**РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**1.1. Аналіз сучасного стану автоматизації виробництва та її роль у технічному прогресі**

Актуальною є проблема зі створення інтегрованих виробничих систем. Для цього необхідне вирішення ряду важливих наукових та інженерних завдань створення технічних і програмних засобів управління, вимірювання, контролю за ходом виробництва, діагностики, вибір технологічної стратегії.

Причин, які б дозволяли в найкоротші терміни розробити принципи створення й упровадження гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ) – декілька. Перша полягає в тому, що ГАВ дозволяє автоматизувати одиничне і дрібносерійне виробництво, яке складає на сьогодні понад 80% загального об'єму промислового виробництва. Другою причиною є стрімкий розвиток сучасних засобів обчислювальної техніки, які відрізняються простотою керування й програмування та забезпечують автоматизацію практично всіх ступенів реалізації технологічного задуму – від розроблення і конструювання до управління технологічними процесами і плануванням. Третя, найактуальніша глибока причина полягає в тому, що ГАВ за своєю суттю – новий напрямок виробничих сил.

Базовою складовою гнучких виробничих систем є гнучкі виробничі модулі й роботизовані технологічні комплекси на базі основного технологічного обладнання, робототехнічні засоби обслуговування даного обладнання, транспортно-накопичувальні пристрої, пристрої видалення відходів виробництва. Отже, гнучкі виробничі модулі й роботизовані технологічні комплекси спільно з іншими автоматизованими засобами забезпечення функціонування є основними виконавчими структурними одиницями сучасного гнучкого автоматизованого виробництва.

Під виробничим процесом сучасного виробництва розуміють такий комплекс заходів, за допомогою яких здійснюється виробництво тих або інших машин, вузлів, апаратів та інших виробів. Основним завданням промисловості є освоєння нових конструкцій машин, обладнання, засобів механізації й автоматизації, нових технологій. Для кожного напрямку різних галузей народного господарства характерна своя специфіка, яка залежить від типу виробництва, призначення, розмірів і точності машин, рівня виробництва і технічної оснащеності.

У загальному плані автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління виробничими процесами та передаванням цих функцій технічним засобам – автоматичним пристроям і системам. Керування – це цілеспрямована дія на об'єкт, яка забезпечує оптимальний чи заданий режим його роботи.

Незалежно від мети, призначення, структури об'єкта процес керування передбачає виконання таких операцій:

* отримання та попереднє опрацювання інформації про фактичний стан об'єкта, системи і навколишнього середовища;
* аналіз отриманої інформації, порівняння існуючої виробничої ситуації з даною;
* прийняття рішення про дію на об’єкт у певному напрямку та оцінювання можливості реалізації такої дії;
* реалізація управління, тобто формування дії за допомогою відповідних технічних засобів.

При здійсненні процесу керування часто доводиться спочатку відшуковувати потрібний режим роботи, а потім його підтримувати. В окремих випадках для простих об'єктів значення технологічних параметрів задають наперед, тоді системи називають системами автоматичного регулювання (CAP). Сучасні автоматичні та автоматизовані системи є за своєю структурою розподіленими і базуються на мережевих технологіях із використанням мікропроцесорних засобів.

Сучасні системи автоматизації об'єднуються у складні комп'ютерно- інтегровані системи. Розглядаючи їх, слід передусім наголосити на тому, що сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів у них призначена для досягнення певних цілей, сукупність елементів системи та характери зв'язків між ними визначаються структурою останньої. При створенні й аналізі систем автоматизації виділяють структури:

* функціональну – сукупність частин для виконання окремих функцій: отримання інформації, її опрацювання, передавання та інші;
* алгоритмічну – сукупність частин для виконання певних алгоритмів опрацювання інформації;
* технічну – сукупність необхідних технічних засобів як відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити:

* зростання продуктивності та поліпшення умов праці;
* виконання робіт у важкодоступних та взагалі недоступних для людини сферах (радіоактивні зони, космос, окремі види металургійного та інших виробництв);
* підвищення точності, якості технологічних процесів і відповідних виробів;
* зростання надійності, техніко-економічних показників, загальної культури виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Автоматизація виробництва проводиться за допомогою автоматичних пристроїв, які можна класифікувати за різними ознаками. Однією з найпоширеніших є класифікація за функціональним призначенням пристроїв:

* автоматичного контролю та сигналізації;
* автоматичного захисту;
* обчислювання;
* автоматичного керування.

Пристрої автоматичного контролю та сигналізації забезпечують контроль за перебігом технологічних процесів, станом приміщень та відповідно сигналізацією. За нормальних умов процесів використовується оптична сигналізація, а при появі відхилень від цих умов – оптична та акустична. Пристрої автоматичного захисту забезпечують захист об'єктів при появі загрози для обладнання, продукції або обслуговуючого персоналу. Блокуючі пристрої мають призначення не допускати виконання хибних команд. Обчислювально-лічильні пристрої самостійно виконують складні розрахунки найвигідніших технологічних режимів роботи, експрес-аналізу та ін.

Вирішення проблем автоматизації потребує принципово нових технологічних підходів до обладнання, уніфікованих технологічних процесів, вибору систем керування. А також потребує розв’зання таких проблем, як максимальна концентрація операцій, упровадження багатоопераційних, багатоінструментальних машин, верстатів, застосування складальних і контрольних автоматів, автооператорів, завантажувальних пристроїв, промислових робіт, створення автоматичних ліній та гнучких систем та ін.

