

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра
**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ І КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ**

Студент гр. ЕІ-81_к

В.В. Крицький

Науковий керівник,
ст. викладач, к.т.н.

В.І. Васильєв

Конотоп 2022

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є комп'ютеризований контроль і керування технологічним процесом.

Мета роботи полягає у огляді сучасних видів керування технологічним процесом, типи, параметри та особливості комп'ютеризованого контролю, приклади використання комп'ютера в якості контролера.

Комп'ютерні технології вимагають зовсім іншої методології інженерного проектування. Він зробив революцію в швидкості та ефективності функцій. Чим більше вивчається вся функція проектування, тим більше повторюваних завдань розкривається в цій функції. Здатність комп'ютера виконувати ці завдання невтомно та з неймовірною швидкістю є основою для підвищення продуктивності.

Хоча основні цілі та функції контрольно-вимірювальних систем залишалися незмінними з моменту їх заснування, з роками відбувається зміна парадигми в методології вимірювання, інтерпретації та контролю через постійні технологічні інновації. Впровадження швидких і точних цифрових технологій та компонентів, таких як аналого-цифрові перетворювачі, мікропроцесори та перетворювачі, пов'язані з революційними досягненнями в комунікаційних технологіях, замінило природні розширені версії ручного моніторингу та керування на високорозвинені автоматизовані системи моніторингу та керування процесами.

Робота викладена на 37 сторінках, у тому числі включає 22 рисунка, список цитованої літератури із 23 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: комп'ютер, комп'ютеризовані системи проектування, протоколи, послідовні і паралельні інтерфейси, параметри, програмне середовище.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ІНТЕРФЕЙСИ РОБОТИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПК ...	5
1.1 Рушійні сили та тенденції розвитку промислової	5
1.2 Інтерфейс USB	7
1.3 Інтерфейс RS232.....	9
1.4 Конструкція системи управління.....	12
РОЗДІЛ 2. КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ	13
2.1 Введення в комп'ютерні системи керування	13
2.2 Роль комп'ютерів у вимірюванні та (процесі) контролю	16
2.3 Архітектура - комп'ютерна система управління процесами.....	20
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО	
КОНТРОЛЮ	24
3.1 Інтерфейс людини-машини (НМІ).....	24
3.2 Зв'язок комп'ютерної системи з процесом	26
3.3 Економіка комп'ютерної системи промислового застосування.....	34
ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	36

ВСТУП

Розвиток засобів і систем промислової автоматизації, що відбувається разом із широким використанням сучасних інформаційних технологій, дає змогу виявити тенденції, характерні для цієї галузі науки і техніки, та передбачити напрямки, за якими відбуваються найважливіші зміни. Відбудеться найближчим часом.

Це показано, що основною тенденцією є постійне підвищення рівня вбудованого штучного інтелекту в системах керування. З точки зору найбільш затребуваних і актуальних напрямків досліджень і розробок, проаналізовано рушійні сили та тенденції розвитку та вдосконалення систем промислової автоматизації.

Промислова автоматизація визначається як уніфікація всіх машин, систем обробки, випробувальних установок і виробничих майданчиків, які автоматизовані завдяки технологічному прогресу, який у глобальному масштабі значною мірою обумовлений зростаючими економіками по всьому світу.

Зростання технологічного сегмента багатьох промислових і промислових підприємств стимулює глобальне зростання ринку промислової автоматизації: виробнича продукція для промислової автоматизації випускається великими сортами, кожне з яких відрізняється від іншого за типом автоматизації, контрольно-вимірювальні прилади, комп'ютери, аналізатори, операційний і географічний масштаб.

РОЗДІЛ 1

ІНТЕРФЕЙСИ РОБОТИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ПК

1.1 Рушійні сили та тенденції розвитку промислової автоматизації

Проблема алгоритмізації управління виробничими процесами, підсилена потужним розвитком електронно-обчислювальної техніки, породила значний потік пошукових і плідних розробок у галузі теорії управління в цілому та, зокрема, оптимізації управління. Концепція централізованого управління виробництвом, яка домінувала на початкових етапах автоматизації, вимагала використання надзвичайно складних багатопараметричних і багатозв'язних алгоритмів керування, для яких обчислювальна потужність існуючих комп'ютерів була недостатньо [1–2].

Виникаюча суперечність у створенні ефективної системи алгоритмічного забезпечення призвело до необхідності переходу до децентралізованої розподіленої системи управління, в якій окремі проблеми промислового виробництва могло бути вирішене з певним ступенем автономності локальними засобами автоматизованого або автоматичного керування. Такий підхід був реалізований завдяки появі персональних комп'ютерів та широкому використанню промислових логічних контролерів.

Однак будь-яка децентралізація управління може залишатися ефективною лише в певних межах. Фундаментальні принципи системного підходу вимагали нового витка на шляху до централізації управління. Як наслідок, нові стандарти виробництва для підприємства управління та виробництво – (управління ресурсами) – виникли ERP, ERP-II, MRP-II, EAM тощо. Розробка відповідних алгоритмів управління технологічними процесами привела до створення концепції людини-машини та інтерфейс, розділений в технології SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) і DCS (Distributed Control System).

Водночас були розроблені різні рішення для побудови операційної системи керування для стандарту MES (Manufacturing Execution).

Стратегічні зміни в принципах автоматизованого керування промисловим виробництвом призвели до відповідних змін у структурі алгоритмів керування. При цьому, якщо змістовна частина алгоритмів управління технологічними процесами та виробництвом залишалася незмінною, то їх оптимізаційна складова зазнала суттєвих змін і привела до низки нових розробок, об'єднаних спільністю.

Методологія APC (Advance Process Control) [4]. Загальні процеси глобалізації систем та підвищення їх відкритості оновлені останніми роками, створення систем управління інформацією на промислових підприємствах, де вийшла глобальна мережа Інтернет, локальних та корпоративних мережах. розроблені та модернізуються технологічні та технічні системи. Ці процеси викликали запит на вичерпну інформацію про різні аспекти діяльності промислового підприємства – інформацію, яка необхідна для підтримки прийняття рішень [2]

Data Acquisition — це інтерфейс людина-машина та система керування збором та відправкою даних у рамках розподіленої багаторівневої архітектури. Сучасні хімічні та нафтохімічні підприємства комплексні багатофункціональні підприємства, де взаємодіють основні виробничі потужності та основне виробництво допоміжних, але не допоміжних, приміщень, послуг та установок. Різні системи автоматизації (автоматизоване ПП, автоматизоване живлення, автоматизований склад, автоматизований продаж, автоматизований персонал, САМ) є невід'ємною частиною забезпечення та підтримки функціонування сучасного виробництва, з кінцевою метою забезпечення вирішення проблем ефективного виробництва на рівні фабрики. Сюди входять функціонування та розвиток підприємства з урахуванням мінливих умов діяльності, як з точки зору ринкових умов, екологічні умови та внутрішні (необхідне оновлення агрегатів, автоматизовані завдання управління та бізнес-процеси).

Система та взаємозв'язок різних аспектів діяльності підприємства стають все більш важливими у вирішенні цих проблем. Як правило, шляхом відображення ієрархії підприємства систем автоматизації, над технологічними системами (управління матеріальними потоками) складається єдина піраміда, заснована на системі автоматизації на місцях. На самому верху, система ERP (управління

ресурсами), в середині MES, знаходиться система (експлуатаційний і диспетчерський контроль).

Багато фахівців, вважаючи таке управління дійсним лише при аналізі локальних технічних проблем, вважають, що при визначенні класу системи управління заводською інформацією слід використовувати щонайменше три піраміди.

Автоматизоване поле управління представлено у вигляді широкого кільця, на зовнішній стороні якого розміщено три види простору об'єкта автоматизації – основного виробництва, що забезпечує економічну та соціальну сферу підприємства.

1.2 Інтерфейс USB

USB (Універсальна послідовна шина), як випливає з назви, це архітектура зовнішньої шини для підключення периферійних пристроїв до хост-комп'ютерних пристроїв, які підтримують USB. USB було сформовано групою з семи компаній під назвою Compaq, DEC (Digital Equipment Corporation), IBM (International Business Machine Corporations), Intel, Microsoft, NEC і Nortel у 1994 році.[1]

Мета полягала в тому, щоб спростити підключення зовнішніх пристроїв до ПК, замінивши безліч роз'ємів на задній панелі ПК. USB був в основному розроблений для створення стандарту для підключення периферійних пристроїв комп'ютерів, таких як цифрові камери, дисководи, клавіатури, портативні медіаплеєри, принтери, мережеві адаптери до персональних комп'ютерів, як для зв'язку, так і для живлення.

