

ЗМІСТ

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	4
Тема 1 КОНЦЕПЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	4
Тема 2 ЗВОРОТНИЙ ЗВ'ЯЗОК ЯК ОСНОВНА ПАРАДИГМА УПРАВЛІННЯ	21
Тема 3 ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ	44
Тема 4 ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСУ ТП	76
Тема 5 ДОСТОВІРНІСТЬ ІНФОРМАЦІЇ	115
Тема 6 МОДЕЛІ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ. КОНЦЕПЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	161
Тема 7 ВЕРИФІКАЦІЯ І ВАЛІДАЦІЯ МОДЕЛЕЙ	188
Тема 8 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ	204
Тема 9 РИЗИКИ ЯК РЕАЛЬНИЙ ЧИННИК В АСУ ТП	244
ТЕРМІНОЛОГІЯ	300
ЛІТЕРАТУРА	318

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

ТЕМА 1

Концепції та визначення

*Управління технологічним процесом.
Параметри. Проблеми перетворення сигналів.
Управління в реальному часі. Функції АСУ ТП.
Структури АСУ ТП. Централізовані
та розосереджені АСУ ТП. Хмарні технології.
Пропускна здатність каналу обслуговування.
Математичне та програмне забезпечення АСУ ТП.
Організаційне забезпечення. Режими функціонування
АСУ ТП. Стадії створення АСУ ТП.*

Управління технологічним процесом являє собою інформаційний процес, який забезпечує виконання будь-якого матеріального процесу. У найбільш загальному випадку автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) являє собою замкнену систему, що забезпечує автоматизоване збирання та обробку інформації, яка необхідна для оптимізації управління технологічним об'єктом згідно з прийнятим критерієм, та реалізацію керуючих впливів на технологічний об'єкт. Технологічний об'єкт управління (ТОУ) – це сукупність технологічного устаткування й реалізованого на ньому згідно з відповідними алгоритмами та регламентами технологічного процесу. Залежно від рівня АСУ ТП технологічним об'єктом управління можуть бути технологічні агрегати та устаткування, групи верстатів, окремі виробництва (цехи, ділянки), які реалізують самостійний технологічний процес, виробничий процес усього підприємства, якщо управління ним зводиться до раціонального вибору й узгодження режимів роботи агрегатів, ділянок та виробництв. Ступінь досягнення

цілей, що поставлені, у будь-якій системі прийнято характеризувати за допомогою критерію управління, яким може бути техніко-економічний показник, наприклад, собівартість вихідного виробу за умов заданої якості, продуктивність ТОВ за умов якості вихідного виробу, технологічні показники, як-от параметри технологічного процесу, характеристики вихідного виробу тощо.

У технологічному процесі, що управляється, можна виділити головні потоки інформації, які характеризуються такими групами параметрів.

- Параметри $X = (X_1, X_2 \dots X_n)$, що вимірюються; до них відносяться вимірювані, але не керовані параметри, які залежать від зовнішніх чинників (параметри заготовок, характеристики технологічного та допоміжного устаткування, інструменту, оснащення тощо); вихідні параметри, які характеризують якість виробів, що виготовляються, вихідні параметри, за якими безпосередньо або шляхом обчислень визначають ефективність виробничого процесу (продуктивність, економічність тощо) або обмеження, які накладені на умови його протікання.
- Параметри $Y = (Y_1, Y_2 \dots Y_n)$, що можуть змінюватися відповідними виконуючими механізмами, уставками регуляторів тощо.
- Некеровані та невимірювані параметри $f = (f_1, f_2, \dots f_n)$ – змінні із часом характеристики технологічного устаткування, характеристики сировини, знос інструменту, відмови устаткування тощо. Наявність подібних випадкових чинників, які впливають на об'єкт керування, може суттєво позначитися на керованій величині Y , надає стохастичний характер потокам вимог на обслуговування.

