

Рибальченко М.О.

Український державний університет науки і технологій

Маначин І.О.

Український державний університет науки і технологій

Потан О.Ю.

Український державний університет науки і технологій

Шибакінський В.І.

Український державний університет науки і технологій

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ SCADA-СИСТЕМИ ТА ПРИКЛАДНОГО ПАКЕТУ ВІЗУАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розробка АСУ сучасних технологічних процесів – складна і відповідальна задача, рішення якої проводиться в кілька етапів: від складання математичної моделі до проектування людино-машинного інтерфейсу. Комплекс, який би включав і математичну модель, і людино-машинний інтерфейс дозволить би виконувати імітаційне моделювання технологічного процесу в різних режимах роботи при впливах, що програмно формуються засобами людино-машинного інтерфейсу, а також зробити вибір найбільш зручних для користувача засобів візуалізації технологічного процесу і способів формування керуючих впливів.

В статті розроблено комплекс для вивчення та дослідження системи управління технологічним процесом. Він дозволяє демонструвати основні можливості SCADA-систем; виконувати передачу даних з програмного пакета математичного моделювання в SCADA-систему і навпаки; оперативно обчислювати дані, що надійшли; працювати в режимі реального часу. В якості SCADA пакету обраний SCADA пакет Softlogic S3, який є українським продуктом (ТОВ «RTS-Ukraine») та має повну підтримку технології OPC. Як пакет візуального моделювання обраний Matlab / Simulink. Як OPC сервер обраний сервер OPC Matrikon. Розробка комплексу виконувалась для системи регулювання температури методичної печі.

Використовуючи даний комплекс-тренажер, можна здобути навички щодо налаштування та підтримки АСУ різноманітних рівнів. Окрім того, система дозволяє вносити зміни не лише до регулятора, а і змінювати сам об'єкт, що суттєво розширює можливості. Оскільки система може працювати з моделлю, а не тільки з реальним об'єктом, систему можна використовувати для моделювання позаштатних ситуацій, і відповідно оцінювати дії оператора в даних ситуаціях.

Ключові слова: комплекс, тренажер, SCADA, імітація, сервер, OPC, моделювання, дослідження.

Постановка проблеми. Розробка АСУ сучасних технологічних процесів – складна і відповідальна задача, рішення якої проводиться в кілька етапів: від складання математичної моделі до проектування людино-машинного інтерфейсу. Комплекс, який би включав і математичну модель, і людино-машинний інтерфейс дозволить би вирішити наступні задачі:

1) імітаційне моделювання технологічного процесу в різних режимах роботи при впливах, що програмно формуються засобами людино-машинного інтерфейсу;

2) вибір найбільш зручних для користувача засобів візуалізації технологічного процесу і способів формування керуючих впливів.

Такий комплекс може бути побудований на базі таких програмних продуктів, як SCADA – система, програма візуального моделювання та засоби міжпрограмного зв'язку.

Сучасні пакети SCADA (людино машинний інтерфейс / диспетчерське управління і збір даних) дозволяють досить швидко створити людино- машинний інтерфейс для індустріальних і дослідницьких установок. Ці програмні продукти широко представлені на світовому ринку.

Найбільш популярні SCADA-системи наведено нижче:

- InTouch (Wonderware) – США;
- Citect (CI Technology) – Австралія;

- FIX (Intellution) – США;
- Genesis (Iconics Co) – США;
- Sitex (Jade Software) – Великобританія;
- TraceMode (AdAstrA) – Росія;
- Cimplicity (GE Fanuc) – США;
- Softlogic S3 (RTS Ukraine) – Україна.

При такому різноманітті SCADA продуктів природно виникає питання про вибір.

В якості критеріїв вибору SCADA-систем для роботи у складі лабораторного комплексу є:

- доступність демо-версії системи;
- сумісність з операційними системами Windows XP/7 /8/10/11;
- підтримка стандарту OPC-технології (OLE for Process Control – сімейство програмних технологій, що надають єдиний інтерфейс для управління об'єктами автоматизації і технологічними процесами) для передачі даних;
- доступність технічної та навчальної документації.

Треба зазначити, що в SCADA пакетах немає розвинених засобів створення моделі технологічного процесу. Найбільш придатними для моделювання самого процесу, є універсальні пакети візуального моделювання, такі як MATLAB/Simulink фірми MathWorks і VisSim32 фірми VisualSolution.

Постає логічне питання про засоби міжпрограму зв'язку SCADA-систем та пакетів візуального моделювання. Динамічний обмін даними може бути забезпечений за допомогою технології DDE (DynamicDataExchange – динамічний обмін даними) або OPC (OLE for Process Control).