Автоматизація – вища, нова форма виробництва. Це – складний процес, який охоплює багато співвідношень: технічних, наукових, економічних. Сюди входить також автоматика, яка здійснює керування, контроль, переробку інформації та ін. Вона вивчає умови функціонування і алгоритми управління для різних технологічних процесів з ціллю розроблення систем автоматичного керування. Перехід від ручної або механізованої праці до автоматизованого виробництва можна здійснити тільки після спеціальної підготовки, в якій основними положеннями переходу представлені певні умови.

Першою умовою автоматизованого виробництва на сьогодні є покращення його організації. Покращення організації виробництва – це продукт високоякісної організації потокового виробництва, яке характеризується розміщенням обладнання за технологічним процесом. Зайвим тут є міжопераційні склади, багатократне завантаження, розвантаження, транспортування. Використовуються спеціалізовані або спеціальні апарати, автоматичні лінії. Разом з тим, при впровадженні потокових методів виробництва рекомендується звертати увагу на вдосконалення організації робочих місць, створення нових інструментів і пристроїв, нових методів контролю, транспортування деталей, орієнтації.

Наступною умовою переходу є модернізація існуючої й упровадження нової техніки через заміну автоматизованого обладнання, яка піднімає техніко-економічні показники. Напрямками модернізації є:

* підвищення потужності і швидкохідності процесу;
* скорочення допоміжного часу за рахунок автоматизації кріплення деталей, заміни інструменту, вимірювання в процесі обробки, автоматизації керування;
* розширення технологічних можливостей і концентрація операцій;
* зміна основного технологічного призначення обладнання;
* покращення умов експлуатації і техніки безпеки.

Важливою умовою рентабельності сучасного виробництва є автоматизація транспортних робіт. Найраціональнішим технологічним транспортом можна вважати різні типи технологічних конвейєрів з перевантажними і розподільними автоматичними пристроями та з міжопераційним запасом.

Найважливішим напрямком автоматизації є розроблення нових технологічних процесів та впровадження прогресивної технології на основі останніх досягнень науки і техніки.

Автоматизація виробничих процесів на основі впровадження роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих модулів, допоміжного обладнання, транспортно-накопичувальних і контрольно-вимірювальних пристроїв, об'єднаних у гнучкі виробничі системи, що керуються від ЕОМ, є однією зі стратегій прискорення науково-технічного прогресу.

Гнучка виробнича система (ГВС) являє собою сукупність у різних поєднаннях обладнання з числовим програмним керуванням, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, яка характеризується властивістю автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик. Узгоджена робота всіх елементів ГВС повинна базуватися на організації просторового і часового зв'язку всіх елементів, який дозволить синхронізувати роботу всієї системи в умовах змінної структури і тривалості технологічних процесів.

Згідно з отриманим технічним завданням на проектування гнучкої виробничої роботизованої системи на основі агрегатно-модульної побудови можна одночасно використовувати багатономенклатурне виробництво. Паралельна структура даного виробництва можлива при наборі в групи більшої кількості конструктивів із сумарним випуском, що забезпечує економічно необхідну продуктивність складної лінії. Проектування ГВС неможливе без якісної технологічної підготовки виробництва, яка містить:

1. Розроблення структурних варіантів виробничих процесів для виготовлення заданих конструктивів згідно з вибраною організаційною структурою та умовами виробництва.

2. Калькуляцію часу основних технологічних операцій та кінцевий вибір структури за основними технологічними операціями.

3. Попереднє розроблення варіантів структури транспортних і завантажувальних операцій.

4. Вибір типів контролю та їхнього місця в загальній структурі основного обладнання, попередня калькуляція часу операцій контролю.

Технічна підготовка виробництва на базі ГВС характеризується вибором певних організаційних параметрів у встановлених межах значень їх характеристик:

1. Вибір основного та допоміжного технологічного обладнання для виконання основних, допоміжних, транспортних технологічних операцій – згідно з вибраною компонувальною структурою ГВС.

2. Вибір переналагоджуваних засобів (стандартного типу) та інструментів.

3. Групування обладнання за гнучкими виробничими модулями згідно його функціонального призначення та спроектованою структурою виробничого процесу.

4. Розрахунок організаційних параметрів ГВС.

5. Розрахунок розмірів партій міжопераційного накопичення оброблювальних елементів.

6. Розрахунок незавершеного виробництва необхідного для безперебійного функціонування ГВС в заданих організаційних умовах.

7. Визначення необхідної кількості основного та допоміжного персоналу для створеної ГВС.

Автоматизація виробничих процесів – це сукупність заходів із розроблення технологічних процесів, створення та впровадження високопродуктивних автоматично діючих засобів виробництва, які забезпечують безперервне зростання продуктивності праці.

Аналізуючи історію і тенденцію розвитку автоматизації виробничих процесів, можна виділити три етапи:

1) автоматизація робочого циклу, створення напівавтоматів і машин-автоматів;

2) автоматизація системи машин, створення автоматичних ліній;

3) комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів і заводів.

Перший етап автоматизації – теоретичне вирішення поставлених завдань із використанням задач фізики, математики, математичного моделювання та залученням обчислювальних машин. Результат вирішення цього завдання - автоматична модель майбутнього об'єкта.