На вхід управляючого обчислювального комплексу (УОК) від датчиків (термопар, індуктивних датчиків, лічильників готової продукції тощо) надається вимірювальна інформація про поточні значення параметрів X , які характеризують протікання технологічного процесу (стан і параметри заготовок, якість деталей, що оброблені, їхня кількість тощо). УОК обробляє цю інформацію згідно з прийнятим законом управління (алгоритмом управління), визначає керуючі впливи $u = (u_1, u_2, \dots u_m)$, які необхідно

застосувати до виконавчих механізмів для зміни керованих параметрів Y , щоб керований процес відбувався оптимальним чином.

Значна частина вимірювальних датчиків (детекторів) генерує свої сигнали у вигляді напруги, силу струму, опору, кута обертання тощо, тобто у формі аналогового сигналу. Керуючі впливи u , які надаються до виконавчих механізмів, здебільшого також мають вигляд аналогових сигналів. Оскільки УОК оперує з цифровими (дискретними) величинами, вхідні сигнали X мають бути заздалегідь перетворені на цифрову форму, а вихідні сигнали УОК – із цифрової форми на аналогову. Деякі вхідні сигнали (від кінцевих вимикачів, фотореле тощо), а також певні вихідні керуючі сигнали (наприклад, вмикання двигунів, сигнальних табло тощо) мають релейний характер. Отже, до складу УОК мають входити перетворювачі безперервних (аналогових) величин на цифрові і навпаки (відповідно ПАВ/ЦВ та ПЦВ/АВ). Для зменшення обсягів устаткування перетворювачі ПАВ/ЦВ та ПЦВ/АВ зазвичай виконують багатоканальними. За допомогою комутатора перетворювач почергово підключається до кожного датчика і здійснює відповідне перетворення, після чого отриманий цифровий код надходить до пам'яті УОК.

Важливою ознакою АСУ ТП є здійснення управління у темпі протікання технологічного процесу, тобто в реальному масштабі часу, коли передавання інформації від вихідного пункту до обчислювача та її обробка і повернення результатів обчислення у вихідний пункт виконуються протягом мінімального терміну без відчутного впливу на рішення інших задач, які одночасно вирішуються УОК. У системі, що працює в реальному часі, інформація, яка надходить ззовні, або сприймається та обробляється безпосередньо в момент її надходження, або фіксується і надходить для опрацювання залежно від пріоритету, що їй надається. У системах реального часу для кожного завдання надається реально необхідний проміжок часу, протягом якого відповідний запит має бути обов'язково виконаний. Системою пріоритетів визначається дисципліна черги для вирішення будь-яких завдань управління. Автоматичний розподіл машинного часу відкрив нові шляхи використання ЕОМ, дозволяючи абонентам «спілкуватися» один з одним за посередництвом ЕОМ, яка використовує великий запас

знань та фактів, що зберігаються у її пам'яті, і високий ступінь виконання арифметичних та логічних операцій.

Реалізація цілей у конкретних АСУ ТП досягається виконанням у них певної послідовності операцій та обчислювальних процедур, значною мірою типових за своїм складом і тому поєднаних у комплекс типових функцій АСУ ТП. Ці функції поділяють на управляючі, інформаційні та допоміжні керуючі. Результатом цих функцій є опрацювання та реалізація управляючих впливів на ТОУ.

До **управляючих** функцій АСУ ТП відносять регулювання (стабілізацію) окремих технологічних змінних, логічне керування операціями чи апаратами, програмне логічне управління групами устаткування, оптимальне управління сталими або перехідними режимами чи окремими стадіями процесу, адаптивне управління об'єктом у цілому, наприклад, управління ділянкою верстатів із числовим програмним управлінням, оперативне коригування добових та змінних планових завдань тощо.

Інформаційні функції АСУ ТП – функції, змістом яких є збирання, оброблення й представлення інформації для наступної обробки. Це функції централізованого контролю та вимірювання технологічних параметрів, опосередковане вимірювання, обчислення параметрів процесу (техніко-економічних, внутрішніх змінних), формування й видача поточних та узагальнених технологічних та економічних показників оперативному персоналу АСУ ТП, підготовка й передавання інформації в суміжні системи управління, узагальнене оцінювання й перевірка стану АСУ ТП та її компонентів.

