



Методи і прилади контролю технологічних параметрів

Прийнято 04.11.2025. Прорецензовано 21.12.2025. Опубліковано 29.12.2025.

УДК 681.518:004.42

DOI: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-90-100

РОЗРОБЛЕННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ RTU SCADAPack 474

Заміховський Л. М. *

Доктор технічних наук, професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6374-8580>
e-mail: leozam@ukr.net

Николайчук М. Я.

Кандидат технічних наук, доцент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6185-2272>
e-mail: mykola.nykolaichuk@nung.edu.ua

Стрілецький Ю. Й.

Доктор технічних наук, професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0105-8306>
e-mail: yurii.striletskyi@nung.edu.ua

Левицький І. Т.

Кандидат технічних наук, доцент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6538-7734>
e-mail: ivan.levytskyi@nung.edu.ua

Запропоноване посилання: Заміховський, Л. М., Николайчук, М. Я., Стрілецький, Ю. Й. & Левицький, І. Т. (2025). Розроблення апаратно-програмного комплексу для тестування компонентів системи керування на базі RTU SCADAPack 474. Методи та прилади контролю якості, 2(55), 90-100. doi: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-90-100

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Анотація. Розроблення, тестування та експлуатація сучасних систем керування технологічними об'єктами передбачає комплексне вирішення окремих інженерно-технічних і наукових задач. Об'єктом досліджень є інформаційні процеси при забезпеченні режимів роботи технологічного обладнання. В роботі вирішується науково-технічна задача розроблення апаратно-програмних засобів для тестування компонентів систем керування на базі RTU SCADAPack 474 (Schneider Electric, Франція). RTU сімейства SCADAPack, крім іншого, забезпечують розширений робочий температурний діапазон та інтегрований протокол телекерування DNP3, що робить можливим та ефективним їх застосування для важких умов експлуатації. Розроблено апаратно-програмний комплекс для тестування компонентів систем керування на базі RTU SCADAPack 474, інструментального програмного забезпечення RemoteConnect, GEOScada Expert та промислової комунікації Modbus/TCP. Виконано конфігурування апаратних засобів, параметрування цифрових і аналогових входів-виходів, налагодження комунікаційного середовища. Розроблено прикладне програмне забезпечення на мові FBD (Function Block Diagram) стандарту IEC 61131-3. Виконано параметрування цифрових і аналогових терів на рівні RTU SCADAPack та їх інтеграцію в GEOScada Expert. Розроблено проєкт в GEOScada Expert для задач тестування компонентів систем керування. Досліджено інформаційні процеси взаємодії між окремими компонентами апаратно-програмного комплексу, що дозволило вирішити задачу побудови цілісної, вертикально-інтегрованої системи керування. Особливість дослідження – апробація застосування RTU SCADAPack 474 в режимі симуляції, що дозволяє використовувати і масштабувати інструментальне програмне забезпечення RemoteConnect в межах навчальних програм і курсів без наявного фізичного обладнання.

Ключові слова: Система керування; PLC; RTU; SCADA; DNP3; Modbus/TCP; IEC 61131-3; Simulator PLC.

Вступ

Розроблення апаратно-програмних комплексів для тестування компонентів систем керування є актуальною науково-технічною задачею в напрямку створення інструментарію для дослідження режимів роботи технологічного обладнання об'єктів керування. Деякі технологічні об'єкти, зокрема нафтогазової промисловості, відносяться до територіально розподілених з важкими умовами експлуатації і вимагають особливих методів, підходів і апаратно-програмних засобів для керування ними. При побудові систем керування такими об'єктами, часто застосовують специфічні PLC (Programmable Logic Controller) з розширеною функціональністю телекерування RTU (Remote Terminal Unit). Однією з основних функцій RTU є підтримка протоколів телекерування DNP3 (Distributed Network Protocol) [1] і IEC 60870-5-104 [2] з можливістю локальної буферизації та відновлення втрачених на рівні комунікації даних з часовими маркерами.

Мета роботи – розроблення апаратно-програмного комплексу для тестування компонентів систем керування на базі RTU SCADAPack 474.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій

В роботі [3] дослідження спрямоване на оцінку продуктивності протоколів Modbus і DNP3 при взаємодії RTU і SCADA. Робота стосується цифровізації енергетичних систем і переходу до Smart Grid-архітектур. Для вищевказаних протоколів оцінено показники затримки, пропускну здатності, втрат пакетів і надійності зв'язку. При цьому, DNP3 є більш стабільним навіть при збільшенні навантаження на комунікаційну мережу завдяки вбудованим механізмам підтвердження (acknowledgment) і тайм-аутів, а Modbus/TCP забезпечує кращі результати в умовах низького трафіку, що робить його ефективним для простих RTU-топологій. Обмеження роботи – недостатня деталізація специфікацій RTU і SCADA, що ускладнює реплікацію результатів у промислових умовах. В роботі [4] наведено результати інтеграції апаратного моделювання енергосистем у реальному часі зі SCADA через протокол DNP3. Такий підхід має критичне значення для тестування та валідації алгоритмів керування RTU у складних розподілених мережах. Новизна роботи полягає у створенні гібридного середовища Hardware-in-the-Loop (HIL), у

