

ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ СЕПАРАЦІЇ ВОЛОГИ НА БАЗІ SCADA-ТЕХНОЛОГІЇ

¹Сумський державний університет

Розглянуто структуру системи керування експериментальною установкою сепарації вологи з потоку газу. На основі функціональної схеми автоматизації установки розроблена мнемосхема візуалізації параметрів процесу сепарації вологи. За допомогою SCADA-технологій уточнені параметри об'єкта керування та сформовані вимоги до регулятора процесу сепарації вологи.

Ключові слова: природний газ, дросельна заслінка, SCADA-система, програмований логічний контролер (ПЛК).

Вступ

Особливості керування процесом відбору вологи полягають в тому, що параметри потоку природного газу, що надходить зі свердловини, довільно змінюються у часі. Тому ефективне керування процесом низькотемпературної сепарації (НТС) можливе лише у разі відслідковування параметрів потоку газу — тиску та температури. Для керування процесом підготовки газу до транспортування доводиться відслідковувати не тільки витрати потоку, але і узгоджувати режими роботи допоміжних пристроїв установок комплексної підготовки природного газу (УКПГ) — теплообмінника та сепаратора, які використовуються в УКПГ для підвищення ефективності процесу очищення.

На сьогодні при сепарації вологи в УКПГ найчастіше розв'язуються локальні задачі керування ефективністю процесу — збереження метанолу чи етиленгліколю, які стимулюють конденсацію вологи з потоку газу. Втім, поліпшення часткових економічних показників окремо взятої установки не вирішує комплексної проблеми підвищення ефективності роботи системи постачання газу в цілому. Деякі складні системи [1], що використовуються для моделювання та аналізу факторів оптимізації процесів УКПГ, хоч і мають на меті підвищення ефективності роботи, залишаються віртуальними середовищами для досліджень.

Підхід до комплексного вирішення підвищення ефективності передбачає використання складніших багаторівневих систем керування. Проте розбудова таких систем досі гальмувалась відсутністю чітких критеріїв керування процесом сепарації вологи та відповідного рівня розвитку програмно-технічних засобів, які здатні комплексно вирішувати завдання узгодження режимів роботи елементів УКПГ — теплообмінника та сепаратора.

Знаходження балансу між основними параметрами процесу НТС, яка на сучасному рівні технологій сепарації вологи є визначальною, хоч і досягається в результаті побудови дослідження моделей процесу [2], проте потребує подальшого розвитку.

Складність знаходження такого балансу полягає в тому, що параметри процесу НТС впливають один на одного, крім того їх взаємовплив описується нелінійними функціями. Таким чином створити систему керування процесом НТС на базі класичних формальних підходів проблематично. Тому необхідною передумовою забезпечення завдань реалізації системи керування згаданим процесом є пошук ефективного інструментарію розробки та налагодження системи керування потрібної конфігурації, яка вирішує завдання оптимізації не тільки локальних регуляторів, але і взаємодії окремих УКПГ із магістраллю постачання газу.

Постановка задачі — вирішення завдання підвищення ефективності роботи УКПГ до транспортування, орієнтуючись на енергозбереження, можна різними шляхами та за різними підходами. Найпоширенішими напрямками є поліпшення конструктивно-технологічних параметрів обладнання або оптимізація режимів роботи УКПГ за вибраними критеріями оптимізації.

Формування засад оптимізації режимів функціонування УКПГ значною мірою визначається ідеологією побудови системи керування. Традиційно архітектура систем керування такого класу об'єктів ґрунтується на сукупності локальних регуляторів, оскільки ефективно комплексне керу-

вання взаємопов'язаними параметрами установки являє собою складну задачу.

Специфіка об'єкта, яка утворюється такими факторами:

нелінійність рівнянь опису процесів конденсації компонентів; наявність часової затримки процесу сепарації відносно моменту керуючого впливу; перехресний взаємовплив параметрів процесу сепарації вологи, теплообміну та міжфазних явищ, що ускладнює дослідження можливостей підвищення ефективності установки в умовах її реальної експлуатації.

В зв'язку з цим альтернативою дослідженням на реальному об'єкті стають дослідження на експериментальній установці сепарації вологи, параметри якої дозволяють не тільки відслідковувати режими протікання процесу очищення потоку повітря від вологи, але і оптимізувати налаштування параметрів системи управління цією установкою.

Можливість актуалізації таких досліджень полягає не тільки в геометричній подібності реальної та експериментальної установок, але й аналогічності диференціальних рівнянь, що описують процеси теплообміну, поширення та дроселювання потоку. Основне припущення, яке використовується у описі досліджуваних явищ — це уявлення потоку повітря реальним, тобто стискуваним газом, яким є природний газ, що надходить зі свердловини.

Протиріччя у прагненні досягнення компромісу між найкращим рівнем очищення потоку газу та продуктивністю його очистки приводять до необхідності використання інструментів для дослідження процесу осушки в режимі реального часу, які б дозволили організувати не тільки параметричну ідентифікацію об'єкта, але й оцінити якість процесу регулювання.