Комунікаційний протокол DDE був розроблений компанією Microsoft для обміну даними між різними Windows-додатками і їх синхронізації. Однак при високому потоці передачі даних цей механізм не дуже підходить внаслідок низької надійності і швидкості передачі повідомлень.

Технологія обміну даними OPC описує інтерфейс обміну даними між пристроями управління технологічними процесами. OPC ґрунтується на технології OLE / COM / DCOM. Дана технологія існує в наборі різних специфікацій, таких як OPC DA (Data Access), OPC AE (Alarms & Events), OPC HDA (Historical Data Access), OPC Batch, OPC UA (United Architecture) і інші.

Існує дуже багато OPC серверів, наприклад, OPC-сервер CoDeSys, Tibbo, **Owen OPC Server, MatrikonOPC та ін. Кожен з них має свої недоліки та переваги.**

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] описується підхід до емуляції автоматизованих систем управління технологічними

процесами з використанням таких програм як MATLAB, Trace Mode, CoDeSys SP PLCWinNT та OPC-сервер CoDeSys. Таким чином, задіяно чотири програмні компоненти, налаштування яких для роботи у комплексі-тренажері не є простою задачею. Автори роботи [2] також розглядають інформаційну взаємодію SCADA пакетів та пакетів візуального моделювання при розробці тренажерів оперативного персоналу та моделюванні АСУ ТП. Було показано можливості взаємодії SCADA-пакету Genie та пакету візуального моделювання VisSim [2]. Процес двостороннього динамічного зв'язку пакетів VisSim та Genie описано також у роботі [3] на прикладі системи підлеглого керування двигуном постійного струму. Автори двох останніх робіт використовуються для міжпрограму обміну комунікаційний протокол DDE, що як було зазначено вище, має низьку надійність при високому потоці передачі даних. Крім того, усі застосовані для цієї задачі SCADA-пакети не є вітчизняними розробками, що було б доречним.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Таким чином, у роботі ставилась задача розробки комплексу для вивчення та дослідження системи управління технологічним процесом.

Такий комплекс повинен вирішувати наступні завдання:

- демонстрація можливостей SCADA-систем;
- передача даних з програмного пакета математичного моделювання, в SCADA-систему і навпаки;
- оперативна обчислювальна обробка даних, що надійшли;
- представлення інформації в зручному для подальшої обробки вигляді;
- робота в режимі реального часу.

В якості SCADA пакету обраний SCADA пакет Softlogic S3, який є українським продуктом (ТОВ «RTS-Ukraine») та має повну підтримку технології OPC. Як пакет візуального моделювання обраний MATLAB/Simulink. Як OPC сервер обраний сервер OPC Matrikon, який є безкоштовною для невиробничого використання програмою і може поширюватися відкрито. Це повнофункціональний додаток без обмежень.

Викладення основного матеріалу. Спрощена схема взаємодії об'єктів в автоматизованій системі управління технологічним процесом представлена на рисунку 1.

Як програма для організації верхнього рівня може бути використана будь-яка сучасна

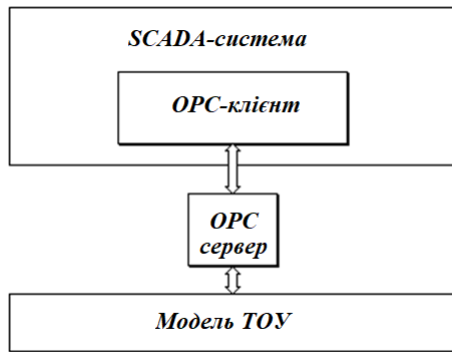


Рис. 1. Структурна схема комплексу для дослідження систем управління

SCADA-система диспетчеризації. За допомогою SCADA-системи диспетчеризації можна здійснювати візуалізацію роботи агрегатів об'єкта управління, архівування будь-яких параметрів, архівування подій, сигналізацію аварій, попереджень і управління технологічним процесом.

OPC-сервер призначений для автоматизованого збору технологічних даних з локальних систем автоматики, подальшої логічної обробки і зберігання зібраних даних з метою надання користувачам та стороннім системам оперативної інформації.

Програмовані логічні контролери (ПЛК) та датчики являють собою нижній, апаратний рівень системи автоматизованого управління, що надає інформацію про поточний стан об'єкта управління.

В роботі в якості датчиків і об'єкта управління виступає імітаційна модель, розроблена в MATLAB / Simulink.

Розробка комплексу виконана для системи регулювання температури методичної печі. Був обраний закон регулювання та розраховані параметри регулятора [4].