Після розроблення моделі визначають техніко-економічні показники й оцінюють їх ефективність у порівнянні з існуючими моделями. Ціль оцінювання: визначення здатності моделі виконувати задані функції; досягнення максимальної продуктивності праці; високої якості продукції, що випускається, максимального використання палива, устаткування і сировини, максимального обсягу реалізації продукції.

Після економічного оцінювання за допомогою інженерного методу оптимізують здійснення розробленого рішення. Під оптимізацією в даному випадку розуміють простий, надійний і ефективний метод перетворення в дійсність поставленого завдання і розроблення конкретної конструкції. Залежно від призначення вузли системи розбивають на групи за функціональними ознаками, наприклад, транспортні й завантажувальні пристрої, виконавчі й регулюючі пристрої автоматики. Усі засоби групують за близькими ознаками в уніфіковані блоки, із яких складають комплекси засобів автоматизації. Сукупність блоків можна розділити, у свою чергу, на ряд цільових механізмів, кожнен із яких виконує визначену операцію робочого циклу. Кількість і призначення цільових механізмів визначені технологічним призначенням і схемою роботи комплексу в цілому.

Таким чином, на першому етапі автоматизують технологічний процес, автоматизація охоплює, як правило, лише окремі операції обробки. Якісне і кількісне оцінювання стану технологічного процесу виконують за трьома видами показників: виду, ступеня та категорії. За видом розрізняють одиничну і комплексну автоматизацію. Установлено десять ступенів використання автоматизації виробничих процесів (від одиничних операцій до організації технології на рівні всієї промисловості).

Прийнято умовне позначення ступенів автоматизації: 1 – одинична технологічна операція; 2 – закінчений технологічний процес; 3 – система технологічних процесів, виконуваних на виробничій дільниці; 4 – система технологічних процесів у межах цеху; 5 – система технологічних процесів у межах технологічно однорідних цехів; 6 – система технологічних процесів у межах підприємств; 7 – система технологічних процесів у межах виробничих фірм при науково-виробничих об'єднаннях; 8 – у межах окремих об'єднань; 9 – у межах однієї галузі промисловості; 10 – система технологічних процесів, які виконуються на рівні ряду галузей промисловості країни.

Залежно від рівня і впливу виду автоматизації технологічного процесу установлено вісім категорій автоматизації: нульова, нижча, мала, середня, велика, підвищена, висока і з кількісною оцінкою від 0 до 1. Припустимо, у цеху взагалі немає засобів механізації й автоматизації— цех із нульовою категорією.

Другий етап автоматизації – автоматизація системи машин, апаратів, створення автоматичних ліній, що поєднують у собі виконання різноманітних операцій обробки, контролю, складання й пакування. Автоматична лінія – система машин, розташованих у технологічній послідовності, об'єднаних засобами транспортування, керування, що автоматично виконують комплекс операцій, крім налагодження. Процес обробки синхронізується з роботою інших механізмів. Вища форма автоматизації на другому етапі – комплексні потокові лінії з напівавтоматів і автоматів.

Третій етап автоматизації- комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів і заводів. Автоматичний цех або завод – це підприємство, в якому основні виробничі процеси здійснюються на автоматичних лініях із використанням автоматичних систем керування, обчислювальної техніки, системи керування якістю і т.п. Сучасний автоматичний завод являє собою складний багатоланковий об'єкт керування, всі елементи якого в постійній динамічній взаємодії один з одним. Встановлення оптимальних взаємозв'язків між елементами об'єкта керування для досягнення найкращих економічних показників роботи автоматизованого підприємства визначає виконання функцій автоматичних систем. Використання ЕОМ дозволяє вирішувати не тільки завдання керування виробництвом, але й гнучкого керування технологічними процесами і технологічним комплексом устаткування.

Аналіз розвитку гнучких автоматизованих виробничих систем (ГВС) і гнучких автоматизованих технологічних комплексів показує, що «виробнича гнучкість» виявляється за будь-якого рівня виробництва. Технічні засоби для такої автоматизації – центри обробки, промислові роботи, автоматичні транспортні засоби, автоматизовані склади. До ГВС входить і система керування з використанням обчислювальної техніки. Гнучку автоматизовану виробничу систему узагальнено можна представити як сукупність технологічного устаткування, здатного автоматично перебудовуватися на випуск нового виробу.

Розвиток автоматизації процесів виробництва пов’язаний зі створенням виробничих систем (ВС). Система може бути визначена як сукупність елементів, настільки тісно пов’язаних між собою, що вона виступає відносно інших систем і навколишнього середовища як дещо єдине. Зв’язок між елементами системи повинен бути міцніший, ніж зв’язок кожного з цих елементів з частинами інших систем. Виробнича система – складна багаторівнева ієрархічна система, що перетворює вихідні напівфабрикати сировини або матеріалів у кінцевий продукт, що відповідає суспільному замовленню.

Ефективність використання ВС визначає низка факторів:

* раціональність розробленого технологічного процесу;
* структурно-компонувальна схема модулів і ВС у цілому, їх надійність, точність, вартість;
* можливості розробленої (обраної) системи керування, що забезпечує раціональну експлуатацію автоматизованого обладнання, задану програму випуску і якість продукції.