Спочатку специфікація USB 1.0 була представлена лише зі швидкістю передачі даних 1,5 Мбіт/с у січні 1996 року. Потім USB 1.1 був запущений з максимальною швидкістю передачі даних 12 Мбіт/с у вересні 1998 року. Переходимо до специфікації USB 2.0 війни, випущена в квітні 2000 року і була ратифікована USB-IF (Форум розробників USB) наприкінці 2001 року. HP (Hewlett-Packard), Intel, Lucent Technologies (тепер Alcatel-Lucent), NEC і Philips спільно очолили ініціативу

з розробки вища швидкість передачі даних, при цьому специфікація в результаті досягає 480 Мбіт/с, що в 40 разів швидше, ніж оригінальна специфікація USB 1.1.

Специфікація USB 3.0 була випущена 12 листопада 2008 року. Тут, в USB 3.0, вона має збільшену швидкість передачі даних (до 5 Гбіт/с), зменшене споживання енергії, підвищену вихідну потужність і, що найголовніше, USB 3.0 має зворотну сумісність з USB 2.0. Крім того, USB 3.0 складається з нової високошвидкісної шини, відомої як SuperSpeed, яка працює паралельно з шиною USB 2.0.

Швидкість у USB 3.0 представлено новий тип передачі під назвою SuperSpeed або SS, який підтримує майже 5 Гбіт/с, тоді як високошвидкісний USB 2.0 підтримує лише 480 Мбіт/с. Отже, USB 3.0 в 10 разів швидше, ніж USB 2.0. Пропускна здатність USB 2.0 має напівдуплексну двопровідну сигналізацію, що означає односпрямований потік даних з узгодженими спрямованими переходами шини. Шаблон використовується для форматування паперу та стилю тексту. У той час як USB 3.0 має подвійну симплексну чотирипровідну сигналізацію, що означає двонаправлені потоки даних. Bus Transaction Protocol USB 2.0 — це хост, в якому хост безперервно опитує всі підключені периферійні пристрої, чи будь-який з них має дані для передачі, і для цього всі пристрої повинні постійно бути «увімкненими». У USB 3.0 опитування замінено асинхронним сповіщенням [3]

У SuperSpeed хост чекає, поки програма вищого рівня не повідомить йому, що периферійний пристрій має дані для спільного використання. Потім хост зв'язується з цим периферійним пристроєм, щоб перевірити, чи готові дані до спільного доступу чи ні, і коли обидва кінці з'єднань, які є периферійними та хостом, готові, дані надаються спільно. Завдяки цьому USB 3.0 також усунув характер трансляції USB 2.0. D. Управління живленням USB 3.0 зменшує потребу в живленні, усуваючи характер опитування та трансляції USB 2.0, а також використовує керування живленням на рівні каналів, пристроїв і функцій. Управління живленням здійснюється за допомогою чотирьох різних станів в управлінні живленням каналу: U0, U1, U2 і U3. U0 призначений для активації зв'язку, U1 для швидкого виходу каналу в режимі простою, U2 для виходу з зв'язку в режимі простою та повільного і U3 для призупинення зв'язку. Конструкція кабелю usb 3.0 представлена на рис.1.1

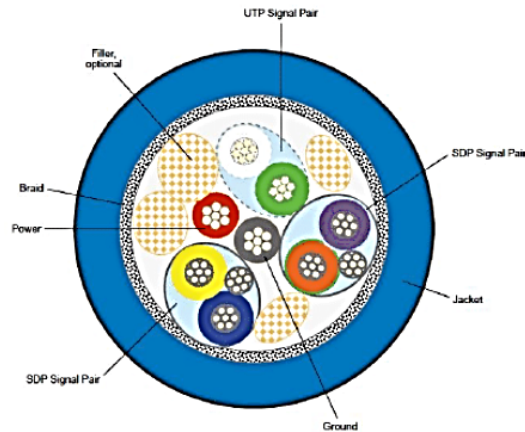


Рис. 1.1. Ілюстрація поперечного перерізу кабелю USB 3.0 [4]

1.3 Інтерфейс RS232

RS232 є одним з найбільш широко використовуваних методів для взаємодії зовнішнього обладнання з комп'ютерами. RS232 — це стандарт послідовного зв'язку, розроблений Асоціацією електронної промисловості (EIA) та асоціацією телекомунікаційної промисловості (TIA). RS232 визначає сигнали, що з'єднуються між DTE і DCE. Тут DTE означає термінальне обладнання даних, а прикладом DTE є комп'ютер. DCE означає обладнання для передачі даних або кінцеве обладнання ланцюга даних, а прикладом DCE є модем.

RS232 був представлений в 1960-х роках і спочатку був відомий як рекомендований стандарт EIA 232. RS232 є одним із найстаріших стандартів послідовного зв'язку з гарантованим простим підключенням і сумісністю між різними виробниками. Спочатку DTE в RS32 були електромеханічними друкарськими машинками, а DCE - модемами. На рис. 1.2 зображено RS232 протокол.

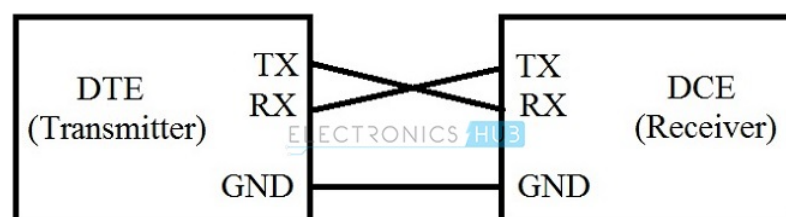


Рис. 1.2 RS232 протокол [5]

RS232 використовує послідовний зв'язок, коли один біт даних передається по одній лінії даних. Це контрастує з паралельним зв'язком, коли кілька бітів даних надсилаються одночасно за допомогою кількох ліній даних. Перевага використання послідовного зв'язку перед паралельним зв'язком полягає в тому, що кількість проводів, необхідних для здійснення повнодуплексної передачі даних, буде дуже меншою (двох проводів достатньо без урахування електричних ліній).

RS232 став де-факто стандартом для комп'ютерів і приладів, оскільки він був стандартизований у 1962 році EIA, і в результаті він став найбільш широко використовуваним стандартом зв'язку. Але основним недоліком стандарту RS232 є швидкість передачі даних і довжина кабелю. RS232 підтримує максимальну швидкість передачі даних 19200 біт/с, а максимальна довжина кабелю становить 20 метрів.

Електричні характеристики RS232 визначають специфікації, пов'язані з рівнями напруги, опором лінії та швидкістю зміни рівнів сигналу. RS232 був визначений задовго до логіки TTL, і, отже, не є несподіваним, що RS232 не використовує специфічні для TTL логічні рівні 5 В і GND. Логіка «1» в RS232 описується як знаходиться в діапазоні напруги від -15 В до -3 В, а логіка «0» описується як діапазон напруги від +3 В до +15 В, тобто напруга низького рівня є логікою «1» і високим рівнем напруга - логічний '0'.

Як правило, логічна «1» в RS232 буде -12 В, а логічна «0» буде +12 В. Усі вищезгадані напруги відносяться до контакту «GND» загального заземлення. Будь-яка напруга між -3 В і +3 В вважається невизначеним логічним станом. Історично логіка «1» (від -15 В до -3 В) називається маркуванням, а логіка «0» (від +3 В до +15 В) називається інтервалом. На рис. 1.3 зображено рівень напруг в RS232.

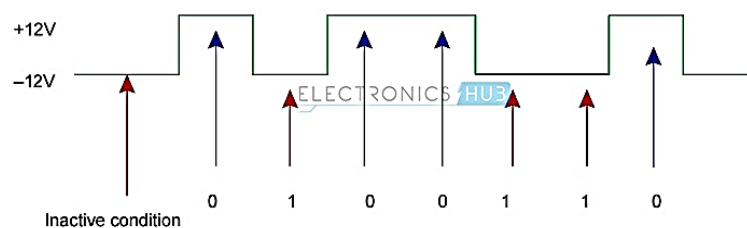


Рис. 1.3 Рівень напруг в RS232 [6]

Іншою важливою електричною характеристикою є швидкість зміни рівнів сигналу, тобто швидкість наростання. Максимальна швидкість наростання в RS232 обмежена 30 В/мкс. Також визначено максимальну швидкість передачі даних 20 Кбіт/с. Ці обмеження стандарту допомагають зменшити перехресний зв'язок із сусідніми сигналами. Опір лінії, тобто опір дроту між пристроями DTE та DCE, визначено як приблизно від 3 Ом до 7 Ом.

Крім того, оригінальний стандарт RS232 визначає максимальну довжину кабелю як 15 метрів, але переглянуті стандарти визначають максимальну довжину з точки зору ємності на одиницю довжини. Механічні характеристики RS232 охоплюють механічний інтерфейс стандарту. Стандарт RS232 визначає 25-контактний роз'єм типу D для підтримки повної функціональності RS232.