Метою роботи є розробка програмно-технічного забезпечення системи керування на базі математичної моделі експериментальної установки сепарації вологи (ЕУСВ). Використання ідеології SCADA-технології дозволяє комплексно вирішувати завдання проектування програмно-технічного забезпечення та досліджувати ефективність прийнятих рішень по розбудові системи керування процесом.

Розглядаючи процес підготовки газу до транспортування як комплексне завдання підвищення ефективності функціонування системи взаємодіючих УКПГ, важливим аспектом досліджень вбачається можливість використати SCADA-технологію для побудови системи керування розподіленою системою взаємодіючих УКПГ на підприємствах підготовки газу до транспортування, оскільки досі основним інструментом імітаційного моделювання систем залишається середовище Simulink програмного пакету Matlab [3].

1. Аналіз функціональних задач експериментальної установки сепарації вологи

Основним функціональним завданням керування процесом видалення зайвих компонент з потоку газу є утримання балансу між параметрами потоку, що забезпечують умови конденсації його різних компонент та параметрами оптимізації умов протікання потоку.

Таке формулювання функціонального завдання керування потоком дає змогу для визначеної мети досліджень використати експериментальну установку, яка відтворює основні процеси реальної промислової УКПГ.

За результатами системного аналізу, експериментальна установка представляється сукупністю окремих функціональних блоків, які формують процес НТС. На рис. 1 показана схема інформаційно-матеріальних потоків процесу видалення вологи з потоку стисненого повітря, який утворюється компресором високого тиску.

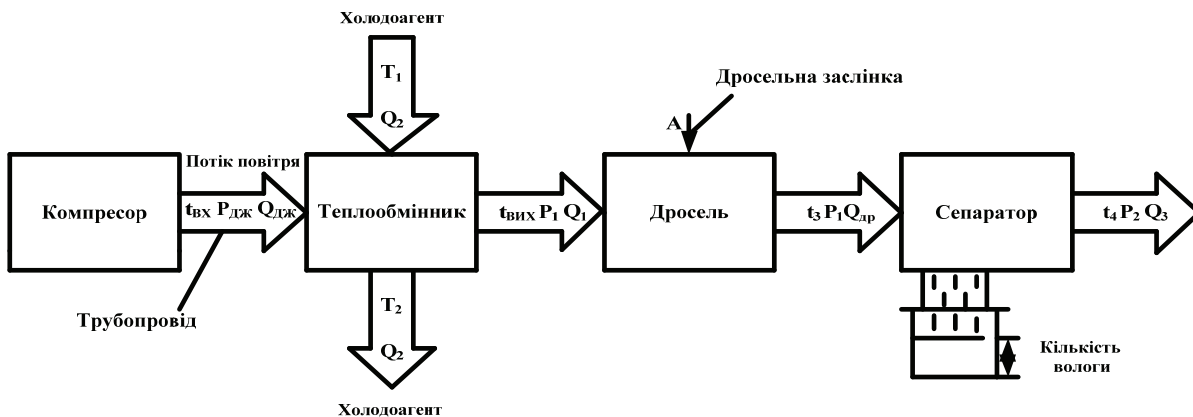


Рис. 1. Структурна схема експериментальної установки

Основний потік, що дроселюється, характеризується зміною значень витрат потоку $Q_{ДЖ}$ (на вході теплообмінника), Q_1 , $Q_{ДР}$ (на вході та виході дроселя) та Q_3 — на виході сепаратора. Відповідно змінюється і температура основного потоку: $t_{вх}$, $t_{вих}$ — на вході та виході теплообмінника; t_3 , t_4 — на вході та виході сепаратора. Ефективність видалення вологи з потоку може оцінюватись за кількістю вологи, яка виділяється в сепараторі.

Складність опису цього об'єкта полягає в тому, що зміна положення дросельної заслінки впливає одразу на групу технологічних параметрів, а саме: температуру, тиск, та кількість рідини, яка випадає в сепараторі.

Суттєвою умовою процесу є відповідність температури потоку температурі точки роси (ТТР), оскільки саме ця умова визначає можливість конденсації вологи. Якщо під час керування процесом НТС обмежитись стеженням за значенням ТТР, як це відбувається на діючих промислових установках, то розглядати оптимізацію процесу не має сенсу.

Крім реалізації основних функцій керування параметрами потоку, експериментальна установка повинна забезпечувати розв'язання дослідницьких задач:

- перевірка на адекватність моделі НТС;
- фіксація параметрів процесу в режимі реального часу для подальшої обробки.

Розв'язання *першої задачі* дає змогу провести ідентифікацію об'єкта, що дозволить оцінити ефективність каналів керування і сформулювати вимоги до регулятора процесу НТС.

Розв'язання *другої задачі* забезпечує дослідження динаміки об'єкта, параметри якої визначають співвідношення між сталими часу складових процесу та прийняти до реалізації критерії керування об'єктом.