Першим етапом у створенні комплексу є налаштування OPC-сервера. Matrikon OPC – вільно розповсюджуваний програмний пакет, який складається з трьох частин: MatrikonOPC Analyzer, MatrikonOPC Explorer, MatrikonOPC Server for Simulation.

Спочатку виконується налаштування MatrikonOPC Server for Simulation. Перед додаванням тегів необхідно створити нову групу змінних (new alias group) – наприклад, ACS_HMI_opc.

В проєкті передбачено 6 змінних: X – завдання температури в печі, Y – поточне значення температури в печі, Z – збурення, Kd – коефіцієнт диференційної складової регулятора, Kp – коефіцієнт пропорційної складової регулятора, Ki – коефіці-

єнт інтегральної складової регулятора (рис. 2).

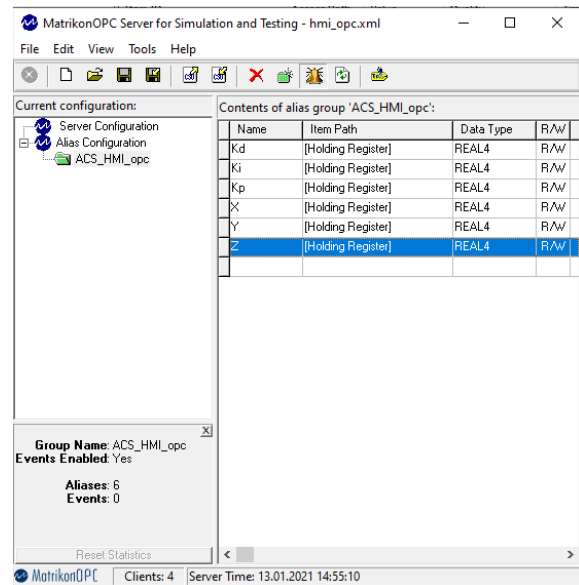


Рис. 2. Змінні проєкту

Після додавання всіх змінних треба зберегти поточну конфігурацію в файл.

Далі виконується налаштування MatrikonOPC Explorer (рис. 3).

У лівій частині розташована панель вибору сервера. Можливий вибір сервера як на локальному комп'ютері, так і в локальній мережі або мережі інтернет. Для вибору сервера на локальному комп'ютері на вкладці «Localhost» обирається необхідний сервер. Відбувається підключення до сервера. Тепер можна переглядати і редагувати теги, одержувані від сервера.

Наступним кроком є створення Simulink-моделі методичної печі і налаштування OPC-клієнта в MATLAB.

Бібліотека OPC Toolbox MATLAB/Simulink надає набір інтерфейсів для роботи з OPC-серверами. OPC Toolbox дозволяє зчитувати і записувати дані в OPC-сервер.

Використовуємо MATLAB/Simulink для створення моделі теплового об'єкта. Для отримання перехідної характеристики в реальному часі використовуємо режим симуляції. Для реалізації обміну даними, використовуємо OPC Toolbox пакету Simulink – блоки OPC Configuration, OPC Read та OPCWrite.

Блок OPC Configuration використовується для перегляду та вибору зареєстрованих OPC серверів.

В блоці OPC Read додаємо теги, що будуть зчитані з OPC-сервера. При роботі з MatrikonOPC в Simulink теги потрібно прописувати вручну, дотримуючись наступного синтаксису: «Alias