Основою будь-якого виробництва є технологічний процес – певна взаємодія знарядь і предметів праці, обслуговуючої і транспортної систем, у результаті чого випускається продукція, що відповідає критерію якості. Переміщення предметів праці від однієї стадії обробки до іншої можна визначити як матеріальний потік у виробничому просторі. Для забезпечення роботи ВС слід організувати ще інформаційний та енергетичний потоки.

З позиції автоматизації за характером матеріального потоку технологічні процеси можна розділити на два типи – безперервні й дискретні. У безперервних технологічних процесах матеріальний потік та інформація, що його відображає, безперервні. Матеріальний потік, що проходить через технологічне обладнання і зазнає там у кожен момент часу зміни своїх властивостей, є неперервним.

До безперервних відносять виробництва, у яких вимагається регулювати витрату, тиск, температуру, напругу, переміщення рухомих елементів та інші величини в усьому діапазоні їх змін. Це – різноманітні хімічні реактори, процеси приготування харчових продуктів, металургія, постачання теплом, водою й електроенергією. У безперервних виробництвах зайнято мало людей, тому за рахунок автоматизації можна знизити витрати матеріалів та енергії або стабілізувати технологічний процес, виключивши його залежність від суб'єктивних чинників. Для управління таким виробництвом вимагається узгодження динамічних характеристик об'єкта управління і системи автоматичного регулювання в усьому інтервалі зміни регульованих величин.

Для дискретних технологічних процесів характерна вихідна продукція у вигляді виробів, що обчислюються в штуках. Початкові компоненти перетворюються циклічно і готова продукція випускається партіями. До дискретних відносять виробництва з кінцевим числом станів змінних, наприклад із увімкненням і вимкненням клапанів, засувок, пускачів за сигналами двопозиційних датчиків. Автоматизація дискретного виробництва розвинена менше внаслідок більшої різноманітності виробів і операцій, підвищених вимог до точності операцій. Тут зайнята значна кількість робітників ручної праці.

Для дискретного виробництва характерне величезне число варіантів автоматизації, операцій, що відрізняються послідовністю, затратами й ефективністю. Їх зіставлення вимагає формального опису алгоритмів управління устаткуванням і розробки моделей організації виробництва. У реальних задачах найчастіше спостерігається поєднання обох видів виробництв, що називають безперервно-дискретним виробництвом. Крім того, методи автоматизації дискретного виробництва все частіше застосовують до автоматизації безперервного виробництва.

За принципом керування виробничі системи можна поділити на прості, складні і інтелектуальні. Розрізнити їх можна за видом алгоритму функціонування і принципом прийняття в них рішень. В алгоритмах функціонування простих систем використовуються тільки виконавчі блоки, а в алгоритмах роботи складних систем – також блоки прийняття рішень. Для інтелектуальних систем характерне існування дерева прийняття рішень.

При формуванні конфігурації конкретної виробничої системи слід планувати процес проектування зверху вниз і створювати систему знизу вверх. Основними факторами при проектуванні ВС є матеріальні й інформаційні потоки. Сукупності функцій в автоматизованих виробничих системах утворюють системні комплекси, у котрих найважливішими є:

* технологічні функції (зміни фізичного стану об’єктів виробництва), носіями котрих є технологічні системи;
* функції маніпуляції і транспортні функції (положення та місцезнаходження об’єктів виробництва), носіями котрих є засоби маніпуляції й транспортні засоби і вони об’єднані в системи матеріальних потоків;
* функції керування, координації та синхронізації роботи елементів і систем, і їх взаємодія на базі розподілу й передавання сигналів команд та інтеграція в інформаційні потоки, носіями котрих є інформаційна техніка і засоби керування.

**1.2. Рівні комп’ютерно-інтегрованого виробництва**

Комп'ютерно-інтегроване виробництво містить п'ять рівнів автоматизації (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Рівні автоматизації комп’ютерно-інтегрованого виробництва

На рівні зв'язку з устаткуванням I/O (Input/Output – Вхід/Вихід) забезпечується узгодження зовнішніх елементів з пристроєм керування. На рівні управління Control вбудовані в устаткування пристрої керування за сигналами датчиків стану механізмів виробляють команди керування виконавчими пристроями – приводами, клапанами, світловими і звуковими сигналами. Одночасно з керуванням інформація про роботу устаткування в реальному часі передається на рівень узагальненого контролю і збору даних SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На рівні SCADA ведуть сортування, перетворення і зберігання поточних даних, а також їх відображення на мнемосхемі процесу. Для диспетчера відображається поведінка усіх одиниць устаткування: поточний стан і показники роботи машин, рух матеріальних потоків, узагальнена інформація. Системи SCADA дозволяють спостерігати процес у цілому, відстежувати аварійну інформацію, часові тенденції і статистичні характеристики процесу. За необхідності диспетчер передає узагальнені команди керування устаткуванням.

Рівень планування ресурсів MRP (Manufactoring Resources Planning) іноді неправильно ототожнюють з інформаційною технологією виробництва. Це відомий варіант автоматизації офісної діяльності з метою ведення бухгалтерського обліку, управління фінансами і матеріально-технічним постачанням, організації документообігу. На цьому рівні керівники виробництва аналізують кон'юнктурну стратегію: динаміку ринкових цін на продукцію, що випускається, рівень прибутку за різними видами продукції, прогнозований попит.