На наступному зображенні показано з'єднувач DB25. Пристрій DTE використовує зовнішній корпус із внутрішніми штифтами, а пристрій DCE використовує зовнішній корпус із внутрішніми штифтами. На рис. 1.4 зображено розпіновку контактів RS232.

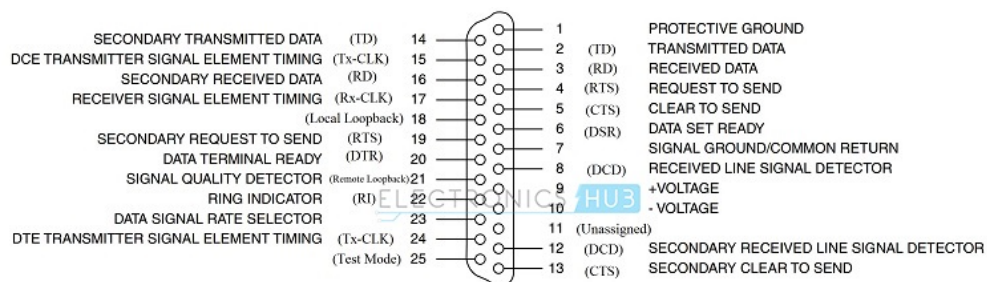


Рис. 1.4 Розпіновка контактів RS232 [7]

1.4 Інтерфейс LPT

LPT — міжнародний стандарт паралельного інтерфейсу для підключення периферійних пристроїв персонального комп'ютера. В основному використовується для підключення до комп'ютерного принтера, сканера та інших зовнішніх пристроїв, однак може застосовуватися і для інших цілей. В основі цього стандарту лежить інтерфейс Centronics і його розширені версії (ECP, EPP). Назва LPT утворено від

імені стандартного пристрою принтера LPT1 в операційних системах сімейства MS-DOS. На рис. 1.5 зображено порт LPT.



Рис. 1.5 Зовнішній вигляд LPT [8]

Паралельний порт Centronics — вже давно став стандартом де-факто, хоча в дійсності офіційно на даний момент він не стандартизований. Спочатку цей порт був розроблений тільки для простої (однонаправленої) передачі даних, так як передбачалося, що порт Centronics повинен використовуватися тільки для роботи з принтером. Порт на стороні керуючого пристрою (комп'ютера) має 25-контактний 2-рядний роз'єм DB-25-female («мама») (IEEE 1284-A).

РОЗДІЛ 2

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

2.1 Введення в комп'ютерні системи керування

Промислова революція значною мірою сприяла розвитку машинного керування, коли машини в переробних галузях перейняли роботу, виконану фізичною силою людини. Ранні виробничі процеси були природними розширеними версіями традиційних ручних практик. Вони були розроблені як періодичний процес, який пізніше був розширений до безперервних процесів, що призвело до економічних та технологічних переваг. Контроль виробничих процесів модернізувався з модернізацією виробництва. Тому управління процесами — це не відкриття недавнього минулого, а скоріше таке ж давнє, як і сама галузь.

Інженери та конструктори технологічних галузей завжди намагалися максимально автоматизувати процеси і для цього залучали вимірювальні прилади. Таким чином, потреба в кращому приладобудуванні та автоматичному управлінні стала домінуючою причиною кращого функціонування промислових процесів. І навпаки, вдосконалення приладів і контролю сприяло розвитку більших і складніших процесів, приносячи оператору численні технологічні та економічні переваги [9]

Найперші зафіксовані пропозиції щодо використання комп'ютера для вимірювання та керування (у режимі реального часу) були зроблені Брауном і Кемпбеллом у їхній роботі в 1950 році. Документ містив діаграму, як показано на рис. 2.1 нижче. У цій конкретній звітності комп'ютер використовувався як у циклах зворотного зв'язку, так і в циклі прямої подачі. Ці вчені також запропонували використовувати цифрові обчислювальні елементи (логіку) для налаштування функцій керування.

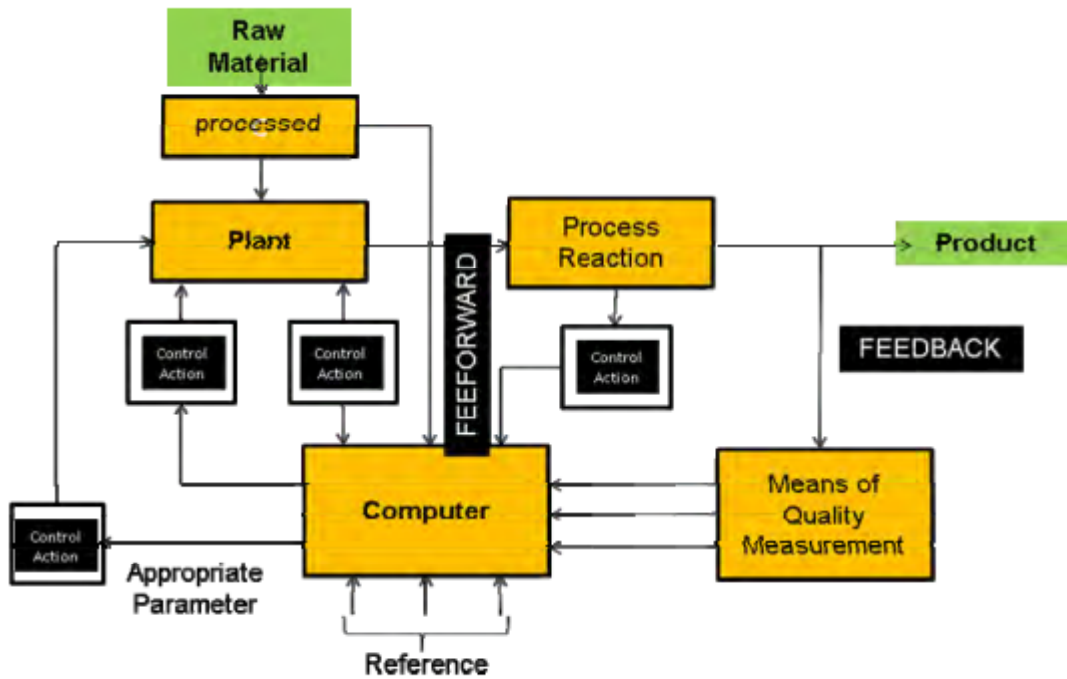


Рис. 2.1 Діаграма взаємодії з компютером [11]

Комп'ютери зараз широко використовуються для вимірювання та контролю в технологічних і виробничих галузях. Це принесло не тільки нові можливості, але й нові виклики для інженерів із вимірювання та контролю. У наступних текстах і схемах цих розділів обговорюються основні елементи, апаратне та програмне забезпечення комп'ютерних систем вимірювання та керування.

2.2 Роль комп'ютерів у вимірюванні та (процесі) контролю

Розвиток цифрової обчислювальної техніки значно розширив використання комп'ютерів для вимірювання та контролю. Основна мета вимірювання та контролю на основі комп'ютера полягає в отриманні інформації від польових пристроїв (вхідних даних) і обчисленні логічного рішення для маніпулювання матеріальним та енергетичним потоком даного процесу в бажаний спосіб для отримання оптимального результату. Очікування від технологічного комп'ютера порівняно з комп'ютером загального призначення передусім з точки зору часу відгуку, обчислювальної потужності, гнучкості та відмовостійкості, які повинні бути

жорсткими та надійними, крім того, контроль процесу має здійснюватися в режимі реального часу.

Програми керування цифровими комп'ютерами в переробних галузях можуть бути пасивного або активного типу. Пасивна програма передбачає лише отримання даних процесу (збирання даних/реєстрація даних), тоді як активна програма передбачає отримання та маніпулювання даними та використовує їх для контролю процесу (у реальному часі). Пасивна програма має справу переважно з системами моніторингу, сигналізації та скорочення даних, як показано на рис. 2.2. Дані процесу після отримання (вимірювання) в режимі онлайн надсилаються на комп'ютер збору даних через інтерфейсний модуль. Розумні прилади (розумні датчики, розумні передавачі та розумні приводи, кінцевий елемент керування) із вбудованим комп'ютером допомагають оператору отримувати інформацію про вимірювання процесу в реальному часі та автоматичну передачу в необхідній формі для подальшої обробки комп'ютером керування процесом. Розумні прилади гарантують, що привод, передавач або датчик функціонують відповідно до вимог користувача.

