus Profibus DP, Arcnet, Bitbus тощо

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 46

Принципи побудови RS-482

- Диференційний спосіб передачі даних (Data+ і Data- відносно “землі”)
- Кожна лінія відносно землі має розкид потенціалів -7 +12В
- Розрізнення логічної “1” в межах +200мВ + 12В
- Розрізнення логічного “0” в межах -200мВ -7В
- Різниця між Data+ і Data- не менше 1.5В
- Максимальна довжина лінії зв'язку 1200м
- Симетрія Data+ і Data- та віта пара прибирають похибки лінії

схема RS-485



Високоємнісний стан трансивера

- Реалізує запирання каналу передатчика для обміну даними в напівдуплексному режимі сигналом DE (з боку мережі ініціюється сигналом RTS)

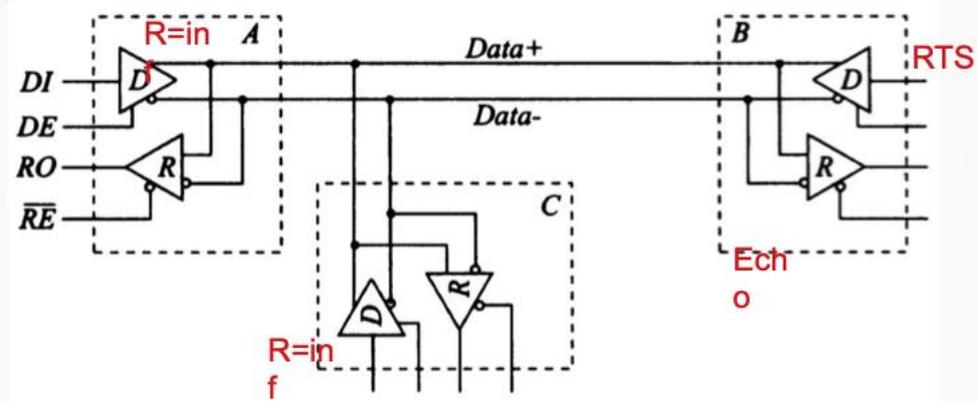
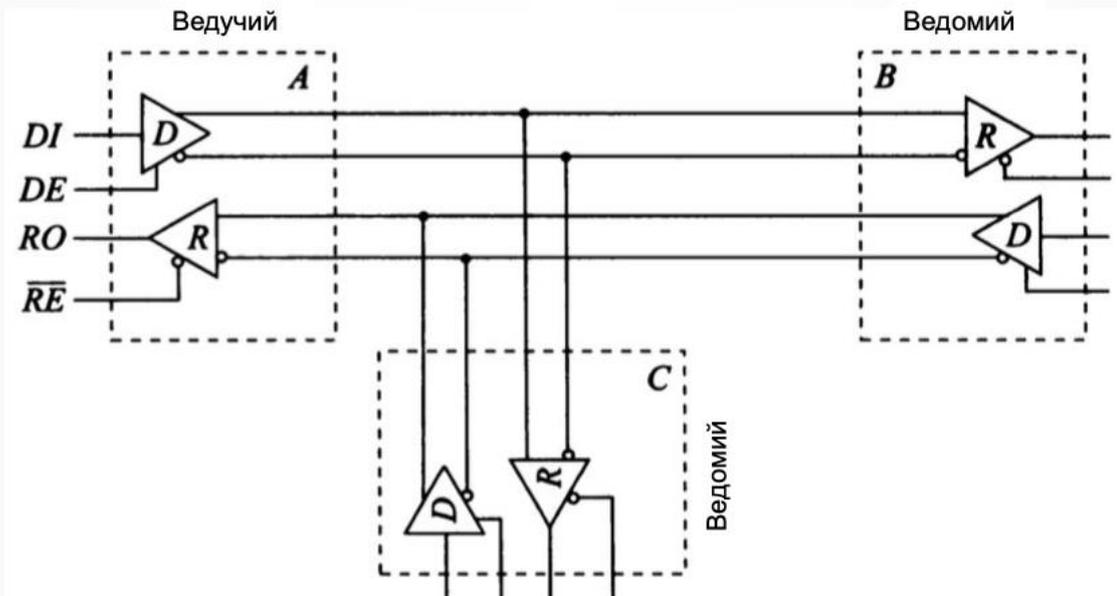


схема RS-485

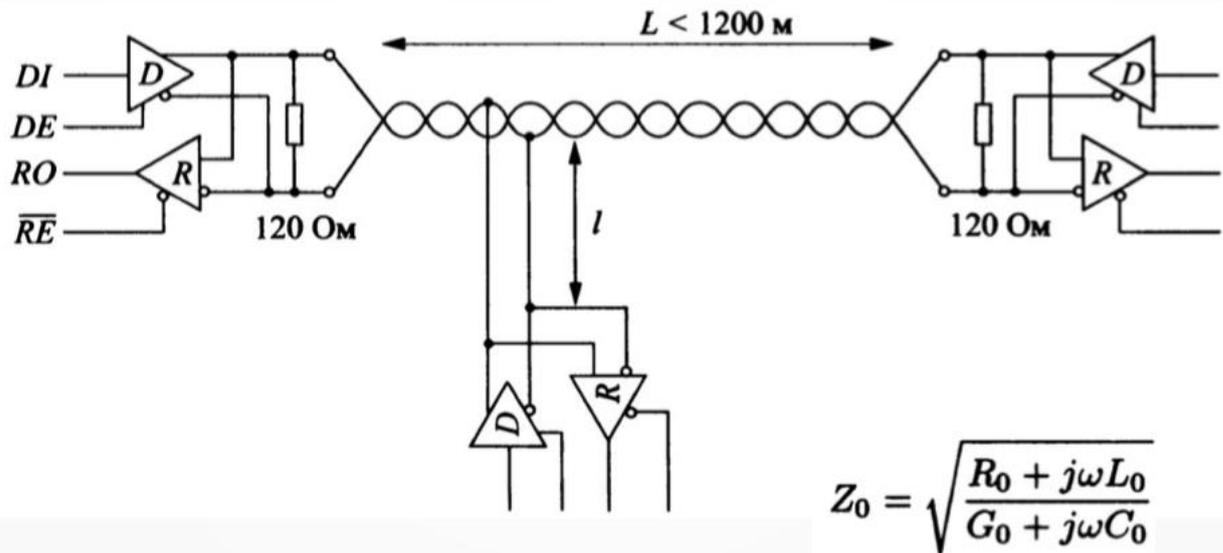


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 50

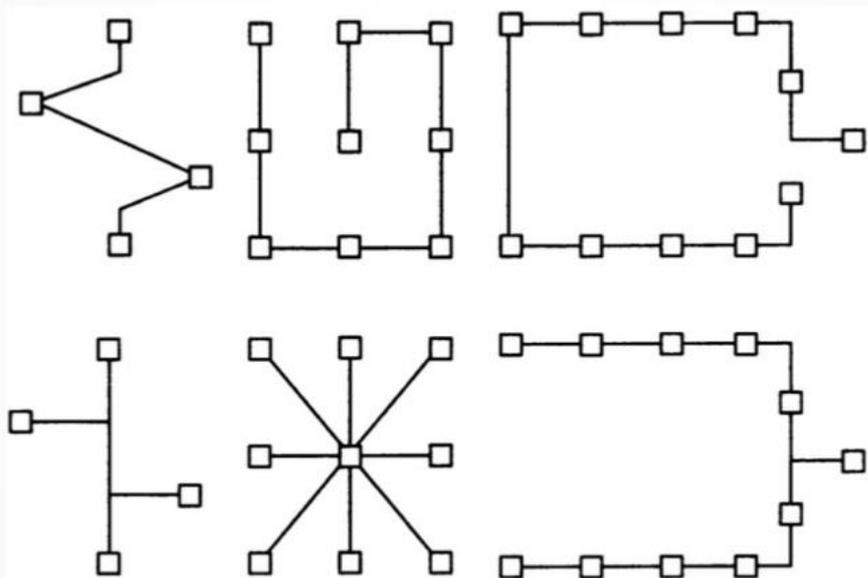
Параметри інтерфейса RS-485

Параметр	Мінімум	Максимум	Умова
Вихідна напруга передавача, В:			Rнагр=0 Ом
без навантаження	1,5...-1,5	6...-6	Rнагр=54 Ом
з навантаженням	1,5...-1,5	5...-5	
Струм короткого замикання передавача, мА	—	±250	Коротке замикання виходу на джерело живлення +12 В або на -7 В
Тривалість переднього фронту імпульсів передавача, % від ширини імпульсу	—	30	Rнагр=54 Ом; Cнагр=5 пФ
Синфазна напруга на виході передавача, В	-1	3	Rнагр=54 Ом
Чутливість приймача, мВ	—	±200	При синфазній напрузі від -7 до +12 В
Синфазна напруга на вході приймача, В	-7	+12	
Вхідний опір приймача, кОм	12	—	
Максимальна швидкість передачі, кбіт/с, для кабелю довжиною:			
12 м	10	—	
1200 м	100	—	

опору на термінальних резисторах



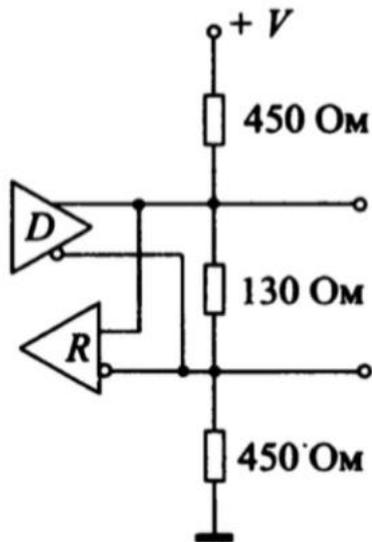
Топологія RS-485



32
пристрої

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 53

невизначеності на лінії та наскрізні струми



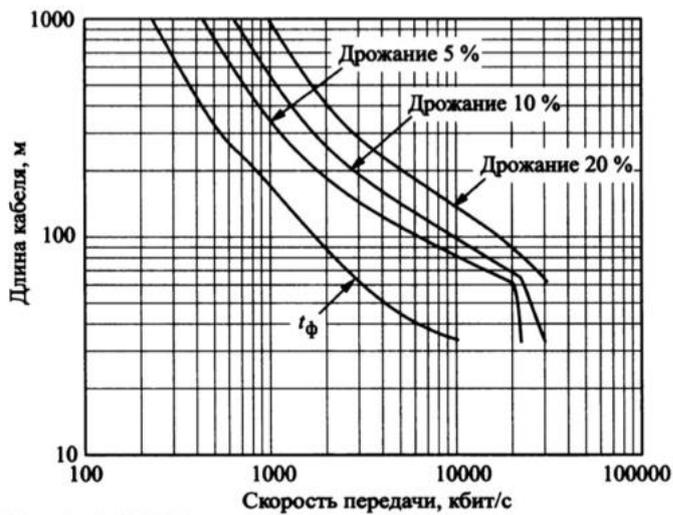
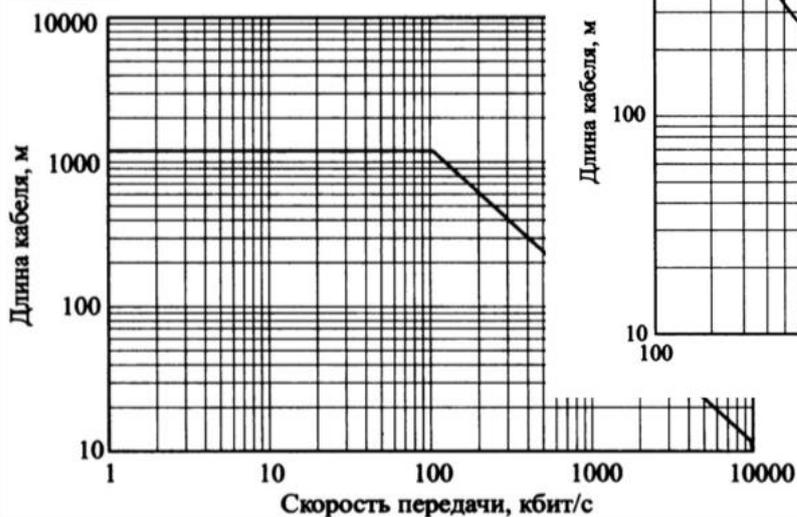
Стан невизначеності виникає, якщо всі передавачі опиняються у високоемпідансному стані. Для подання даного стану необхідно забезпечити поріг від "землі" понад +/-200 мВ

Наскрізні струми виникають при одночасній роботі двох передавачів на лінії. Через них протікає великий струм, що може ушкодити трасивери в лінії.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 54

Вибір кабелю для RS-485

$Z_0 = 120 \text{ Ом}$



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 55

Інтерфейси RS-232 RS-422

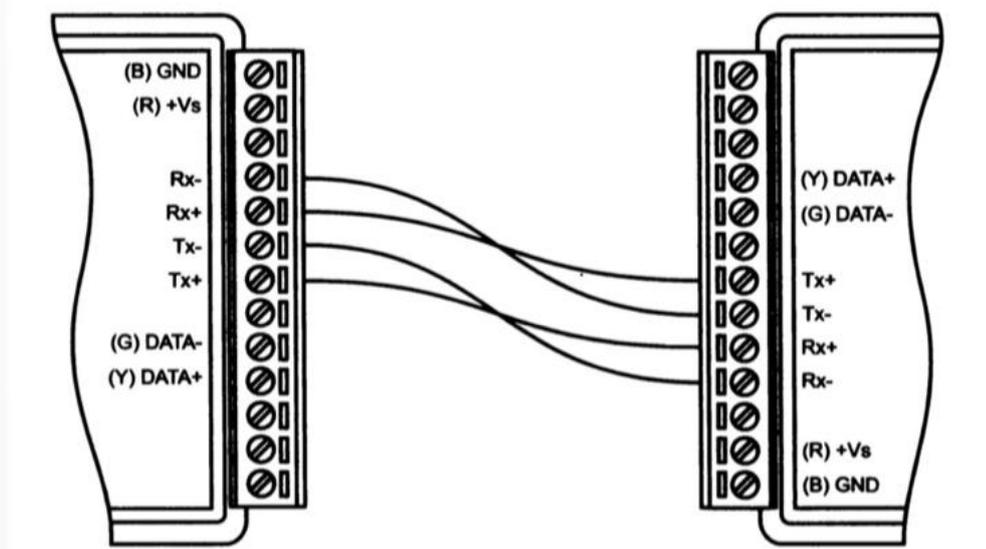
Параметр	RS-232	RS-422	RS-485
Спосіб передачі сигналу	Однофазний	Диференціальний	Диференціальний
Максимальна кількість приймачів	1	10	32
Максимальна довжина кабелю, м	15	1200	1200
Максимальна швидкість передачі, Мбіт/с	0,460	10	30*
Синфазна напруга на виході, В	±25	-0,25--+6	-7--+12
Напруга в лінії під навантаженням, В	±5-±15	±2	±1,5
Імпеданс навантаження, Ом	3000...7000	100	54
Струм витоку в «третьому» стані, мкА	—	—	±100
Допустимий діапазон сигналів на вході приймача, В	±15	±10	-7--+12
Чутливість приймача, В	±3	±0,2	±0,2
Вхідний опір приймача, кОм	3...7	4	≥12

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 56</i>

Дякую за увагу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 57

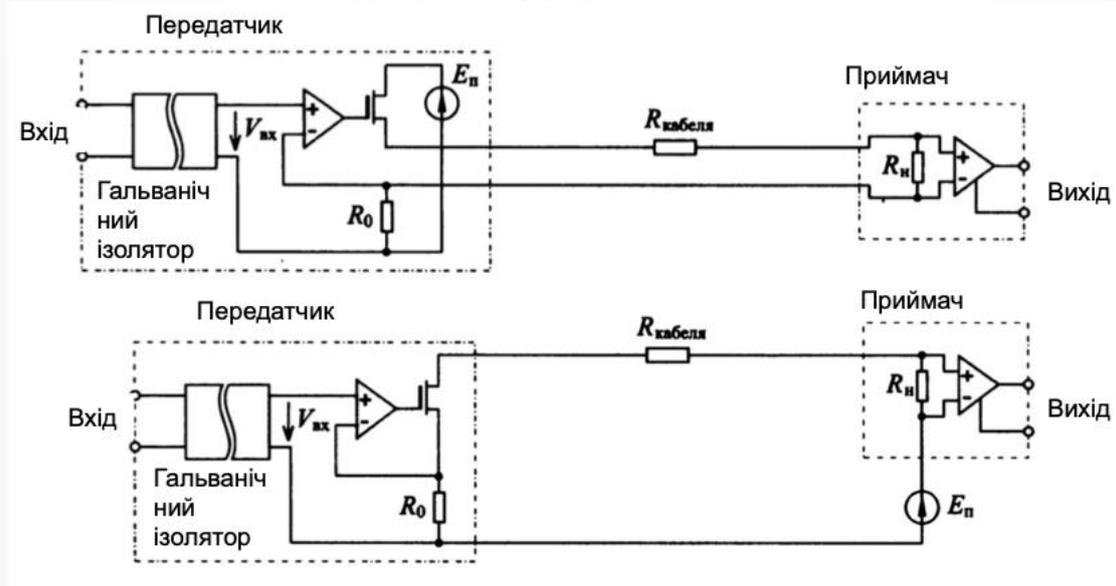
Підключення інтерфейсів RS-232 RS-422



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 58

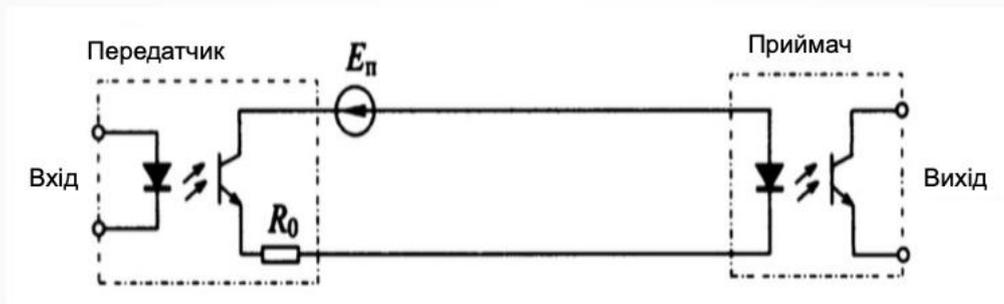
Інтерфейс “струмова петля”