якому програмна модель енергосистеми взаємодіє з фізичними пристроями через DNP3-з'єднання. Такий підхід дозволяє досліджувати динаміку поведінки системи, перевіряти затримки в реальному часі та моделювати аварійні ситуації. До невирішених задач дослідження можна віднести прив'язку до реальних уніфікованих апаратно-програмних засобів, що обмежує практичне застосування отриманих результатів. В [5] виконано моделювання IEC 61850 і DNP3 у підстанційній мережі за допомогою OPNET Modeler – комерційного симулятора комп'ютерних мереж, порівнюючи їхню продуктивність у сценаріях обслуговування та відмови. Порівняння двох релевантних протоколів (DNP3 та IEC 61850) у контексті одного сценарію дає можливість побачити відмінності в поведінці трафіку. Результати роботи мають значення для інженерної практики, проте невирішеним аспектом є відтворюваність результатів дослідження. В роботі [6] досліджено взаємодію між IED (Intelligent Electronic Devices), RTU та SCADA. IEC 61850 забезпечує стандартизований обмін даними між RTU та IED. Виконано моделювання мережі: IEEE14-Bus та симуляцію передачі команд керування та зчитування статусу у реальному часі на прикладі електричної підстанції. Обмеження – не проведено перевірку сумісності комерційного обладнання у межах моделі, що ускладнює відтворюваність результатів для практичних цілей. В роботі [7] наведено результати розробки та впровадження IoT на основі SCADA, яка інтегрує сенсорні дані через PLC/RTU в cloud-середовище для забезпечення функцій моніторингу та керування. Робота включає топологію, блок-схеми та алгоритми передачі даних і виконана на реальних апаратно-програмних засобах. Проєкт реалізовано на конкретному обладнанні (Modicon M241 + ESP32), що обмежує масштабованість на інші RTU (наприклад, класичні RTU SCADAPack 47x/47xi).

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

За результатами проведеного аналізу проблематики можна зробити висновок,

що при створенні розподілених систем керування технологічними об'єктами з важкими умовами експлуатації, необхідно застосовувати PLC з розширеним температурним діапазоном, функціональністю RTU та підтримкою протоколів телекерування (DNP3 чи IEC 60870-5-104). Особлива увага повинна приділятися комплексному вирішенню задач взаємодії між компонентами таких систем. При цьому, вимагають подальших досліджень інформаційні процеси взаємодії при забезпеченні режимів роботи компонентів систем керування технологічними об'єктами.

Задачи дослідження

Для вирішення вищенаведеної проблематики сформульовано наступні задачі дослідження:

- створити проєкт в інструментальному пакеті Remote Connect і виконати конфігурування апаратних засобів на базі RTU SCADAPack 474;
- виконати параметрування сигнальних та комунікаційних каналів RTU SCADAPack 474;
- розробити тестову прикладну програму для RTU SCADAPack 474 на мові FBD;
- апробувати проєкт в режимі симуляції засобами PLC Simulator;
- інтегрувати сигнальні та комунікаційні канали RTU SCADAPack 474 в GeoScada Expert і виконати тестування розробленого апаратно-програмного комплексу.

Методи та засоби дослідження

Для вирішення сформульованих задач застосовано наступні апаратно-програмні засоби та технології:

- 1) RTU SCADAPack 474 [8];
- 2) SmartLine перетворювач температури Honeywell STT830-17H-00-WEE0-X06S-R3UD-A00TR050 3D00 [9];
- 3) нагрівний елемент (реостатний керамічний резистор CER 100R 25W);
- 4) індуктивний первинний перетворювач SIEMENS 3RG4024 3AG01 [10];
- 5) Power Supply SITOP 24 VDC/10 A;
- 6) зовнішні сигнальні індикатори дискретних виходів RTU SCADAPack 474;