Допоміжні функції полягають у забезпеченні контролю за станом функціонування технічних та програмних засобів АСУ ТП.

За своєю структурою АСУ ТП поділяються на централізовані, супервізорні та розподілені.

До складу **централізованої** АСУ ТП входять датчики Д (детектори), канали зв'язку (КЗ); блок зв'язку з об'єктом (БЗО), що містить ПАВ/ЦВ, ПЦВ/АВ, багатоканальні реєстратори (БКР); консоль оператора (КО), що містить засоби відображення інформації (ЗВІ); виконуючі механізми (ВМ); засоби дистанційного управління (ЗДУ); регулюючі органи (РО) (рис. 1.1-а, стор. 9). БЗО під керівництвом управляючої ЕОМ (УЕОМ) здійснює

комутацію каналів вимірювання, перетворення АВ/ЦВ та ЦВ/АВ, розподіл командних сигналів серед ВМ. Для підвищення надійності таких систем замість однієї УЕОМ використовують декілька однотипних із власними операційними системами та міжмашинним апаратним зв'язком. Усі УЕОМ одночасно вирішують одні й ті самі завдання контролю та управління, а командні сигнали генеруються на підставі голосування (мажоритарного, візантійського чи консенсусного). Централізовані АСУ ТП, як правило, реалізують найпростіші лінійні закони регулювання, зокрема закони стабілізації найменш відповідальних змінних, але під контролем оператора можуть виконувати й функцію безпосереднього цифрового управління. Оптимальне управління в АСУ ТП визначається шляхом періодичного вирішення деяких формалізованих оптимізаційних задач пошуку екстремуму критерію якості, який задано. На рис. 1.1-б (стор. 9) наведена архітектура централізованої АСУ ТП (тут АСОД – автоматизована система обробки даних).

У супервізорних системах на БЗО та УЕОМ покладено функції збирання та переробки інформації про стан об'єкта управління, обчислення критерію якості, знаходження оптимального режиму і відповідних сигналів управління й передавання їх безпосередньо до локальних систем керування (ЛСК), які регулюють (стабілізують) вихідну змінну на рівні завдання, отриманого через БЗО від УЕОМ. Системи супервізорного управління характеризуються певним розподіленням функцій між центральною УЕОМ та локальними ЛСК, що сприяє підвищенню надійності та живучості порівняно із централізованою АСУ ТП.

Розподілені АСУ ТП характеризуються розподілом функцій контролю, обробки інформації та управління між декількома територіально розосередженими БЗО та обчислювальними пристроями, поєднаними мережами для передавання інформації та програм (рис. 1.2, стор. 10). Тут розглядається трирівнева ієрархічна структура. На верхньому рівні за участю оперативного персоналу вирішуються завдання диспетчеризації процесу, оптимізації режимів, підрахунку техніко-економічних показників виробництва, візуалізації та архівування процесу діагностики і коригування програмного забезпечення системи. Верхній рівень АСУ ТП реалізується на базі серверів, операторських (робочих) станцій