З аналізу вищезазначених задач випливає, що їх розв'язання потребує використання програмно-технічних засобів відповідного рівня. Розгляд відомого інструментарію для керування газовими потоками [4, 5] показує, що цим вимогам відповідають SCADA-технології, які дозволяють вести не тільки процес розробки та віртуальне налагодження системи керування об'єктом (середовище програмування), але й реалізовувати розроблене програмне забезпечення на вибраних мікропроцесорних засобах (середовище виконання). Згадані та інші розробки дають можливість полегшити процес керування об'єктом та досягти певних показників якості керування параметрами процесу на промисловому рівні, проте для підвищення ефективності процесу сепарації вологи функціонування SCADA-системи мають базуватися на критеріях керування, сформованих в результаті моделювання процесу сепарації [6]. Для реалізації цих критеріїв керування необхідне не тільки відповідне технічне забезпечення системи керування, але і його експериментальне випробування.

2. Побудова SCADA-системи експериментальної установки

Архітектура SCADA-системи, особливо її «польовий рівень», утворюється з аналізу функціональної схеми автоматизації ЕУСВ, показаної на рис. 2.

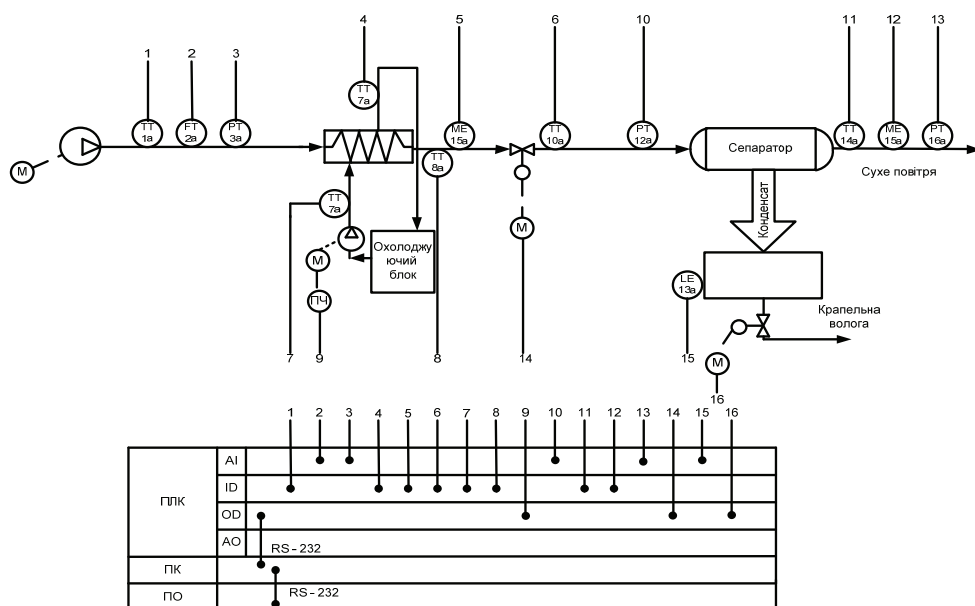


Рис. 2. Функціональна схема автоматизації ЕУСВ

Як видно зі схеми, розв'язання функціональних задач, сформульованих у розділі 1, відбувається завдяки створеним контурам вимірювання та керування, які складають технічне забезпечення системи, або апаратну його складову.

Ієрархія системи керування установкою — дворівнева. Перший рівень утворено на базі програмованого логічного контролера (ПЛК), який виконує функцію локального регулятора, та пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО). В якості ПЗО використовуються модулі вводу/виводу (МВВ) або інтелектуальні давачі, наприклад сенсори вологості, які по каналу Ethernet видають значення вологості потоку, розраховані сенсором в результаті вимірювання непрямих параметрів потоку.

На верхньому рівні системи керування експериментальною установкою, де встановлене програмне забезпечення системи, розв'язуються такі задачі:

- обробка інформації в реальному часі;
- логічне управління;
- підготовка та генерування звітів про хід технологічного процесу;
- мережева взаємодія між компонентами системи ;
- зв'язок із зовнішніми додатками (СУБД, електронні таблиці, текстові процесори і т. д.)

Таке розподілення функцій системи дає змогу розглядати її у вигляді апаратно-програмного комплексу (АПК), який в результаті використання стандартних проектних процедур може бути інтегрований до відомих SCADA-систем, в залежності від вибраних ПЛК.

Відомо, що на вибір ПЛК впливає тип, характер та кількість вхідних/вихідних сигналів, а також необхідна його продуктивність для обробки сигналів.

Не дивлячись на те, що вхідні та вихідні сигнали давачів та виконуючих механізмів установки, що автоматизується, є різними за типом, використання бюджетного варіанту мікроконтролера ПЛК ОВЕН ПЛК-154 разом із модулем МВВА 8 (ОВЕН) [7], дає змогу вирішувати завдання по вводу/виводу даних.