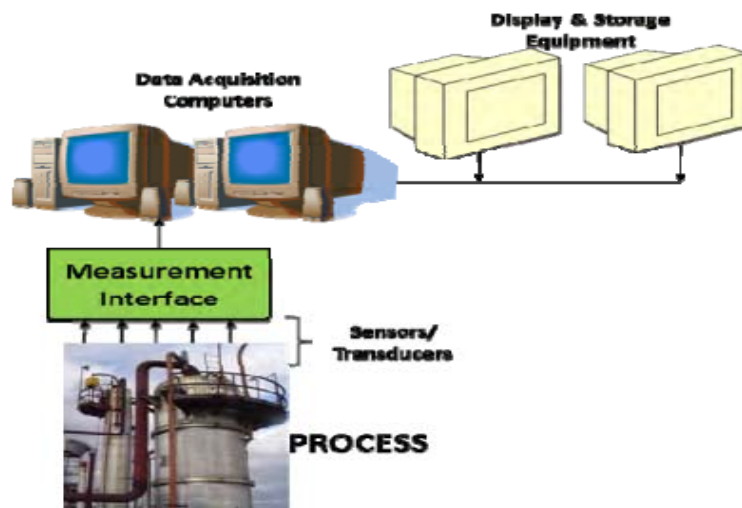


Рис. 2.2 Система контролю процесом [12]

Основне застосування цифрових комп'ютерів – це управління процесами та оптимізація заводу. Комп'ютерні системи керування, які колись були надзвичайно дорогими, тепер можуть бути адаптовані до більшості промислових застосувань на конкурентній економічній основі. Успіхи використання комп'ютерного керування

спонукали багатьох і змінили концепції функціонування промислових процесів. Відеотермінали тепер дозволяють операторам контролювати роботу всього заводу з диспетчерської. Велика панель інструментів, ручки та перемикачі замінені кількома клавіатурами та екранами. Диспетчерські тепер набагато менші, і для нагляду за станцією потрібно менше людей.

2.3 Основні компоненти комп'ютерного вимірювання та система управління

Основними компонентами є:

- вимірювання та отримання даних;
- перетворення даних, масштабування та перевірка;
- накопичення та форматування даних;
- візуальний дисплей;
- порівняння з лімітами та підняття тривоги;
- події, послідовність і тенденції; моніторинг і реєстрація;
- реєстрація та обчислення даних;
- контрольні дії.

Блок-схема комп'ютерної системи управління технологічними процесами показана на рис. 2.3. Як показано на рис. 2.3(a), керована змінна, яка є результатом процесу, вимірюється як безперервний електричний сигнал (аналоговий) і перетворюється в сигнал дискретного часу за допомогою пристрою, який називається аналого-цифровий перетворювач. (АЦП). Цей цифровий сигнал повертається в компаратор (цифровий) і порівнюється цифровим комп'ютером з дискретною формою заданої точки, яка є бажаним значенням; це створює сигнал помилки e . Виконується відповідна комп'ютерна програма, що представляє контролер, яка називається алгоритмом керування, яка дає дискретний вихід контролера.

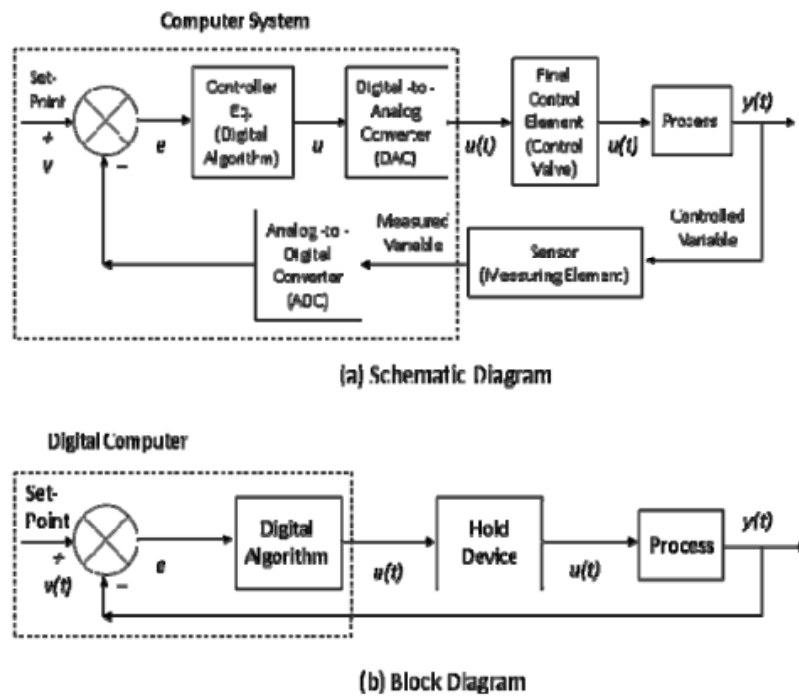


Рис. 2.3 Блок-схема комп'ютерної системи управління технологічними процесами [13]

Потім дискретний сигнал перетворюється в безперервний електричний сигнал за допомогою пристрою, який називається цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП), аналоговий сигнал подається на кінцевий елемент керування. Ця стратегія керування повторюється з деякою заздалегідь визначеною частотою (мультиплексований з поділом часу з іншими контурами керування та іншими пов'язаними діями) для досягнення замкненого комп'ютерного керування процесом. На рис. 2.3(b) представлена блок-схема комп'ютеризованої системи керування, описаної вище. На рис. 2.4 вище показано схему процесу, коли відцентровий вентилятор продуває повітря над нагрівальним елементом у трубку. Температура гарячого повітря на виході вимірюється, скажімо, термопарою, яка через формувач сигналу формує пропорційний сигнал напруги до температури. Вихідна температура в цьому процесі може бути збільшена або знижена шляхом зміни струму нагрівача.

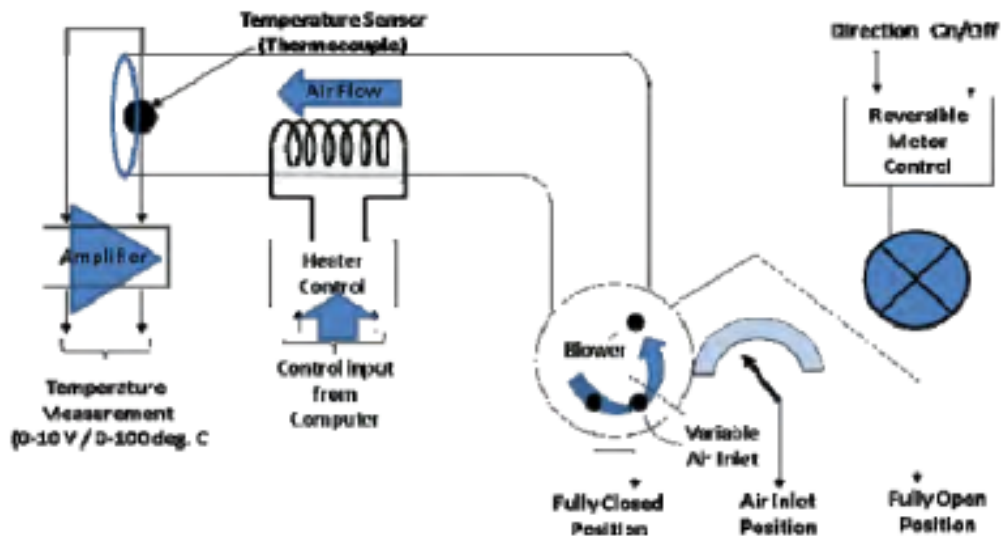


Рис. 2.4 Схема процесу [14]

На рис. 2.4 вище показано схему процесу, коли відцентровий вентилятор продуває повітря над нагрівальним елементом у трубку. Температура гарячого повітря на виході вимірюється, скажімо, термопарою, яка через формувач сигналу формує пропорційний сигнал напруги до температури. Вихідна температура в цьому процесі може бути збільшена або знижена шляхом зміни струму нагрівача. Відкриття і закриття впускного клапана для надходження повітря в повітрорудку регулюється за допомогою реверсивного двигуна. Двигун працює з постійною швидкістю і включається або вимикається за допомогою логічного сигналу, що подається до управління включенням та вимкненням двигуна.

На рис. 2.5 показано загальну принципову схему процесу, розглянутого вище, який керується за допомогою комп'ютерного механізму. Інформація щодо виміряного значення температури повітря та положення впускного клапана вентилятора отримується у вигляді аналогового сигналу. Аналого-цифровий перетворювач використовується для перетворення аналогового сигналу в цифровий перед його подачею на комп'ютер. Статус повністю відкритого або повністю закритого положення впускного клапана вентилятора отримується у вигляді цифрових сигналів.

