

УДК 004.94

Ковалюк Д.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ковалюк О.О.

Вінницький національний технічний університет

Бородін В.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Степанюк М.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

У статті досліджується інтеграція програмних компонентів системи керування технологічним процесом депарафінізації дизельного палива. Розроблено математичну модель скрубера та виконано налаштування параметрів регулятора в середовищі Simulink. Створено графічний інтерфейс для візуалізації даних технологічного процесу на основі SCADA-системи Trace Mode. Проаналізовано можливі варіанти взаємодії середовища моделювання Matlab із середовищем візуалізації Trace Mode. Запропонована інтеграція з використанням OPC-сервера, створеного за допомогою пакету CoDeSys. Реалізовано обмін даних між середовищами, що дає змогу розраховувати необхідні параметри керування в одному програмному пакеті й застосовувати в іншому.

Ключові слова: скрубер, моделювання, візуалізація, OPC-сервер, SCADA система.

Постановка проблеми. Натепер якісне управління будь-яким технологічним процесом неможливе без урахування його поточного стану та розрахунку керуючих впливів у реальному часі. Це зумовлює необхідність розроблення системи керування, яка б здійснювала збирання параметрів технологічного процесу, їх обробку, розрахунків керуючих дій.

Для досягнення такої мети передусім необхідно отримати математичний опис об'єкта керування, що дасть змогу знаходити оптимальні налаштування параметрів регуляторів. Зазначимо, що розвиток числових методів, комп'ютерних технологій і засобів моделювання дає можливість отримувати математичні моделі об'єктів будь-якої складності. Очевидно, що більш складне представлення об'єкта дає змогу застосовувати складніші закони керування і, як результат, отримати кращі показники якості. Разом із тим для оперативного керування та моніторингу процесу математичний апарат має бути інтегрований до загальної системи керування [1].

Отже, постає завдання інтеграції програмних засобів систем керування – математичного забезпечення для розрахунку оптимальних параметрів

і програмних компонентів для візуалізації та керування процесом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі розвитку автоматизованих систем керування роль інтеграції відіграють SCADA-системи, які формують єдиний інформаційний простір виробництва. Вони отримують інформацію від польових пристроїв або контролерів, реалізують візуалізацію процесу для операторів-технологів, здійснюють моніторинг і керування. Більшість SCADA-систем дають змогу запрограмувати нескладні контури керування з типовими регуляторами. Проте, аналізуючи сучасні технологічні об'єкти і процеси, можна зробити висновок про необхідність використання спеціалізованих засобів математичного моделювання, оскільки завдання оптимізації та складні моделі об'єктів не під силу типовим SCADA.

Розглянемо можливі шляхи інтеграції програмних компонентів у системах керування. У роботі [2] описується використання програмних засобів різних класів: система імітаційного моделювання об'єкта управління, SoftLogic-система й PC-емулятор контролера – для реалізації алгоритмів і програм управління, SCADA-система – для візуалізації процесу й супервізорного управління.

Також для інтеграції застосовується уніфікована архітектура OPC UA [3] з її ключовими особливостями, яка дає змогу розширити можливості з передачі даних між програмами в середовищі промислового підприємства. Наведено переваги і приклад реалізації роботи цієї архітектури.

Ще одним із варіантів є обмін даними між елементами систем керування через бази даних та інші види сховищ, у тому числі й хмарних. Зокрема, в праці [4] розглянуті різні технології передавання даних у середовищі сучасних SCADA-систем і проведено їх порівняльний аналіз з погляду можливості використання для передачі великих обсягів даних. Особливу увагу приділено можливостям імпорту й експорту даних із баз і сховищ даних SCADA-систем. У роботі [5] запропоновано підхід до програмної реалізації нетипових лінійних законів регулювання на програмованих логічних контролерах та апробації систем на комбінованих моделях. Також розглядається можливість застосування Simulink-моделі, що є OPC-клієнтом.

Приклад застосування програмного пакету Matlab для моделювання системи управління процесом ректифікації наведено в статті Л.Г. Тугашова [6]. Розглянуто особливості установок переробки нафти, інтеграцію компонентів виконано на основі OPC.