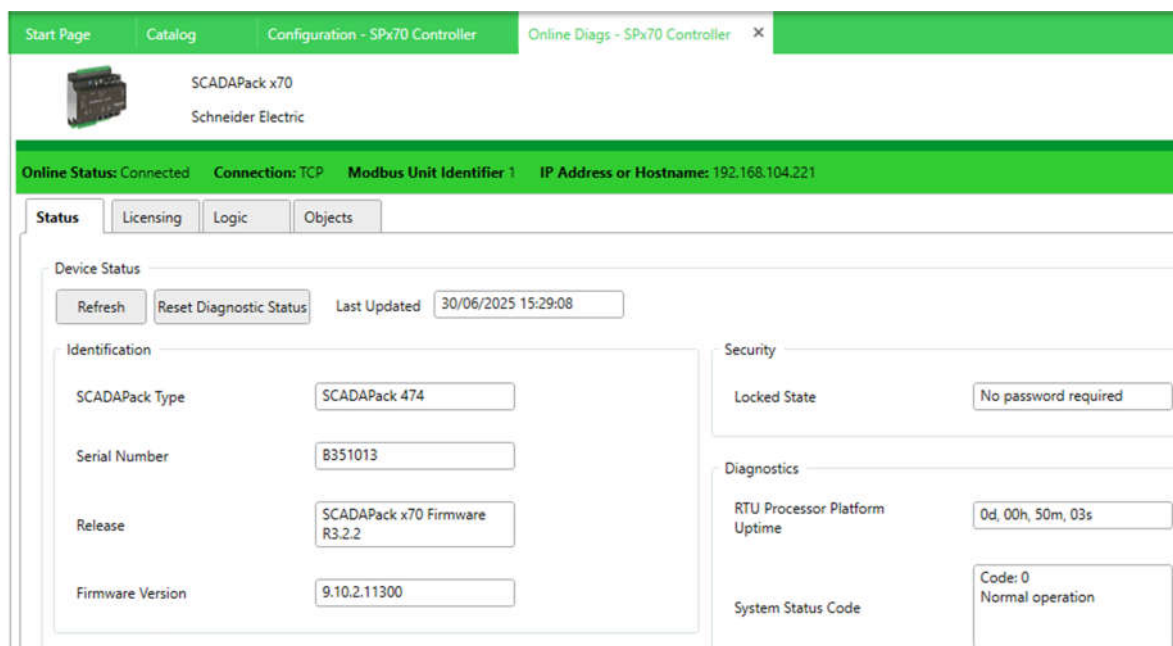


Рисунок 1 – RTU SCADAPack 474 в режимі «Online Diags → Status»

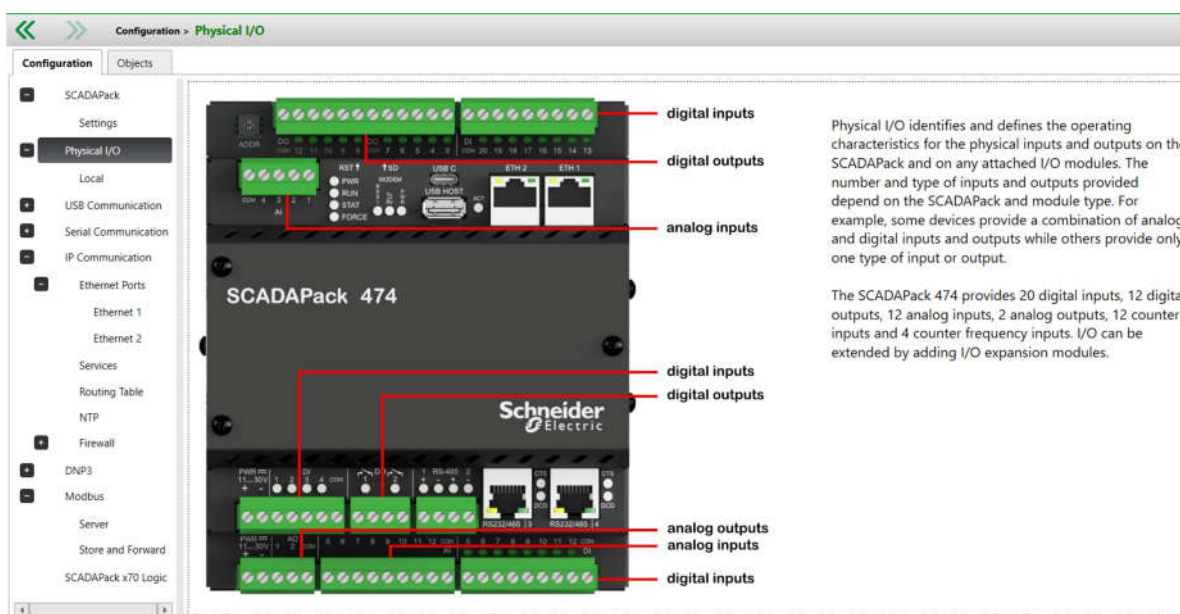


Рисунок 2 – RTU SCADAPack 474 в режимі «Configuration → Physical I/O»

7) промислова комунікаційна мережа ModBus/TCP [11];

8) інструментальне програмне забезпечення RemoteConnect V3.2.2 [12];

9) PLC-симулятор – Control Expert PLC Simulator V16.0.0.0 [13];

10) SCADA – Geo Scada Expert 2023 (update Nov.2024) [14].

Розробка апаратно-програмних засобів на базі RTU SCADAPack 474

Проект створений в інструментальному програмному забезпеченні Remote Connect

V3.2.2 на базі RTU SCADAPack 474 в режимі «Online Diags → Status» (рис. 1).

Розробка проекту на першому етапі передбачає конфігурування апаратних засобів RTU SCADAPack 474 в режимі «Configuration → Physical I/O» (рис. 2).

Інтерфейс Remote Connect V3.2.2 включає розділи: Device Status, Identification, Operation Status, Security, Diagnostics і Clock. Додатково індикуються Online Status → Connected, Connection → TCP, Modbus Unit Identifier → 1, IP Address or Hostname → 192.168.104.221.