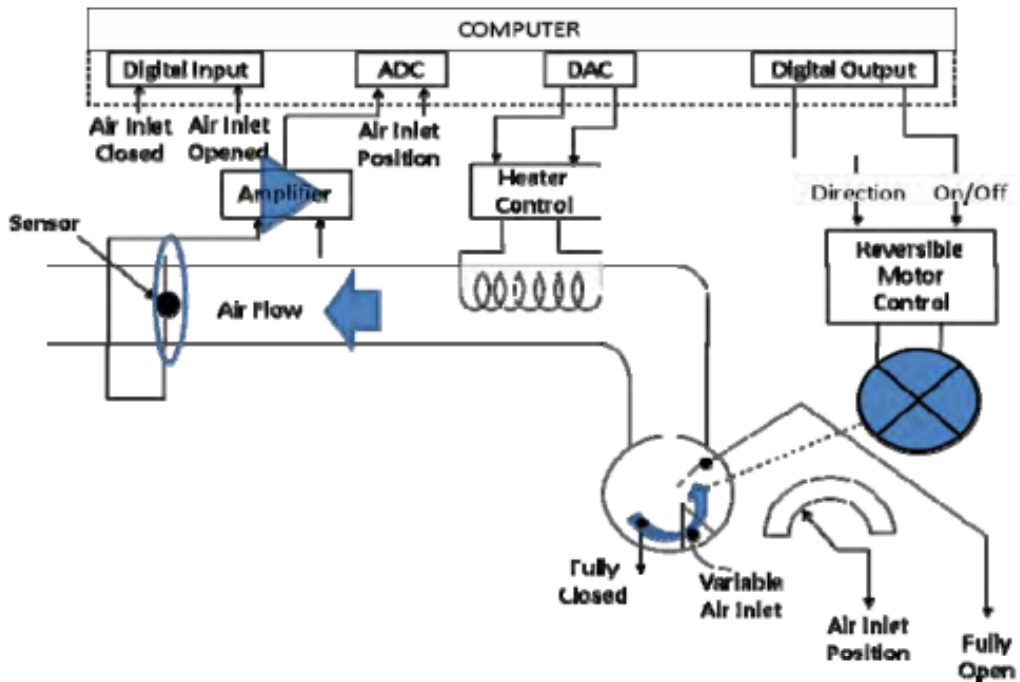


Рис. 2.5 Загальна схема процесу [14]

Для виходу, що генерується комп'ютером, використовується цифро-аналоговий перетворювач для передачі керуючого сигналу в аналоговій формі до управління двигуном. Блок-схема вищевказаної системи, що показує частину управління через комп'ютер, наведена на рис.2.6

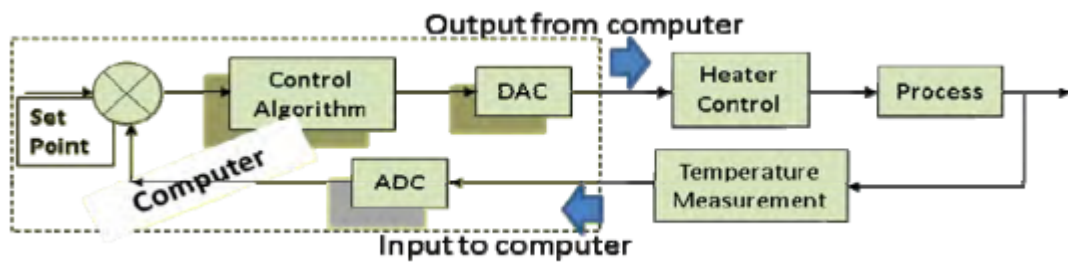


Рис. 2.6 Система управління через комп'ютер [14]

2.3 Архітектура - комп'ютерна система управління процесами

Комп'ютеризовані промислові процеси можуть бути класифіковані на основі їх архітектури за одним або кількома з наступних:

- централізоване управління комп'ютером;
- розподілений комп'ютерний контроль;
- ієрархічний комп'ютерний контроль.

Централізована комп'ютерна система управління процесами, що складається з великої комп'ютерної системи з величезним простором і енергоємною пам'яттю на магнітному сердечнику, підключеними арифметичними та логічними функціями (логіка вентиля), в основному зроблено для підвищення швидкості роботи. Але система була дорогою через високу вартість основної пам'яті та додаткової електроніки, яка використовується в системі. Щоб виправдати високу вартість, усі можливі функції контролю, включаючи як нагляд, так і DDC, були об'єднані в єдину комп'ютерну систему. Вони були в народі відомі як центральний або мейнфрейм.

Використання централізованих комп'ютерних систем управління також мало проблеми із забезпеченням дорогих систем зв'язку для доведення (польових) сигналів до централізованого комп'ютера; і виводить керуючі сигнали на польові пристрої (клапани, двигуни, приводи тощо). Проблеми з електричним шумом для передачі сигналів на великій відстані були основною причиною перерв у процесі через раптові зупинки комп'ютера, що призводили до повної зупинки установки/процесу і, як наслідок, призводили до втрат і низької якості продукції.

З появою мікропроцесорів і мікрокомп'ютерів архітектура розподіленого комп'ютерного керування стала дуже популярною, оскільки такі системи були здатні вирішувати проблеми, а обмеження централізованої системи управління комп'ютером були зняті. Незважаючи на те, що технологія та застосування розподіленої системи керування були детально розглянуті в наступних розділах, тут варто згадати, що робота по моніторингу та контролю промислових процесів не розділена за функціями і розподілена на певний комп'ютер; натомість загальна робота поділена на кілька комп'ютерів. Оскільки промислові процеси географічно розташовані на великій території, важливо, щоб обчислювальна потужність, необхідна для керування такими процесами, була також розподілена, і більше уваги

було зроблено на місцях, де відбувається основна (контрольна) діяльність, це обмежує потік даних одним приймачем і натомість забезпечує продовження роботи установки, навіть якщо є збої в деяких підсистемах. Цей тип фізичного розподілу цифрового комп'ютерного керування також відомий як розподілене цифрове керування (DDC) на рис. 2.7.



Рис. 2.7 Система управління через комп'ютер [15]

Рис. 2.8 нижче ілюструє концепцію розподіленої комп'ютерної системи керування, яка була включена в Foxboro TDC 2000 DCS. Як випливає з назви, в цьому типі систем існує ієрархія комп'ютерів, підключених до мережі, кожен з яких виконує різні функції. У цьому типі керування комп'ютери верхнього рівня залежать від пристроїв нижнього рівня для даних процесу, а системи нижнього рівня залежать від систем вищого рівня для більш складних функцій керування, таких як загальна оптимізація заводу.

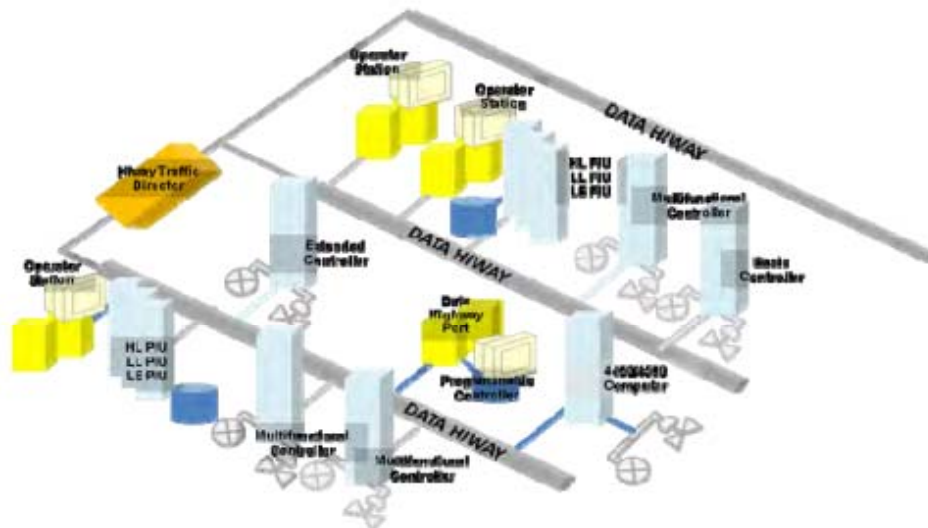


Рис. 2.8 Розподілена комп'ютерна система керування [16]

Комп'ютерна автоматична система моніторингу та керування технологічним заводом, як правило, пов'язана з великою кількістю змінних, що діють у широкому діапазоні динаміки процесу. Таким чином, алгоритм процесу вимагає розробки великої кількості складних функцій, які працюють на великій кількості широко розкиданих приводів різних типів, відомих як кінцеві елементи керування, на основі множинних введів у комп'ютер як параметрів процесу.

Промислове підприємство має задовольняти потреби виробництва, забезпечуючи при цьому якість продукції та безпеку ресурсів заводу. Продуктивність, пов'язана з найнижчими витратами виробництва, також є важливим фактором. Хоча така діяльність повинна обслуговуватися комп'ютерною системою, вона також повинна працювати як система контролю, в якій комп'ютери на різних рівнях синхронізовані для виконання відповідних завдань і зв'язку в мережі, щоб підтримувати роботу одиниць виробничої системи на певному оптимальному рівні.