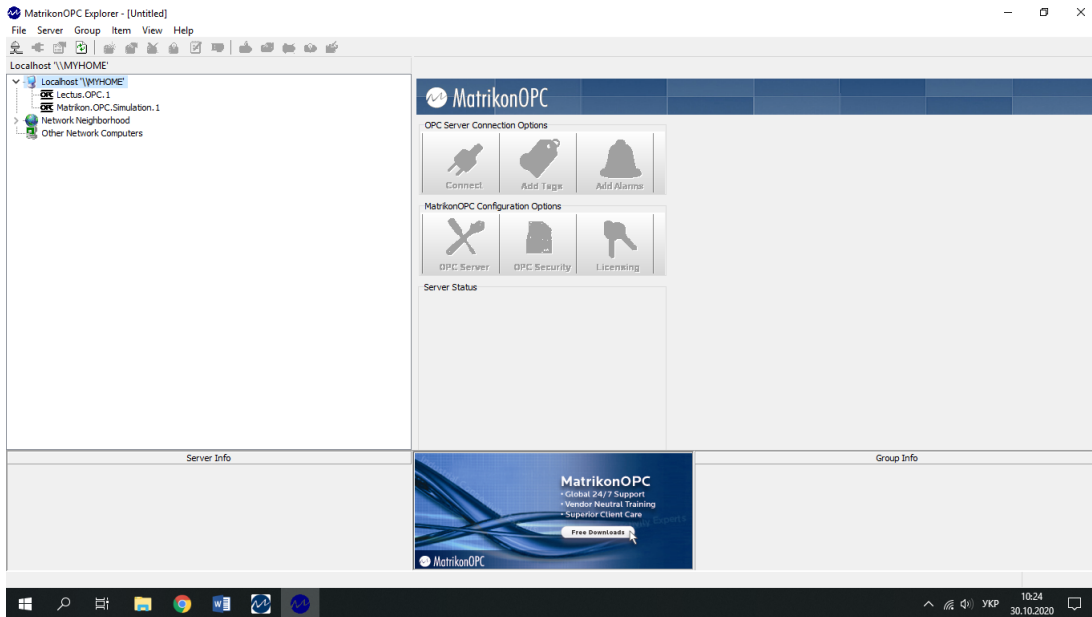


Рис. 3. Головне вікно програми MatrikonOPC Explorer

Group.Alias Name». Тобто назва тега складається з 2 частин – імені групи змінних і імені самої змінної, що задаються в MatrikonOPC Server for Simulation (рис. 4).

Тепер модель може отримувати значення тега з OPC-сервера. Дане значення буде виводитись через вихід «V» блоку OPC Read.

Для передачі даних в OPC сервер будемо використовувати блок OPC Write. Налаштування блоку OPC Write не відрізняється від налаштування блоку OPC Read.

Модель Simulink з доданими блоками OPC Write та OPC Read представлена на рис. 5.

Отже, виставляємо час симуляції і можна запускати модель.

Останній етап – це конфігурування НМІ-проекту у SCADA-системі Softlogic S3 [4].

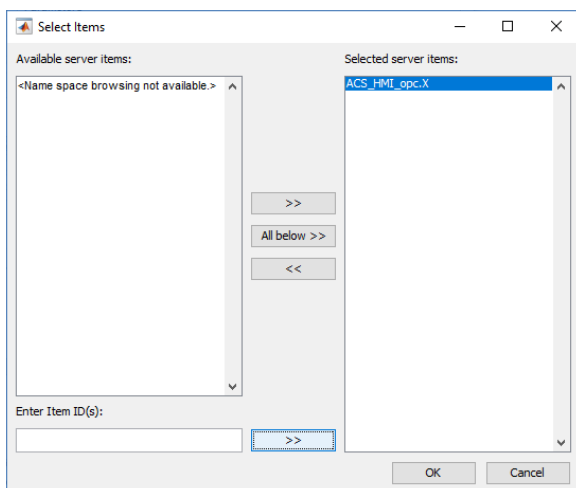


Рис. 4. Додавання тега

S3–проект є кореневим елементом дерева проекту в середовищі S3-IDE і може містити в собі довільну кількість QNX- та НМІ-проектів [5].

Основне призначення НМІ-проекту – це організація графічного інтерфейсу для доступу до даних системи керування. Також, використовуючи облікові записи НМІ-проекту, можливо розділити доступ до даних між різними користувачами.

Головна особливість НМІ-проекту S3 – його кросплатформеність, тобто доступ до даних може бути організовано як під Windows, так і під Linux, або під будь-якою операційною системою, для якої існує повноцінна реалізація віртуальної машини Java (Java Runtime Environment).

НМІ-проект дозволяє встановлювати зв'язок з іншими (відмінними від S3) проектами й отримувати дані, використовуючи технологію OPC (OLE for Process Control). Ці дані доступні у вигляді змінних НМІ-проекту й можуть бути використані для відображення на мнемосхемах.

Дерево створеного НМІ-проекту буде виглядати, як показано на рис. 6.

Далі необхідно додати OPC-сервер у проект.

Зауважимо, що саме клієнтська частина для доступу до OPC-серверів реалізована в НМІ-проекті. У якості OPC-сервера може бути використаний будь-який OPC-сервер, що задовольняє специфікації «OPC Data Access Custom Interface Specification 2.05A» (OPC DA версії 2.05a).