До недавна рівні управління об'єктом виробництва I/O, PLS, SCADA і рівень планування ресурсів MRP розвивалися незалежно. Використовуючи відірвані від поточного виробництва офісні програми, менеджери не могли виявляти резерви підвищення продуктивності і зниження собівартості, змінювати номенклатуру продукції, що випускається. При формуванні найприбутковішої стратегії виробництва їм потрібно було знати структуру собівартості кожного з сотень видів продукції, час виконання замовлення, що надійшло, необхідні для виконання замовлення ресурси, доцільність оновлення устаткування. Для вироблення рішень вимагалася поточна інформація про стан кожної одиниці устаткування. Ця інформація могла бути отримана на рівні SCADA, де збиралися усі дані про роботу устаткування. Необхідність виживання підприємства в ринковому середовищі призвела до появи між рівнями диспетчеризації SCADA і планування ресурсів MRP додаткового рівня виконання завдань MES (Manufacturing Execution System), що пов'язує менеджерів верхнього рівня з поточним виробництвом. Тут інформація від SCADA перетворюється в інформацію для MRP, проводиться оновлення бази даних, контролюється послідовність операцій, формується розклад перевірки і ремонту устаткування залежно від тривалості фактичної експлуатації. Після аналізу цієї інформації з позиції виробничої і кон'юнктурної політики підприємства стратегічні рішення менеджера виконуються на нижчих рівнях. У 90-х роках минулого століття стали з'являтися програмні комплекси, за допомогою яких будь-який співробітник міг спостерігати за роботою будь-якої одиниці устаткування. До них відносяться комплекси Factory Suite (Промисловий набір) фірми "Wonderware" (США) і Genesis (Відродження) фірми "Iconics"(США). Набір Factory Suite об'єднує рівні MES, SCADA і Control.

Призначення SCADA-систем. Система збору даних і оперативного диспетчерського управління повинна забезпечувати виконання наступних основних функцій:

* прийом інформації про контрольовані технологічні параметри від контролерів нижніх рівнів і давачів;
* збереження прийнятої інформації в архівах;
* графічне представлення перебігу технологічного процесу, а також архівної інформації в зручній для сприйняття формі;
* сприйняття команд оператора і передача їх в адрес контролерів нижніх рівнів і виконавчих механізмів;
* реєстрацію подій, пов’язаних з технологічним процесом і діями обслуговуючого персоналу;
* оповіщення експлуатаційного і обслуговуючого персоналу про виявленні аварійні події, пов’язані з контрольованим технологічним процесом і функціонуванням програмно-апаратних засобів АСУ ТП із реєстрацією дій персоналу в аварійних ситуаціях;
* довільне відображення архівної інформації з можливістю одночасного представлення у різних формах і декількох екземплярах з метою порівняння.

Приведений перелік функцій не є абсолютно повним і залежить від особливостей АСУ ТП конкретного підприємства.

Система збору даних і управління надає універсальний спосіб взаємодії з апаратними засобами від різних виробників. В залежності від вибраної програмно-апаратної бази нижнього рівня в систему може бути вбудована підтримка необхідних механізмів обміну даними з апаратурою від Siemens, Allen-Bradley, Motorola та ін. При інформаційному обміні враховується специфіка різних промислових мереж (Profibus, Fieldbus, Modbus, MPI і т.д.).

Поряд з засобами підтримки власної розробки застосовуються стандартні механізми обміну, такі як OPC (OLE for Process Control). OPC – це стандарт взаємодії між програмними компонентами системи збору даних і управління, оснований на об’єктній моделі COM/DCOM від фірми Microsoft. OPC є найбільш узагальненим засобом організації взаємодії між різними джерелами і одержувачами даних, такими як пристрої, бази даних і системи візуалізації інформації про контрольований об’єкт автоматизації. Стандарт OLE for Process Control загальноприйнятий і підтримується всіма провідними фірмами-розробниками SCADA-систем і виробниками обладнання.

OPC-взаємодія основана на клієнт-серверній схемі (рис.1.2). OPC забезпечує інтерфейс між програмами-клієнтами і серверами за допомогою стандартного механізму OLE, що реалізує зв’язок між джерелами даних (серверами) і отримувачами даних (клієнтами).



Рис. 1.2. Взаємодія прикладних програм з декількома серверами OPC

OPC-клієнт (наприклад, SCADA-система), викликаючи певні функції OPC-сервера, підписується на отримання даних процесу з певною частотою. В свою чергу, OPC-сервер, опитавши фізичний пристрій, викликає відомі функції клієнта, повідомляючи його про отримання даних і надаючи ці дані.

Таким чином, OPC-сервер створює свого роду абстракцію апаратури, дозволяючи OPC-клієнту записувати і зчитувати дані з пристрою. Пристрій вводу-виводу, для якого є OPC-сервер, може використовуватись з будь-якою сучасною SCADA-системою.

Система збору даних і оперативного диспетчерського управління є прикладною Windows-програмою (програмним пакетом), розробленою з врахуванням особливостей конкретного проекту. Система має модульно-орієнтовану, відкриту архітектуру (рис.1.3).