Джерело струму 60mA, 20mA, 4..20mA

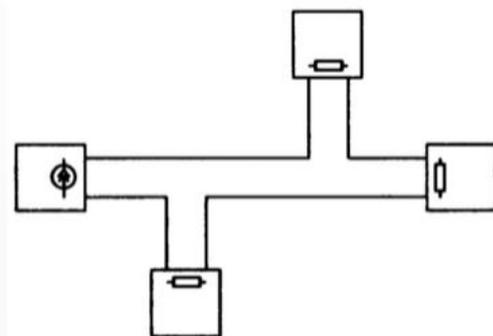


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 59

Цифрова “струмова петля”



Підключення декількох приймачів

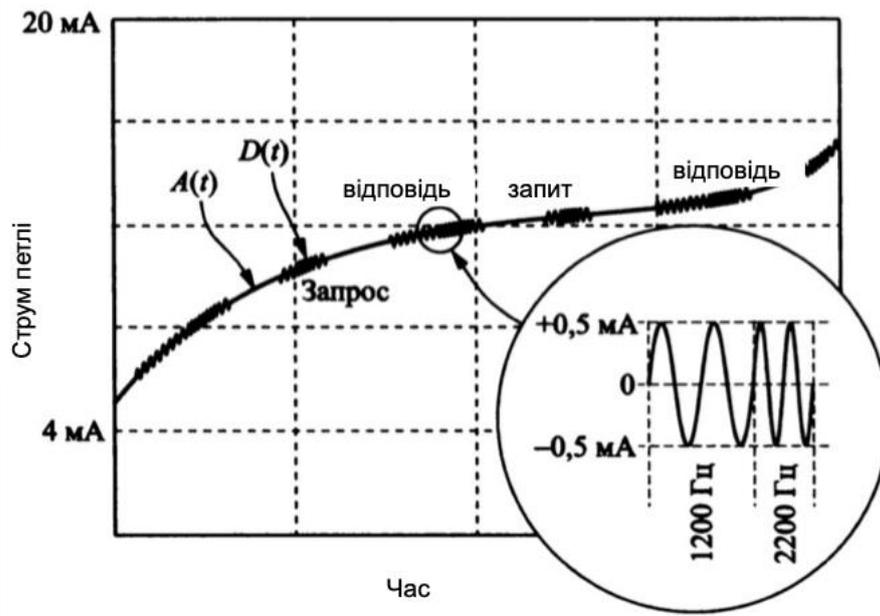


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 60

НART протокол на інтерфейсі “струмова петля”

Рівень	Реалізація в HART-протоколі
7 (Прикладний)	HART-команди, відповіді оператора, типи даних.
2 (Канальний)	Визначає логіку «ведучий/ведений», контроль парності та перевірку контрольних сум.
1 (Фізичний)	Накладення цифрового частотно-модульованого (ЧМ) сигналу на аналоговий струм 4...20 мА; мідна вита пара.

Частотна модуляція за HART протоколом

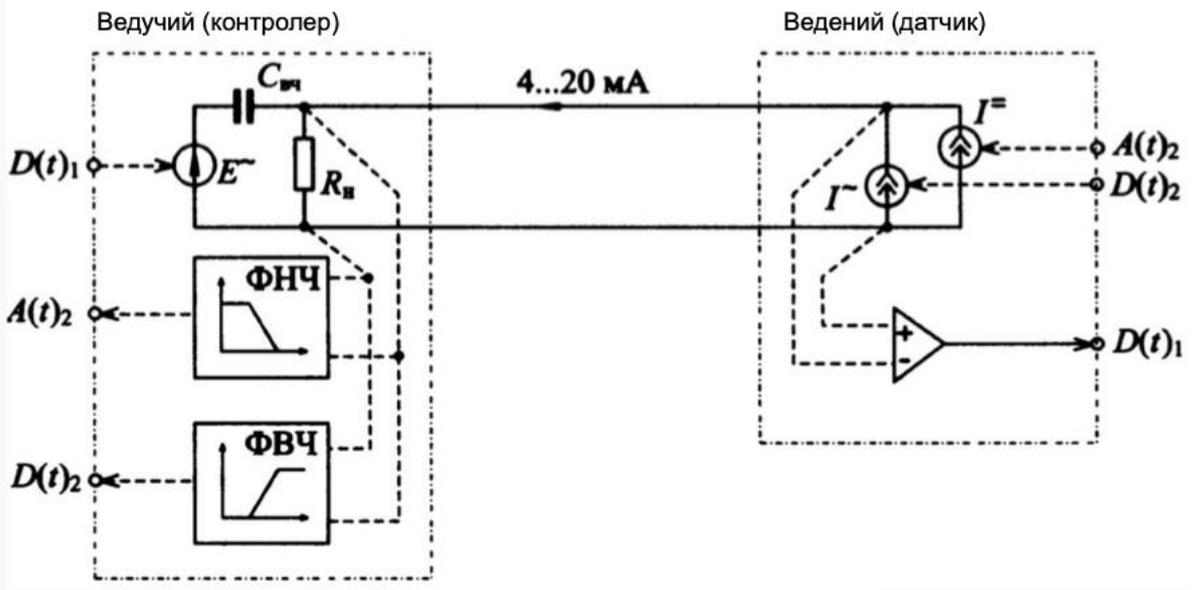


"1" = 1200 Гц
"0" = 2200 Гц

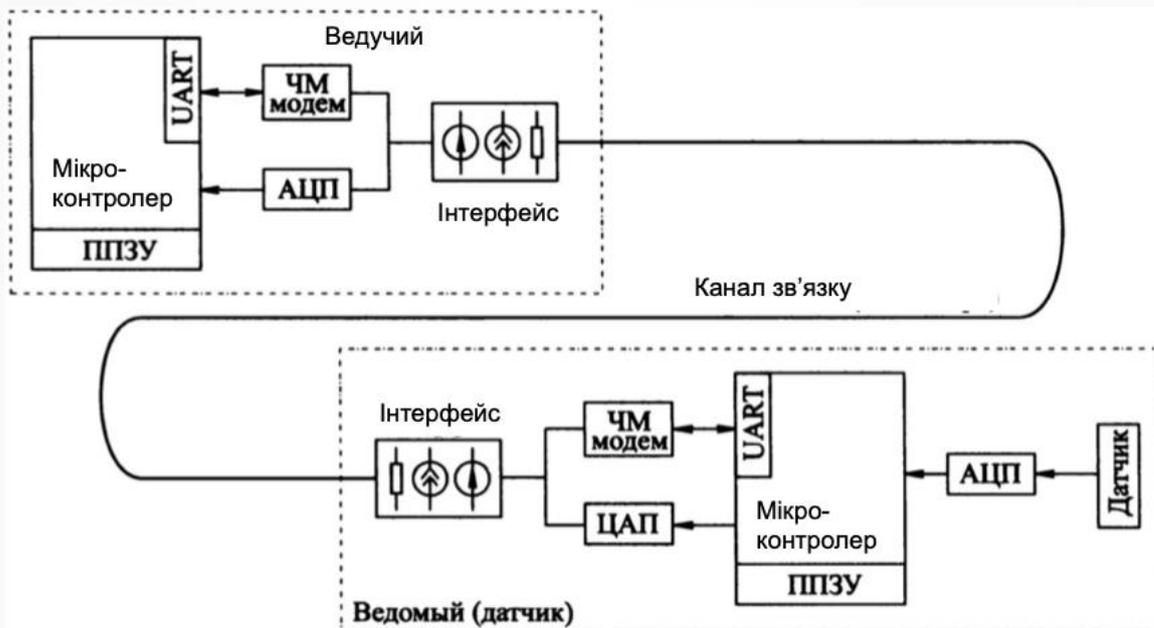
Запит-відповідь
у послідовності

A — аналоговий
D — цифровий

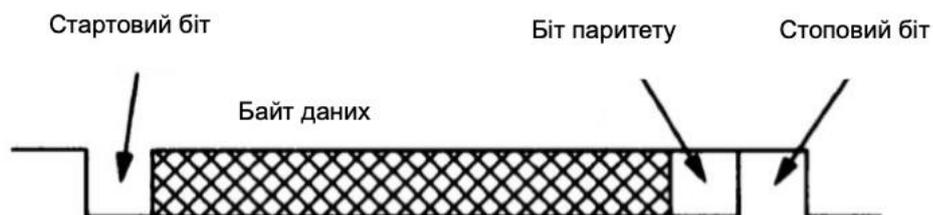
Фізична реалізація протоколу HART



Реалізація HART протоколу у пристроях передачі даних



повідомлення у HART протоколі



PA	SD	AD	CD	BC	ST	DT (0...25 байт)	CHK
----	----	----	----	----	----	------------------	-----

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 65

Стандартні слова HART протоколу

Позначення	Назва	Довжина, байт	Призначення
PA	Преамбула	5...20	Синхронізація та виявлення несучої
SD	Ознака старту	1	Вказує формат повідомлення та джерело повідомлення
AD	Адреса	1 байт або 38 біт	Вказує адреси обох пристроїв
CD	Команда	1	Повідомляє підлеглому, що потрібно зробити
BC	Число байт в DT	1	Показує кількість байт між BC і СНК
ST	Статус	0 (ведучий) або 2 (ведений)	Повідомляє про помилки обміну даними, стан пристрою
DT	Дані	0...253	Аргумент, що відповідає команді CD
СНК	Контрольна сума	1	Виявлення помилок

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 66</i>

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 67

Промислові мережі CAN та ProfiBUS

Лекція № 4-5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 68

Стандарт CAN

- Дозволяє об'єднати в мережу різноманітні пристрої, використовуючи послідовний інтерфейс
- Розвинений стек протоколів, що включає також і відкриті до розробки
- Продумана архітектура протоколу з акцентом на канальній рівень моделі OSI
- Відкритість прикладного рівня та можливість власних програмних розробок групової автоматики

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 69

Характеристики CAN

- Можливість надання пріоритету повідомленням а не пристроям (гнучкість організації зв'язку)
- Гарантована пауза між сеансами обміну даних
- Гнучкість конфігурування та модернізації мережі
- Широкосповіщувальний прийом та часова синхронізація
- Відсутність протеріч повідомлень усієї системи
- Багатомастерність (множина ведучих пристроїв)
- Можливість сигналізувати, виправляти помилки передачі та автоматично поновлювати передачу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 70

Відповідність моделі OSI

Рівень	Назва рівня	Опис / Примітки для CAN	Приклади / Протоколи	Одиниця обміну
7	Прикладний	Для CAN визначений стандартами CAL, CANopen, DeviceNet тощо.	FTP, HTTP, SMTP	APDU, повідомлення
6	Представлення	Немає (в CAN)	SSL	PPDU
5	Сеансовий	Немає (в CAN)	—	SPDU
4	Транспортний	Немає (в CAN)	TCP, UDP, SPX	TPDU
3	Мережевий	Немає (в CAN)	IP, IPX	Пакет
2	Канальний	LLC: логічні зв'язки. MAC: доступ до каналу, кадри, помилки.	Протокол канального рівня	Кадр
1	Фізичний	Надійна передача бітів, кодування, синхронізація.	Протокол фізичного рівня	Біт

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 71

Фізичний рівень CAN

Гарантує надійність побітної передачі даних незалежно від формату повідомлення. Не регламентує характеристики приймача та передавача. Кручена пара містить додатковий дріт з термінальними резисторами. Земля має бути спільною у всіх пристроїв.

Для підключення пристроїв використовують T-подібний розгалужувач з 9-піновим роз'ємом D-Sub. CANopen припускає інші роз'єми RJ-45, RJ-10 тощо

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 72

Розпіновка D-Sub для CAN

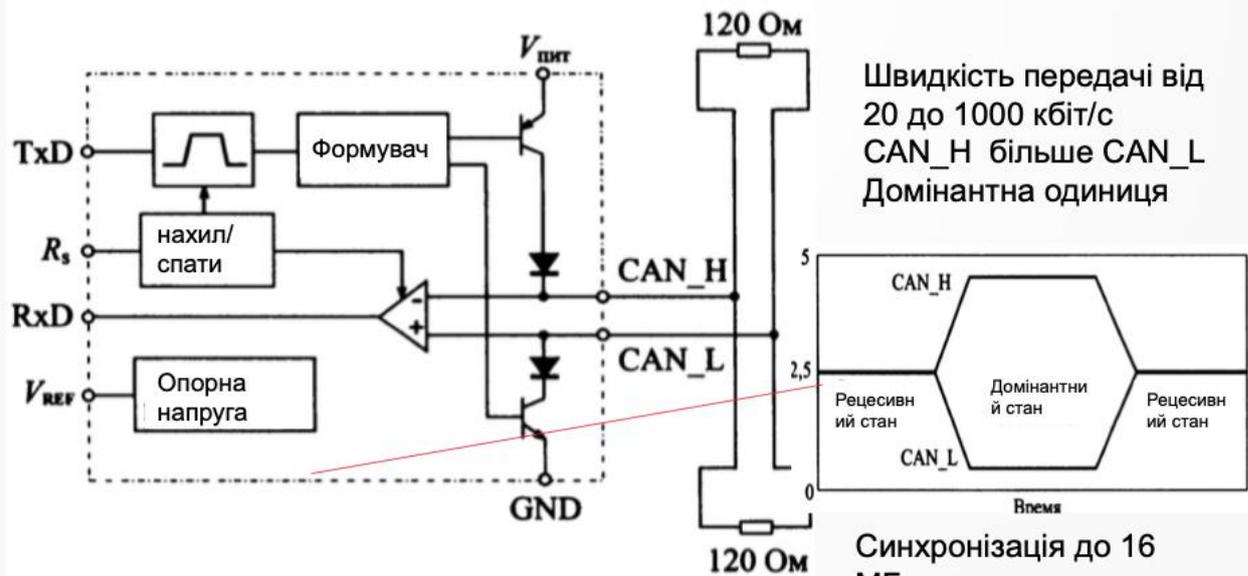
Розпіновка контактів CAN (DB9):

- 1: Резерв
- 2: CAN_L (Сигнал лінії)
- 3: CAN_GND («Земля»)
- 4: Резерв
- 5: CAN_SHLD (Екран кабелю — не обов'язково)
- 6: GND («Земля» не обов'язково)
- 7: CAN_H (Сигнал лінії)
- 8: Резерв
- 9: CAN_V+ (Зовнішнє живлення — не обов'язково)

Для кожного модуля контакти 3 та 6 мають бути з'єднані

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 73

Будова передавача CAN



Швидкість передачі від
20 до 1000 кбіт/с
CAN_H більше CAN_L
Домінантна одиниця

Синхронізація до 16
МГц
NRZ кодування до 5
домінантних бітів з біт-
стафінгом (паузою)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 74

Електричні параметри передавача

Параметр	Позначення	Мінімальне	Номінальне	Максимальне	Умова
Для рецесивного стану шини					
Потенціали на виході передавача, В	CAN_H CAN_L	2,0 2,0	2,5 2,5	3 3	Без навантаження
Диференціальна напруга, В:					
на виході передавача	Vdiff	-0,5	0	0,05	Без навантаження
на вході приймача	Vdiff	-1	-	0,5	Без навантаження
Для домінантного стану шини					
Потенціали на виході передавача, В	CAN_H CAN_L	2,75 0,5	3,5 1,5	4,5 2,25	3 навантаженням
Диференціальна напруга, В:					
на виході передавача	Vdiff	1,5	2	3	3 навантаженням
на вході приймача	Vdiff	-0,9	-	5	3 навантаженням

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 75

Канальний рівень CAN

- Два підрівня реалізації LLC та MAC
- Broadcast сповіщення усіх вузлів, за фільтром пристроїв
- Передача до появи на лінії домінантного стану — 1
- Гарантується прийняття повідомлення або відхилення усіма
- Арбітражна система на базі побітного порівняння ідентифікатору до рецесивного стану

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 76

Типи та структура фреймів



4 типи фреймів повідомлення:

Фрейм даних

фрейм виклику (такий же як даних по структурі, проте пустого змісту)

фрейм помилки (біту, стаффінгу, CRC, формату, повідомлення)

фрейм перевантаження (флаг перезавантаження та роздільник)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 77

Специфікація CANopen

- Використовується для створення прикладного рівня у зв'язку з відсутністю класів, методів, властивостей змінних та операторів програмування а також програмних моделей взаємодії
- Сервіси протоколу: запит, індикація, відповідь, підтвердження
- Взаємодія: комунікаційний інтерфейс, програмний протокол, словник об'єктів, I/O інтерфейс, прикладна програма.
- EDS — електронний список параметрів ідентифікації пристроїв.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 78

OSI специфікація ProfiBUS

Process field bus — польова шина для виробництва.
EN 50170 прийнята у Німеччині 1987 році.

№	Назва рівня	Profibus DP	Profibus FMS	Profibus PA
7	Прикладний	Немає	Fieldbus Message Specification (FMS)	Немає
6	Представлення	Немає		
5	Сеансовий	Немає		
4	Транспортний	Немає		
3	Мережевий	Немає		
2	Канальний (передачі даних)	FDL	FDL	IEC 1158-2
1	Фізичний	RS-485, оптоволоконний інтерфейс	RS-485, оптоволоконний інтерфейс	Інтерфейс IEC 1158-2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 79

Модицікації ProfiBUS

ProfiBUS DP — для децентралізованої периферії.

Використовується для прямого приєднання DDLM на канальному рівні, забезпечуючи найбільшу швидкість.

ProfiBUS FMS — використовує складний протокол прикладного рівня для обміну на рівні реєстрів мікропроцесорних систем.