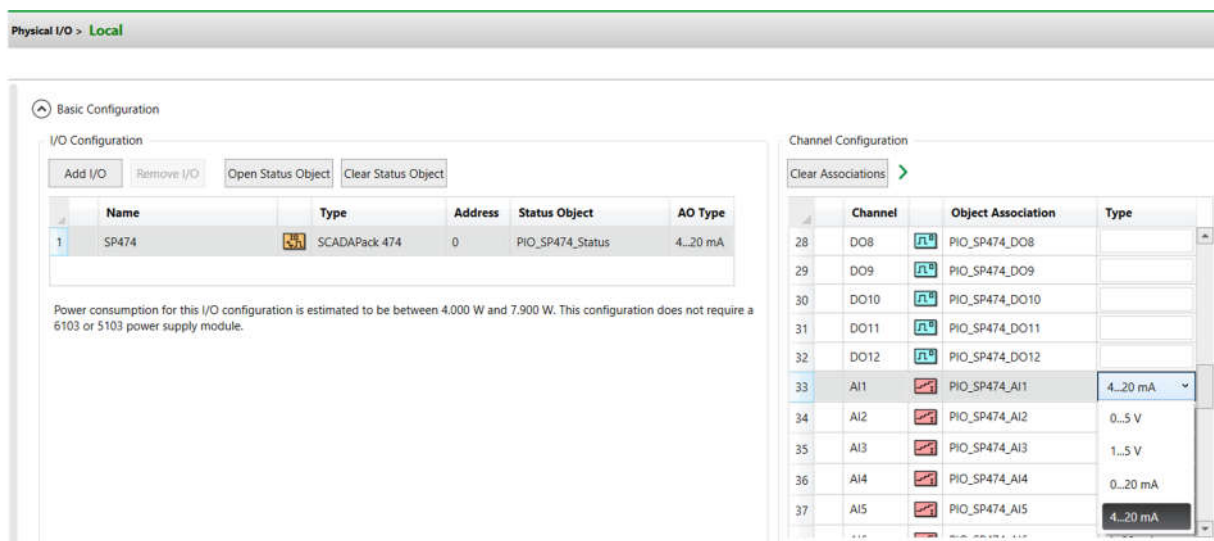


Рисунок 3 – Параметрування сигнальних каналів RTU SCADAPack 474 в режимі «Configuration → Physical I/O → Local»

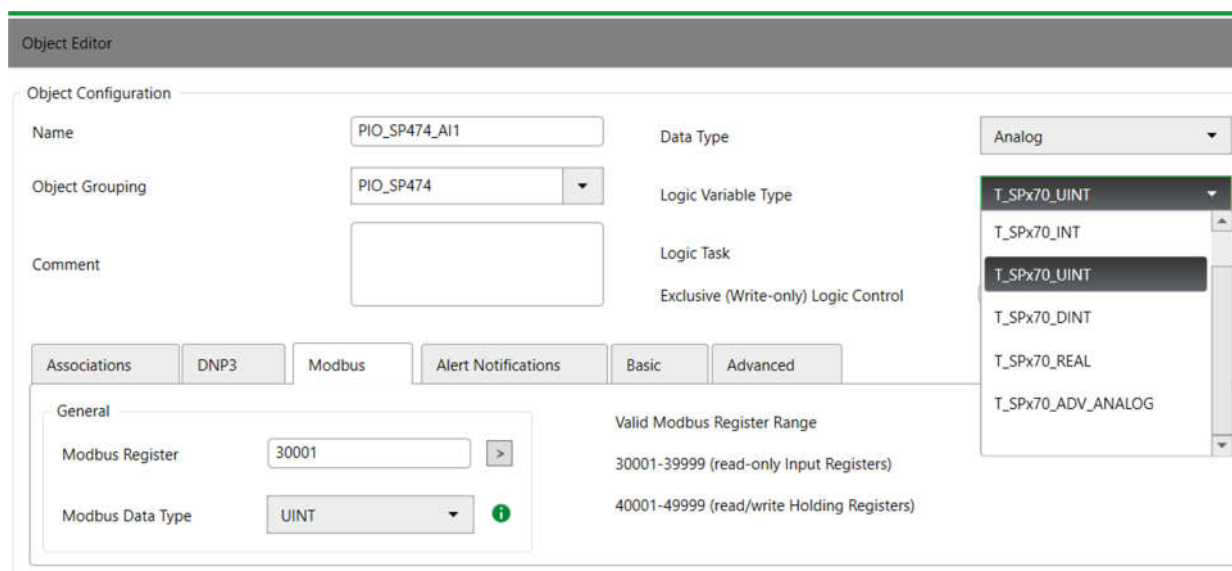


Рисунок 4 – Процес параметрування PIO_SP474_AI1 для Modbus/TCP

RTU SCADAPack 474 забезпечує 20 digital inputs, 12 digital outputs, 12 analog inputs, 2 analog outputs, 4 counter frequency input. I/O можуть бути додатково розширені [15].

Для параметрування аналогового входу AI1 з термоперетворювача, застосовується уніфікований вимірювальний діапазон 4-20 мА (рис. 3).