Рис. 1.3. Структура збору даних і оперативного диспетчерського управління

Функціональні клієнтські компоненти взаємодіють з апаратурою нижнього рівня через комунікаційний сервер, роль якого може відігравати стандартний OPC-драйвер або драйвер власної розробки, що підтримує інтерфейс з засобами промислової автоматизації на рівні протоколу інформаційного каналу.

Завдяки застосуванню стандартних механізмів обміну даними OLE, DDE, ODBC, SQL досягається максимальна відкритість і масштабованість системи. Одна з унікальних якостей, яка властива даній програмній технології, полягає в тому, що навіть віддалені клієнтські програми можуть отримувати доступ до даних процесу.

Модуль візуалізації і управління безпосередньо призначений для відображення технологічних параметрів і оперативного диспетчерського управління на верхньому рівні АСУ ТП. Технологічний процес представляється у вигляді динамічних екранних форм (мнемосхем). Мнемосхема є умовним графічним зображенням технологічної схеми певної функціональної групи.

Для виводу аналогових параметрів можуть застосовуватись різноманітні цифрові, стрілочні і лінійні індикатори. Для індикації стану і режиму роботи технологічного обладнання застосовуються растрові зображення з динамізацією по умові, а також текстові і символьні повідомлення.

Для ручного управління технологічним процесом передбачені панелі управління з набором відповідних кнопок, перемикачів режиму та інших елементів.

Існує також можливість перегляду числових значень технологічних границь (уставок) та їх зміни з авторизованим доступом для певних категорій обслуговуючого персоналу.

Служба реєстрації подій і аварійної сигналізації оповіщає обслуговуючий персонал при виникненні аварійних ситуацій та інших подій, пов’язаних з технологічним процесом і функціонуванням апаратури. При цьому умови, поява яких сприймається системою як аварійна ситуація, можуть бути задані для будь-якого технологічного параметра.

Кожній події ставиться у відповідність текстова строка (пояснення), яка буде відображатись в журналі повідомлень. Подія сприймається системою як зміна певного дискретного сигналу або їх комбінації. Аварії (тривоги) при цьому є особливим випадком подій, що потребують оповіщення персоналу і прийняття заходів по усуненню причини і ліквідації наслідків аварії.

Після виявлення аварії оператор повинен вжити заходів по її усуненню (шляхом ручного управління технологічним процесом) і заквітувати аварію. Всі дії обслуговуючого персоналу при аварійній ситуації реєструються в архіві.

Служба фонової архівації призначена для отримання даних від процесів, що виконуються, і підготовки цих даних для відображення і архівування. Архівування здійснюється шляхом запису контрольованих параметрів в базу даних процесу. Дані можуть містити деякі значущі критерії виробничого і технічного характеру стосовно робочого стану системи. Для кожної групи параметрів можна задати різні алгоритми запису інформації в архіві.

Розрізняють наступні методи архівування:

* циклічне послідовне архівування відслідковує значення змінних процесу;
* ациклічне архівування приймає поточне значення тоді, коли відбувається відповідна, попередньо сконфігурована подія.

При циклічному послідовному архівуванні збір даних починається при старті системи і продовжується до тих пір, поки система не буде вимкнена. Часовий цикл може бути вказаний довільно для будь-якої величини.

При ациклічному архівуванні двійкове або аналогове значення зберігається один раз при появі події. Нижче приведені приклади події запуска і останову при ациклічному архівуванні:

* зміна фронту стану дискретного сигналу процесу;
* досягнення граничної величини аналогового значення;
* події, що залежать від часу і дати;
* комбінація клавіш і натиснення миші при використанні системи;
* команди управління від систем верхнього рівня або зовнішньої прикладної програми;
* поєднання приведених вище подій.

Запис миттєвих значень аналогових параметрів здійснюється, як правило, циклічно, тобто через певний проміжок часу. Цей інтервал може бути заданий довільно для кожної групи сигналів. Архівація кожного дискретного сигналу відбувається за умови його зміни. Така схема запису не є типовою і може конфігуруватись, як і цикл архівації, довільно для будь-якого параметра.

Архівна інформація відображається у вигляді графіків і журналів повідомлень з можливістю виводу їх на друк. Вікно графіків параметрів викликається із архівного меню, в якому задається дата архіву, який необхідно відобразити.

Тривога виникає при виході технологічного параметра за допустимі межі. Тривога супроводжується сигналізацією на мнемосхемах за допомогою зміни кольору відображення параметрів і виводу відповідних текстових повідомлень, миготінням кнопок переходу між окремими мнемосхемами. При допустимому значенні параметра тривога знімається і сигналізація зникає.

Для кожної групи графіків можна задати діапазон виводу погодинно або цілу добу. Кількість параметрів, які одночасно переглядаються, – від 1 до 10. Вісь значень градуюється у відповідних одиницях виміру. Градуювання по часу – загальне для всіх графіків. Оператор має можливість також визначати точні числові значення параметрів, переміщуючи по графіку лінію-вказівник. Значення параметра, вказане в графі, відповідає точці перетину лінії-вказівника з графіком.

Відображення архівної інформації про аварійні та інші події, що пов’язані з контрольованим технологічним процесом і функціонуванням програмно-апаратних засобів, здійснюється за допомогою журналу повідомлень.

Для більш зручної форми сприйняття повідомлення в залежності від їх типу (аварійна, попереджувальна сигналізація, зміна режиму роботи обладнання, системні повідомлення) відображаються заданими кольорами фону і тексту.