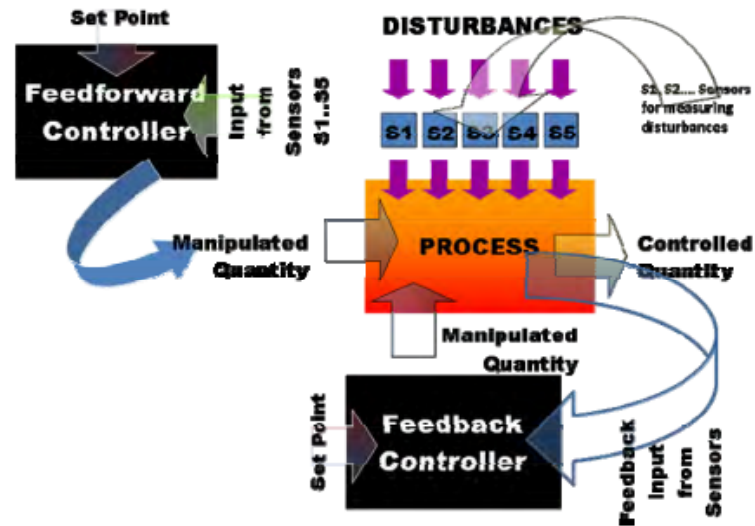


Рис. 2.9 Розподілена комп'ютерна система керування [17]

На наведеній вище принциповій схемі рис.2.9 показано процес моніторингу та контролю за кількома фізичними параметрами процесу (тиск, температура, потік тощо) як вхідні дані в комп'ютерну систему, що ведуть до множинних (керованих) виходів з комп'ютерної системи (т кінцевих елементів керування, як клапани тощо), щоб підтримувати оптимальний контроль над процесом.

Як видно, у цьому конкретному випадку комп'ютерного керування завданнями системи керування зворотним зв'язком можуть бути програмні контролери (скажімо, PID), а пряме керування здійснюється через комп'ютерно математично змодельовані симулятори процесу.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ

3.1 Інтерфейс людини-машини (НМІ)

Людино-машинний інтерфейс технічно є місцем, де людина і машина можуть взаємодіяти. Це площа людини та площа машини, які взаємодіють під час даного завдання. Взаємодія може включати дотик, зір, звук, передачу тепла або будь-яку іншу фізичну чи когнітивну функцію.

Метою розробки взаємодії людини і машини є створення користувальницького інтерфейсу, який дозволить легко, ефективно та приємно керувати машиною таким чином, що дає бажаний результат. Як правило, це означає, що оператор повинен забезпечити мінімальний вхід для досягнення бажаного результату, а також що машина мінімізує небажані результати для людини.

НМІ для моніторингу та керування процесами забезпечує історичний огляд, тенденцію, збереження умов процесу та обслуговування/оновлення будь-яких елементів керування (а саме комп'ютерного апаратного та програмного забезпечення, системи зв'язку тощо). Імітаційна діаграма заводу процесу показано на рис. 3.1 нижче. Стандартні пакети програмного забезпечення можуть мати такі функції відображення:

- імітаційна діаграма заводу/процесу ;
- огляд тривоги, що представляє інформацію про стан тривоги на великих площах заводу;
- декілька областей дисплеїв, що представляють інформацію про систему керування;
- дисплеї циклу, що надають розширену інформацію про деталі конкретного контуру керування групою контурів керування.

Пристрої НМІ складаються в основному з наступних компонентів:

- дисплей (ЕЛТ);

- клавіатура;
- блок введення;
- друкарський блок;
- панель керування/парти, імітаційна дошка/панель;
- записувачі.

Неправильно розроблений інтерфейс людина-машина (ММІ) без урахування людських можливостей, фону та можливостей сприйняття може призвести до заплутаного представлення інформації з нелогічними відносинами, що змушує людей робити помилки, що призводять до неефективності системи або навіть до збоїв.

Схильні відкидати ці помилки, але вони можуть бути пов'язані з невідповідністю між оператором і машиною (ММІ) або оператором і завданням через одну або декілька з наступних причин:

- неефективна структура діалогу;
- неефективна презентація дисплея та зв'язки;
- затримка у вирішенні керуючих дій для відображення потрібної сторінки;
- заплутане відображення через переповненість інформацією, неефективне кодування інформації;
- невідготовлений оператор;
- затримка зворотного зв'язку про контрольні дії;
- неефективні засоби зв'язку в центрі управління з іншими центрами управління.



Рис. 3.1 Імітаційна діаграма заводського процесу [18]

Тому розробник комп'ютерних систем повинен розглядати людину як невід'ємну та невід'ємну частину проектування MMI на кожному етапі. Системи MMI, структури діалогу, кодування та представлення інформації тощо повинні враховувати кінцевих користувачів та операторів, які керують системою. Це призведе до доступності системи після її встановлення, а користувачі та оператори будуть максимально використовувати її цінність для безпечної та оптимальної роботи процесу під контролем, безперервно. Завдяки наявності програмного забезпечення 4-го покоління комп'ютерних мов програмування (4GL), такого як графічний інтерфейс, тепер стало дуже легко розробити зручний MMI.

3.2 Зв'язок комп'ютерної системи з процесом

Існує велика різноманітність приладів і виконавчих механізмів (датчиків та перетворювачів), які підключаються до процесу або установки для вимірювання та контролю параметрів процесу, таких як температура, витрата, тиск, рівень, швидкість тощо. У комп'ютерній системі керування процесом, необхідно перетворити ці параметри процесу, які є фізичною величиною (аналоговою) в цифрову (електричну) модель сигналу, яку може зрозуміти комп'ютер. Тому всі

датчики (прилади) повинні мати стандартний інтерфейс (сумісний з хост-комп'ютером) для досягнення цього перетворення. Польові прилади (або датчики) надсилають вимірювані дані чотирьох категорій:

- аналогові величини;
- термопари;
- тензодатчики;
- витратоміри;

Датчики рівня тощо генерують вимірювані вихідні дані у вигляді аналогових величин у мілівольтах (мВ) або міліамперах (мА). Значення вимірюваних величин зазвичай масштабуються до 0-5 В, 0-10 В, -5 до +5 В, -10 до +10 В, 4-20 мА або 0-20 мА. Аналогові величини є безперервними змінними, і їх потрібно як вибірку, так і перетворення в цифровий сигнал. Сигнали mV або mA підсилюються та передаються на комп'ютер після перетворення цих аналогових сигналів у цифровий сигнал.

Цифрові величини це технологічні події, такі як (увімкнення/вимкнення) спрацювання кінцевого вимикача, розімкнуті чи закриті контакти, клапан (у відкритому чи закритому положенні), перемикач у положенні включення чи вимкнення, реле у відкритому чи закритому стані тощо Ці статуси (увімкнено/вимкнено, відкрито/закрито) сприймаються у вигляді цифрових величин. Ці цифрові величини можуть бути або двійковими (0/1), або двійковими десятковими (BCD) або в інших форматах. Цифрові величини безпосередньо надсилаються на комп'ютер без будь-якого перетворення.

Імпульси або частота пульсу; це можуть бути виходи (або входи) деяких вимірювальних приладів, таких як витратоміри, крокові двигуни як контролери, клапани, увімкнений або вимкнений двигун тощо. Телеметрія це механізм передачі вимірюваних кількостей процесу в зручне віддалене місце або в декілька місць у формі, придатній для відображення, запису або запуску процесу. Використання телеметричної системи дає змогу згрупувати декілька приладів у централізованому приміщенні, щоб оператор міг мати повну картину стану заводу. Зростання використання віддалених станцій, таких як електричні підстанції, блоки

виробництва електроенергії, дані, пов'язані з видобутком корисних копалин, небезпечними зонами тощо, зробило телеметрію зручним варіантом. Дані можуть передаватися дротовим або бездротовим способом.

Існують різноманітні інтерфейсні карти, які були розроблені та додані до комп'ютерної системи для підключення до різних вимірювальних входів параметрів процесу; вони піддаються формуванню сигналу для перетворення у відповідний сигнал, здатний взаємодіяти з цифровими комп'ютерами. На рис. 3.2 зображено 8-рівнева (3-розрядна) схема кодування АЦП.

Інтерфейси:

- аналогові інтерфейси;
- цифрові інтерфейси;
- імпульсні інтерфейси;
- годинник реального часу;
- стандартні (шинні) інтерфейси.

Аналогові інтерфейси ці інтерфейси займають аналогові входи безперервного (змінного в часі) типу. Апаратне забезпечення інтерфейсу забезпечує сумісність вхідних (або вихідних) сигналів до та від цифрового комп'ютера. Популярними аналоговими інтерфейсами, що використовуються з цифровим комп'ютером, є:

- аналого-цифровий перетворювач (АЦП);
- цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП);
- пристрої мультиплексування;
- модем.