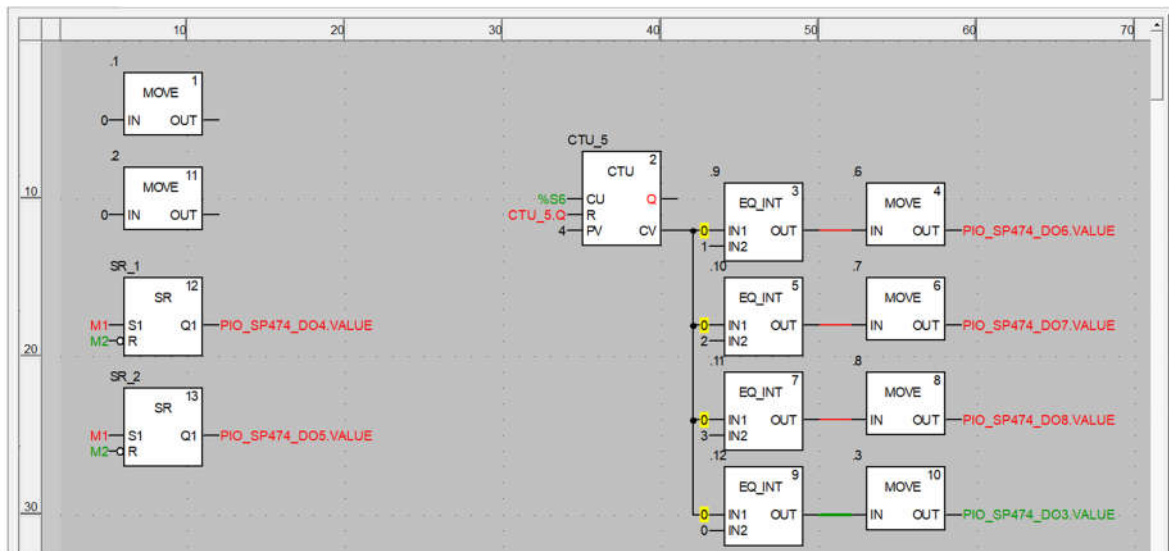
Data Type = Analog. Modbus Register = 30001 (read-only Input Register). Modbus Data Type = UINT.

Параметрування сигнальних каналів RTU SCADAPack 474 полягає у визначенні типу і діапазону вимірювання в розділі Channel Configuration → PIO_SP474_AI1.

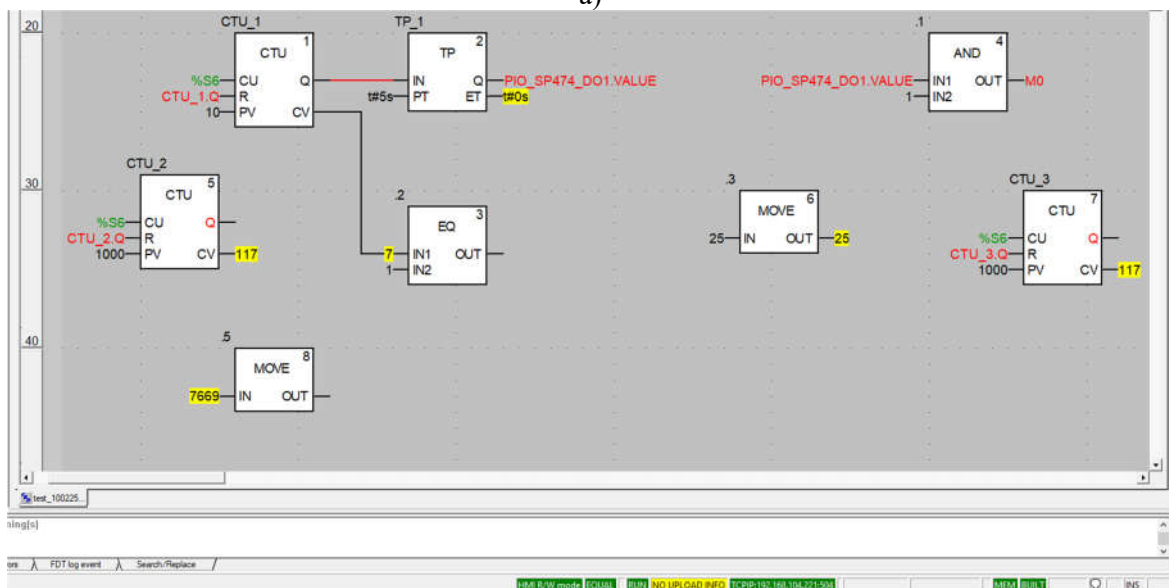
На рис. 4 наведено процес параметрування PIO_SP474_AI1 для комунікаційного з'єднання Modbus/TCP.

Далі необхідно було розробити тестову прикладну програму RTU SCADAPack 474 на мові FBD. Вона включає регістр зсуву для керування дискретними виходами (тактовий сигнал %S6 – 1 Hz; лічильник STU_5; оператори порівняння EQ_INT9, 10, 11, 12; оператори пересилки MOVE6, 7, 8, 3) (рис. 5, а).

На рис. 5.б, крім іншого, наведено індикацію вхідного аналогового сигналу PIO_SP474_AI1.VALUE (оператор MOVE5) у відносних одиницях (7669 у форматі UINT). Таким чином, прикладна програма



а)



б)

а) реєстр зсуву для керування дискретними виходами; б) блок тактування, таймер, лічильники та індикація вхідного аналогового сигналу у відносних одиницях (7669 у форматі UINT)

Рисунок 5 – Прикладна програма тестового проєкту в режимі «RUN»

реалізує обробку дискретного і аналогового сигналів з індуктивного і термоперетворювача відповідно, а також керує дискретними виходами RTU.