ProfiBUS PA — використовує протокол IEC-1158-2 живлення по шині для вибухонебезпечних об'єктів, не сумісний з RS-485 на фізичному рівні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 80

Фізичний рівень ProfiBUS PA

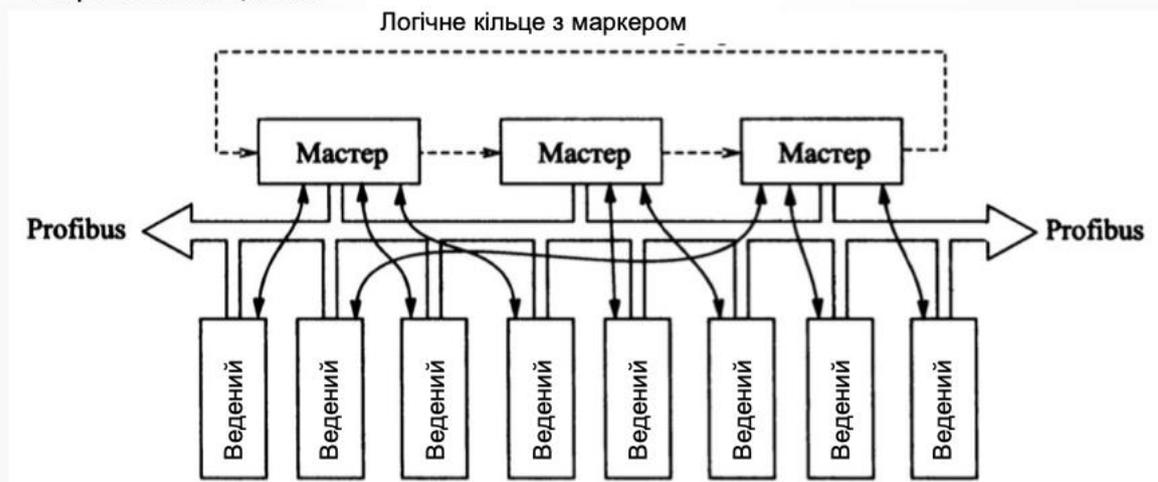
Характеристика: IEC-1158-2 струмова петля, 32 пристрої послідовно, до 32Кбіт/с, NRZ кодування в 11 біт — кадр. D-SUB DB-4 до IP 65/67



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 81

Канальний рівень ProfiBUS DP FMS

Характеристики: регламентований час задач обміну (реальний), максимально швидка взаємодія ведучий-ведених за протоколом MAC, широковисвітлення.

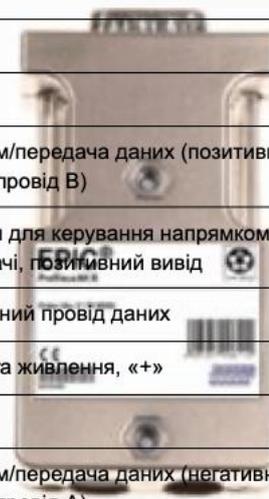


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 82

Фізичний рівень ProfiBUS DP FMS

Характеристика: RS-485, 32 пристрої послідовно, до 12Мбіт/с, D-SUB DB-9 до IP 65/67

Контакт	Сигнал	Примітка
1	Shield	Екран
2	M24	-24 В
3	Rx/Tx-DP	Прийом/передача даних (позитивний вивід, провід B)
4	CNTR-P	Сигнал для керування напрямком передачі, позитивний вивід
5	DGND	Загальний провід даних
6	VP	Напруга живлення, «+»
7	P24	+24 В
8	Rx/Tx-N	Прийом/передача даних (негативний вивід, провід A)
9	CNTR-N	Сигнал для керування напрямком передачі, негативний вивід



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 83

Комунікація та передача повідомлень

DPM1 — ведучій контролер, арбітраж та синхронізація станів stop, clear, operate

DPM2 — контролери конфігурування та параметризації задач передачі даних

SLAVE — керовані пристрої мережі

Передача даних: SRD — сповіщення з підтвердженням, SND — без підтвердження

Обмін у вигляді телеграм 256 байт зі структурою:

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU (1...244 байт)	FCS	ED
----	----	-----	----	----	----	----	------	------	-------------------	-----	----

1. роздільник, 2. довжина даних, 3. резервування довжини, 4. адресат, 5. адресант, тип телеграми, 6. тип сервісу адресату, 7. COM-порт адресата, 8. данні, 9. Контрольна сума, 10. ознака кінця.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 84

Резервування ProfiBUS

1. Відомі пристрої мають 2 різних інтерфейси в одному корпусі чи розділені.
2. Усі пристрої мають 2 стеки протоколів обміну.
3. Резервування виконує синхронно процес REDCom.
4. DPM1 має протокол діагностики, за яким зв'язується зі SCADA верхнього рівня.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 85

OSI модель ModBUS

Апаратно не залежна шина. Простота реалізації та відкритість. Має лише однонаправлену процедуру опитування ведучий-відомий (недолік, немає переривання)

Підтримує режим RTU та ASCII

Номер рівня	Назва рівня	Реалізація
7	Прикладний	MODBUS Application Protocol
6	Рівень представлення	Немає
5	Сеансовий	Немає
4	Транспортний	Немає
3	Мережевий	Немає
2	Канальний (передачі даних)	Протокол «ведучий/ведений». Режими RTU та ASCII
1	Фізичний	RS-485 або RS-232

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 86

ModBUS відео

ModBUS TRU/TCP Architecture (Eng) 12 min

<https://www.youtube.com/watch?v=k993tAFRLSE>

ModBUS OWEN

<https://www.youtube.com/watch?v=wjj7lm4nDdl>

ModBUS 46 min

<https://www.youtube.com/watch?v=Jird6ZLT3Ds>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 87</i>

Дякую за увагу

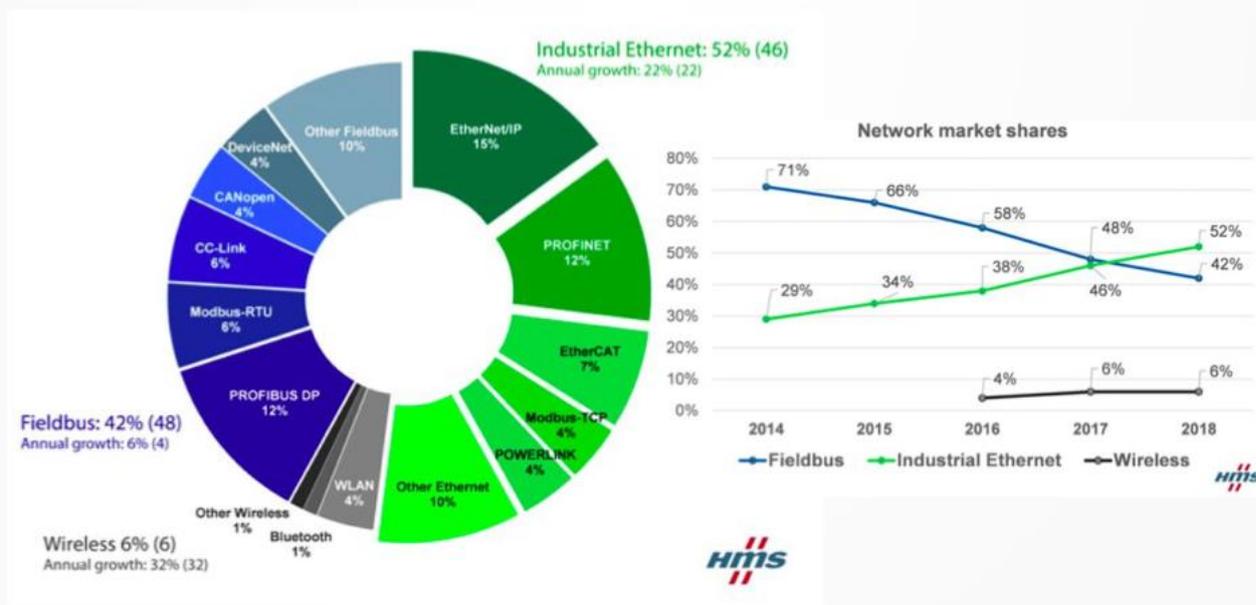
Ваші запитання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 88

Промисловий Ethernet, Modbus TCP та DCON

Лекція №6

Доля ринку промислового Ethernet



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 90

Загальна характеристика промислового Ethernet

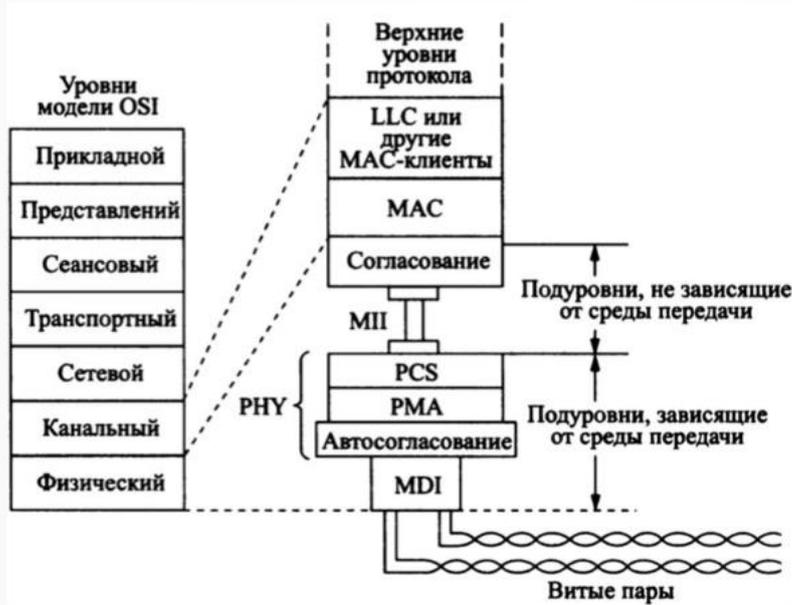
- Висока швидкість передач (до 10 Гбіт/с)
- Простота інтеграцій з інтернетом (FTP, HTTP, SNMP.. IIoT)
- Велика кількість фахівців ICT
- Можливість створення багатомасерних систем
- Ефективна інтеграція з офісними мережами
- Здешевлення вартості обладнання з часом

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 91

Архітектура OSI | Ethernet

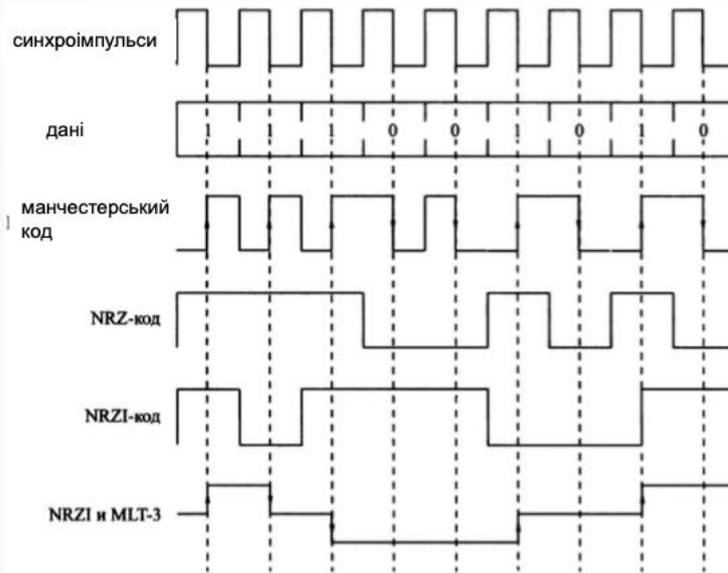
Рівень	OSI-модель	Мережа Ethernet	Варіанти реалізації
7	Прикладний	Прикладний	HTTP, FTP, SMTP, DNS або NFS, XDR, RPC
6	Рівень представлення		
5	Сеансовий		
4	Транспортний	Транспортний	TCP або UDP
3	Мережевий	Інтернет-протокол	IP
2	Канальний (передачі даних)	LLC або інші клієнти MAC/ MAC	Ethernet IEEE 802.3
1	Фізичний	PHY	Вита пара, оптичний кабель, коаксіальний кабель

Реалізація фізичного та каналного рівнів OSI | Ethernet



MII:
 100BASE-T2 (cat3)
 100BASE-T4 (cat3)
 100BASE-TX (cat5)
 100BASE-FX (opt)

Кодування на фізичому рівні 100BASE-TX

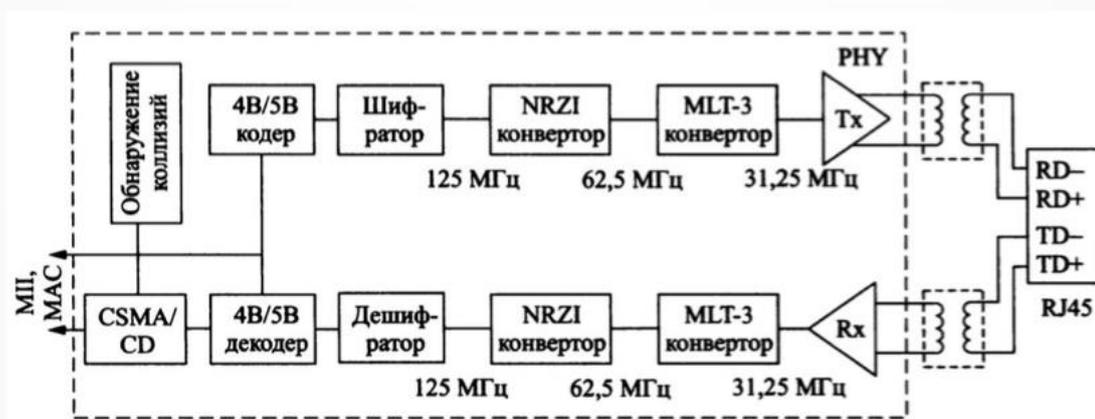


Швидкість до 10 Мбіт/с

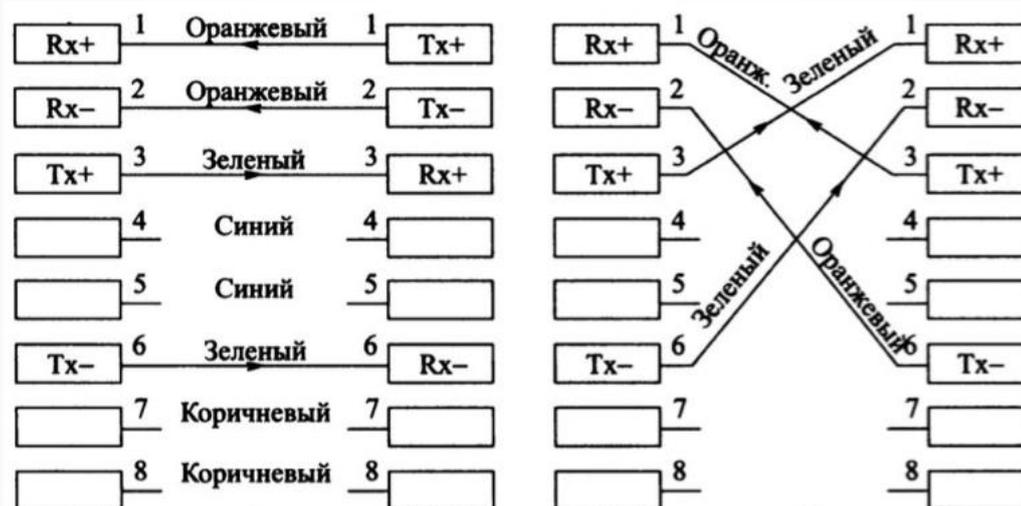
Швидкість до 100 Мбіт/с

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміна 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 94

Структура блоку зв'язку з периферією PHY Ethernet



Цоколювка на RJ-45 Ethernet



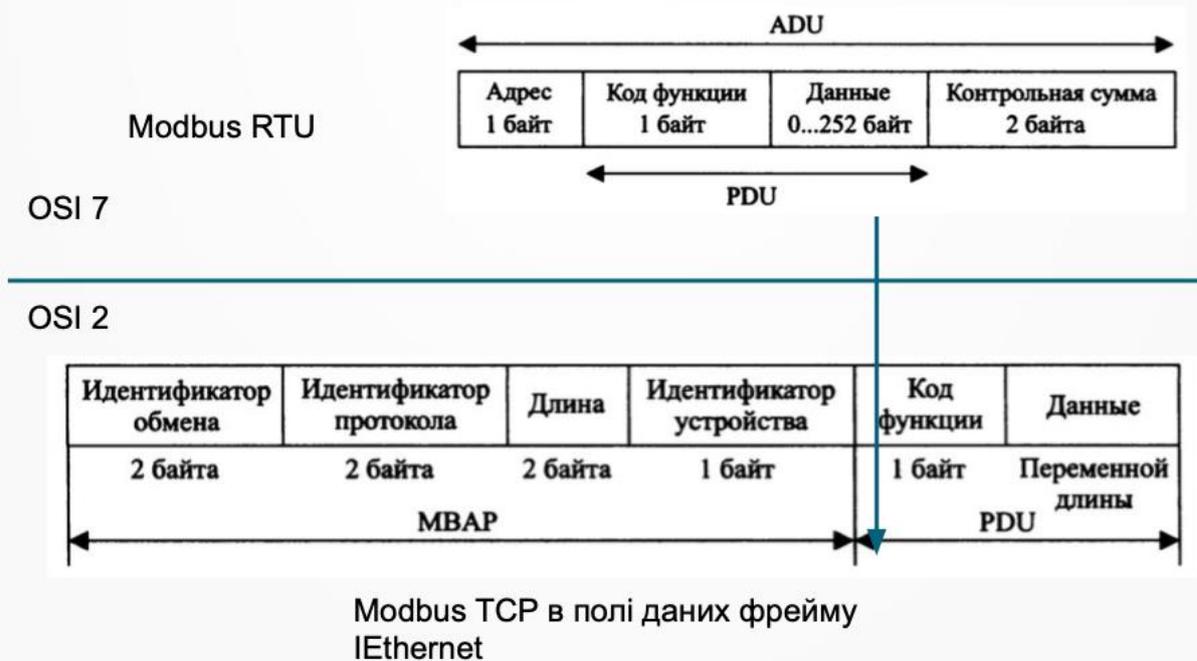
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 96