Комунікаційний сервер є засобом для підключення апаратури нижнього рівня до прикладних програм Windows. Кожний вид комунікаційного сервера реалізує інтерфейс з певним типом обладнання, наприклад програмованими контролерами або іншим популярним класом апаратури. Обмін даними між комунікаційним сервером і компонентами системи здійснюється за допомогою швидкісного програмного інтерфейсу.

Комунікаційний сервер в залежності від специфіки проекту може бути стандартним (при використанні засобів OPC) або власної розробки. При цьому він виконує наступні функції:

* підтримує двосторонній інформаційний зв'язок з засобами автоматизації нижнього рівня на рівні протоколу інформаційного каналу;
* сприймає запити і команди оператора і передає їх в адрес контролерів і виконавчих механізмів;
* здійснює управління чергою вихідних запитів і команд;
* приймає дані від систем автоматизації нижнього рівня, здійснює перевірку достовірності отриманих даних;
* при отриманні достовірних вхідних даних оповіщає вказані компоненти системи про прийом даних;
* передає отримані дані до систем відображення, управління, архівації з можливістю вибору способу передачі (циклічне, по запиту, при зміні даних процесу, по мірі надходження даних).

Завдяки відкритості розробленої системи, що передбачає можливість обміну даними із зовнішніми прикладними програмами, забезпечується її інтеграція з програмними компонентами інших розробників, офісними пакетами, засобами віддаленого доступу, телекомунікаційними засобами зв’язку.

**РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВТОРИННОГО РИФОРМІНГУ ЯК ОБ’ЄКТА УПРАВЛІННЯ**

**2.3. Автоматизація стадії пароповітряної конверсії метану (вторинний риформінг)**

У реакторі вторинного риформінгу виконується кінцева конверсія непрореагованого в первинному риформінгу метану киснем повітря та водяною парою з одночасним забезпеченням необхідного співвідношення водню та азоту в синтез-газі Функціональна схема автоматизації стадії вторинного риформінгу приведена на рис. 2.2. Необхідне для процесу вторинного риформінгу повітря нагнітається повітряним компресором та очищується механічним фільтром. Після компремування повітря змішується з парою середнього тиску у заданому співвідношенні і направляється у змієвики конвекційної камери КК печі первинного риформінгу, де нагрівається до температури 482 °С і подається в головку змішувача вторинного риформінгу. Співвідношення між витратою газу і пари стабілізується регулятором співвідношення 7 і регулюючим органом 8, який влаштований в лінію подачі пари середнього тиску.

Сталий тиск в лінії подачі повітря на вторинний риформінг забезпечується регулятором 1 і регулюючим органом 2, який змінює витрату пари, котра подається в турбіну компресора, зменшуючи чи збільшуючи тим самим кількість обертів турбіни компресора. Кількість поданого в реактор повітря стабілізується за принципом „грубо-тонко”. Регулятор витрати 3 і регулюючий орган 4 призначені для грубого регулювання, а регулятор 5 і регулюючий орган 6 виконують функцію тонкого регулювання шляхом скидання повітря в атмосферу.



Рис. 2.2. Функціональна схема автоматизації стадії пароповітряної конверсії природного газу (вторинний риформінг)

Підігріта в конвективній камері до температури 460-482 °С пароповітряна суміш поступає в змішувач, куди одночасно поступає конвертований газ з первинного риформінгу. При змішуванні проходить часткове спалювання горючих компонентів газу з підвищенням температури до 1245 °С. Така температура газу сприяє конверсії залишкового метану на алюмохромовому каталізаторі вторинного риформінгу.

У результаті реакцій (2.4) – (2.11) вміст метану в конвертованому газі зменшується до 0,5% об. Залишок метану в конвертованому газі на виході вторинного риформінгу контролюється газоаналізатором. Склад конвертованого газу на виході шахтного конвертора є наступним: діоксид вуглецю – 6,5-8,3% об.; оксиду вуглецю – 10-13% об.; водню – 56-60% об.; метану не більше 0,5% об.; азоту – 20-23% об. Конвертований газ з температурою 1002 °С і тиском 3,5 МПа поступає в два паралельно працюючі котли першої ступені ПК1 і ПК2, в яких за рахунок утилізації тепла газу одержується пара з тиском 10,55 МПа. Температура конвертованого газу на виході котла першої ступені дорівнює 482 °С. Далі охолоджений газ поступає в котел-утилізатор другої ступені КУ, де охолоджується до температури 371 °С. При цьому отримується водяна пара з тиском 10,55 МПа. Стабілізація температури конвертованого газу на виході з котра-утилізатора КУ здійснюється за байпасним принципом регулятором 25 і регулюючим органом 26, який змінює витрату газу по гарячому байпасу.

Температура пари на виході з парового котла ПК1 стабілізується регулятором 15 і регулюючим органом 16; котла ПК2 – регулятором 19 і регулюючим органом 26; котла КУ – регулятором 22 і регулюючим органом 23, змінюючи витрату води, яка подається в ці котли.