Для підключення OPC-сервера необхідно налаштувати доступ через DCOM, незалежно від того, де розташований OPC-сервер: на одному вузлі з НМІ-проектом (локальному вузлі) або на вузлі,

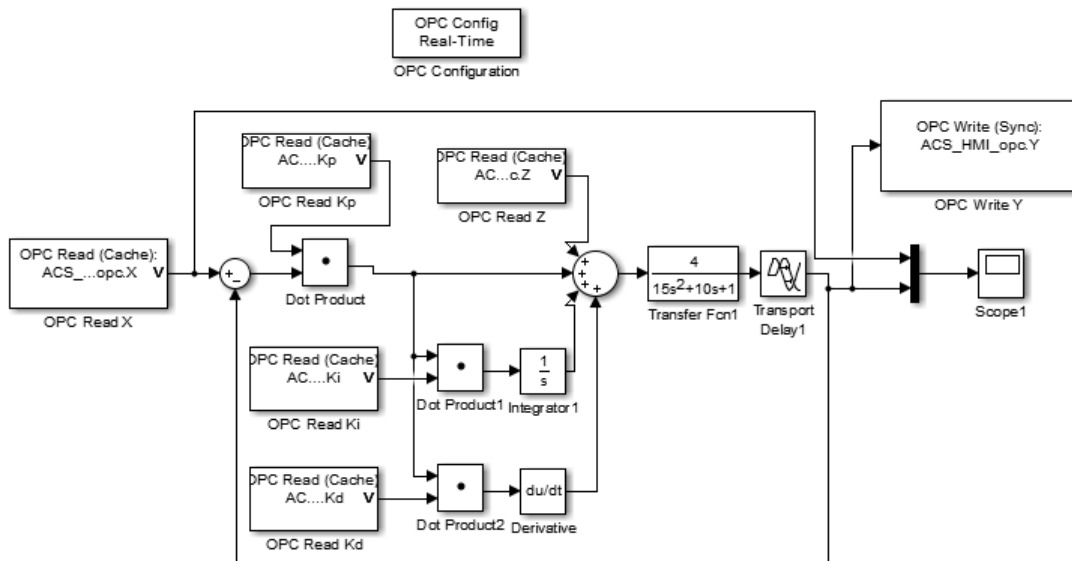


Рис. 5. Модель у пакеті Simulink

пов'язаному з HMI-проектом по SMB протоколу (віддаленому вузлі).

Налагодження та підключення OPC-сервера складається з наступних етапів:

- налаштування DCOM;
- конфігурація OPC сервера;
- конфігурація тегів;
- призначення тегів змінним HMI-проекту.

Додаємо OPC сервер у проект. Після пошуку на локальному вузлі доступних OPC серверів обираємо необхідний, а саме Matrikon.OPC.Simulation.1 (рис. 7).

Після того як параметри OPC-сервера описані, переходимо до конфігурації тегів.

Таблиця тегів може бути викликана з спливаючого меню OPC-сервера. Спливаюче меню таблиці тегів дозволяє додавати, видаляти і редагувати властивості тегів.

В роботі три теги, що відповідають за завдання заданого значення температури та параметрів

ПІД-регулятора, мають напрямок OUT. Вони будуть задаватися з HMI-проекту та передаватися у модель системи керування технологічним процесом, що реалізовано у MATLAB/Simulink. Один тег має напрямок IN. Він є вхідним у HMI-проект з моделі у MATLAB/Simulink (рис. 8).

Створимо потрібні нам змінні. Вони мають прив'язку не до каналу драйвера, а до певних вхідів/виходів моделі АСР температури.

Проект буде містити 6 аналогових змінних, що відповідають внутрішнім і зовнішнім діям у системі регулювання температури та параметрам пристрою управління: Kp, Ki, Kd, x, y, z.

Всі змінні в нашому проекті є локальними (внутрішніми) й будуть знаходитись в гілці контролера Temperature_control_system. Таблицю змінних приведено на рис. 9.

Операторський пульт в HMI-проекті (рис. 10) містить: поля для введення (заданого значення температури в печі Tзад й настроювальних пара-