Отже, одним із найбільш перспективних та універсальних рішень для використання різних програмних засобів у складі систем керування технологія OPC. Хоча приклади такої інтеграції сьогодні відомі, існує необхідність дослідити реалізацію підходу для конкретних програмних засобів і технологічних процесів.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення системи керування скруберам та інтеграція її компонентів на основі OPC-технології. Реалізація передбачає такі кроки:

1. Розроблення математичної моделі й розрахунок керування.
2. Розроблення візуального інтерфейсу з використанням SCADA.
3. Вибір і налаштування OPC-сервера.
4. Інтеграція програмних засобів з використанням технології OPC.

Виклад основного матеріалу дослідження. Математичне моделювання скрубера. Скрубер є фінальною стадією депарафінізації дизельного палива. Паливо потрапляє в скрубер, де з нього водою вимивається метанол, у результаті чого на виході отримується очищене дизельне паливо й водяна витяжка метилового спирту. Завданням керування є отримання заданої концентрації метилового спирту в очищеному дизельному паливі.

Математичне моделювання скрубера проводилось з урахуванням таких припущень: утрати тепла в навколишнє середовище незначні, тому знехтуємо ними; рівень і температура в апараті підтримуються сталими; акумуляцією тепла в стінках знехтуємо через невелику товщину стінок; об'єкт із зосередженими параметрами.

Використовуючи матеріальні баланси, отримано таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} F_g y_0 - F_r y_1 - S K_g \frac{(y_0 - y_r(x_1)) + (y_1 - y_r(x_0))}{2} = V_g \rho_g \frac{d}{dt} \left(\frac{y_0 + y_1}{2} \right), & (1) \\ F_r x_0 - F_r x_1 + S K_r \frac{(x_0 - x_r(y_1)) + (x_r(y_0) - x_1)}{2} = V_r \rho_r \frac{d}{dt} \left(\frac{x_0 + x_1}{2} \right), & (2) \end{cases}$$

де $y_r(x)$, $x_r(y)$ – рівноважні концентрації метилового спирту; y_0 – концентрація метилового спирту в дизельному паливі, y_1 – концентрація метилового спирту в очищеному дизельному паливі, x_0 – концентрація метилового спирту у воді, x_1 – концентрація метилового спирту у водній витяжці метилового спирту; K_g , K_r – коефіцієнти масообміну; S – поверхня масообміну в скрубери; V_g , V_r – об'єм, зайнятий, відповідно, паливом і водою; ρ_g , ρ_r – густини дизельного палива та води.

Після подальших перетворень отримано математичну модель каналу керування «витрата води – концентрація» $F_r \rightarrow y_1$ у вигляді передатної функції другого порядку:

$$W_{F_r}(p) = -\frac{0,0035}{127p^2 + 30p + 1}.$$

Для розрахунку й дослідження системи керування передбачається використовувати середовище Simulink, що дасть змогу оптимізувати параметри регулятора.

Візуалізація даних технологічного процесу. Сьогодні найбільш поширене розуміння SCADA як програмного комплексу, що забезпечує виконання функцій диспетчерського управління та збирання даних, а так само інструментальних засобів розроблення цього програмного забезпечення.

У роботі використовуються обидва підходи: спочатку на основі інструментальних засобів SCADA розробляється програмне забезпечення системи керування, а згодом імітується й досліджується робота об'єкта – скрубера.

Зауважимо, що в більшості випадків SCADA-системи дійсно дають змогу значно прискорити процес створення ПЗ верхнього рівня АСУТП, не вимагаючи при цьому від розробника знань сучасних мов програмування.

Для візуалізації технологічного процесу, що проходить у скрубери, обрано середовище Trace