При цьому для отримання інформації про параметри процесу сепарації, температури і вологості, застосовано інтелектуальні давачі, які дають змогу передавати дані по послідовному інтерфейсу SPI, підключеному до дискретних входів ПЛК. Аналогові давачі тиску та витрат, які мають на виході уніфікований сигнал 4—20 мА, підключаються до аналогових входів ПЛК.

Вихідні дискретні виходи через драйвери зв'язані із кроковим двигуном, що приводить в рух дросельну заслінку, та двигуном постійного струму, що використовується для прокачки холодоагенту через теплообмінник.

Перевагою ПЛК ОВЕН-154 є його доступність та можливість інтеграції цього контролера з різними SCADA-системами за допомогою інтерфейсу RS-232, який зазвичай використовується для забезпечення зв'язку комп'ютера з периферійним обладнанням на невеликих між ними відстанях. Для збільшення відстані передавання інформації застосовуються спеціальні адаптери інтерфейсів, наприклад RS-232/RS-485. Наявність фізичного інтерфейсу RS-485 дає змогу побудувати промислові шини [5], по протоколах Field Bus, LAN-Ethernet та інші. В нашому випадку функціонування ЕУСВ потреби в передаванні даних на велику відстань не виникає. Тому для зв'язку між ПЛК ОВЕН, який має інтерфейс RS-232 [7], та OPC сервером SCADA-системи достатньо використати адаптер USB/RS-232. Інші зв'язки ЕУСВ здійснюються за допомогою Ethernet каналу.

Програмна складова SCADA-система будується на платформі MasterSCADA, яка є програмним комплексом на базі мов МЕК 61131-3. Цей програмний комплекс інтегрований в операційну систему Windows 7 і забезпечує вирішення завдань керування польового рівня.

Структурна схема системи керування ЕУСВ із потоку повітря показана на рис. 3.

Завдяки серверній програмі, яка забезпечує обмін інформацією через інтерфейс USB/RS-232, платформа MasterSCADA дозволяє:

- реалізувати програмне забезпечення без використання додаткових тулбоксів;
- проводити інтерактивну розробку програмного забезпечення та налагодження із середовища MasterSCADA;
- візуалізацію процесу на екрані монітора в реальному масштабі часу у зручній для людини формі.

Програмне забезпечення системи керування ЕУСВ побудовано на базі мов МЕК 61131-3 і дозволяє отримати АПК автоматизації експерименту для досліджень процесів сепарації вологи.

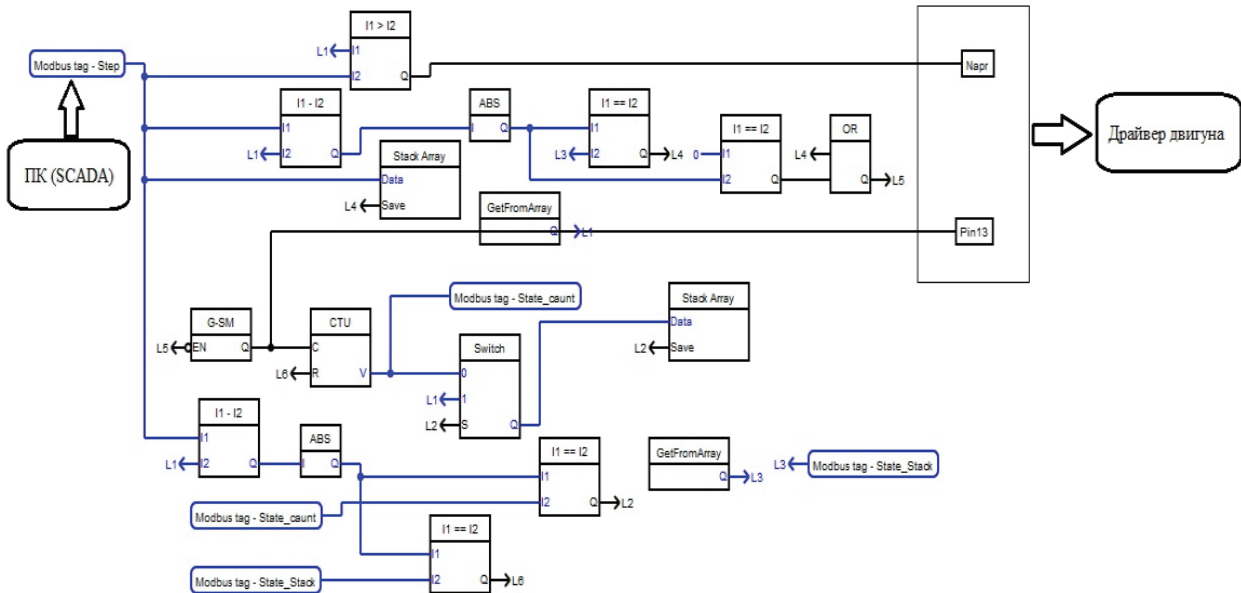


Рис. 5. Програма керування положенням заслінки на мові FBD (МЕК 61131-3)

Слід зазначити, що напрацювання алгоритмів керування установкою, отримані в програмному пакеті Matlab Simulink, складно інтегрувати у вибраній ПЛК, а також реалізувати його функціонування в реальному масштабі часу. Ці складнощі пов'язані з розв'язанням задач оцінки часу розгону та гальмування, комутації напрямків обертання зі зміною положення дросельної заслінки.