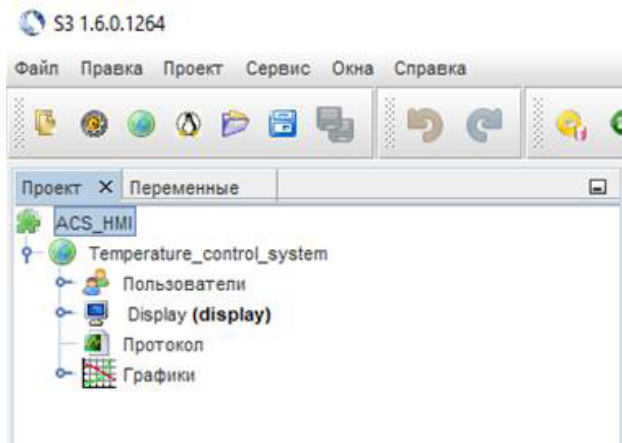


Рис. 6. S3-проект з HMI-проектом

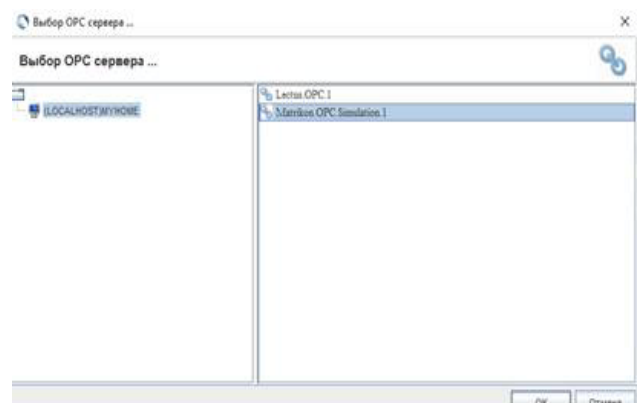


Рис. 7. Пошук доступних OPC серверів

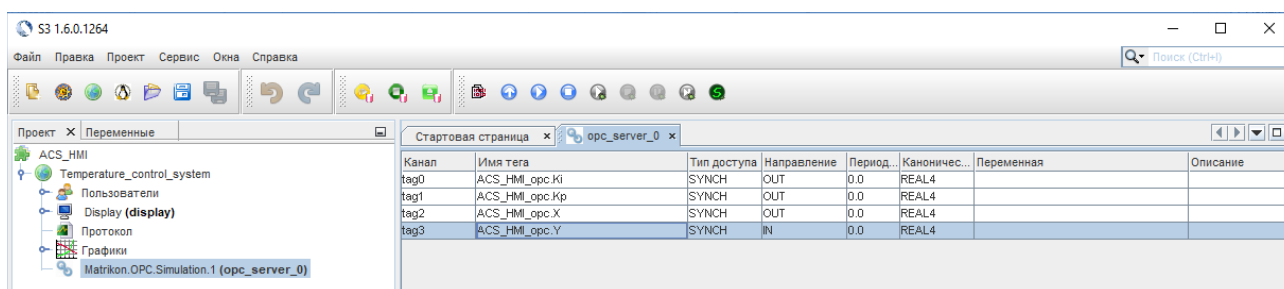


Рис. 8. Процес додавання тегів

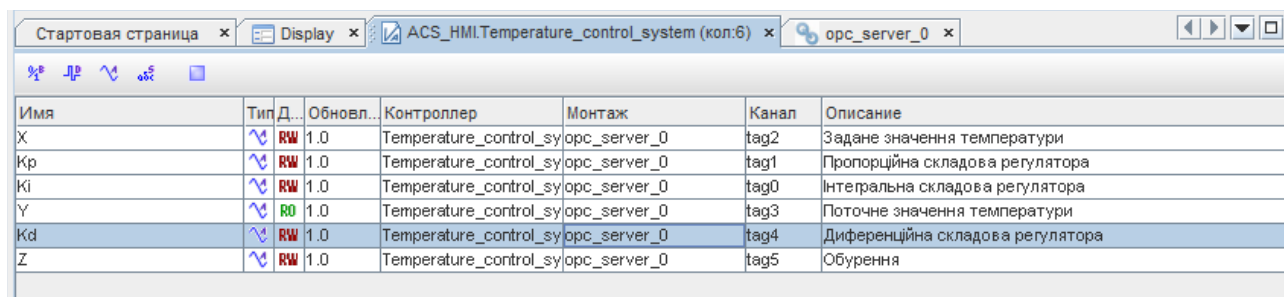


Рис. 9. Таблиця змінних

метрів регулятора K_p , K_i , K_d), поле для виведення поточного значення температури, а також поле графік, що необхідний для відображення графіку зміни температури.

Всі компоненти операторського пульта прив'яжемо до потрібних змінних.

Після того, як організовано процеси відображення в проекті S3-IDE і проведено компіляцію проекту, його можна запускати.

Операторський пульт в HMI-проекті (рис. 10) містить: поля для введення (заданого значення температури в печі $T_{зад}$ й настроювальних параметрів регулятора K_p , K_i , K_d), поле для виведення

поточного значення температури, а також поле графік, що необхідний для відображення графіку зміни температури.

Всі компоненти операторського пульта прив'яжемо до потрібних змінних.

Після того, як організовано процеси відображення в проекті S3-IDE і проведено компіляцію проекту, його можна запускати.