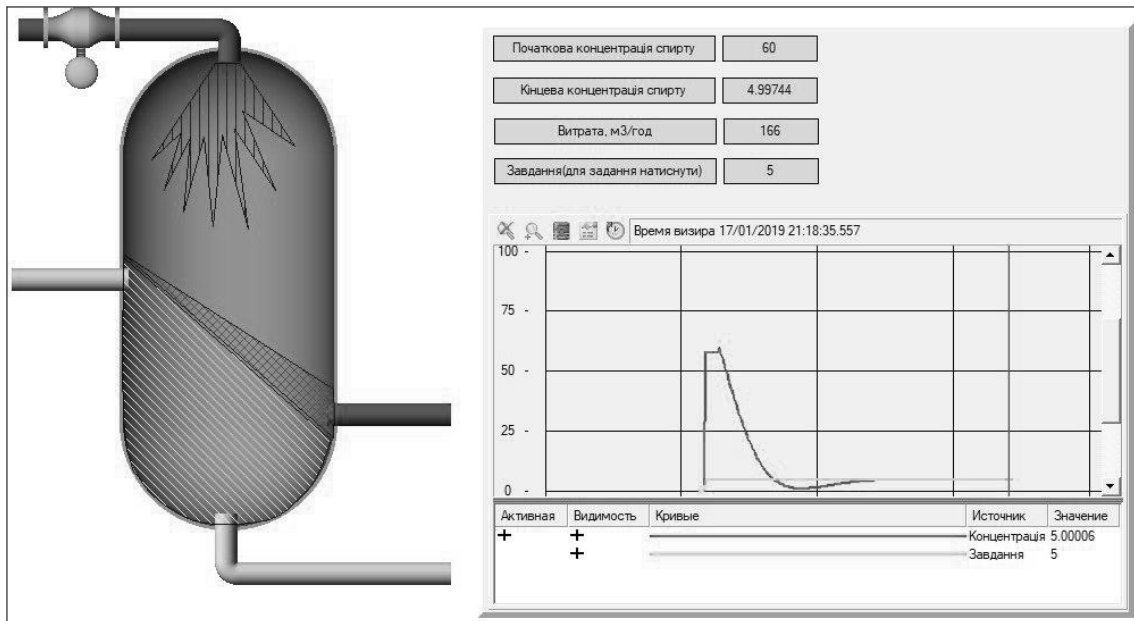


Рис. 1. Інтерфейс SCADA-системи керування скруббером

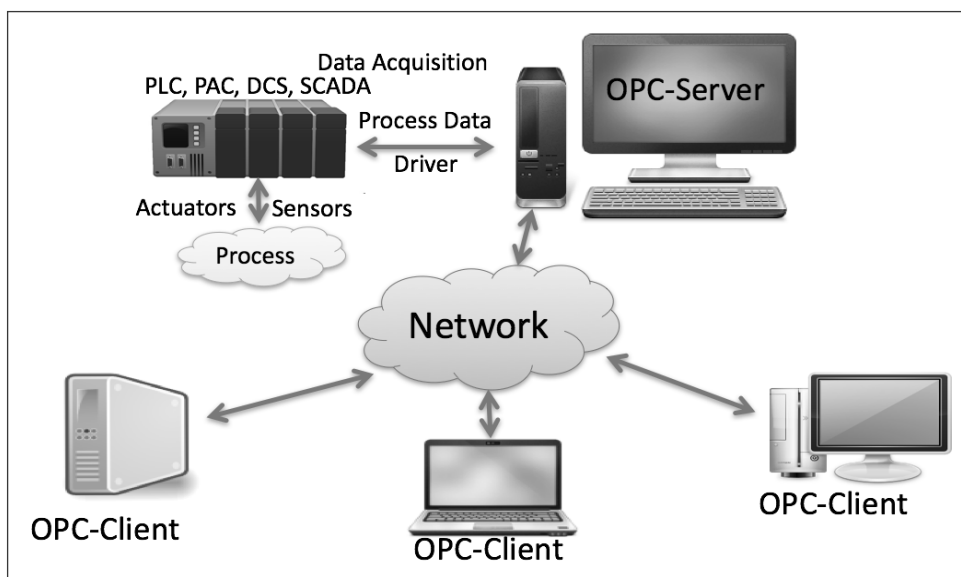


Рис. 2. Структура передачі інформації відповідно до стандарту OP

Mode. Результати роботи візуалізації процесу в програмному середовищі Trace Mode показані на рис. 1. Рисунок містить схематичне зображення апарату з його входами й виходами, значення початкової концентрації на вході та кінцевої концентрації спирту в дизельному паливі, значення витрати води в апараті й завдання концентрації.

Передбачається можливість побудови графіків технологічних параметрів у реальному часі зміни, а саме вихідної концентрації від витрати води на вході. Усе це супроводжується анімацією на екрані оператора.

Реалізація обміну даних за стандартом OPC. Для реалізації обміну даних між математичною моделлю, що розраховується в Matlab, і графічним інтерфейсом, розробленим у Trace Mode, використаний стандарт OPC. Це стандарт обміну даних між додатками, призначений для застосування в галузі автоматизації управління технологічними процесами [7]. Взаємодія пристроїв, згідно із цим стандартом, здійснюється на основі поняття OPC-сервера й OPC-клієнтів і показана на рис. 2.