Канальний рівень Ethernet

Структура фрейму

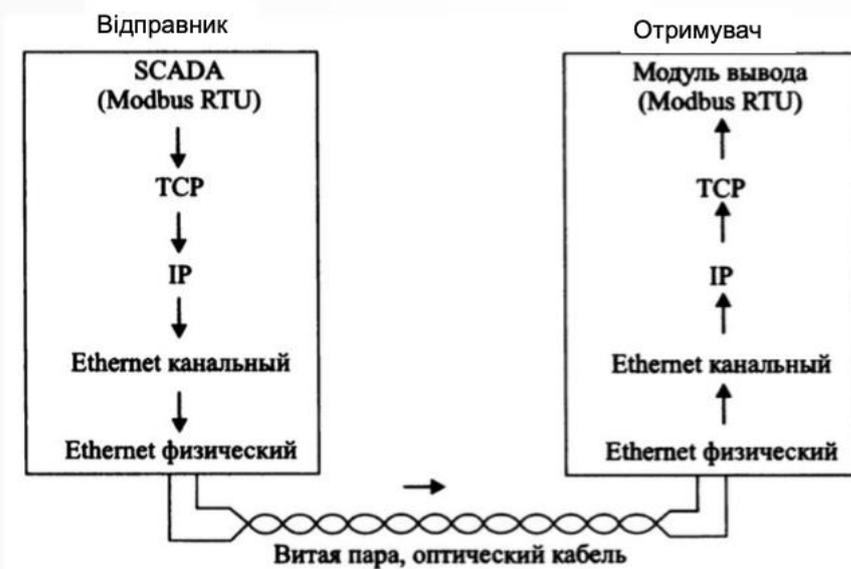
1010101		MAC	MAC	TCP/UDP		
Препамбула	Прапор	Адреса отримувача	Адреса відправника	Тип	Дані	CRC
7 байт	1 байт	6 байт	6 байт	2 байт	46...1500 байт	4 байт

Modbus TCP



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 98

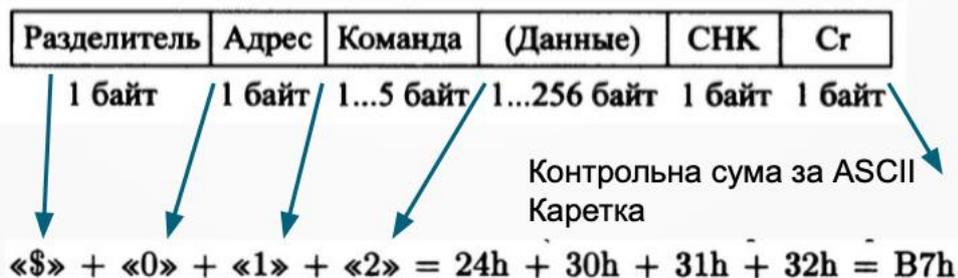
Модель передачі кадра Modbus RTU



Лише
одноадресний зв'язок (немає
багатоадресної
розсилки тощо)

Протокол DCON

- Реалізує 1 та 7 рівні моделі OSI
- Фізичний інтерфейс RS-485, вита пара
- Одномастерна архітектура master-slave(до 255 пристроїв)
- Контроль помилок тощо - на рівні 7



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 100

Система команд DCON

Команда	Відповідь	Опис
%AANNTTCFF	!AA	Встановлює адресу, діапазон вхідних напруг, швидкість обміну, формат, контрольну суму
#AA	>(Data)	Повертає всі вхідні значення для заданого модуля
#AAN	>(Data)	Повертає вхідне значення в каналі номер N для модуля із заздалегідь заданою адресою
\$AA0	!AA	Виконує калібрування аналогового модуля для компенсації похибки коефіцієнта передачі
\$AA0	!AA	Виконує калібрування аналогового модуля для компенсації похибки зміщення нуля
\$AA1	!AATTCFF	Повертає параметри конфігурації модуля
\$AA8	!AAV	Читає конфігурацію світлодіодного індикатора
\$AA8V	!AA	Встановлює конфігурацію світлодіодного індикатора

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 101</i>

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 102</i>

Заземлення та екранування систем автоматизації

Лекція №7

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 103

Класифікація

- Захисне заземлення — приєднання загального дроту до Землі для захисту людей та обладнання
- Сигнальне заземлення — приєднання пристроїв автоматики до загального дроту із базовим потенціалом
- Глухо-заземлена нейтраль — нейтраль трансформатора, підключена через малий опір до заземляючого пристрою
- Ізольована нейтраль - нейтраль трансформатора, не підключена до заземляючого пристрою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 104

Використання сигнального заземлення

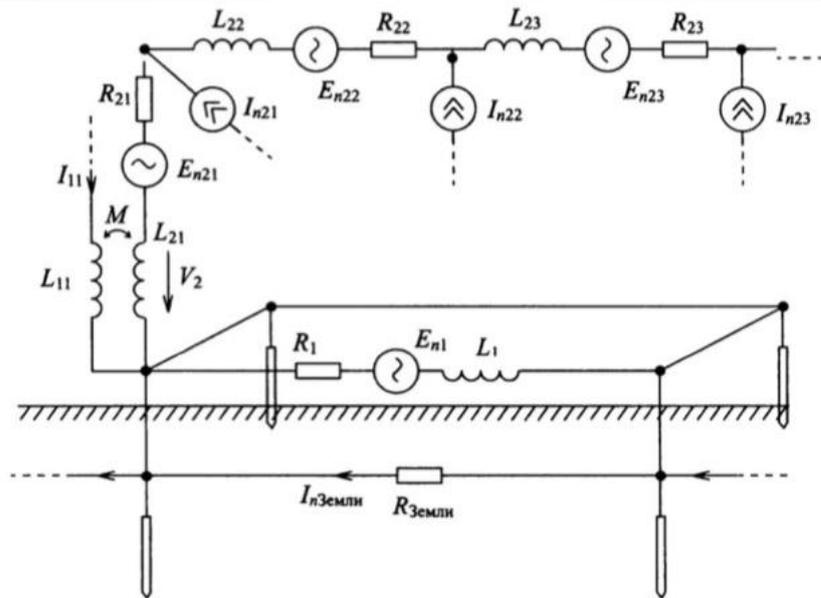
- Сигнальне заземлення (до $\sim 42\text{В} = 110\text{В}$). У випадку більших значень напруги обов'язкове захисне заземлення
- Використовуються базові та екрануючі землі. Базова земля забезпечує потенціал нуля, екрануюча земля слугує для заземлення екранів пристроїв та ліній зв'язку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 105

Захисне заземлення

- Природне (залізобетонні сваї, труби крім прямого цільового використання)
- Штучне (армована сітка та стрижні до 3м довжиною)
- Автономне (введення нейтралі для балансування землі а одній точці або мідним дротом за межі будівлі січенням не менше 13мм)

Модель землі



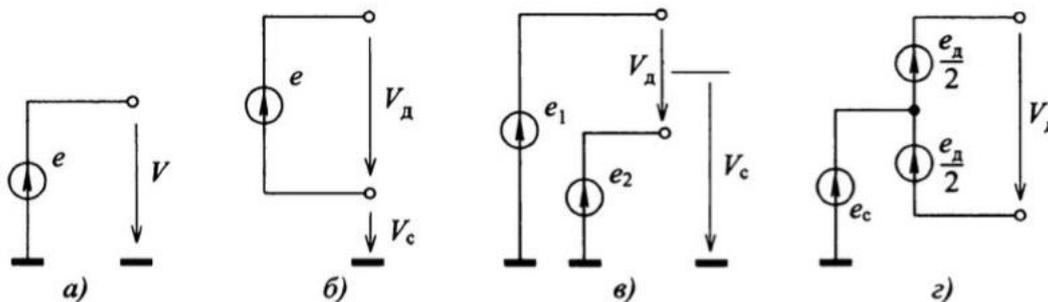
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 107

Види заземлень

- Силова земля (трансформатори та блоки живлення). Зазвичай нульовий провід землі приєднаний до від'ємного контакту генератора ЕРС
- Аналогова та цифрова земля. Окрема від силової для запобігання взаємним наводкам.
- Плаваюча земля — додаткова земля для ізоляції окремих пристроїв (наприклад, батарейні блоки)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 108

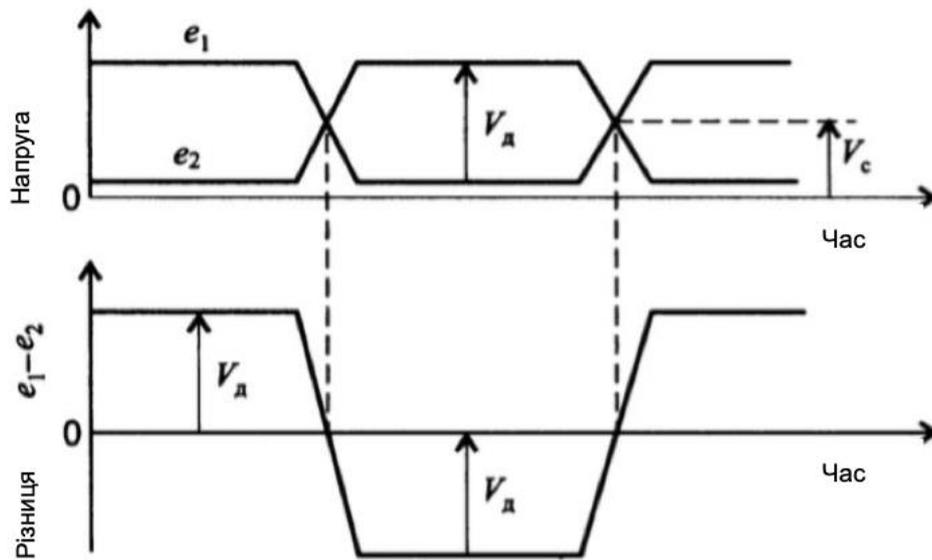
Джерела сигналів за напругою



Джерела напруги сигналу: а) заземлений, б) плаваючий, в) та г) - балансуєчий

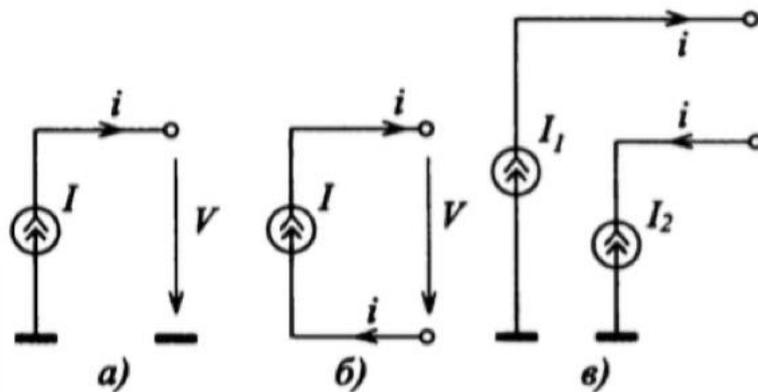
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 109

Вихід балансного джерела



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 110

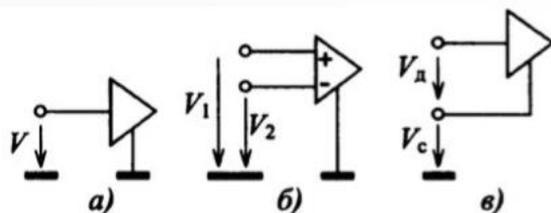
Джерела сигналів за струмом



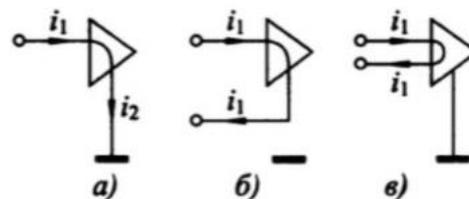
Джерела струму сигналу: а) заземлений, б) плаваючий, в) балансуєчий

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 111

Приймачі сигналів за напругою та струмом



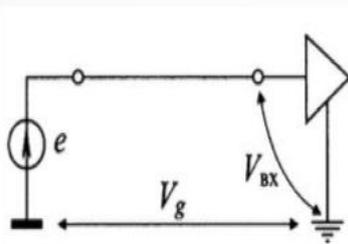
Приймачі напруги: а) однополярний, б) диференційний, в) з плаваючим джерелом



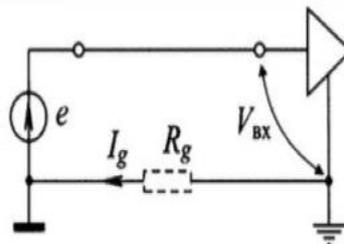
Приймачі струму: а) однополярний, б) з плаваючим джерелом, в) балансуєчий

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 112

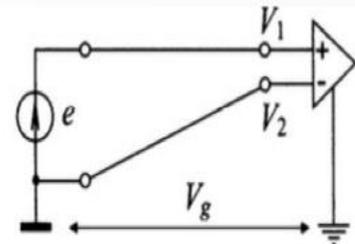
Покращення екіпотенціальності земель



Земля має різні потенціали



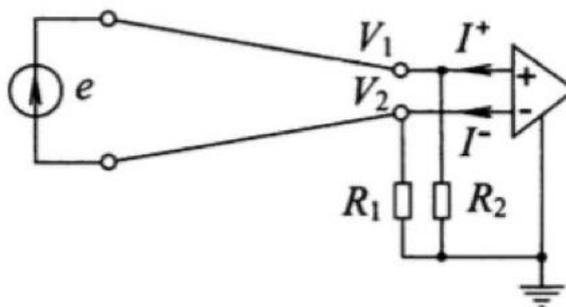
Провідник між землею та джерелом з нульовим опором



Зміна сигналу заземленого джерела за допомогою диференційного приймача

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 113

Прийом не заземленого джерела

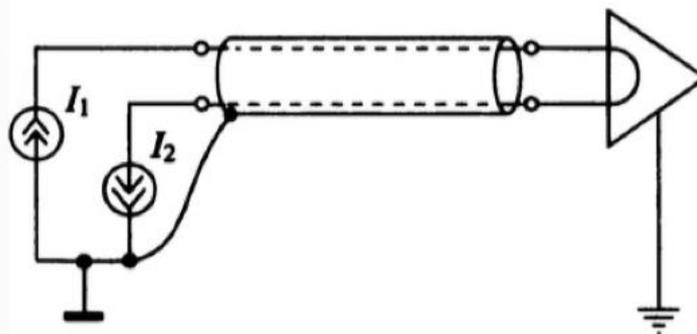


Прибирання насичення диференційного приймача з допомогою опорів

Опір R_1 R_2 має бути мінімальний проте більший за внутрішній опір джерела запобігаючи викривленням вимірювань

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 114

Диференційне джерело струму

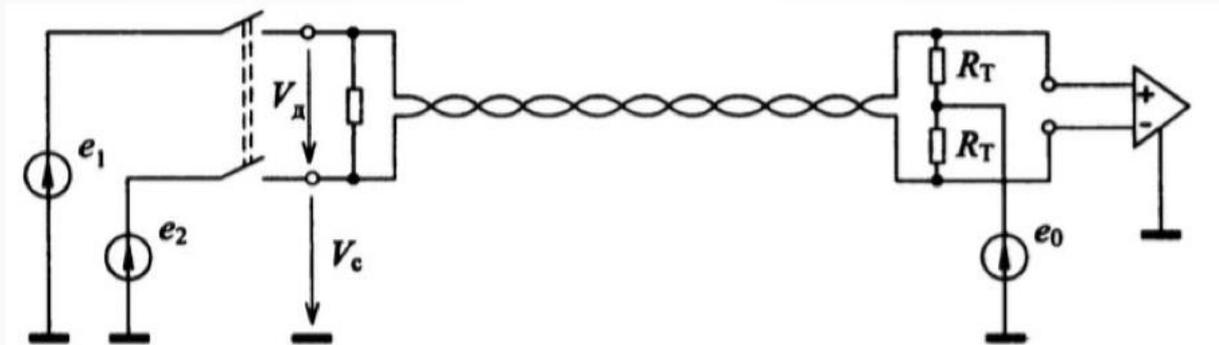


$I_1 = I_2$
Струми
мають
бути
рівні

Диференційне джерело та приймач струму як
найкращий варіант організації передачі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 115

Балансний канал RS-485 та CAN

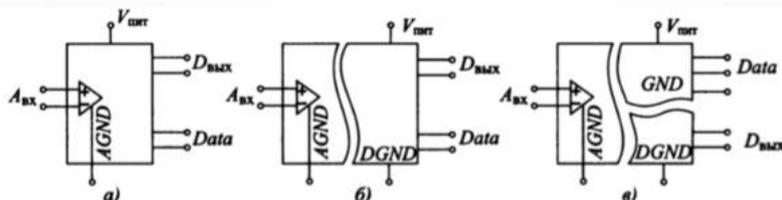


Балансна схема передачі диференційного сигналу

Досягнення більш високих швидкостей

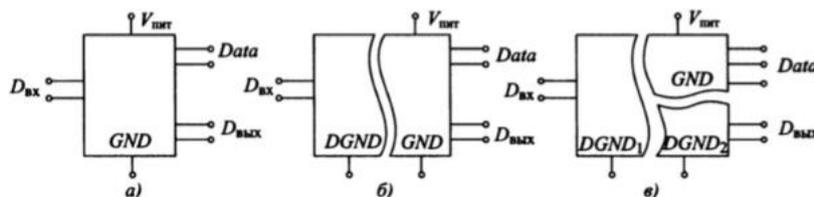
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміна 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 116

Моделі аналізу паразитних кондуктивних, емнісних та індуктивних зв'язків



Узагальнені моделі аналогових модулів введення та дискретного виведення для аналізу систем заземлення:

- а — без гальванічної ізоляції;
- б — з гальванічною ізоляцією аналогових входів;
- в — з ізоляцією як входів, так і виходів.