Для апробації проєкту в режимі симуляції застосовано Control Expert PLC Simulator V16.0.0.0 [13]. При дослідженні інформаційних процесів в системах керування в режимі симуляції, важливо правильно налаштувати часові параметри (Timing) PLC Simulator. Діалогове вікно часових параметрів надає статистику симулятора щодо використання ресурсів CPU робочої станції, пріоритету процесу та часу виконання

основного циклу PLC. Крім того, можна змінювати пріоритет та час очікування (Sleep Time) для оптимізації роботи симулятора та навантаження на робочу станцію. Використовуються наступні параметри:

- CPU Usage – відсоток завантаження CPU робочої станції симулятором;
- Process Priority – пріоритет процесу симулятора (можна змінювати для оптимізації);
- User Scan Time – час виконання основного циклу PLC;
- Sleep Time – пауза між основними циклами PLC.

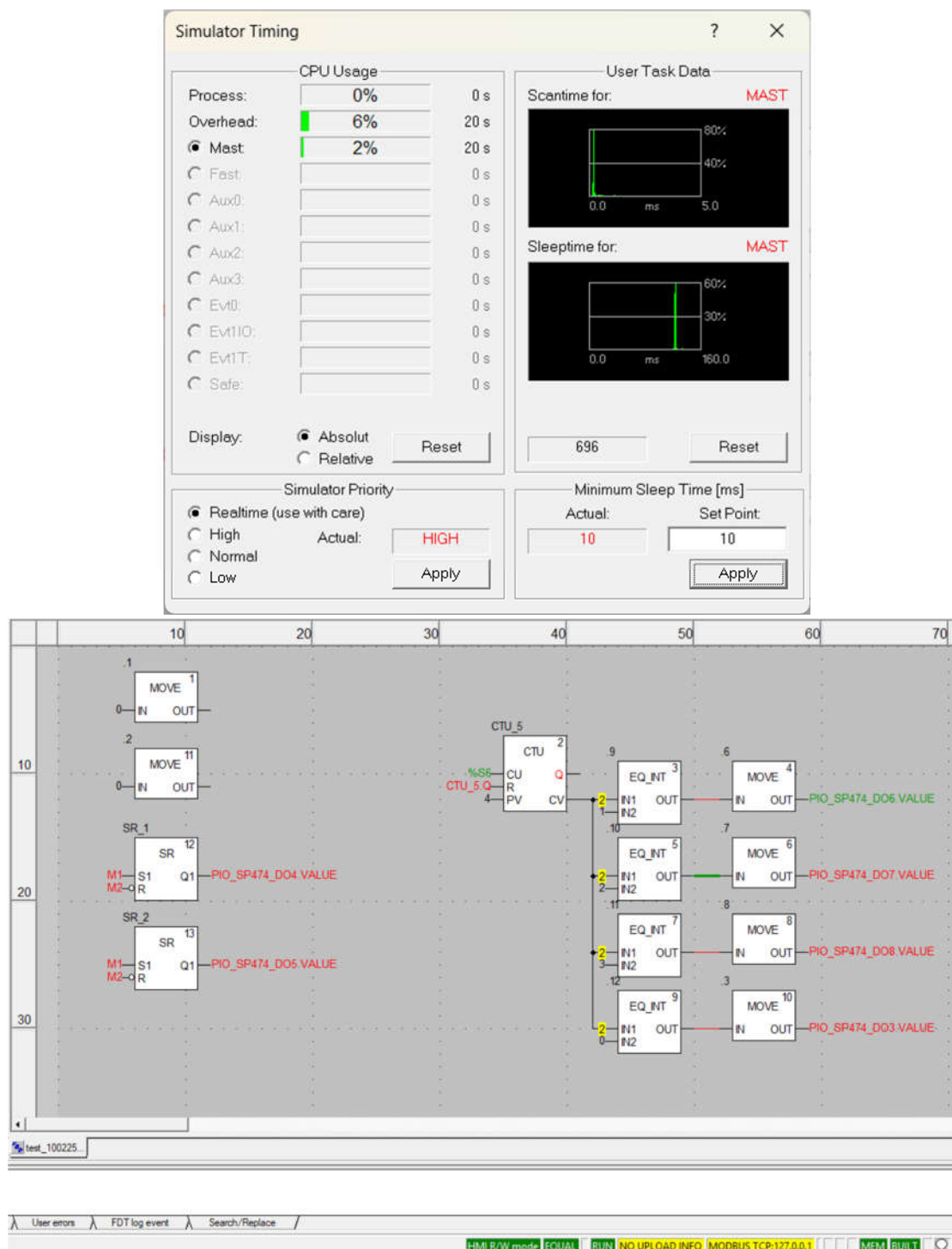


Рисунок 6 – Діалоговий інтерфейс PLC Simulator (Timing) та режим імітації RTU SCADAPack 474 (MODBUS TCP:127.0.0.1)

На рис. 6 наведено панель управління та діалоговий інтерфейс PLC Simulator в режимі імітації RTU SCADAPack 474.