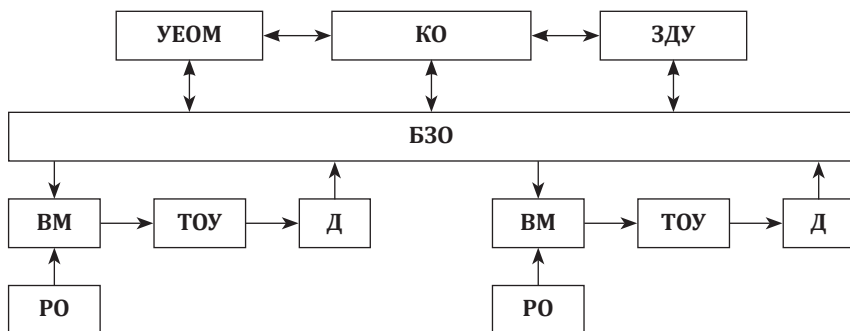


Рис. 1.1-а

Структура централізованої АСУ ТП



Рис. 1.1-б

Архітектура централізованої АСУ ТП

та інженерних станцій. На середньому рівні виконуються завдання автоматичного управління та регулювання, пуску та зупинення устаткування, логіко-командного управління, аварійних відключень та захисту. Середній рівень реалізується програмно-логічними контролерами. Нижній (зовнішній) рівень АСУ ТП забезпечує збирання даних про параметри технологічного процесу та стан устаткування, реалізує управляючі впливи. Головними технічними засобами нижнього рівня є датчики та виконуючі механізми, станції розподіленого введення/виведення, пускачі, кінцеві вимикачі, перетворювачі частоти розподілених АСУ ТП. Останнім часом використовуються так звані хмарні технології (ХТ), у яких опрацювання даних відбувається з використанням не одного центру обробки даних, а розподіляється по всіх обчислювальних ресурсах, підключених до загальної мережі. Найголовнішою функцією хмарних технологій є задоволення потреб користувачів, яким необхідна віддалена обробка даних за відсутності власних