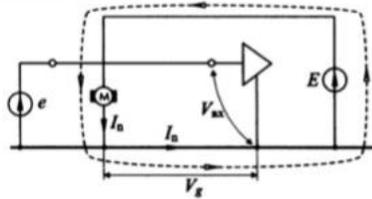


Узагальнені моделі дискретних модулів для аналізу систем заземлення:

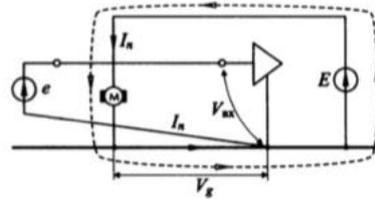
- а — без гальванічної ізоляції;
- б — з ізоляцією входів;
- в — з ізоляцією входів і виходів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 117

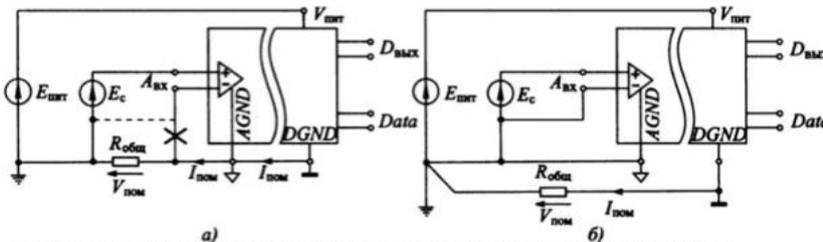
Паразитні кондуктивні зв'язки



Струм навантаження М, що дорівнює I_n і протікає по спільній ділянці «земляного» дроту, створює падіння напруги V_g .



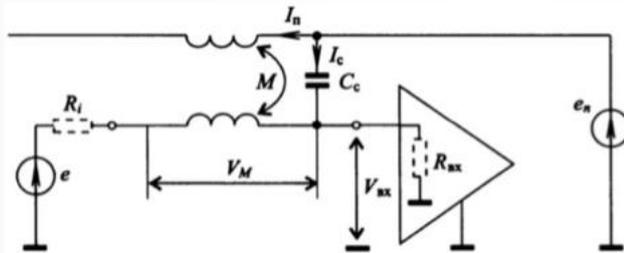
Вирішення проблеми: «землі» джерела сигналу та приймача слід з'єднувати окремим дротом.



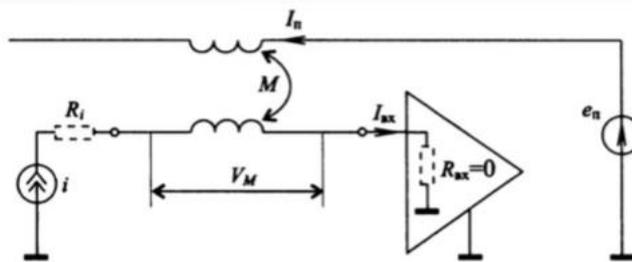
а) б)
Проходження кондуктивної перешкоди з цифрової частини в аналогову:

- а — неправильне з'єднання земель і кіл сигналу;
- б — правильне з'єднання.

Паразитні ємнісні та індуктивні зв'язки



Шляхи протікання ємнісної та індуктивної завади від джерела

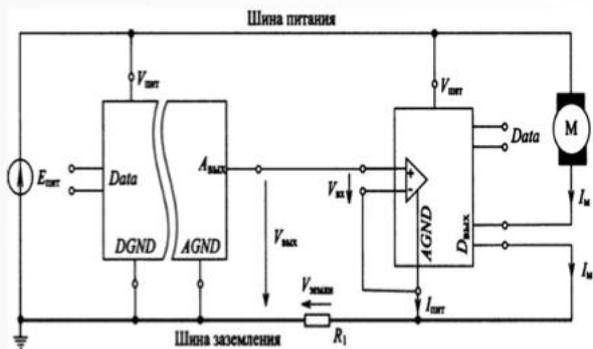


Канал передачі сигналу струмом менш чутливий до індукційних завад

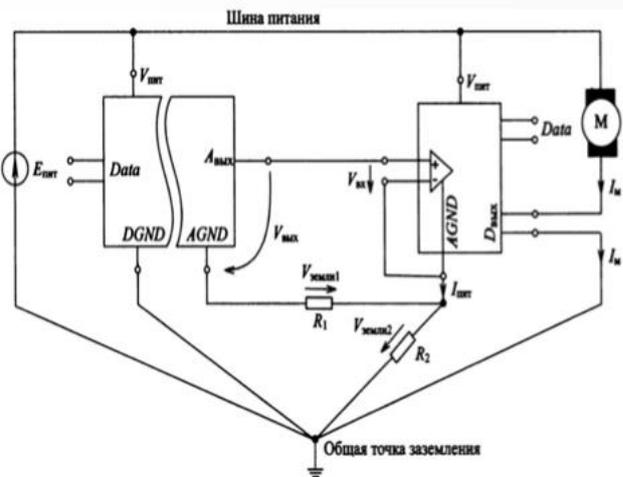
У системах із високою напругою бажано обирати струмову петлю. У силових системах з великим струмом бажано обирати диференційний спосіб передачі напругою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 119

Екранування інтерфейсів



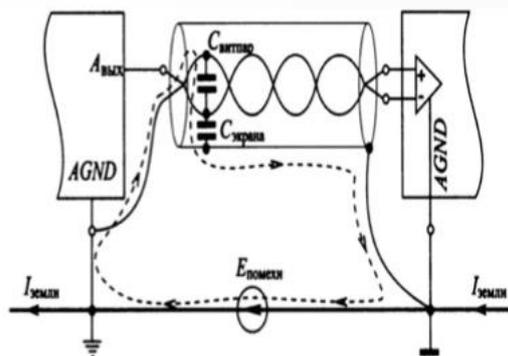
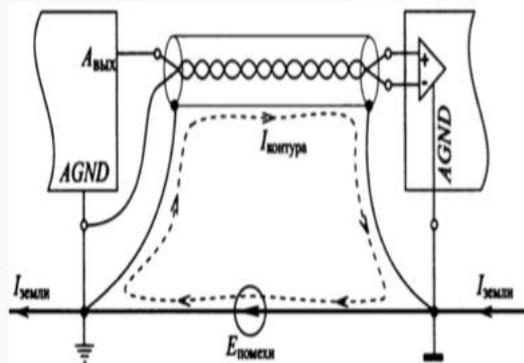
Неправильне заземлення



Правильне заземлення (рішення)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 120

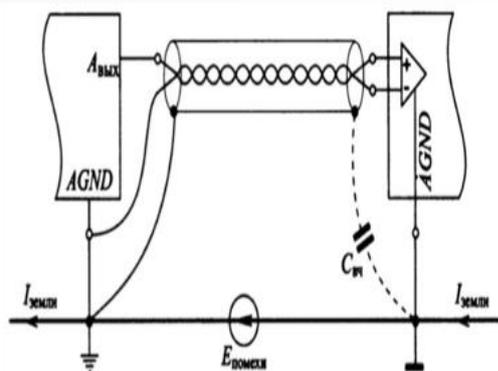
Екранування кабелю каналу передачі



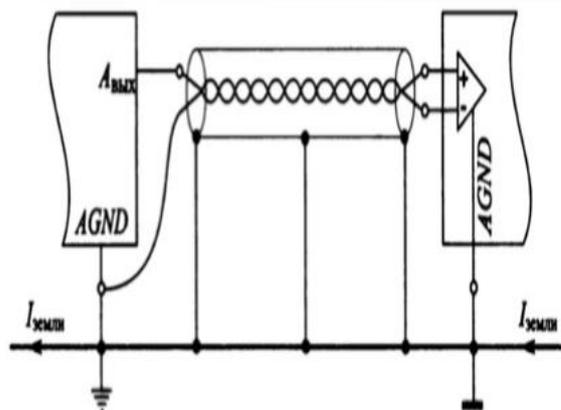
Неправильне заземлення екрану кабелю для низьких частот Неправильне заземлення екрану кабелю з боку приймача

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 121

Екранування високочастотних та довгих ліній



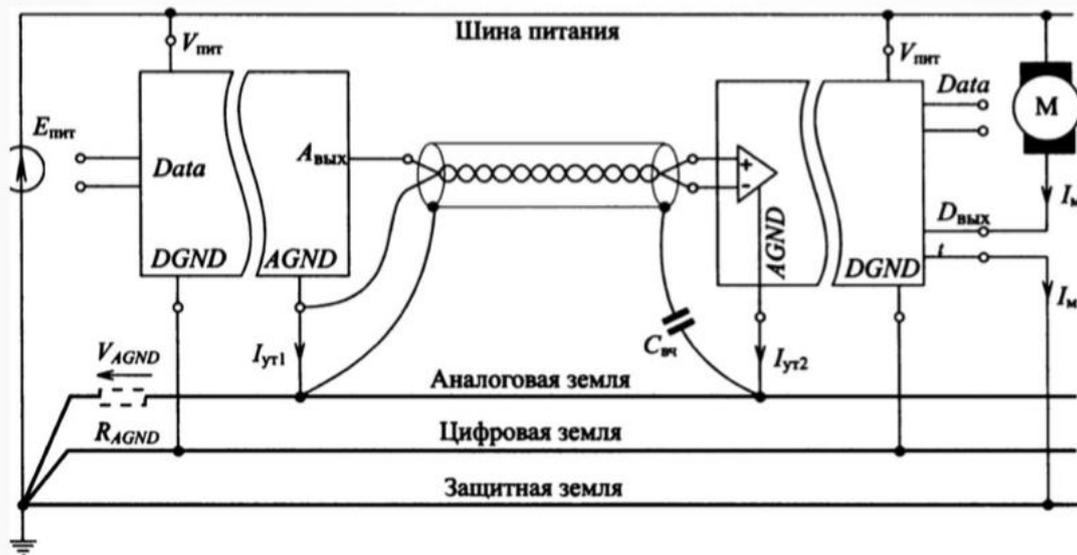
Правильне заземлення екрану з конденсатором



Правильне заземлення довгого кабелю

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 122

Повне екранування цифрових інтерфейсів



Комплексне рішення проблеми заземлення екрану

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 123</i>

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 124

Основи Промислового Інтернету Речей (IIoT)

Лекція №8

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 126

Історія Інтернету Речей

- Термін «інтернет речей», зобов'язаний своєю появою Кевіну Ештону, який в 1997 р, працюючи на компанію Proctor and Gamble, застосував технологію радіочастотної ідентифікації (RFID) для керування системою поставок. Завдяки цій роботі в 1999 році його запросили в Масачусетський технологічний інститут, де він з групою однодумців організував дослідний консорціум Auto-ID Center. До 2012 р ідея підключення речей до Інтернету переважно відносилася до смартфонів, планшетів, ПК і ноутбуків. По суті, до тих пристроїв, які в усіх відношеннях виступають в якості комп'ютера. До 2000 року більшість пристроїв, які можна було підключити до Інтернету, представляло собою комп'ютери різних розмірів. Нижче показаний поступове підключення речей до Інтернету.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 127

Історія Інтернету Речей

- 1973 - Маріо У. Кардулло отримує патент на першу радіо-частотну мітку
- 1982 - Підключений до Інтернету автомат з газованою водою в університеті Карнегі-Меллон
- 1989 - Підключений до Інтернету тостер на конференції Interop '89
- 1991 - Компанія HP представила HP LaserJet III Si: перший підключений до мережі Ethernet мережевий принтер
- 1993 - Підключена до Інтернету каварка в Кембриджському університеті (перша підключена до Інтернету камера)
- 1996 - Підрозділ General Motors OnStar (дистанційна діагностика 2001)
- 1998 - Поява організації Bluetooth SIG
- 1999 - Холодильник LG Internet Digital DIOS
- 2000 - Перші прояви розробленої компанією HP концепції всепроникної комп'ютеризації (Cooltown): HP Labs, система обчислювальних і комунікаційних технологій, які в поєднанні один з одним створюють підключення до Інтернету для людей, місць і об'єктів
- 2001 - Випуск першого пристрою, що використовує технологію Bluetooth: мобільний телефон KDDI з підтримкою Bluetooth
- 2005 - Міжнародний союз електрозв'язку, спеціалізована установа ООН, випустив звіт, в якому вперше були сформульовані прогнози розвитку Інтернету речей
- 2008 - Поява першого IoT-спільноти IPSO Alliance, метою якого було сприяння підключенню речей до Інтернету
- 2010 - Успішна розробка напівпровідникових світлодіодних ламп привела до розвитку концепції розумного освітлення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 128

Інтернет Речей в промисловості

- Промисловий Інтернет речей (Industrial IoT, IIoT) - це один з найбільш великих сегментів Інтернету речей з точки зору кількості підключених пристроїв і ступеня корисності цих сервісів для виробництва і автоматизації підприємств. Цей сегмент традиційно служить операційно-технологічною базою. Сюди входять апаратні і програмні засоби моніторингу фізичних пристроїв. Традиційні завдання інформаційних технологій (ІТ) зосереджені на оцінці продуктивності, часу безвідмовної роботи, зборі даних і відповідної реакції в режимі реального часу, а також безпеки систем. Інформаційні технології спрямовані на безпеку, групування, сервіси та надання даних. Оскільки Інтернет речей починає займати важливе місце в сфері виробництва і промисловості, світи ІТ і ІТ об'єднуються, особливо в області діагностичного обслуговування тисяч виробничих машин і верстатів, і зможуть забезпечувати безпрецедентним обсягом даних приватні та публічні хмарні інфраструктури.
- До характеристик цього сегмента відноситься необхідність надавати операційно-технологічній системі готові рішення в режимі реального часу або майже в режимі реального часу. Це означає, що у всьому, що стосується виробничого цеху, головним параметром для Інтернету речей буде час відгуку. Крім того, важливу роль будуть грати тривалість простою і безпеку. Це має на увазі потребу в запасі потужності і, ймовірно, в наявності приватних хмарних мереж і сховищ даних. Промисловий Інтернет речей - це один з сегментів на цьому ринку що найбільш швидко розвивається. Важливою особливістю цього напрямку є те, що він спирається на старі технології, тобто на апаратні і програмні засоби, які не можна назвати актуальними. Часто 30-річні виробничі станки працюють на послідовних інтерфейсах RS485, а не на сучасній бездротовій комірчастій архітектурі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 129

Приклади застосування Промислового Інтернету Речей

- Профілактичне обслуговування промислового обладнання;
- Зростання продуктивності завдяки попиту в реальному часі;
- Енергозбереження;
- Системи безпеки, такі як вимірювання температури, вимірювання тиску і контроль над витоком газу;
- Експертна система для виробничого цеху.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 130

Екосистема Інтернету Речей

- sensors (розумні датчики/виконавчі механізми): вбудовані системи, операційні системи реального часу, джерела безперебійного живлення, мікро-електромеханічні системи (MEMS);
- системи зв'язку з датчиками: зона охоплення бездротових персональних мереж становить від 0 см до 100 м. Для обміну даними між датчиками застосовуються низькошвидкісні малопотужні інформаційні канали, які часто побудовані не на протоколі IP;
- локальні обчислювальні мережі (LAN): зазвичай це системи обміну даними на основі протоколу IP, наприклад, 802.11 Wi-Fi-мережу для швидкої радіозв'язку, часто це пирингові або зіркоподібні мережі;
- агрегатори, маршрутизатори (routers), шлюзи (gateways), пограничні пристрої (Edge Device) : постачальники вбудованих систем, самі бюджетні складові (процесори, динамічна оперативна пам'ять і система зберігання даних), виробники модулів, виробники пасивних компонентів, виробники тонких клієнтів, виробники стільникових і бездротових радіосистем, постачальники міжплатформового програмного забезпечення, розробники інфраструктури хмарних обчислень, інструментарій для граничної аналітики, безпеку граничних пристроїв, системи управління сертифікатами;

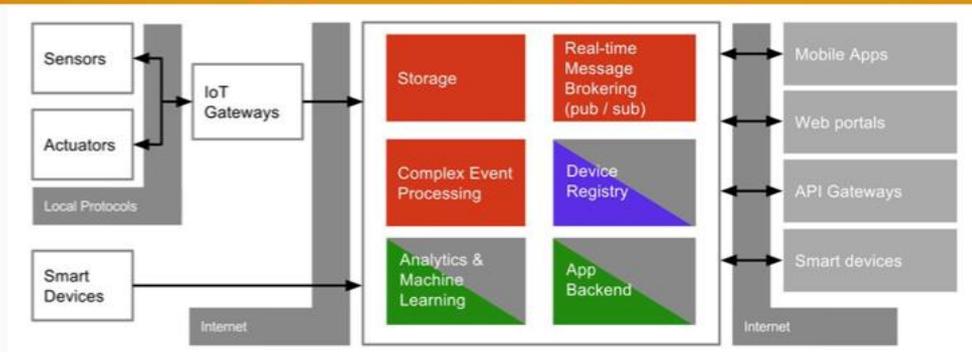
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 131

Екосистема Інтернету Речей

- глобальна обчислювальна мережа: оператори стільникового зв'язку, оператори супутникового зв'язку, оператори малопотужних глобальних мереж (Low- Power Wide-Area Network, LPWAN). Зазвичай застосовуються транспортні протоколи Інтернету для IoT і мережевих пристроїв (MQTT, CoAP і навіть HTTP);
- хмара: інфраструктура в якості постачальника послуг, платформа в якості постачальника послуг, розробники баз даних, постачальники послуг потокової і пакетної обробки даних, інструменти для аналізу даних, програмне забезпечення в якості постачальника послуг, постачальники озер даних, оператори програмно-визначених мереж / програмно-визначених периметрів, сервіси машинного навчання;
- сервіси аналізу даних: величезні масиви інформації передаються в хмару. Робота з великими обсягами даних і отримання з них користі - це завдання, що вимагає комплексної обробки подій, аналітики і прийомів машинного навчання;
- безпека (security): при зведенні всіх елементів архітектури воедино постають питання кібербезпеки. Безпека стосується кожного компонента: від датчиків фізичних величин до ЦПУ і цифрового апаратного забезпечення, систем радіозв'язку і самих протоколів передачі даних. На кожному рівні необхідно забезпечити безпеку, достовірність і цілісність. У цьому ланцюзі не повинно бути слабких ланок, оскільки Інтернет речей стане головною мішенню для атак хакерів в світі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 132