Наступним етапом проєктування є інтеграція сигнальних та комунікаційних каналів RTU SCADAPack 474 в SCADA – GeoScada Expert 2023 і тестування взаємодії між компонентами розробленого апаратно-програмного комплексу (рис. 7). При

цьому необхідно виконати наступні основні процедури:

- створити проєкт в GeoScada Expert 2023;
- виконати параметрування Modbus/TCP комунікаційного з'єднання з RTU SCADAPack 474;
- виконати параметрування дискретних і аналогових тегів RTU;

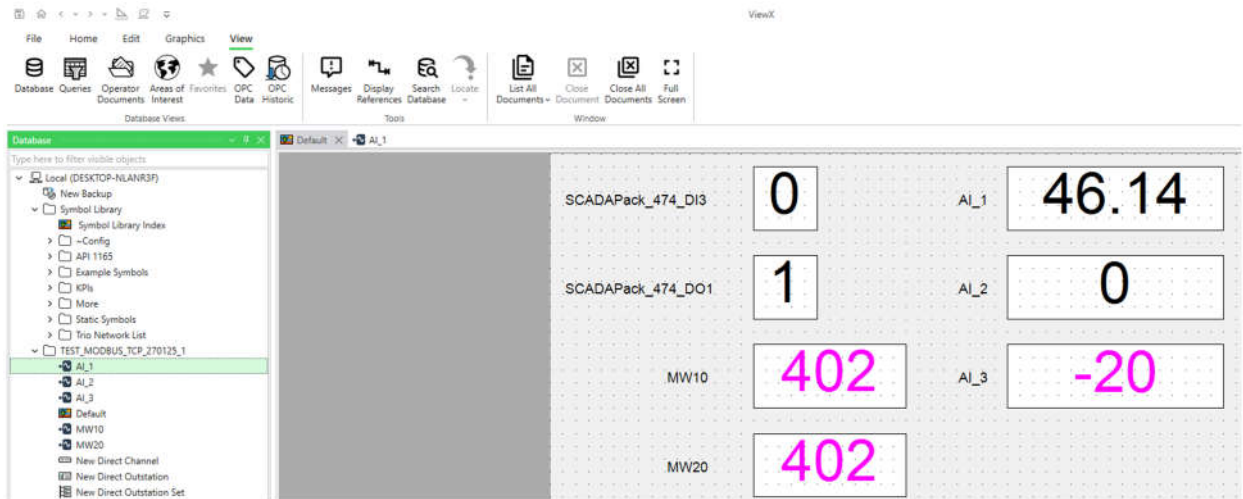


Рисунок 7 – GeoScada Expert 2023 тестового проєкту з мнемонікою для виводу дискретних та аналогових сигналів

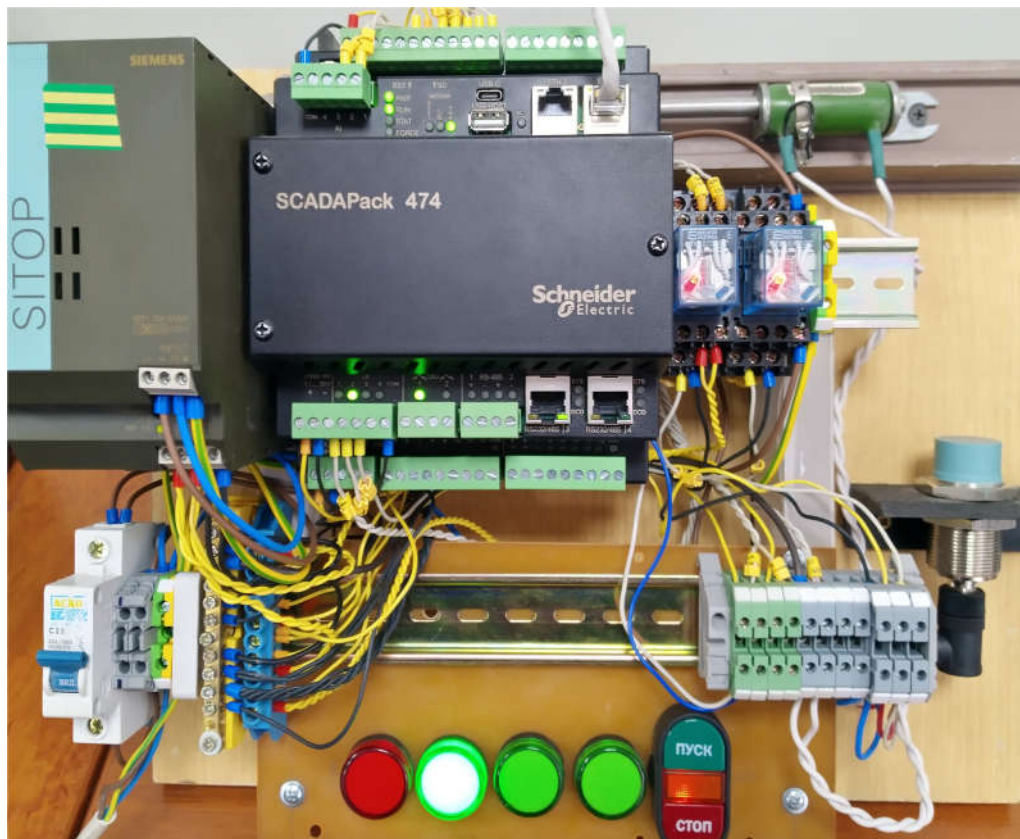


Рисунок 8 – Апаратно-програмний комплекс на базі RTU SCADAPack 474

- розробити структуру взаємопов’язаних технологічних мнемосхем проєкту;
- реалізувати функції збереження даних в архіві.

На рис. 7 наведено також HMI (Human Machine Interface) GeoScada Expert 2023 тестового проєкту з мнемонікою для виводу дискретних та аналогових сигналів, а також станів внутрішніх лічильників RTU SCADAPack 474. Інтерфейс включає: меню

команд, піктограми основних інструментів, дерево проєкту, робочу область, панель виводу сигналізацій.