Використання мови FBD (МЕК 61131-3), яка є складовою SCADA-системи, дозволяє реалізувати канал керування потрібним елементом ЕУСВ на вибраному типі ПЛК без додаткових тулбоксів. Досвід імітаційного моделювання на ПЛК мовою FBD показує [8], що швидкість моделювання на FBD-блоках в 8—10 разів вище, порівняно зі швидкістю обчислення на Simulink, тому що на FBD-блоках реалізується швидкодіюче і оптимізоване під ПЛК програмне забезпечення. Крім того, виключаються проблеми реалізації алгоритму на діючому ПЛК, оскільки код на мові FBD, отриманий в результаті моделювання в SCADA-системі, із середовища моделювання можна безпосередньо імпортувати в ПЛК для виконання експерименту на діючому об'єкті управління.

Дистанційне керування насосом холодоагенту теплообмінника ЕУСВ, циклічне опитування датчиків, розроблено також на мові FBD (МЕК 61131-3) за процедурою, аналогічною процесу реалізації каналу керування двигуном дросельної заслінки.

Додатковою перевагою АПК, або системи керування, побудованої на SCADA-технологіях, є можливість обробки масивів статистичних даних про стан об'єкта в різні проміжки часу його функціонування, а також відображення керованих і некерованих змін різноманітних параметрів у вигляді трендів.

3. Уточнення динамічних параметрів моделі процесу сепарації вологи

Вбачаючи необхідність розробки регулятора процесу сепарації, що входить до системи керування ЕУСВ, під час формування підходу до його побудови [6] розроблений опис елементів системи, який дозволив досліджувати об'єкт в середовищі MATLAB. Результати моделювання, відповідно до опису процесу сепарації [9], дають змогу відобразити простір балансу параметрів процесу сепарації вологи (рис. 6). Із зображення простору взаємопов'язаних параметрів дроселювання потоку видно, що ефективне керування процесом дроселювання забезпечується в результаті знаходження багатомірного оптимуму режиму роботи. Це пов'язано з тим, що під час керування процесом НТС шляхом зміни площі поперечного перерізу дросельної заслінки, змінюється декілька параметрів потоку, а саме: температура, тиск, вологість, рівень опадаючої рідини в сепараторі, ключовим з них є вологовміст.

Використання проведених досліджень [6] дає змогу для переходу до практичних кроків реалізації системи керування ЕУСВ, які передбачають доопрацювання моделі в напрямку забезпечення імпорту розроблених алгоритмів до ПЛК ОВЕН, слід зазначити основні вимоги до регулятора ЕУСВ:

1. Можливість адаптації параметрів регулятора до зміни параметрів потоку, з якого потрібно видалити вологу;

2. Забезпечення мінімального часу перехідного процесу шляхом налаштування параметрів регулятора.

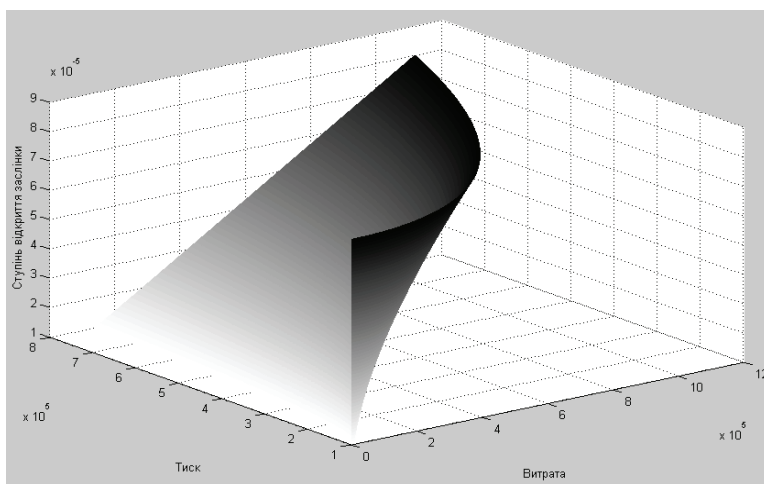


Рис. 6. Простір балансу параметрів процесу сепарації вологи

та налаштувань, для подальшого використання отримують у вигляді таблиці. Обробка даних проводиться у напрямку забезпечення мінімального часу знаходження значень коефіцієнтів налаштувань відповідно до правил адаптації. В нашому випадку згаданий зв'язок має складний характер, відповідно, апроксимація отриманого масиву даних складними аналітичними функціями у вигляді полінома високого ступеня втрачає сенс. Це твердження впливає з порівняння часів виконання операції множення та операції порівняння, які використовуються для обчислення функцій апроксимації.

Завдання забезпечення *мінімального часу перехідного процесу* передбачає уточнення параметрів діючої експериментальної установки, особливо статичних і динамічних характеристик об'єкта. Ці характеристики представляються у вигляді операторних передатних функцій і отримуються шляхом безпосередніх вимірювань.