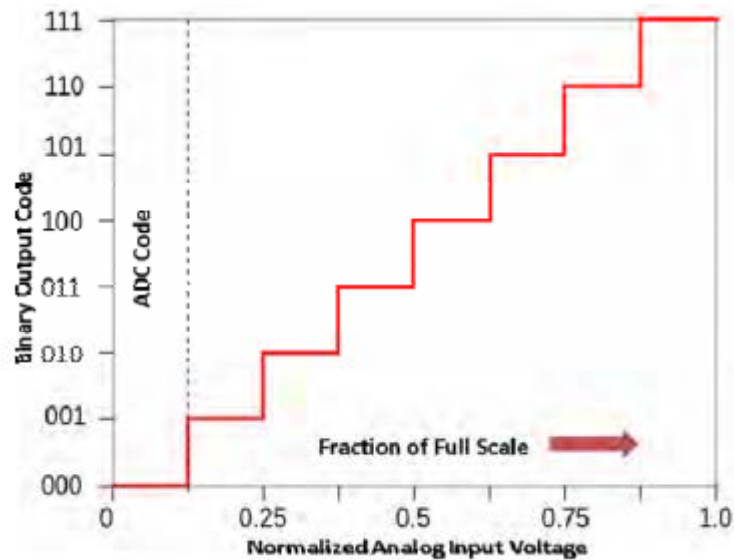


Рис. 3.2 8-рівнева (3-розрядна) схема кодування АЦП [18]

Аналого-цифровий перетворювач (скорочено АЦП, АЦП або АЦП) — це пристрій, який перетворює безперервну величину в цифрове представлення дискретного часу. АЦП також може забезпечувати ізольоване вимірювання.

Як правило, АЦП - це електронний пристрій, який перетворює вхідну аналогову напругу або струм в цифрове число, пропорційне величині напруги або струму. Однак деякі неелектронні або лише частково електронні пристрої, такі як поворотні кодери, також можна розглядати як АЦП. Цифровий вихід може використовувати різні схеми кодування. Зазвичай цифровим виходом є двоїчкове число, що доповнює двоїчку, пропорційне входу.

Роздільна здатність перетворювача вказує кількість дискретних значень, які він може створити в діапазоні аналогових значень (діапазон). Значення зазвичай зберігаються в електронному вигляді у двоїчковій формі, тому роздільна здатність зазвичай виражається в бітах. Наприклад, АЦП з роздільною здатністю 8 біт може кодувати аналоговий вхід до одного з 256 різних рівнів ($2^8 = 256$). Значення можуть представляти діапазони від 0 до 255 (тобто ціле число без знаку) або від -128 до 127 (тобто ціле число зі знаком), залежно від програми.

Деякі з популярних методів аналого-цифрового перетворення - це АЦП з прямим перетворенням (Flash), АЦП з послідовним наближенням, АЦП з швидким порівнянням, інтегруючий АЦП тощо.

Цифро-аналогове перетворення — це процес, у якому сигнали, що мають два визначені рівні або стани (цифрові), перетворюються в аналогові сигнали (теоретично нескінченна кількість станів). Поширеним прикладом є обробка модемом комп'ютерних даних в аудіочастотні (AF) тони, які можуть передаватися по витій парі телефонних ліній. Схема, яка виконує цю функцію, є цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП). На рис. 3.3 зображено схему ЦАП.

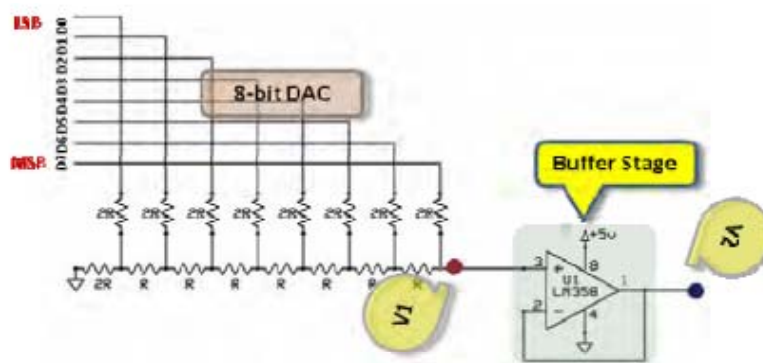


Рис. 3.3 Схема 8-розрядного цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), що використовує мережу R-2R [19]

На рис. 3.4 зображено функціональну схему 8-розрядного цифро-аналогового перетворювача (ЦАП)



Рис. 3.4 Схема 8-розрядного цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), що використовує мережу R-2R [20]

Пристрої АЦП і ЦАП можна класифікувати як однополярні або біполярні, залежно від їх діапазону напруги. Вони також класифікуються відповідно до двійкового коду, який використовується для представлення чисел, їхньої кількості бітів роздільної здатності (8, 10, 12 біт), а також технології та схеми, що використовуються для виготовлення цих пристроїв. Типове застосування АЦП і ЦАП, що використовуються для взаємодії аналогових сигналів з цифровим комп'ютерним процесом, показано нижче на рисунку 3.5

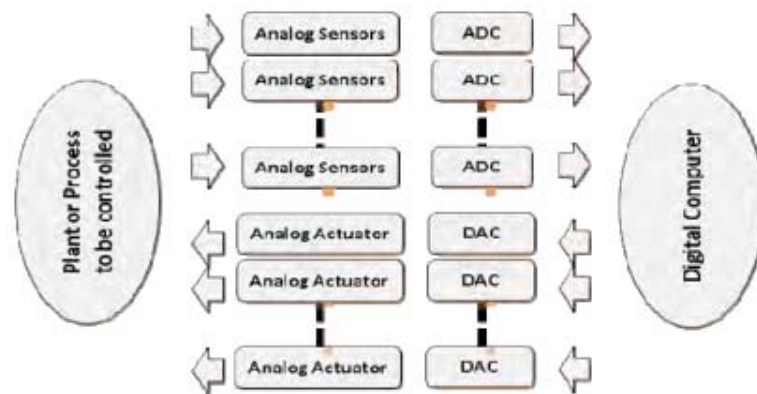


Рис. 3.5 Цифровий комп'ютерний процес [20]

Мультиплексування (MUX) це процес одночасного відправлення кількох сигналів або потоків інформації на носії у вигляді одного складного сигналу. На кінці приймача мультиплексований сигнал демультиплексується для відновлення всіх мультиплексованих сигналів. Основною причиною мультиплексування є забезпечення ефективного використання всієї пропускної здатності каналу зв'язку за рахунок зниження вартості передачі.

Три різні методи мультиплексування, які зазвичай використовуються для промислового застосування:

- мультиплексування з космічним поділом;
- мультиплексування з частотним поділом;
- мультиплексування з тимчасовим поділом.

Мультиплексування з космічним розділенням (SDM) – це метод надання кількох каналів із фіксованою пропускною здатністю кількома фізичними шляхами

(тобто парами проводів або оптичних волокон). Прикладом SDM є використання 25-парного кабелю для передачі інформації 25 окремих датчиків від польових приміщень до однієї з локальних станцій управління заводу. На практиці сотні витих пар проводів, коаксіальних кабелів і волоконно-оптичних кабелів можуть бути згруповані для отримання кабелю більшого діаметру.

Мультиплексування з частотним розділенням (FDM) тут канал з більшою пропускною здатністю ділиться на кілька окремих каналів меншої пропускної здатності. Сигнали по цих каналах передаються одночасно, але на різних несучих частотах. Як видно на рис.3.6, кожен передавач модулює інформацію свого джерела в сигнал, який лежить в іншому частотному піддіапазоні.

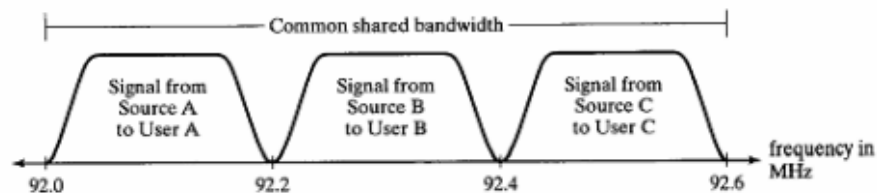


Рис. 3.6 FDM, з трьома сигналами до трьох користувачів, що мають однакову пропускну здатність [21]

Потім сигнали передаються по загальному каналу. На приймальній стороні системи використовуються смугові фільтри для передачі потрібного сигналу відповідному користувачеві та для блокування всіх небажаних сигналів.

Мультиплексування з тимчасовим розділенням (TDM); це метод розміщення декількох потоків даних в одному сигналі шляхом поділу сигналу на багато сегментів, кожен з яких має дуже коротку тривалість. Кожен окремий потік даних повторно збирається на приймальній стороні на основі часу. На рис. 3.7 зображено TDM, що показує три канали, мультиплексовані/демультиплексовані та передані/прийняті.