Згідно зі стандартом, сервер визначає інтерфейс методів, які мають бути реалізовані клієнтськими програмами. Зазначимо, що стандарт

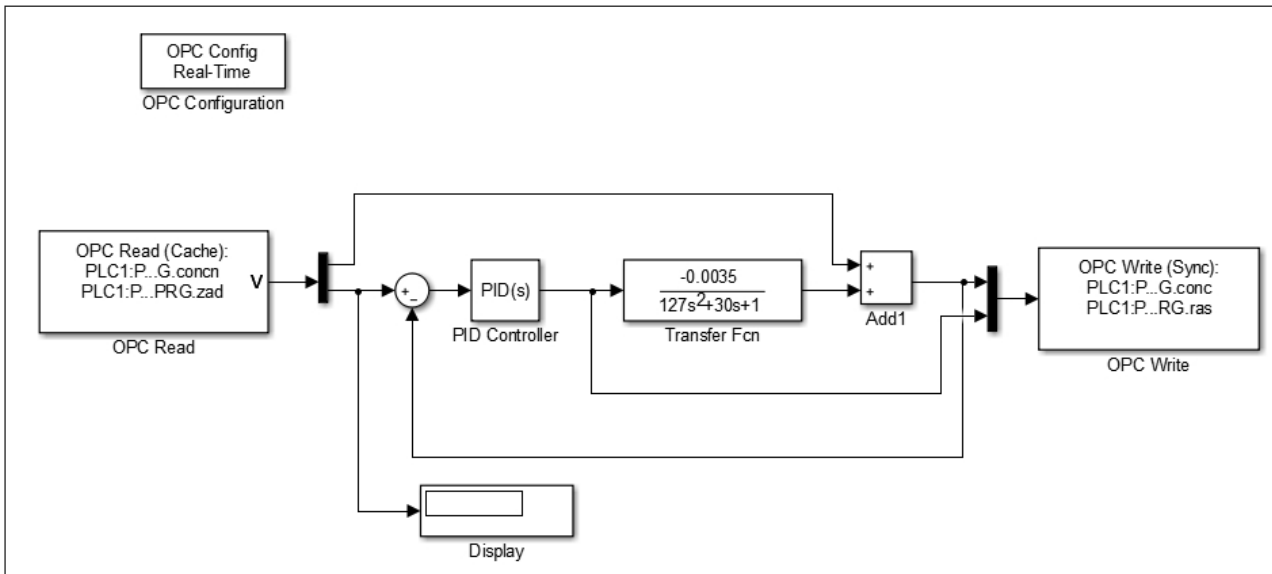


Рис. 3. Схема підключення OPC-сервера в Simulink

OPC може бути використаний не тільки для взаємодії SCADA з технічним забезпеченням, а й для обміну даними з будь-яким джерелом, наприклад, із базою даних.

На рис. 3 зображена схема реалізації обміну даних середовища Matlab із OPC-сервером. Підключення виконується за допомогою стандартного пакету OPC Toolbox. Зчитування даних з OPC-сервера в Simulink виконується за допомогою блоку OPC Read, передача даних на сервер – OPC Write, налаштування роботи із сервером проводиться у блоці OPC Config Real-Time.

За допомогою блоку OPC Read з OPC – сервера в Simulink, передаються значення завдання та початкової концентрації. Після цього сигнал завдання подається на одноконтурну систему керування скруббером з ПІД-регулятором. Результати роботи системи керування, а саме концентрація на виході й поточне керування, за допомогою блоку OPC Write записуються на OPC-сервер і стають доступними для інших клієнтів, у нашому випадку середовище для візуалізації Trace Mode.

Наступним кроком є реалізація обміну даних OPC-сервера із середовищем Trace Mode. Для отримання даних із OPC-сервера в SCADA-системі Trace Mode в дерево апаратної частини проекту «Істочники/приемники» додається група й компонент OPC, де вказуються вхідні та вихідні змінні, у цьому випадку це початкова концентрація спирту, кінцева концентрація спирту, витрата води як керування та завдання.

За рахунок такого підключення розрахунки відбуваються в середовищі Matlab, а результати

розрахунків виводяться в графічному інтерфейсі оператора (рис. 1), розробленого в Trace Mode, у реальному часі. Структурна схема описаної вище системи керування зображена на рис. 4. Відзначимо, що Trace Mode та Simulink виступають у ролі OPC-клієнта.