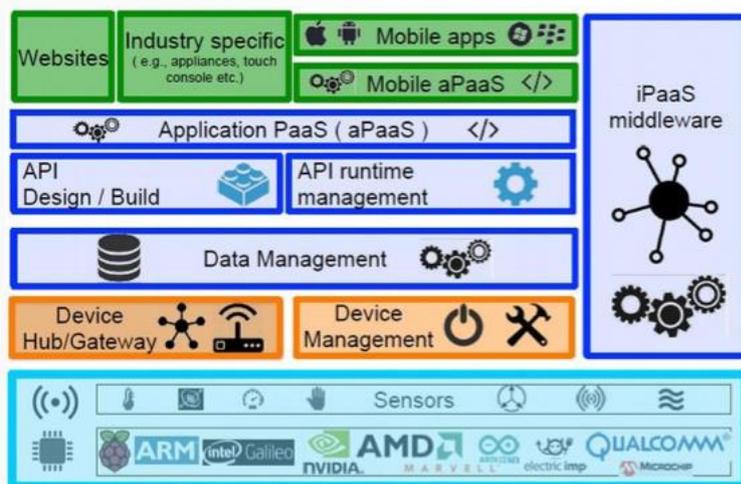
Архітектура Інтернету Речей



- Взаємодія з «речами» відбувається через датчики (sensors) та виконавчі механізми (Actuators), аналогічно АСУТП. Ці датчики разом з усією інфраструктурою для інтеграції з рівнем обробки подій через мережу Internet формують граничну область (Edge).
- Події (дані) що поступають з граничної області зберігаються і обробляються відповідно до задачі (рівень обробки подій і аналітики, event processing, Platform). На цьому рівні події(дані) зберігаються (storage), обробляються (Event Processing), перенаправляються потрібним додаткам (Real-Time Message Brokering, Stream Processing). Додатково на цьому рівні відбувається адміністрування та керування пристроями з граничної області (Device Registry, Edge Device Management). Події (дані) обробляються з використанням аналітичних сервісів (Analytics) на основі них проводиться машинне навчання (Machine Learning), що дозволяє зробити певні висновки про об'єкт. Цей рівень як правило реалізований з використанням хмарних (Cloud) або туманних (Fog) обчислень. Якщо провести аналогію с АСУТП, то це рівень контролерів та SCADA (за виключенням функцій НМІ). Отримання результатів, контроль, віддалене керування та адміністрування системи проводиться через кінцеві застосунки з використанням Internet. Цей рівень можна умовно порівняти з НМІ в АСУТП.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 133

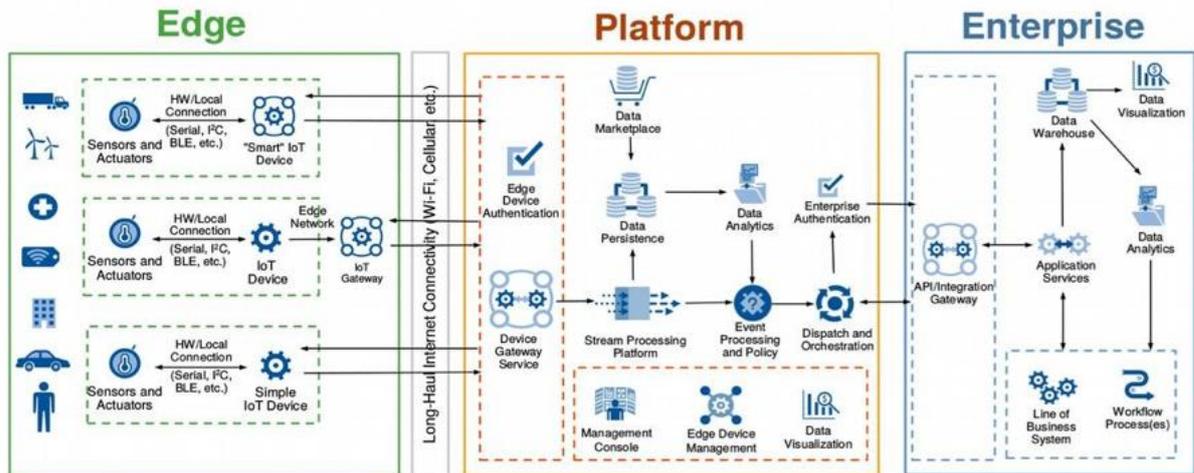
Об'єктна модель Промислового Інтернету Речей



- Edge представлений у вигляді датчиків (Sensors), Device Hub/Gateway (збір та маршрутизація даних) та Device Management (керування пристроями). Останні частково виконуються як хмарні обчислення так і на граничних пристроях. Усі функції збереження та первинної обробки подій (даних) зведені до Data Management. Усі інші функції обробки, в тому числі аналітичні показані як додатки PaaS, що взаємодіють з сервісами керування даних через API (Application Program Interface).

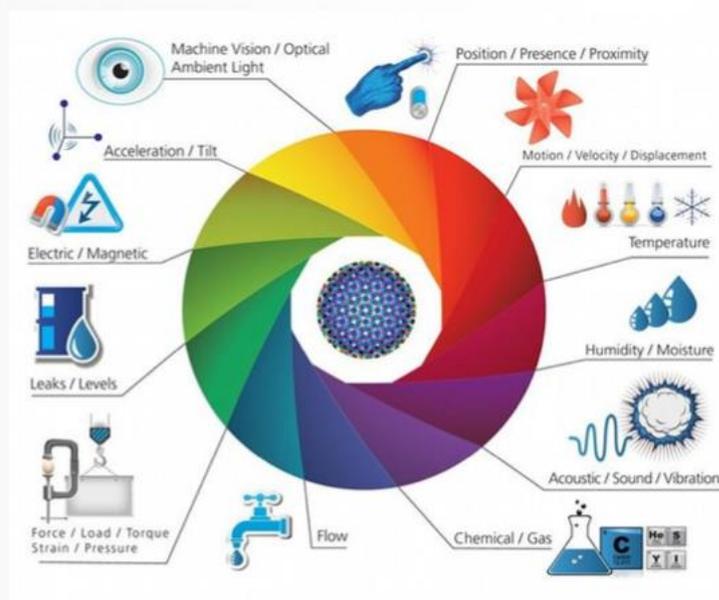
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 134

Функціональне представлення рівнів Промислового Інтернету Речей



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 135

Сенсори та живлення

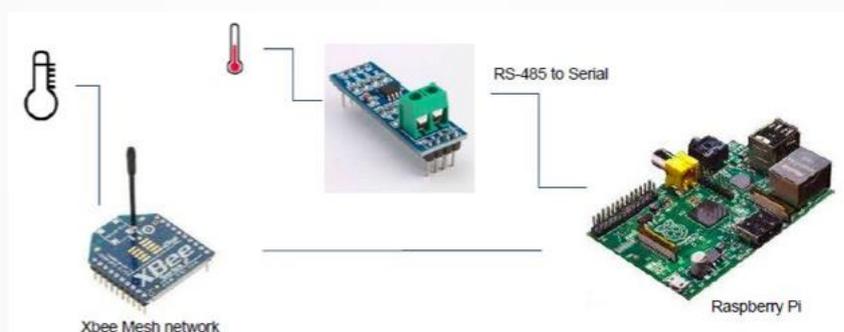


- Інтернет речей здебільшого пов'язаний з фізичною дією або подією реального світу. Розумні датчики генерують значний обсяг даних, наприклад, акустичний датчик для профілактичного огляду обладнання чи фітнес-трекеру. Сьогодні датчики зменшилися до субнанометрових розмірів і стали істотно дешевше, що дозволяє широко впроваджувати технологію IoT. Необхідно розглядати у застосування з IoT мікроелектромеханічні системи, датчики і інші типи недорогих граничних пристроїв і їх електрофізичні властивості. Це стосується також силових і енергетичних систем, необхідних для живлення граничних пристроїв що в сукупності споживають багато енергії. З питанням живлення також пов'язані питання організації хмарних сервісів IoT.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 136

Передача даних

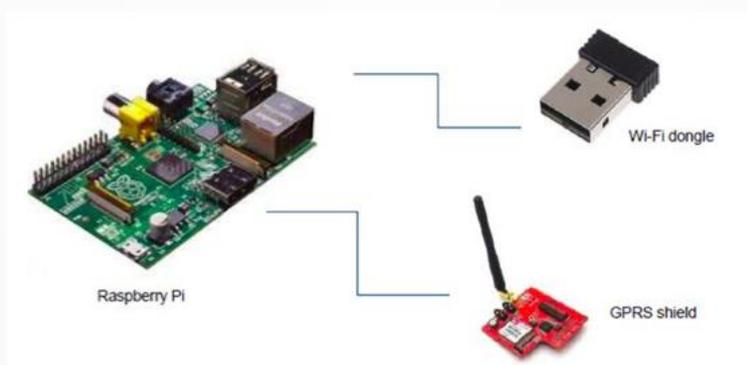
- Передача даних і встановлення мережевого з'єднання базуються на базі систем зв'язку ближньої дії - персональних мереж (PAN), зазвичай побудованих без дотримання правил IP-протоколу. Це може бути як дротові так і бездротові мережі. До бездротових IoT-мереж/протколів як правило відносяться протоколи Bluetooth, mesh-мережі, Zigbee, Z-Wave. Для IIoT це також Wireless HART та ISA100.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 137

Передача даних

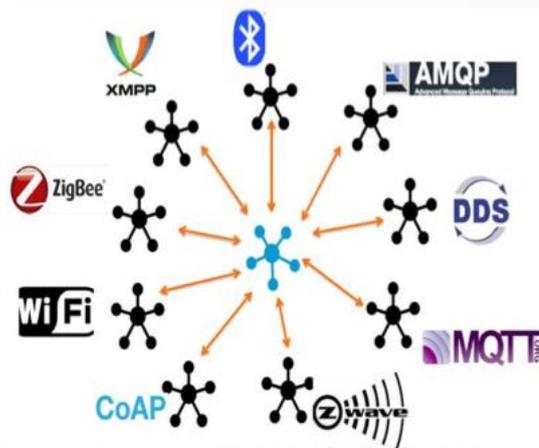
- Крім PAN використовуються бездротові локальні мережі та системи зв'язку на основі IP-протоколу, включаючи широкий діапазон Wi-Fi-мереж на основі стандартів IEEE 802.11, 6LoWPAN і технології Thread. Використовуються телекомунікації на основі стільникових стандартів (3G, 4G LTE) і нові стандарти, що забезпечують роботу Інтернету речей і міжмашинної взаємодії, такими як Cat-1 і Cat-NB, а також пропріетарні протоколи LoRaWAN і Sigfox, що використовуються саме для IoT.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 138

Маршрутизація та протоколи Інтернету речей

- Для передачі даних від датчиків в Інтернет-простір необхідні дві технології: маршрутизатор-шлюз і опорні інтернет-протоколи, що забезпечують ефективність обміну даними. Маршрутизатор особливо важливий в таких аспектах, як безпека, управління і напрям даних. Граничні маршрутизатори (Edge routers) керують і стежать за станом відповідних mesh-мереж, а також підтримують якість даних, конфіденційності та безпеку. Маршрутизатор відіграє важливу роль в створенні віртуальних приватних мереж, віртуальних локальних мереж і програмно-визначених глобальних мереж, що можуть містити тисячі вузлів, що обслуговуються єдиним граничним маршрутизатором.



Протоколи, необхідні для обміну даними між вузлами, маршрутизаторами і хмарними сервісами в межах IoT-системи, енергозберігаючі з малою затримкою, здатні легко і безпечно відправляти дані в хмару і з нього: MQTT, AMQP і CoAP.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 139

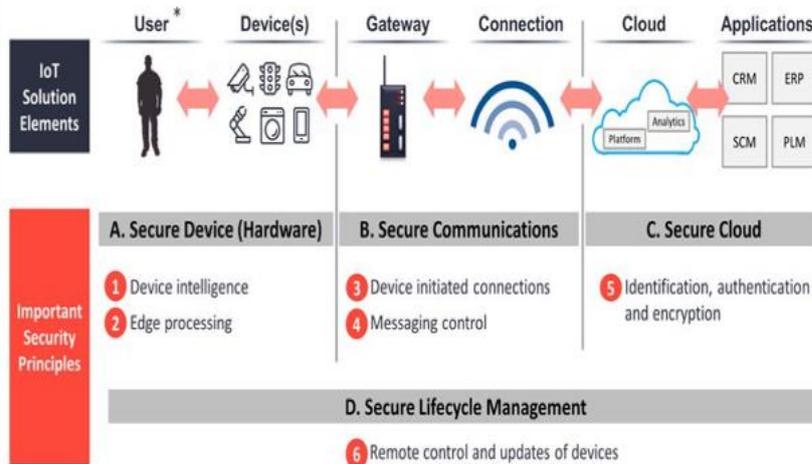
Туманні та граничні обчислення

- Пересилання всіх IoT-даних обходиться значно дорожче, ніж їх обробка на кордоні мережі (граничні обчислення, Edge Computing) або включення граничного маршрутизатора в зону, яку обслуговує хмарний сервіс (туманні обчислення, Fog computing). Туманні обчислення також стандартизуються, зокрема є стандарт туманних обчислень, наприклад архітектура OpenFog.

Дані від фізичного пристрою (датчика) опрацьовуються процесорами правил IoT-системи. Ступінь складності введення в дію IoT-системи залежить від того, яке рішення проектується: зміна стану системи, структурізація даних в режимі реального часу із використанням машинного навчання та нейронних мереж



Six principles of IoT Cyber Security across the stack



- IoT-системи не обмежуються безпечним простором будинку або офісу. Вони розташовуються в громадських місцях, віддалених областях, в рухомих транспортних засобах або всередині людини. Інтернет речей - це величезна єдина мішень для будь-яких видів хакерських атак. IoT рішення повинні включати визначення вразливостей і способи їх усунення, стандартні заходи, спрямовані на захист Інтернету речей або будь-якого компонента мережі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 162 / 141</i>

Дякую за увагу

Ваші запитання?

RAMI 4.0: Еталонна архітектура для цифрової індустрії та енергетики

Від концепції до реалізації
в Smart Grid та Індустрії 4.0



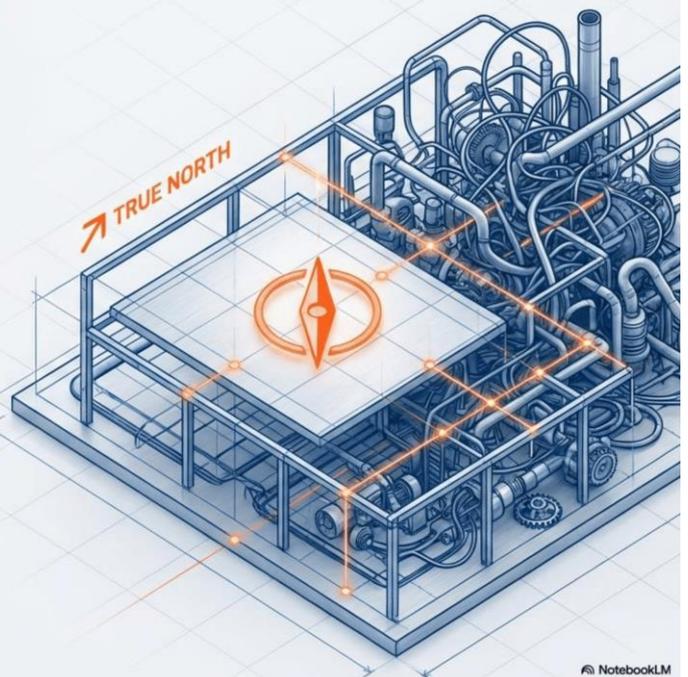
Based on the presentation by Martin Hankel, Bosch Rexroth / Platform Industrie 4.0

NotebookLM

Навігаційна карта для стандартизації

RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0) — це тривимірна карта, що забезпечує сумісність фізичних активів з цифровим світом.

- Об'єднує різні галузеві стандарти в єдину структуру.
- Дозволяє перейти від жорсткої ієрархії до гнучких мереж.
- Є критично важливою для інтеграції розподілених енергетичних ресурсів (DER) у Smart Grid.



NotebookLM

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10-05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 143

Кінець ери "Автоматизаційної піраміди"

Традиційна модель автоматизації розділяла ІТ та ОТ на ізольовані рівні. У світі Energy 4.0 дані повинні вільно переміщатися від датчика на трансформаторі безпосередньо в хмару, оминаючи застарілі рівні ієрархії.



© NotebookLM

Precision Engineering Blueprint meets Swiss Editorial

Тривимірний простір рішень: Куб RAMI 4.0

- **Вісь 1 (Layers/Рівні):** Вертикальна інтеграція від фізичного активу до бізнесу.
- **Вісь 2 (Life Cycle/Життєвий цикл):** Часовий вимір від ідеї до утилізації (IEC 62890).
- **Вісь 3 (Hierarchy/Ієрархія):** Від продукту до підключеного світу (розширення IEC 62264).



© NotebookLM

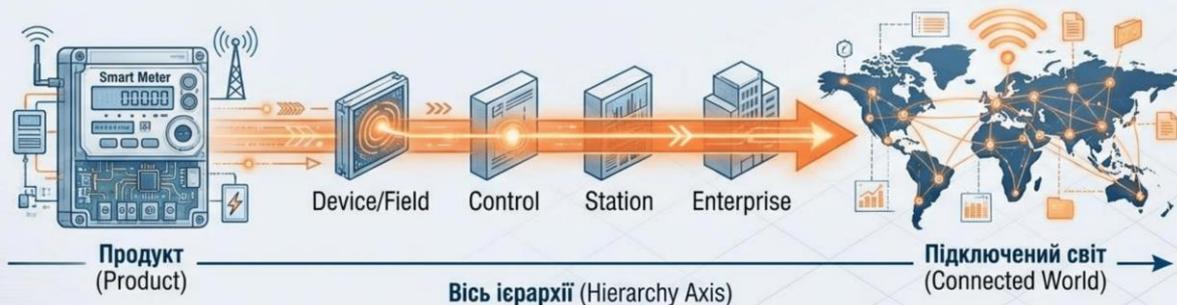
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 144

Вісь ієрархії: Від Продукту до Підключеного Світу

RAMI 4.0 розширює старі стандарти (IEC 62264), додаючи два нові рівні:

Продукт (Product): Нижній рівень. У контексті енергетики це може бути розумний лічильник або інвертор.