Для спрощення процесу ідентифікації скористайтесь декомпозицією установки на окремі динамічні ланки та отримаємо передатні функції кожної ланки системи окремо [6].

Щоби повною мірою скористатися перевагами SCADA-системи автоматизації експерименту для фіксації та обробки експериментальних даних, складемо опис ланок експериментальної установки сепарації вологи. Враховуючи, що досліджуваний процес описується нелінійними функціями, розглянемо умови його лінеаризації, тобто можливість заміни нелінійного опису об'єкта лінійним, з наступним визначенням структури лінійного опису об'єкта і його параметрів.

Першим етапом лінеаризації є визначення положення робочої точки та діапазон відхилення параметра, що визначає режим роботи. Звичайно, для оцінки статичних і динамічних характеристик установки спочатку вибирається така робоча точка, в якій забезпечується стійке стаціонарне функціонування у разі відхилення вхідних параметрів на деяке значення від положення рівноваги. Додатково враховується, що така робоча точка повинна відповідати реальним умовам експлуатації установки. Тому налаштування регулятора, включаючи лінеаризацію параметрів, проводяться на базі реальних вимірювань за допомогою SCADA-системи.

Результати експерименту на ЕУСВ у вигляді реакції ланок об'єкта, отримані в режимі реального часу (рис. 7, рис. 8), підтверджують опис елементів ЕУСВ у вигляді аперіодичних ланок та ланок із запізненням.

Теплообмінник. Для оцінки сталої часу, що входить до операторної передатної функції теплообмінника використовується графік перехідного процесу температури основного потоку, отриманий експериментально (рис. 7) у разі стрибкоподібної зміни значення витрат холодоагенту теплообмінника. Інженерні методи обробки даних [10] та засоби параметричної ідентифікації в пакета System Identification Toolbox MATLAB дають змогу ідентифікувати передатну функцію теплообмінника у вигляді аперіодичної ланки:

$$W_{TO}(s) = \frac{k_T}{T_T s + 1} = \frac{k_T}{63s + 1}, \quad (1)$$

де T_T — стала часу; s — оператор Лапласа; k_T — коефіцієнт передачі цієї ланки.

Необхідність *адаптації параметрів* зумовлена не тільки нелінійними характеристиками об'єкта, але й змінами умов конденсації вологи за різних керуючих впливів на параметри потоку. Налаштування параметрів регулятора повинно відбуватись відповідно до функціональної залежності між коефіцієнтом передачі регулятора і параметром адаптації, яким є тиск потоку газу. Ця залежність будується за допомогою АПК автоматизації експерименту відповідно до схеми рис. 3.