Для того, щоб система коректно працювала, необхідно витримувати чітку послідовність дій при запуску комплексу. Спочатку необхідно впевнитись, що запущено OPC-сервер, потім встановити у Simulink час моделювання і запустити

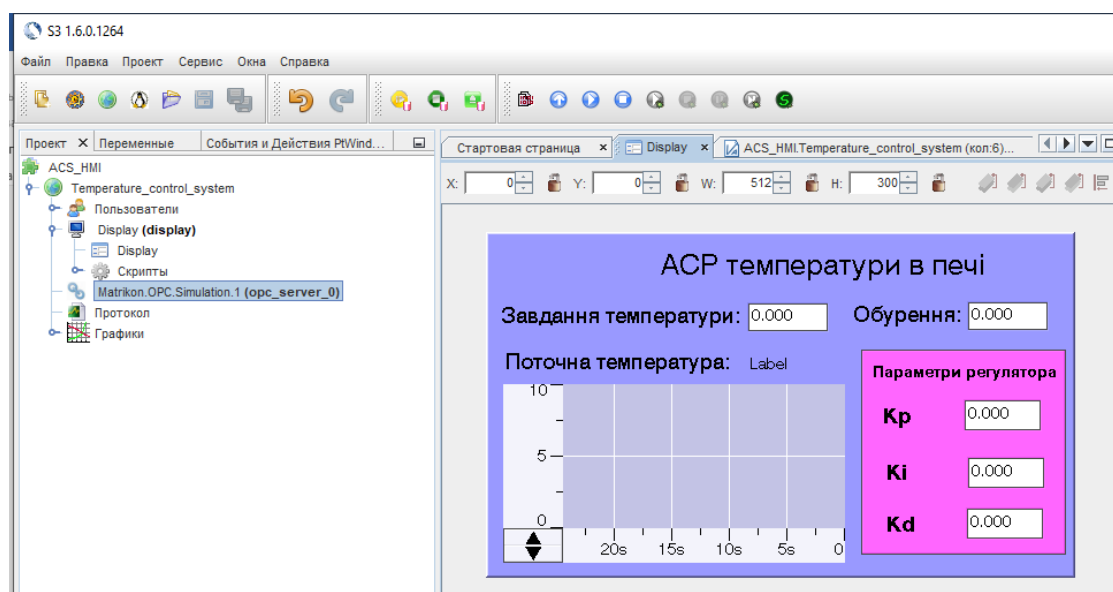


Рис. 10. Операторський пульт

Simulink-модель. Далі треба повернутися до операторського інтерфейсу і запустити проект на виконання. Перш за все необхідно ввести задане значення параметра, що регулюється. А також ввести значення параметрів регулятора.

Вікно Simulink буде мати вигляд, як на рис.11. Запущений проект S3 представлений на

рис. 12, а загальне вікно MatrikonOPC Explorer на рис. 13.

Як видно з графіка отриманого перехідного процесу перерегулювання не перевищує 5%, час регулювання 60 с, статична помилка дорівнює 0. При стрибкоподібній зміні збурювання, наведеного до входу об'єкта (10% хода виконавчого