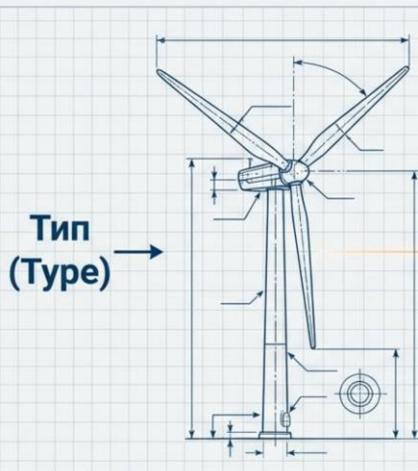
Підключений світ (Connected World): Верхній рівень. Це національна енергомережа або глобальна система Інтернету речей (IoT).



Precision Engineering Blueprint meets Swiss Editorial

© NotebookLM

Вісь життєвого циклу: Тип та Екземпляр

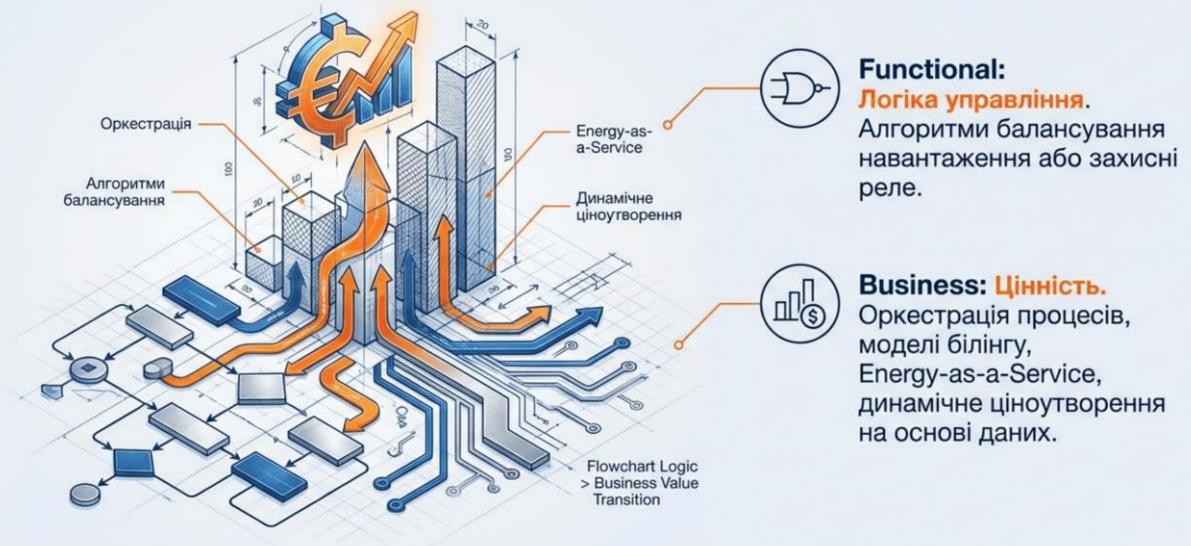


Тип (Type): Етап розробки та прототипування. Цифровий креслення турбіни існує ще до її створення.
Екземпляр (Instance): Етап виробництва та експлуатації. Конкретна турбіна, встановлена в полі, що генерує унікальні дані.

© NotebookLM



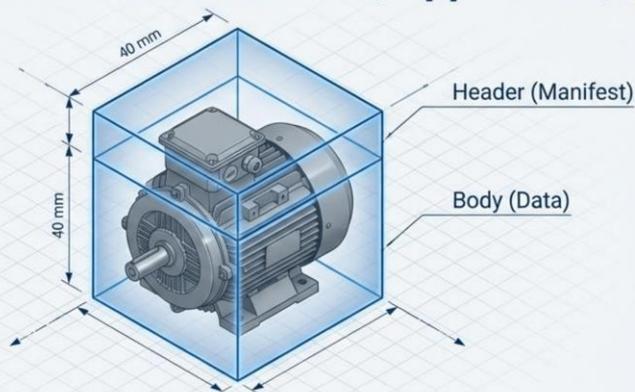
Рівні 5-6: Функціональність та Бізнес



© NotebookLM

Precision Engineering Blueprint meets Swiss Editorial

Адміністративна оболонка: Цифровий двійник

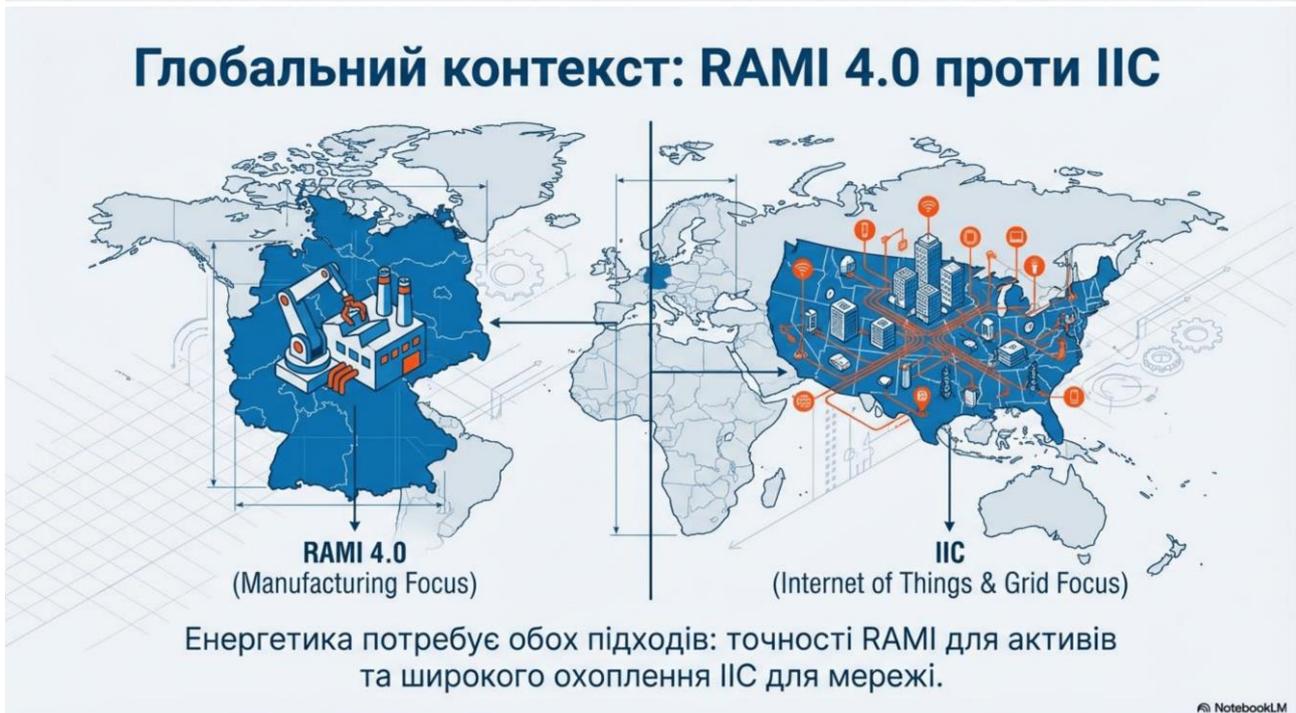


Актив + Адміністративна оболонка = 14.0 Компонент

Як перетворити 'залізо' на компонент Індустрії 4.0?

Precision Engineering Blueprint meets Swiss: © NotebookLM

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 148



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 149

Гармонізація стандартів для Smart Grid



Спільні робочі групи працюють над накладанням (mapping) архітектури RAMI на модель IIC.
Мета: Забезпечити, щоб розумний трансформатор (RAMI) міг коректно працювати в розподіленій енергомережі (IIC).

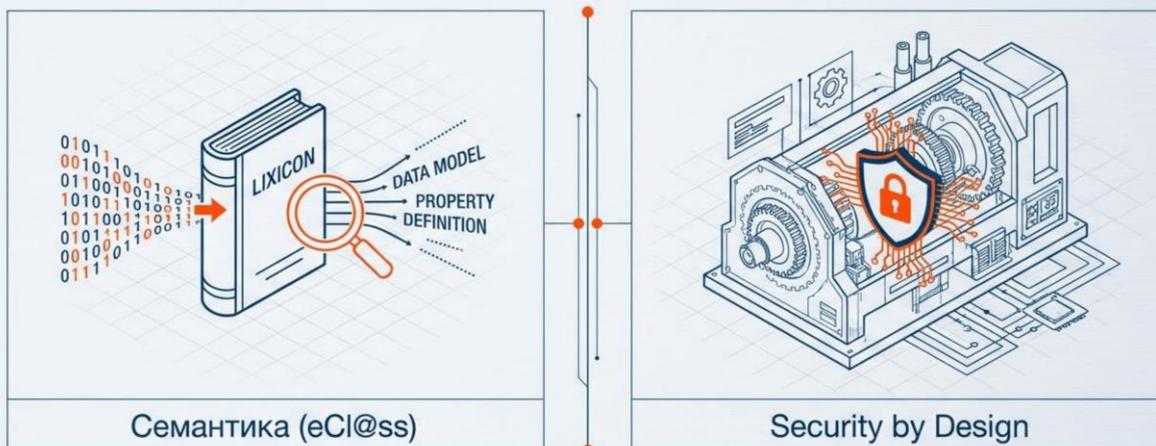
© NotebookLM

Приклад: Розумний енергетичний компонент



© NotebookLM

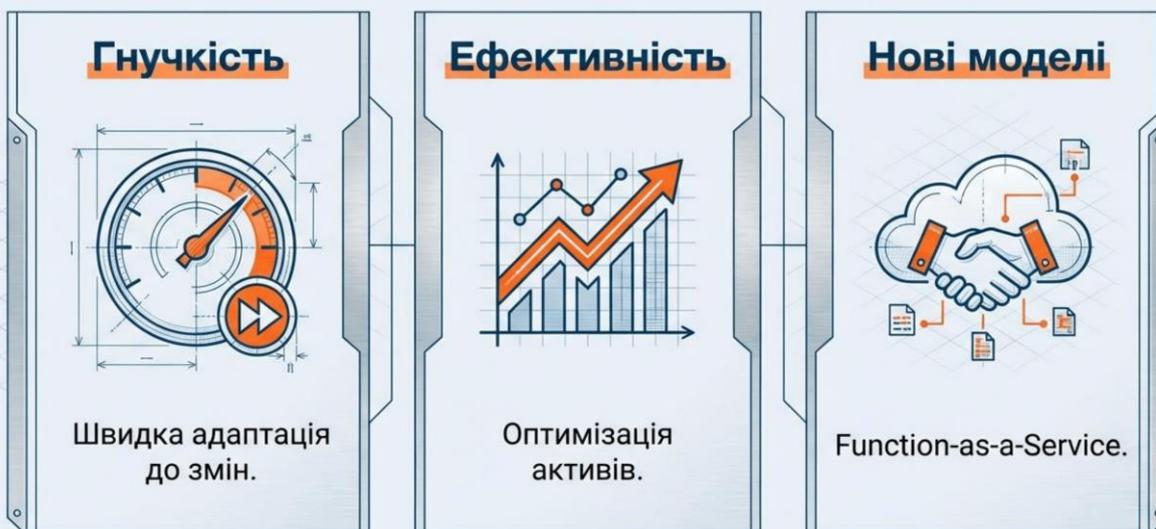
Семантика та кібербезпека (Security by Design)



Безпека вбудовується в Адміністративну оболонку на етапі проектування, а не додається як надбудова. Це критично для захисту енергосистеми.

© NotebookLM

Переваги впровадження RAMI 4.0



© NotebookLM

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск I	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 151

Майбутнє: Глобальна кооперація



© NotebookLM

RAMI 4.0 — Фундамент розумної енергетики

Єдиний шлях до створення масштабованих, безпечних та ефективних енергетичних систем майбутнього.



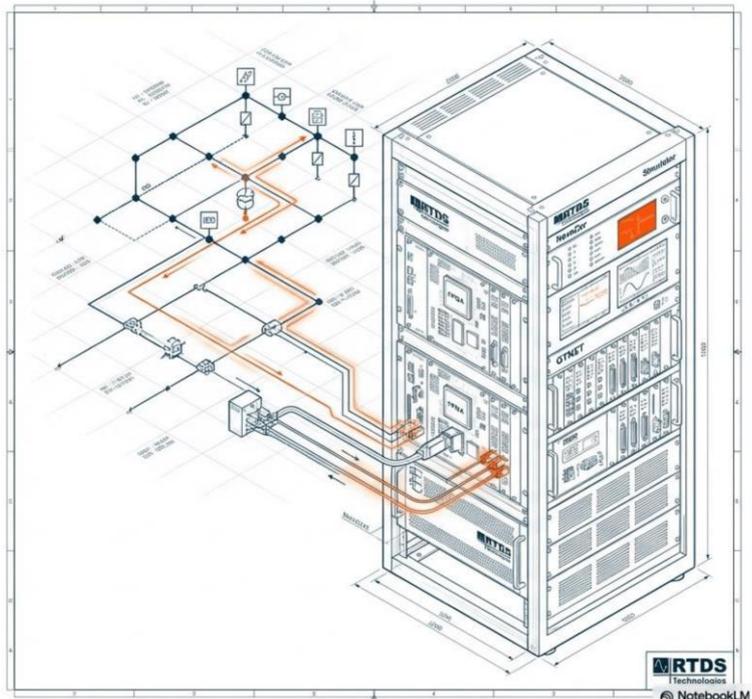
© NotebookLM

DIN Pro

Специфікація та використання протоколу GOOSE в системах управління енергетикою

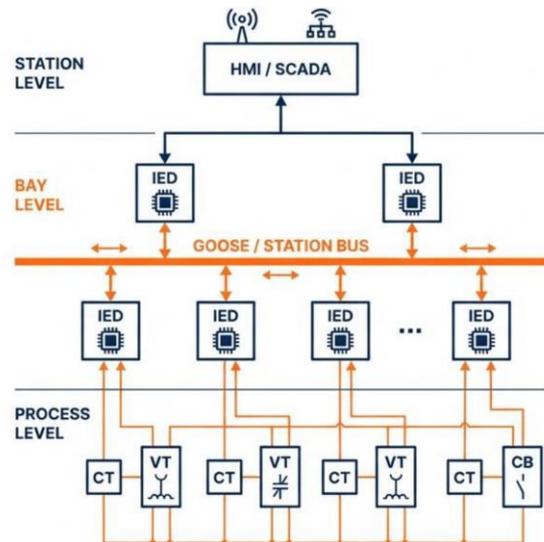
Inter

Впровадження рішень на базі симулятора реального часу RTDS Technologies

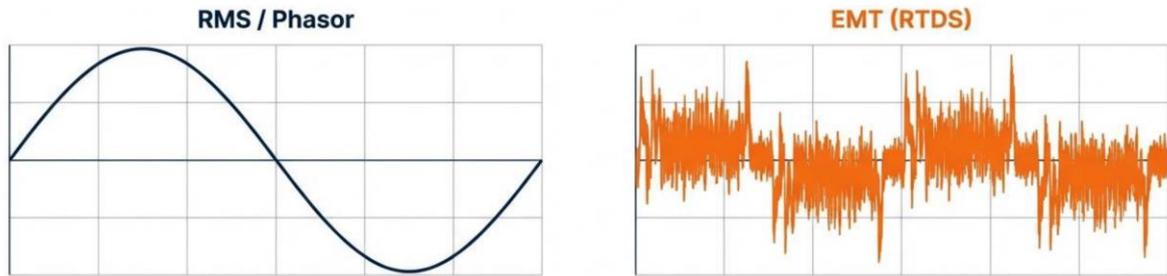


Стандарт IEC 61850: Основа сучасної автоматизації підстанцій

- Визначає протоколи зв'язку для інтелектуальних електронних пристроїв (IED).
- Забезпечує архітектуру для систем автоматизації підстанцій.
- Критичний компонент для тестування захисту в сучасних енергосистемах.



Електромагнітні перехідні процеси (EMT) проти RMS симуляції



Аналіз усталених режимів та перехідної стабільності.

Вихідні дані: Вектори (Phasors) навколо фундаментальної частоти.

Часові миттєві значення (Time-varying instantaneous values).

Широкий частотний діапазон для відтворення швидких перехідних процесів.

Крок моделювання (Time Step):

Типовий: 25-50 мкс
Силова електроніка: 1-3 мкс

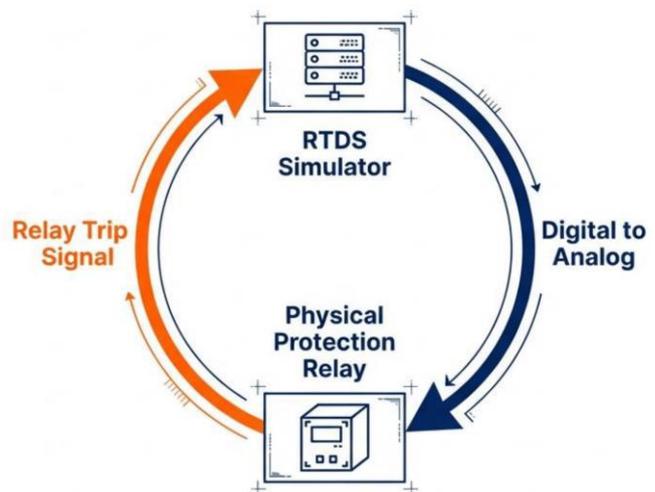
Апаратно-програмне моделювання (HIL): Замикання контуру

Що таке Real-Time?

Комп'ютер вирішує рівняння мережі за час, менший або рівний кроку моделювання.