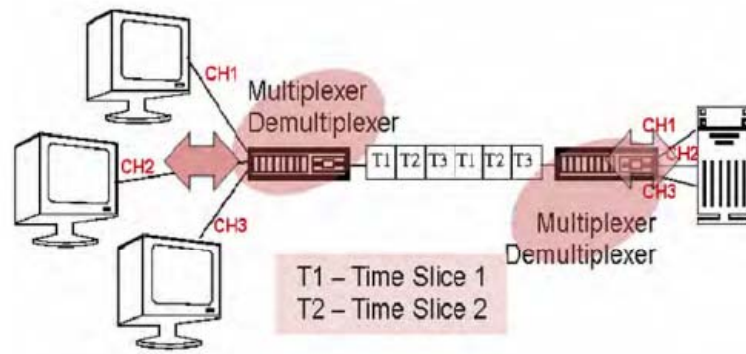


Рис. 3.7 TDM, що показує три канали, мультиплексовані/демультиплексовані та передані/прийняті [22]

Схема, яка об'єднує сигнали на вихідному (передаючому) кінці лінії зв'язку, відома як мультиплексор. Він приймає вхідні дані від кожного окремого кінцевого користувача, розбиває кожен сигнал на сегменти і призначає сегменти складеному сигналу в послідовності, що обертається, що повторюється. Таким чином, складений сигнал містить дані від кількох відправників. На іншому кінці міжміського кабелю окремі сигнали відокремлюються за допомогою схеми, яка називається демультиплексором, і направляється до відповідних кінцевих користувачів. Для двостороннього зв'язку потрібен мультиплексор/демультиплексор на кожному кінці високошвидкісного кабелю на великі відстані. На рис. 3.8 зображено принципову схему модемів, що з'єднують два віддалені комп'ютери через звичайну телефонну мережу.

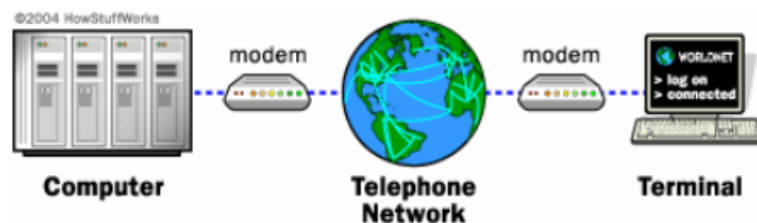


Рис. 3.8 Принципова схема модемів, що з'єднують два віддалені комп'ютери через звичайну телефонну мережу [23]

Модем це пристрій передає дані між комп'ютерами, робочими станціями та іншими периферійними пристроями, з'єднаними між собою за допомогою звичайних

ліній зв'язку, що підтримують аналогову передачу. Модем перетворює (модулює) дані з цифрового пристрою в аналогову форму, яка придатна для передачі по (аналогових) лініях.

3.3 Економіка комп'ютерної системи промислового застосування

До появи мікропроцесорів і мікрокомп'ютерів управління процесами на основі комп'ютера було дуже широким. Для використання комп'ютерної системи управління процесом замість звичайної системи було потрібно серйозне обґрунтування. Комп'ютери використовувалися для контролю лише в деяких промислових програмах, які вимагали складної послідовності та обробки. Після появи мікропроцесорів і мікрокомп'ютерів і їх широкого поширення вартість комп'ютерів зараз різко знизилася, і в той же час комп'ютери стали потужнішими. На сьогоднішній день застосування комп'ютерно-керованої системи виправдано автоматично через її низьку вартість, здатність обробляти велику складність промислових процесів та високу віддачу (миттєву окупність) від таких систем.

Деякі з основних переваг використання комп'ютерів для вимірювання та контролю області застосування. Комп'ютери забезпечують повторюваність якості продукції, яка є важливою на виробничих підприємствах. Дозволяє гнучко змінювати послідовність і процедури контролю, щоб забезпечити виробництво іншого продукту та часті зміни в специфікаціях продукту. Він підтримує базу даних, що містить рецепт продукту, і, таким чином, його легко змінити на новий рецепт швидко та надійно.

Використання комп'ютерів значно підвищує продуктивність заводу, забезпечуючи більшу доступність заводу. Це забезпечує краще розуміння поведінки процесів. Це допомагає скоротити мертвий час пакетної роботи.

ВИСНОВКИ

У першому розділі визначено, що в міру розвитку цих технологій аналітики можуть оцінювати й оцінювати різні можливості. Прикладами ризику є використання цих технологій, якщо їх життєздатність і використання в конкретних сферах буде доведено, при визначенні того, що є цінним і коли інвестувати. В основному, надана інформація та аналітична інформація дозволяють нам впроваджувати рішення для підвищення продуктивності та ефективності виробничих процесів для багатьох галузей і напрямків галузі автоматизації.

У цій роботі розглянуто концепцію SuperSpeed USB 3.0 та відмінності, які роблять його швидшим і кращим, ніж USB 2.0. USB 3.0 є основною вимогою будь-якої системи, оскільки це найпростіший спосіб зв'язку між ПК та зовнішніми периферійними пристроями або будь-якими двома кінцевими пристроями, які підтримують USB, як-от клавіатура, принтер, сканер, флеш-накопичувачі тощо. Навіть цей зв'язок швидкий і вимагає менше потужності у порівнянні з іншими методами комунікації через його техніку управління потужністю.

У другому наведено застосування комп'ютерно-керованої системи виправдано автоматично через її низьку вартість, здатність обробляти велику складність промислових процесів та високу віддачу (миттєву окупність) від таких систем.

У третьому зазначено, що деякі з основних переваг використання комп'ютерів для вимірювання та контролю області застосування. Комп'ютери забезпечують повторюваність якості продукції, яка є важливою на виробничих підприємствах. Дозволяє гнучко змінювати послідовність і процедури контролю, щоб забезпечити виробництво іншого продукту та часті зміни в специфікаціях продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. G. Held, Network Management: Techniques, Tools and Systems, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2012.
2. W. Stallings, Network Management, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 2013.
3. S. M. Dauber, "Finding Fault," BYTE Mag. (March 2011).
4. Error Performance of an International Digital Connection Forming Part of an Integrated Services Digital Network, CCITT Rec. G.821, Fascicle III.5, IXth Plenary Assembly, Melbourne, 2008.
5. Frame Alignment and Cyclic Redundancy Check (CRC) Procedures Relating to Basic Frame Structures Defined in Recommendation G.704, CCITT Rec. G.706, CCITT, Geneva, 2011.
6. S. Aidarous and T. Plevyak, Telecommunications Network Management into the 21st Century, IEEE Press, Piscataway, NJ, 2013.
7. ATM User–Network Interface Specification, Version 3.0, The ATM Forum, PTR Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2013.
8. M. A. Miller, Managing Internetworks with SNMP, M&T Books, New York, 2003.
9. A Simple Network Management Protocol, RFC 1157, DDN Network Information Center, SRI International, Menlo Park, CA, May 2010.
10. Synchronous Frame Structures Used at Primary and Secondary Hierarchical Levels, CCITT Rec. G.704, Fascicle III.4, IXth Plenary Assembly, Melbourne, 2018.
11. Information Processing Systems: Open Systems Interconnection—Abstract Syntax Notation One (ASN.1), ISO Std. 8824, Geneva, 2007.
12. BOC Notes on the LEC Networks—1994, Issue 2, Bellcore, Piscataway, NJ, April 2014.
13. G. Held, Network Management, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2012.

14. Introduction and Applicability Statements for Internet Standard Management Frame-work, (SNMPv.3) RFC 3410, IETF, ed., Ann Arbor, MI, December 2002.
15. “Version.2 of the Protocol Operations for the Simple Network Management Protocol(SNMP), STD 62, RFC 3416, IETF, ed., Ann Arbor, MI, December 2002.
16. CMIP/CMIS—Object Oriented Network Management , From the world wide webwww.cellsoft..de/telecom/CMIP.htm, September 1, 2013.
17. Structure of Management Information—ManagementInformation Model, CCITT Rec.X.720, ITU, Geneva, January 2012.
18. Generic Network Information Model, ITU-T Rec. M.3100, ITU, Geneva, July 2015(with 5 amendments).
19. TelecommunicationManagement Functions, ITU-T Rec. N.3400, ITU, Geneva, Febru-ary 2000.
20. Principles of a Telecommunication Management Network, ITU-T Rec. M.3010, ITU,Geneva, February 2010.
21. Management Framework for Open System Interconnection (OSI) for CCITT Applica-tions, CCITT Rec. X.700, ITU, Geneva, 2012.
22. TMN Interface Specifications Methodology, ITU-T Rec. M.3020, ITU, Geneva, 2010.
23. Information Technology—Open Distributed Management Architecture, ITU-T Rec.X.703, ITU, Geneva, 2017