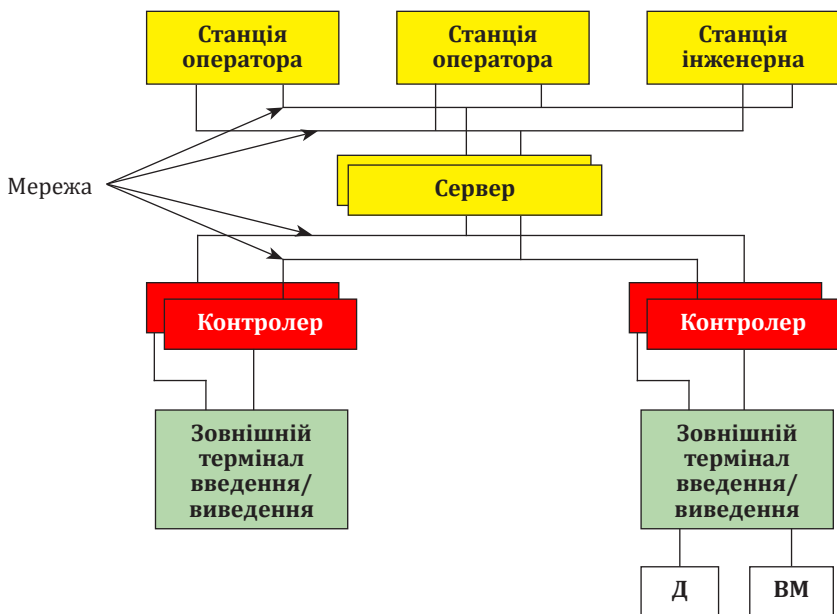


Рис. 1.2
Структура розподіленої АСУ ТП

потужних ресурсів, що можна продемонструвати на прикладі житлово-комунального господарства (ЖКГ). ЖКГ є принципово розподіленим господарством, де існує множина («мережа») мешканців та інших об'єктів і суб'єктів, що користуються послугами ЖКГ, і водночас існує множина («мережа») постачальників ресурсів та послуг, релевантних ЖКГ. Ці дві мережі сьогодні відокремлені одна від одної, існують незалежно, підпорядковуються різним центрам. Так, водоканал займається водопостачанням та водовідведенням, теплоенерго – гарячим водопостачанням та опаленням, підприємства, пов'язані із збиранням та вивезенням твердих побутових відходів (ТПВ), лише цим і займаються, не вболоваючи про подальшу утилізацію ТПВ, транспортні підприємства працюють, незважаючи на реальні потреби у перевезеннях пасажирів і проблемами окремих видів транспорту та реальні трафіки і т. д. Водночас споживачі ресурсів і послуг ЖКГ існують самі по собі, не маючи можливостей впливати на обсяги та якість ресурсів та послуг. І тут ідея ХТ може знайти своє втілення не як суто інформаційної технології, а методології наближення споживачів до ресурсів і послуг ЖКГ шляхом створення єдиного сервісного центру з мережею, що поєднає джерела ресурсів та послуг з їхніми споживачами. Це можна проілюструвати вдалою структурою служби виклику таксі: набравши телефон цієї служби (вона не є монополістом, оскільки існує помітна множина таких служб), клієнт повідомляє про свою адресу та адресу пункту призначення й отримує вартість поїздки. Якщо замовляється час, то за 10–15 хвилин до призначеного часу надається SMS із зазначенням типу авто, його номеру, тарифу та часу прибуття. Якщо замовлення на поточний час, то за 5–10 хвилин надається SMS із зазначенням типу авто, його номеру, тарифу та часу прибуття. Якщо замовлення термінове, тариф збільшується. Машину вибирають серед тих, які є вільними та знаходяться найближче до клієнта-замовника. Клієнт може обирати того з операторів таксі, який пропонує найнижчий тариф або швидше реагує на замовлення.

Такий підхід можна реалізувати і для інших обслуговуючих структур (виклик сантехників, майстрів з ремонту електромережі, побутових пристроїв, телевізорів, комп'ютерів, ремонту квартири тощо), причому можлива конкуренція між окремими

обслуговуючими структурами у множині всіх структур відповідного профілю, що сприятиме зниженню тарифів та покращанню якості обслуговування: клієнти будуть обирати ті із структур, які краще й швидше виконують послуги і пропонують нижчі тарифи. Принципова схема реалізації ХТ в ЖКГ наведена на рис. 1.3. Тут МГ – магістраль передавання даних, умовні позначення (картинки) відповідають тим чи іншим службам, що об'єднані в мережі (хмарі), АТ – абонентські термінали (телефони). Така організація є відкритою для підключення нових ресурсів та сервісів. Зокрема, до неї можна приєднати мережі інтернет-магазинів, довідкових бюро, продажу квитків тощо.

Однією з перших широкодоступних ХТ стала електронна пошта з вебінтерфейсом. У цьому разі всі дані зберігаються на віддалених серверах, а користувач отримує доступ до своїх листів через браузер з будь-якого комп'ютера або досить потужного мобільного пристрою.

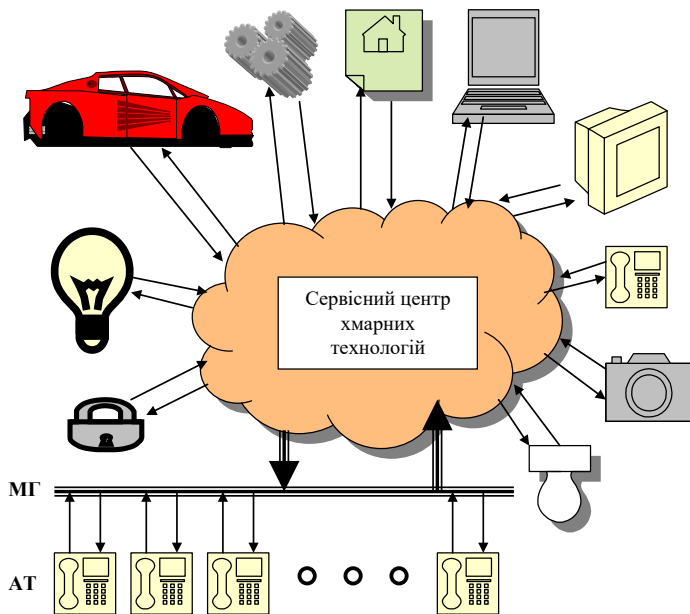


Рис. 1.3

Принцип реалізації хмарної технології в ЖКГ