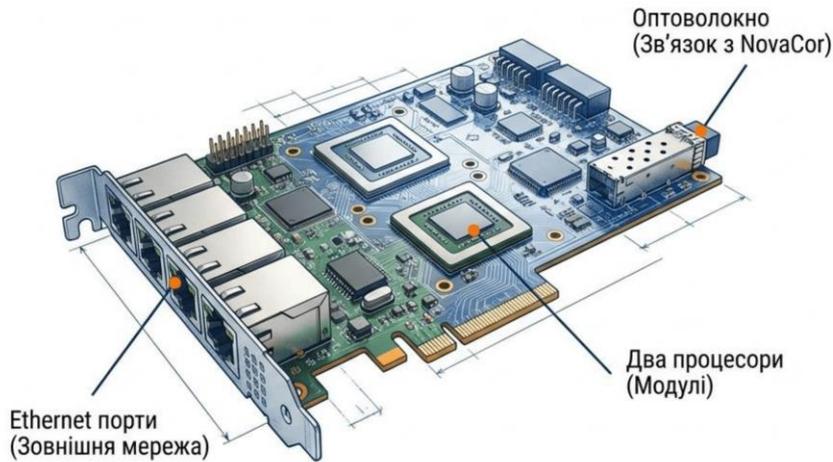
Переваги HIL:

- Тестування фізичних пристроїв захисту та контролю у замкненому циклі.
- Можливість перевірки взаємодії між різними системами (Interoperability).
- Виявлення вразливостей у системах з розподіленою генерацією.



Technical Editorial

Апаратний міст: Карта GTNET-x2

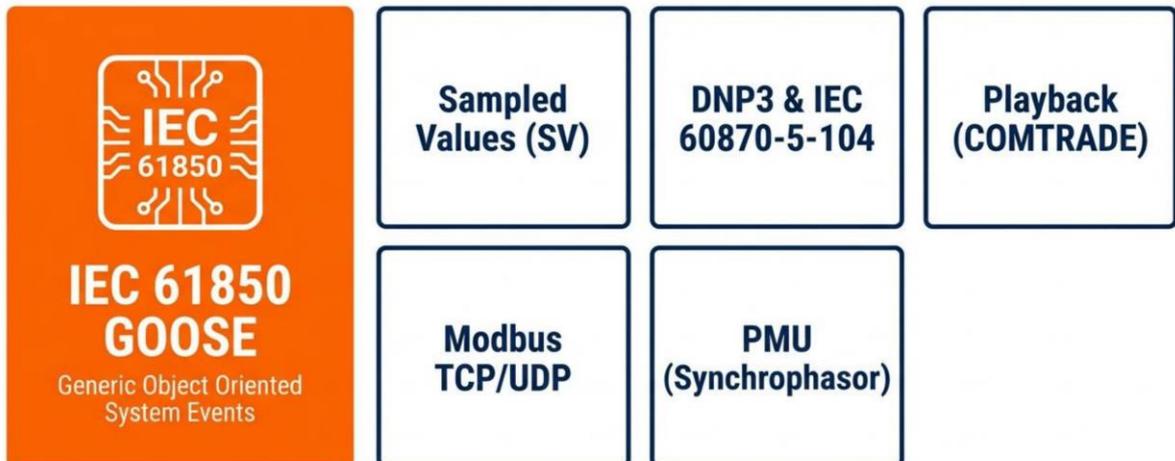


Забезпечує двонаправлений зв'язок між симулятором та зовнішніми пристроями через Ethernet. Можливість одночасної роботи двох мережевих протоколів на одній карті.

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING
NotebookLM

Technical Editorial

Підтримка комунікаційних протоколів

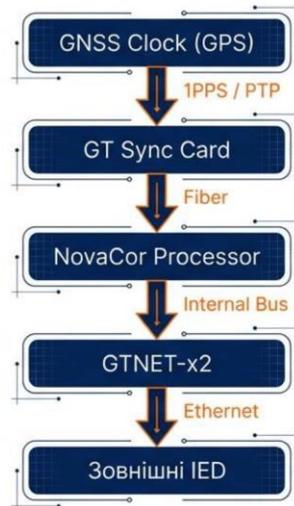


TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING
NotebookLM

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 155

Technical Editorial

Архітектура синхронізації системи

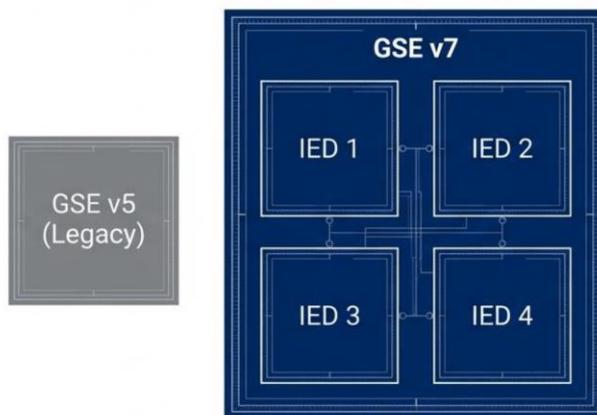


Точна синхронізація часу критична для коректної роботи протоколів Sampled Values та GOOSE.

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING
NotebookLM

Technical Editorial

Еволюція специфікації: Компонент GSE v7

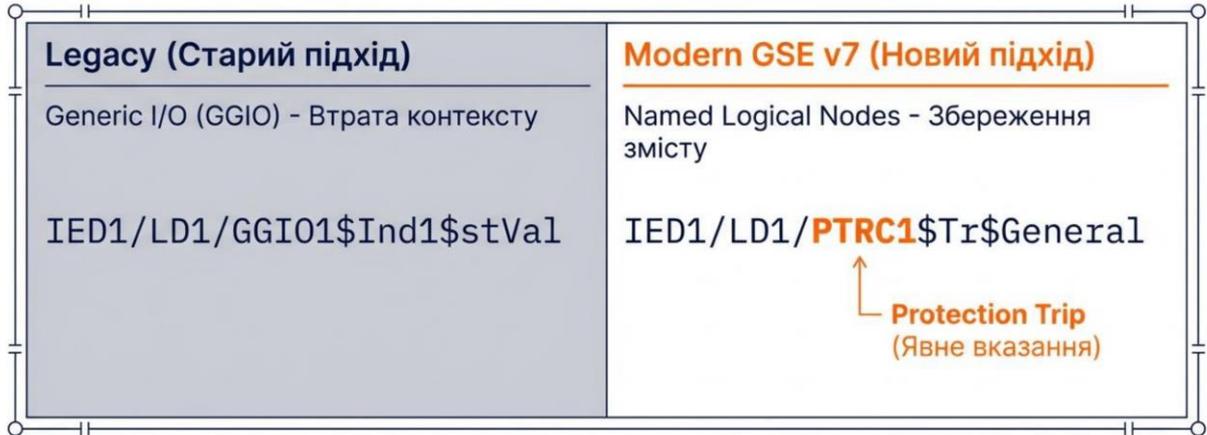


Ключові покращення:

- Підтримка IEC 61850 Ed 2.0 та Ed 2.1
- Мульти-IED симуляція: До 4 IED на один компонент
- Публікація: до 16 потоків (streams)
- Підписка: до 32 потоків
- Всього до 512 елементів даних

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING
NotebookLM

Зміна парадигми: Від Generic I/O до Об'єктно-орієнтованих моделей



Еволюція робочого процесу: SCD Editor проти ICT



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 157

Можливості MMS (Manufacturing Message Specification)

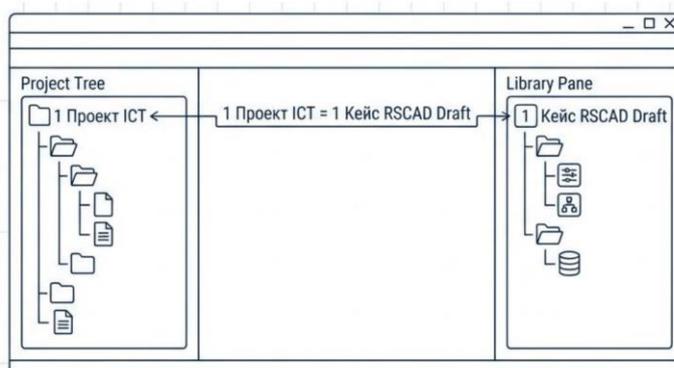


- Підтримка буферизованих та небуферизованих звітів
- До 16 блоків управління звітами (Report Control Blocks)
- Незалежність від застосування: будь-який DataSet
- Можливість повного відключення функції MMS

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

© NotebookLM

Середовище конфігурації: IED Configuration Tool (ICT)

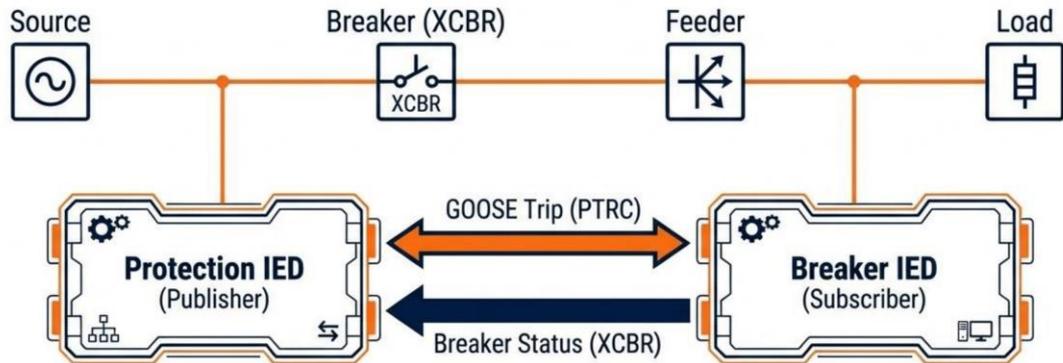


- Побудова стандартних моделей даних IEC 61850
- Вбудована база логічних вузлів
- Імпорт сторонніх файлів SCL (ICD, CID, SCD)

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

© NotebookLM

Практичний сценарій: Демонстрація захисту

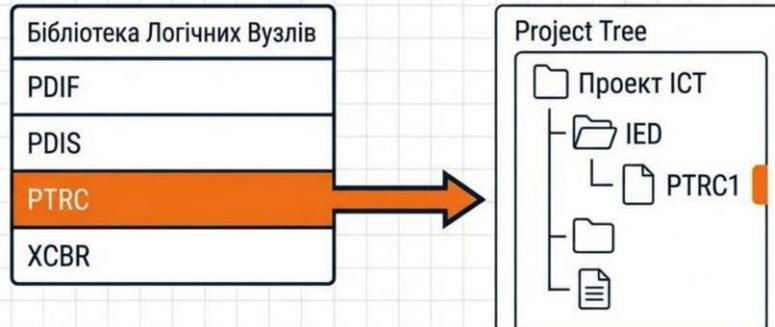


- 1. Виявлення несправності (Fault)
- 2. Публікація сигналу Trip
- 3. Розмикання вимикача
- 4. Публікація статусу

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

© NotebookLM

Крок 1: Створення моделі даних IED



- Додавання логічних пристроїв та вузлів з бібліотеки.
- Перевага: Відсутність жорсткого ліміту на кількість екземплярів (раніше 64 LN).

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

© NotebookLM

Крок 2: Прив'язка даних (Data Binding)

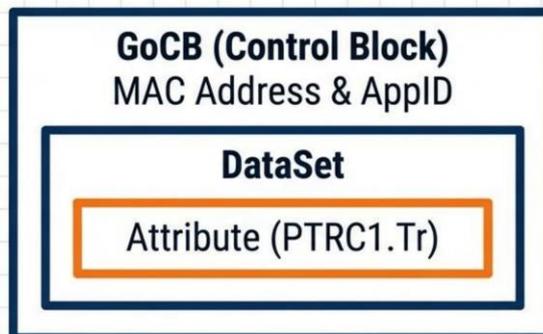


З'єднання внутрішніх сигналів симуляції з атрибутами стандарту.
Direction: Output (від симулятора до мережі).

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

© NotebookLM

Крок 3: Публікація GOOSE (Publishing)

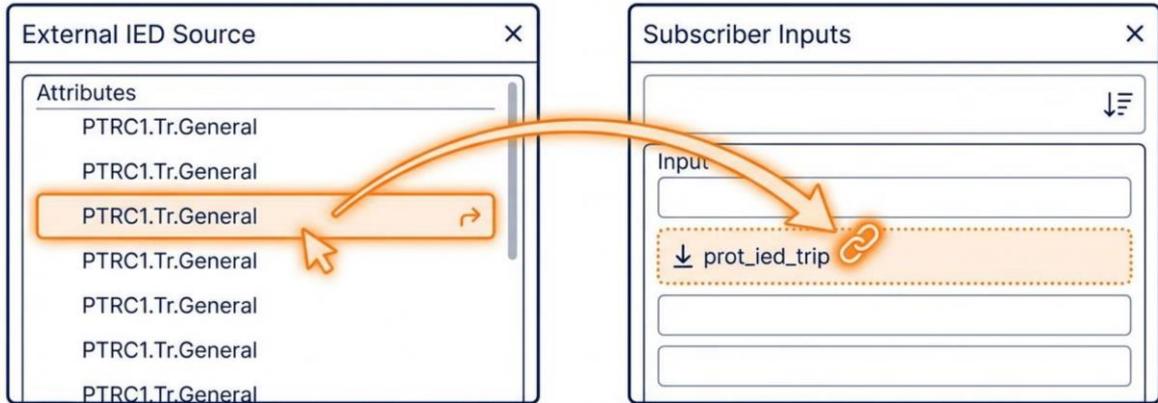


- 1. Створення DataSet: Групування атрибутів.
- 2. Створення GoCB: Призначення DataSet до блоку управління.
- 3. Конфігурація мережевих параметрів.

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

© NotebookLM

Крок 4: Підписка на повідомлення (Subscription)



- Налаштування IED на отримання даних.
- Прив'язка вхідного атрибуту до внутрішньої змінної RSCAD.

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING
NotebookLM

Екосистема файлів конфігурації



Для запуску симуляції (Runtime) достатньо CID та IDF.

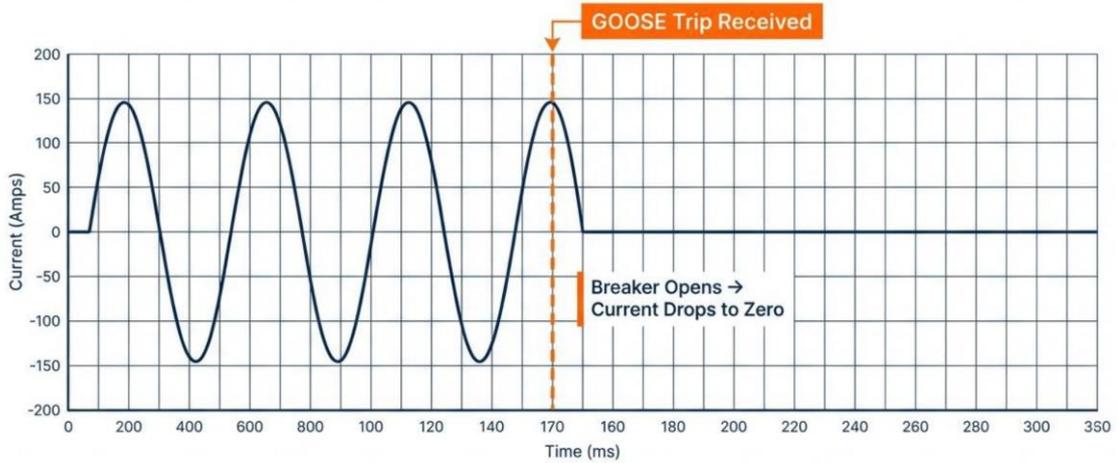
TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION ENGINEERING

NotebookLM



Валідація: Результати симуляції

DIN Pro → Inter



Підтвердження замкненого циклу (Closed Loop).

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION NotebookLM



Аналіз пакетів: RSCAD GOOSE Analyzer

No.	Time	Source MAC	Dest MAC	EtherType	APPID	GOOSE	StNum	SqNum	TTL	ConfRev
21	1:47:49.390	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-08:0C:0F	2008	0	Event	70	1	2	0
22	1:47:49.723	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-08:0C:0F	2007	0	Event	95	2	2	0
23	1:47:49.470	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-08:0C:0F	2008	0	Event	99	3	2	0
24	7:45:30.237	0000:00:00:00:00:00	00:00-08-55:3C:DF	2003	0	Trip	108	4	3	0
25	7:45:20.743	0000:00:00:00:00:00	00:00-08-55:3C:DB	2003	0	Trip	107	6	3	0
26	7:45:30.287	0000:00:00:00:00:00	00:00-08-55:3C:DF	2003	0	Trip	128	7	3	0
27	7:45:39.224	0000:00:00:00:00:00	00:00-08-55:3C:DB	2003	0	Trip	129	9	3	0
28	1:45:48.546	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-DD:DC:0F	2003	0	Event	129	11	2	0
29	1:43:48.427	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-08:0C:0F	2003	0	Event	130	5	2	0
30	1:43:48.525	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-08:0C:0F	2003	0	Event	139	8	2	0
31	1:46:45.020	0000:00:00:00:00:00	00:00-00-08:0C:0F	2003	0	Trip	140	11	2	0



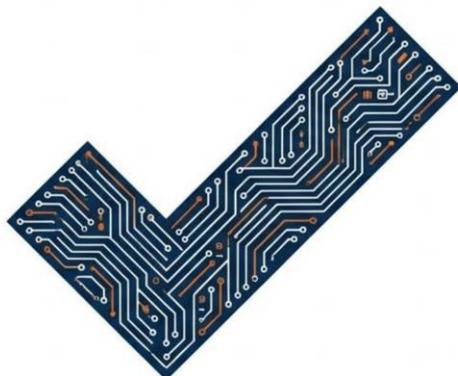
Візуалізація "вибуху" (Burst) повідомлень під час події Trip.

TECHNICAL EDITORIAL / PRECISION NotebookLM

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК25-2-2025
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 162 / 162



Підсумки: Гнучкість та надійність



- **GSE v7:** Об'єктно-орієнтована гнучкість та відповідність стандартам Ed 2.1.
- **ICT:** Спрощений робочий процес конфігурації.
- **Real-Time HIL:** Надійний спосіб перевірки складних енергомереж.