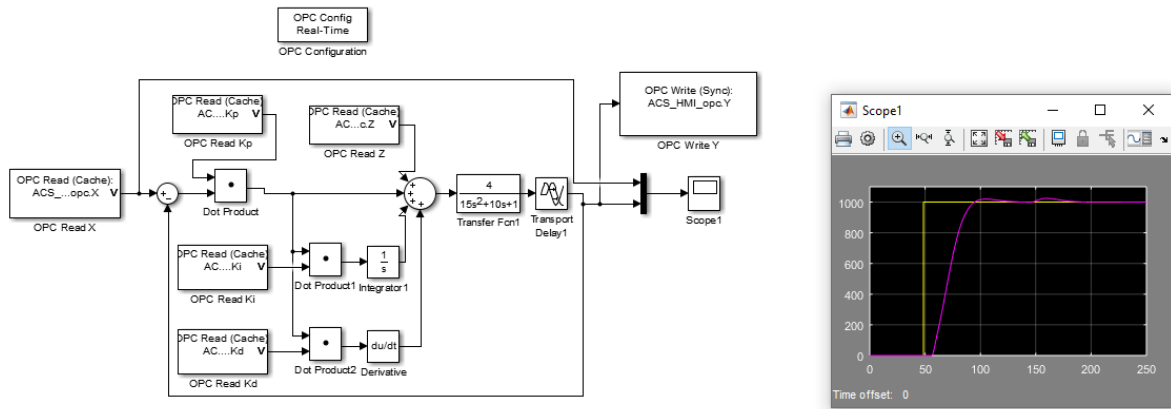


Рис. 11. Запущений процес моделювання у Simulink



Рис. 12. Запущений S3-проект

Item ID	Access Path	Value	Quality	Timestamp	Status
ACS_HMI_opc.Kd		0	Good, non-specific	01.15.202...	Active
ACS_HMI_opc.Ki		0,165000...	Good, non-specific	01.15.202...	Active
ACS_HMI_opc.Kp		0,109999...	Good, non-specific	01.15.202...	Active
ACS_HMI_opc.X		1000	Good, non-specific	01.15.202...	Active
ACS_HMI_opc.Y		1000,000...	Good, non-specific	01.15.202...	Active
ACS_HMI_opc.Z		-10	Good, non-specific	01.15.202...	Active

Рис. 13. Загальне вікно MatrikonOPC Explorer

механізму), графік перехідного процесу – аперіодичний, динамічне відхилення – 20 °С.

Висновки. Розроблений комплекс дозволяє здобути навички щодо налаштування та підтримки АСУ різноманітних рівнів. Окрім того, система дозволяє вносити зміни не лише до регулятора, а і змінювати сам об'єкт, що суттєво розширює можливості. Оскільки система може працювати

з моделлю, а не тільки з реальним об'єктом, систему можна використовувати для моделювання позаштатних ситуацій, і відповідно оцінювати дії оператора в даних ситуаціях. Оскільки всі дії відбуваються в контрольованому середовищі без ризику для життя і здоров'я, а також без фінансових витрат, такий комплекс-тренажер допомагає виробляти певні навички у персоналу.

Список літератури:

1. Рыбалев А. Н. Разработка и эмулирование АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов/ А. Н. Рыбалев, Ф. А. Николаец. *Вестник АмГУ*. Вып. 65, 2014. С. 73–82.
2. Р. Ахметсафин, Р. Ахметсафина, Ю. Курсов. Разработка тренажеров и отладка проектов АСУ ТП на базе пакетов ММІ/SCADA. *Современные технологии автоматизации*. № 3, 1998. С. 37–41.
3. С.В. Бейцун. Основы комп'ютерно-інтегрованого управління: Конспект лекцій та методичні вказівки до індивідуального завдання. Днепропетровск : НМетАУ, 2009. 45с.
4. О.П. Єгоров, М.О. Рибальченко, І.О. Маначин. Цифрові методи дослідження та розрахунку регуляторів в системах автоматичного керування : навчальний посібник. Дніпро : УДУНТ, 2022 .122 с
5. Тригуб И.Г., Радченко В.П., Меледин Н.В. Программирование систем реального времени. Проектирование автоматизированных систем управления в SCADA/SoftLogic S3 : учебное пособие. Днепропетровск : НМетАУ, 2012. 105 с.

Rybalchenko M.O., Manachyn I.O., Potap O.Yu., Shybakinskyi V.I. DEVELOPMENT OF A COMPLEX FOR RESEARCH OF CONTROL SYSTEMS BASED ON SCADA SYSTEM AND APPLIED VISUAL MODELING PACKAGE

The development of ACS of modern technological processes is a complex and responsible task, the solution of which is carried out in several stages: from the development of a mathematical model to the design of a human-machine interface. The complex, which would include both a mathematical model and a human-machine interface, would make it possible to carry out simulation modeling of the technological process in various modes of operation under the effects that are programmed by means of the human-machine interface, as well as to make a choice of the most user-friendly means of visualization of the technological process and ways of forming governing influences.

The article developed a complex for studying and researching the technological process management system. It allows you to demonstrate the main capabilities of SCADA systems; transfer data from the mathematical modeling software package to the SCADA system and vice versa; quickly calculate the received data; work in real time. The Softlogic S3 SCADA package was selected as the SCADA package, which is a Ukrainian product (RTS-Ukraine LLC) and has full support for OPC technology. MATLAB / Simulink is chosen as a visual modeling package. Matrikon OPC server is selected as OPC server. The development of the complex was carried out for the temperature control system of the methodical furnace.

Using this simulator complex, you can acquire skills in setting up and maintaining ACS of various levels. In addition, the system allows you to make changes not only to the regulator, but also to change the object itself, which significantly expands the possibilities. Since the system can work with a model, and not only with a real object, the system can be used to simulate off-duty situations, and accordingly evaluate the actions of the operator in these situations.

Key words: complex, simulator, SCADA, simulation, server, OPC, simulation, research.