Зазвичай дані, що відображають зв'язок між параметрами адаптації

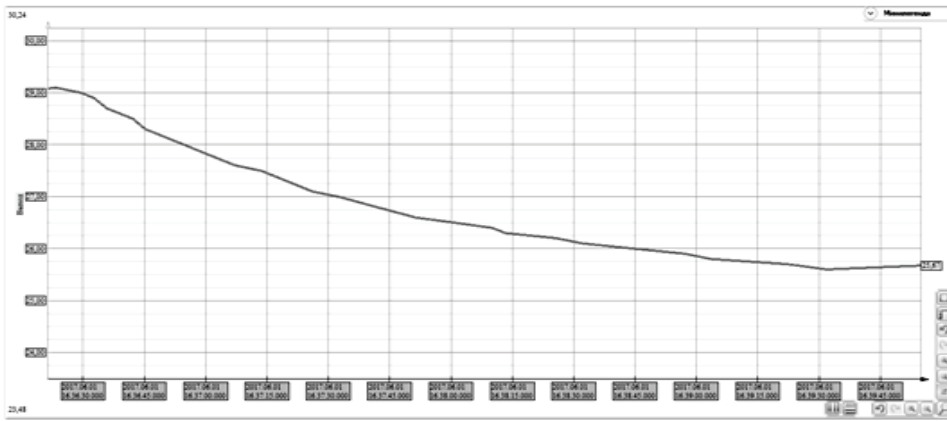


Рис. 7. Зміна температури потоку при зміні витрат холодоагенту

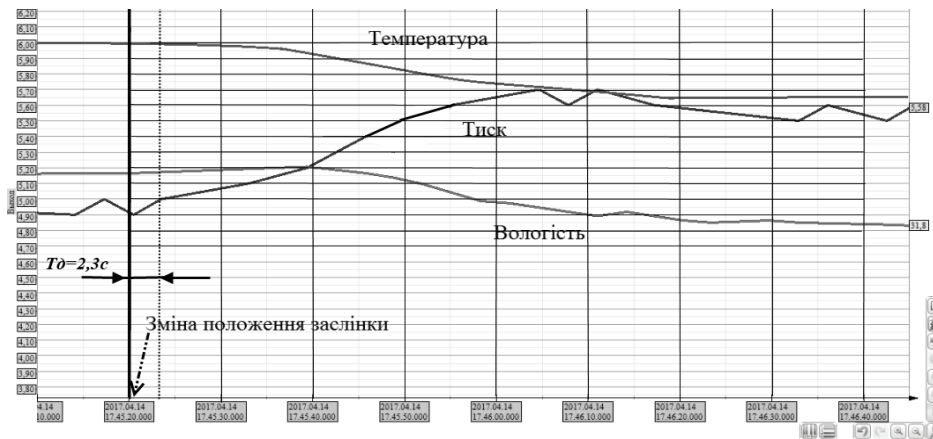


Рис. 8. Зміна тиску, температури і вологості потоку при зміні положення заслінки

Дросельна заслінка. Експериментальні дані дозволяють констатувати, що динаміку дросельної заслінки можна представити пропорційною ланкою, оскільки зміни перепаду тиску в заслінці проходять практично без затримки в часі. Проте, оцінка динаміки електроприводу дроселюючого пристрою [11], який визначає час зміни положення заслінки, за умови нехтування люфтами мехатронного модуля та впливом процесів механічного тертя, дає змогу представити загальну передатну функцію дросельної заслінки та її приводу також аперіодичною ланкою:

$$W_3(s) = \frac{k_3}{T_3s + 1}. \quad (2)$$

З рис. 8 видно, що час перемикання заслінки склав 2,3 с. Числова обробка експериментальних даних перехідного процесу за процедурами System Identification Toolbox MATLAB дає оцінку загальної сталої часу ланки електропривід/заслінка $T_3 = 0,77\text{с}$, що значно менше сталих часу термодинамічних процесів.

Сепаратор, трубопровід. Аналіз перехідних функцій тиску, температури та вологості потоку, з якого видаляється волога, отриманих в результаті керованого експерименту, підтверджує, що вказані параметри процесу сепарації мають різну динаміку (див. рис. 8). Швидкість зміни температури перед сепаратором визначається сталою часу $T_T = 16,25\text{с}$, при цьому зміна температури перед сепаратором по відношенню до моменту прикладення керуючого впливу, фіксується із затримкою в часі на $\tau_T = 11,5\text{с}$. Таким чином ланка ЕУСВ, що описує зміни температури в результаті зміни положення дросельної заслінки, може бути подана передатною функцією аперіодичної ланки із запізненням:

$$W_T(s) = \frac{-0,00818}{16,25s + 1} e^{-11,5s}. \quad (3)$$

Зміна вологості після сепаратора визначається сталою часу $T_W = 9,37\text{с}$, а затримка часу сепарації вологи по відношенню до моменту прикладення керуючого впливу складає $\tau_W = 23,5\text{с}$. Зміна вологості описується передатною функцією аперіодичної ланки 2-го порядку з однаковими сталими часу із запізненням:

$$W_W(s) = \frac{-0,03}{(9,3s+1)^2} e^{-23,5s}. \quad (4)$$

Моделювання термодинамічних процесів сепарації вологи показує, що зміна тиску потоку є швидкоплинним процесом [9], проте фіксація трендів змін тиску в SCADA-системі з керованими впливами дає змогу констатувати деяку інерційність процесу. Ця інерційність може пояснюватись впливом прилеглих трубопроводів, що з'єднують елементи ЕУСВ.

Обробка експериментальних даних перехідного процесу дає підставу апроксимувати зміни тиску перед дроселем передатною функцією аперіодичної ланки 2-го порядку зі сталими часу $T_{P1} = 16,19$ с та $T_{P2} = 9,63$ с.

$$W_C(s) = \frac{0,0173}{(16,19s+1)(9,63s+1)}. \quad (5)$$

В результаті уточнення параметрів моделі ЕУСВ з'являється можливість реального імітаційного моделювання локальних каналів керування установкою на інших типах ПЛК, наприклад, ПЛК електроприводу дросельної заслінки. Таким чином завдання керування потоком, сформоване SCADA-системою ЕУСВ, відпрацьовується внутрішнім контуром керування кутом повороту дросельної заслінки.

Розглядаючи можливі варіанти реалізації регулятора процесу сепарації вологи [8], можна запропонувати використання SCADA-технології для вирішення проблем нелінійності досліджуваного об'єкта. Для цього, крім вибраної робочої точки функціонування ЕУСВ, яка дозволяє адаптацію налаштувань керуючих впливів в «малому», приймається до уваги весь діапазон можливих значень реальних параметрів. Виходячи з практичних міркувань, робочий діапазон параметрів представляється дискретним набором значень параметрів.

Відповідно до раніше описаних операцій, для кожного дискретного значення проводиться лінеаризація та за допомогою SCADA-системи ЕУСВ отримуються необхідні динамічні параметри об'єкта. Кількість дискретних значень робочого діапазону визначається компромісом між потрібною точністю та швидкодією.

Висновки

На основі математичної моделі експериментальної установки, досліджено та проаналізовано динамічні характеристики цієї установки з використанням SCADA-технології, що дає змогу описати нелінійний об'єкт дискретним набором лінеаризованих параметрів.