Автоматичному контролю підлягають наступні технологічні параметри:

* витрата повітря (поз. 3), витрата пари на виході котла ПК1 (поз. 30), витрата пари на виході котла ПК2 (поз. 31), витрата пари на виході котла-утилізатора КУ (поз. 32);
* тиск повітря на вході в конвективну камеру КК (поз. 1), газу на вході в змішувач (поз. 9), тиск конвертованого газу на виході стадії вторинного риформінгу (поз. 29);
* температура газу на вході у вторинний риформінг (поз. 10), повітря після конвекційної камери КК (поз. 12), по висоті каталізатора в реакторі (поз. 13 і 14), конвертованого газу на виході реактора (поз. 17 і 21), конвертованого газу на виході парових котлів ПК1 і ПК2 (поз. 18 і 24), пари на виході котлів (поз. 15, 19 і 22), конвертованого газу після котла утилізатора КУ (поз. 28);
* концентрація метану на вході у вторинний риформінг (поз. 11) і метану на його виході (поз. 27).

Сигналізації підлягають такі параметри:

* температура в каталізаторному просторі реактора (поз. 13 і 14) і конвертованого газу після котла-утилізатора (поз. 25);
* тиск повітря (поз. 1) і конвертованого газу на (поз. 9);
* концентрація метану (поз. 27).

Автоматичному блокуванню підлягають наступні технологічні параметри:

* надмірне зниження витрати повітря (перекривається лінія подачі повітря в реактор);
* перевищення тиску конвертованого газу на виході з вторинного риформінгу (газ скидається на факельну установку).

**2.4. Структурно-логічна схема газового реактора вторинного риформінгу**

Газовий реактор вторинного риформінгу має дві вхідні координати:

* витрата конвертованого газу з первинного риформінгу ;
* витрата пароповітряної суміші .

Газовий реактор вторинного риформінгу має три вихідні координати:

* концентрацію конвертованого газу на виході із вторинного риформінгу ;
* температуру конвертованого газу на виході реактора ;
* тиск конвертованого газу на виході стадії вторинного риформінгу .

До збурюючих параметрів відносяться:

* концентрація конвертованого газу з первинного риформінгу ;
* концентрація пароповітряної суміші ;
* температура конвертованого газу з первинного риформінгу ;
* концентрація пароповітряної суміші .

Із аналізу газового реактора вторинного риформінгу як об’єкта керування складемо структурно-логічну схему (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Структурно-логічна схема газового реактора вторинного риформінгу

**2.5. Функціональна схема регулювання газовим реактором вторинного риформінгу**

Функціональна схема одноконтурного регулювання газовим реактором вторинного риформінгу за концентрацією конвертованого газу представлена на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Функціональна схема одноконтурного регулювання газовим реактором вторинного риформінгу за концентрацією конвертованого газу:

I – змішувач; II – теплообмінник

Позначення засобів автоматизації:

,  – первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання витрати, встановлений за місцем. Наприклад: діафрагма, сопло, труба Вентурі, датчик індукційного витратоміра тощо;

,  – прилад для вимірювання витрати безшкальний з дистанційним передаванням показань, встановлений за місцем. Наприклад, дифманометр (ротаметр), безшкальний з пневмо- або електропередачею;

,  – автоматичний регулятор витрати електронного (пропорційного) регулювання, встановлений на щиті, пульті;

 – первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання якості продукту (концентрації), встановлений за місцем;

 – перетворювач сигналу вимірювання якості продукту (концентрації), встановлений на щиті, пульті;

 – автоматичний регулятор якості продукту (концентрації) електронного (пропорційного) регулювання, встановлений на щиті, пульті;

,  – виконавчий механізм з регулюючим органом.

**РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ ОДНОКОНТУРНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЗА КОНЦЕНТРАЦІЄЮ АЗОТО-ВОДНЕВОЇ СУМІШІ В КОНВЕРТОВАНОМУ ГАЗІ**

**3.1. Розробка математичної моделі газового реактора неперервної дії**

З рівнянь видно, що вони містять відповідні вихідні параметри, тобто математичні моделі є взаємопов’язаними. Щоб знайти остаточну математичну модель для тієї чи іншої вихідної величини, необхідно разом обчислити відповідні моделі, вилучивши інші вихідні параметри. Для цього зазначені рівняння запишемо у такому вигляді.

 (3.26)

де  – оператор диференціювання .

Введемо подальші позначення:

 (3.27)

Запишемо рівняння таким чином:

 (3.28)

Звідси отримаємо систему рівнянь:

 (3.29)

Отже, отримана система із трьох рівнянь, у якій невідомими є параметри , , . Розв’яжемо цю систему рівнянь методом Крамера. Зазначену систему рівнянь запишемо у матричній формі:

 (3.30)

де 

 (3.31)

Знайдемо детермінант системи:

 (3.32)

Знайдемо детермінанти при невідомих:

 (3.33)

 (3.34)

 (3.35)

За формулами Крамера знаходимо невідомі:

 (3.36)

 (3.37)

 (3.38)

(3.39)

Не важко бачити, що детермінант, який описується матрицею системи, становить ніщо інше, як ліву частину математичної моделі, яка називається характеристичним рівнянням. Праві частини моделі визначаються чисельником матриць невідомих. Знаменник цих матриць один і той же для всіх вихідних параметрів.

Знайдемо математичну модель за концентрацією цільового продукту:

(3.40)

Повертаємось до замін.





(3.41)

Введемо такі позначення:



Після підстановки математична модель газового реактора за концентрацією цільового продукту набуде вигляду:

 (3.42)