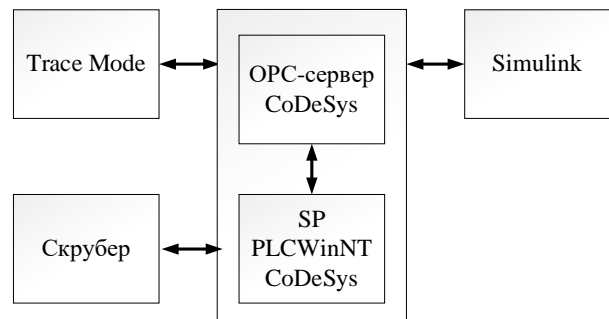


Рис. 4. Структурна схема системи керування

Ця система має низку переваг: формування бази даних технологічних параметрів, реалізація більш складних алгоритмів керування або використання вже розроблених у Matlab, обробка даних у реальному часі, використання різноманітних платформ, представлення результатів роботи скрубера в реальному часі в графічному інтерфейсі оператора, можливість керування процесом із графічного інтерфейсу оператора.

Висновки. Результатом роботи є система керування скруббером, яка складається з декількох незалежних програмних продуктів, що взаємодіють за стандартом OPC – Matlab і Trace Mode. Це дає можливість змінювати технологічні

параметри об'єкта в одному з програмних середовищ і враховувати відповідні значення в іншому. Наприклад, перехідна характеристика системи керування передається й відображається в Trace Mode, а користувач може змінювати завдання (концентрація на виході скрубера), яке передається в Simulink, для обчислення нових значень

керуючих впливів. Запис даних на сервері проводиться в реальному часі. Зазначимо, що запропонована архітектура дає змогу виконати інтеграцію з наявними технічними засобами автоматизації. Подальші дослідження передбачають створення бази даних для збереження параметрів технологічного процесу та їх обробки.

Список літератури:

1. Ковалюк О.О., Ковалюк Д.О. Інтеграція програмних компонентів розподіленої інформаційної системи. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2011. № 4. С. 1–5.
2. Рыбалева А.Н., Николаев Ф.А. Разработка и эмуляция АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов. *Вестник АмГУ*. 2014. Вып. 65. С. 73–82.
3. Богданов В., Киселева О. OPC Unified Architecture: изменения в популярной технологии информационных обменов с точки зрения инженера. *Современные технологии автоматизации*. 2010. № 3. С. 82–87.
4. Вицентий А.В., Харионовский Е.В. Технологии доступа к данным в современных SCADA-системах. *Труды Кольского научного центра РАН*. 2011. № 12. С. 203–210.
5. Рыбалева А.Н. Компьютерное моделирование нетиповых законов регулирования для программируемых логических контроллеров. *Информатика и системы управления*. 2016. № 4 (50). С. 33–43.
6. Тугашова Л.Г. Повышение качества регулирования температурного режима ректификационной колонны. *Новый университет: международный научный журнал*. 2016. № 10–11. С. 56–57.
7. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. Москва, 2014. 608 с.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В статье исследуется интеграция программных компонентов системы управления технологическим процессом депарафинизации дизельного топлива. Разработана математическая модель скруббера и рассчитаны настройки параметров регулятора в среде Simulink. Создан графический интерфейс для визуализации данных технологического процесса на основе SCADA-системы Trace Mode. Проанализированы возможные варианты взаимодействия среды моделирования Matlab со средой визуализации Trace Mode. Предложена интеграция с использованием OPC-сервера, созданного на основе пакета CoDeSys. Реализован обмен данными между средами, что позволяет рассчитывать необходимые параметры управления в одном программном пакете и применять в другом.

Ключевые слова: скруббер, моделирование, визуализация, OPC-сервер, SCADA-система.

INTEGRATION OF CONTROL SYSTEMS SOFTWARE

The article examines the possibility of combining software tools for modeling of technological objects and visualization of the obtained data. The main focus is on Matlab environment interfacing with the visualization environment through the use of an OPC server. As clients, were used Matlab and Trace Mode software packages, which were connected to the server created by using the CoDeSys package. As a result, has been received a customized data exchange between different environments, which allows you to calculate the required parameters in one software package and apply it to another. In conclusion of the work was obtained the simulation model of the scrubber work with visualization.

Key words: scrubber, modeling, visualization, OPC-server, SCADA system.