Використання SCADA-технології дає змогу не тільки проводити моніторинг та керувати ЕУСВ в режимі реального часу, але й відслідковувати зміни параметрів потоку газу та характеристик об'єкта управління в часі. Ця перевага дає змогу забезпечити зв'язане регулювання процесом сепарації вологи. Необхідність зв'язаного регулювання зумовлена режимами адаптації системи у разі випадкових змін параметрів вхідного потоку газу.

Відпрацювання методів обробки трендів параметрів ЕУСВ є основою для переходу до формальних процедур побудови багатомірного регулятора на мові FBD. При цьому необхідною умовою є створення ефективного інструментарію налаштувань регулятора процесу шляхом забезпечення інтерфейсних зв'язків об'єкта з його SCADA-системою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Повышение эффективности технологии промышленной подготовки газового конденсата / [В. Г. Иванов, А. С. Маслов, А. В. Кравцов и др.] // Газовая промышленность. — 2003. — № 7. — С. 54—57.
2. Wang Jiaona. Synthesis and optimization of low-temperature gas separation processes / Jiaona Wang and Robin Smith // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. — 2005. — 44 (8). — P. 2856—2870.
3. Горбійчук М. І. Імітаційне моделювання роботи ГПА з прилеглим трубопроводом / [М. І. Горбійчук, М. І. Когутяк, О. Б. Василенко та ін.] // *Нафтогазова енергетика*. — 2011. — № 2 (15). — С. 34—42.
4. Russel W. Treat. Scada and telemetry in gas transmission systems [Electronic resource] / Russel W. Treat. — Access mode: <http://asgmt.com/wp-content/uploads/2016/02/109/>.
5. Traian Turc. SCADA architecture for natural gas plant [Electronic resource] / Traian Turc, Horatiu Grif. — Access mode: http://www.science.upm.ro/~traian/web_curs/Scada/art_scada/arhit_scada.pdf.
6. Кулінченко Г. В. Формування підходу до побудови регулятора процесу низькотемпературної сепарації природного газу / Г. В. Кулінченко, А. В. Павлов, П. В. Леонтьєв // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. — 2015. — № 6 (123). — С. 9—17.
7. Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК150 — Краткое описание. [Электронный ресурс]. —

Режим доступа : http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk_150/opisanie .

8. Шилин А. А. Моделирование нелинейных систем на FBD-блоках / А. А. Шилин, В. Г. Букреев, Е. И. Гладышева // Доклады ТУСУРа. — 2013. — № 1 (27). — С. 107—113.

9. Kulichenko G. Modelling a throttling device during separation of moisture from gas flow / G. Kulichenko, P. Leontiev // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2016. — № 4/7 (82). — С. 23—29.

10. Ротач В. Я. Программа определения передаточных функций объектов управления по переходным характеристикам // Теплоэнергетика. — 1995. — № 11. — С.75—80.

11. Оценка характеристик электропривода дросельного устройства / [Г. В. Кулинченко, П. В. Леонтьев, А. Г. Коробов, Д. С. Свищенко] // Вісник НТТУ ХП. «Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів». — 2014. — № 41 (1084). — С. 55—63.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 13.06.2017

Кулінченко Георгій Васильович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, e-mail: georgv@ukr.net ;

Леонтьєв Петро Володимирович — асистент кафедри комп'ютерних наук, e-mail: petr1kj000@gmail.com .

Сумський державний університет, Суми

G. V. Kulichenko¹
P. V. Leontiev¹

Solving Problems of Moisture Separation Based on SCADA Technologies

¹Sumy State University

The structure of the control system for the experimental equipment of moisture separation from a gas stream has been considered. Based on the functional automation scheme of the equipment, a mnemonic diagram of the parameters of the moisture separation process has been developed. With the help of SCADA-technologies, the parameters of the control object have been refined and the requirements to the regulator of the moisture separation process have been formulated.

Keywords: natural gas, throttle, SCADA system, programmable logic controller (PLC).

Kulichenko Georgii V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Computer Science; e-mail: georgv@ukr.net ;

Leontiev Petro V. — Assistant of the Chair of Computer Science, e-mail: petr1kj000@gmail.com

Г. В. Кулинченко¹
П. В. Леонтьєв¹

Решение задач сепарации влаги на базе SCADA-технологий

¹Сумской государственной университет

Рассмотрена структура системы управления экспериментальной установкой сепарации влаги из потока газа. На основе функциональной схемы автоматизации установки разработана мнемосхема визуализации параметров процесса сепарации влаги. С помощью SCADA-технологий уточнены параметры объекта управления и сформулированы требования к регулятору процесса сепарации влаги.

Ключевые слова: природный газ, дроссельная заслонка, SCADA-система, программируемый логический контроллер.

Кулинченко Георгий Васильевич — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных наук; e-mail: georgv@ukr.net ;

Леонтьев Петр Владимирович — ассистент кафедры компьютерных наук, e-mail: petr1kj000@gmail.com