Загальний вигляд розробленого апаратно-програмного комплексу на базі RTU SCADAPack 474 показано на рис. 8.

Таким чином, розроблено і апробовано апаратно-програмний комплекс для тестування компонентів систем керування на базі RTU SCADAPack 474. Результати тес-

тування підтвердили працездатність і сумісність при взаємодії окремих компонентів розробленого апаратно-програмного комплексу. Результати роботи можуть бути використані при розробленні систем керування розподіленими технологічними об'єктами з важкими умовами експлуатації [16–17].

Висновки

1. Розроблено проєкт в інструментальному пакеті Remote Connect і виконано конфігурування апаратних засобів на базі RTU SCADAPack 47, що є основою для подальшої розробки;

2. Виконано параметрування сигнальних та комунікаційних каналів RTU SCADAPack 474 на основі протоколу Modbus/TCP, що дозволило інтегрувати в проєкт сенсори і виконавчі пристрої;

3. Розроблено тестову прикладну програму для RTU SCADAPack 474 на мові FBD, що дозволило перевірити коректність алгоритмів і режимів функціонування RTU;

4. Апробовано тестовий проєкт RTU в режимі симуляції засобами PLC Simulator, що надає широкі можливості для масштабування в процесі підготовки інженерно-технічного персоналу і операторів;

5. Інтегровано сигнальні та комунікаційні канали RTU SCADAPack 474 в GeoScada Expert, що дозволило дослідити інформаційні процеси взаємодії між окремими компонентами систем керування технологічними об'єктами на базі RTU.

Подяки

Автори публікації вдячні «Schneider Electric Ukraine LLC» за надані технічну підтримку та апаратно-програмні засоби для реалізації і тестування проєкту.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел / References

1. Institute of Electrical and Electronics Engineers. *IEEE Std 1815.1-2015: IEEE Standard for Exchanging Information Between Networks Implementing IEC 61850 and IEEE Std 1815 [Distributed Network Protocol (DNP3)]*. 2015. New York, NY: IEEE. URL: <https://standards.ieee.org/ieee/1815.1/5699/>

2. International Electrotechnical Commission. *IEC 60870-5-104:2006/AMD1:2016 – Telecontrol equipment and systems – Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles* (Ed. 2.1). 2016. Geneva, Switzerland: IEC. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/13185/0954c8823c20441b97ee1cec747c9b15/IEC-60870-5-104-2006.pdf>

3. Bastidas A. C., Agredo G. L., Revelo-Fuelagán J., Candelo-Becerra J. E. (2024). Performance evaluation of Modbus and DNP3 in the communication network of a university campus microgrid. *Results in Engineering*. 2024. Vol. 24. 103656. doi: [10.1016/j.rineng.2024.103656](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103656)

4. Huang H., Davis C. M., Davis K. R. Real-time power system simulation with hardware devices through DNP3 (arXiv:2101.05965). 2021. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.05965>

5. Njova D., Ogudo K. A., Umenne P. Modelling the IEC 61850 and DNP3 protocol using OPNET in an electrical substation communication network (Paper presented at the 5th International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems, Durban, South Africa). *IEEE*. 2022. doi: [10.1109/icABCD54961.2022.9856151](https://doi.org/10.1109/icABCD54961.2022.9856151)

6. Jácome-Barrionuevo A., Quizhpi-Cuesta M., Quizhpi-Palomeque F. Implementation of SCADA for IEC 61850 communication in the IEEE 14-Bus System. In *2024 IEEE 6th Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM)* IEEE. 2024. pp. 577–583. doi: [10.1109/GPECOM61896.2024.10582675](https://doi.org/10.1109/GPECOM61896.2024.10582675)

7. Idris H. S., Saputra A., Mulyadi I. H. Internet of Things Based SCADA System. *Journal of Applied Electrical Engineering*. 2023. Vol. 7(2). doi: [10.30871/jaee.v7i2.6415](https://doi.org/10.30871/jaee.v7i2.6415)

8. Schneider Electric. SCADAPack 470 / 474 RTUs Datasheet A4 (Version 37). Schneider Electric. 2023. URL: https://www.se.com/us/en/download/document/SCADAPack_470_474_RTUs_DS_A4/
9. Honeywell International Inc. STT 3000 Series STT800 – Temperature probe assemblies (Models STT820; STT830; STT840) (34-TT-03-08). *Honeywell Process Solutions*. 2022. URL: <https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/pmt/hps/products/pmc/field-instruments/temperature-transmitters/temperature-transmitter-accessories/temperature-probe-assemblies/pmt-hps-34-tt-03-08-stt800.pdf>
10. Pepperl + Fuchs Group. *3RG4024-3AG01-5AA2-PF inductive proximity switch (Release 09.09.2010)* [Data sheet]. 2010. URL: <https://www.nexinstrument.com/assets/images/pdf/3RG4024-3AG01-5AA2-PF.pdf>
11. Modbus Organization, Inc. (n.d.). Specifications and implementation guides. Retrieved November 3, 2025. URL: <https://www.modbus.org/modbus-specifications>
12. Schneider Electric. RemoteConnect for SCADAPack x70 RTUs Datasheet A4 (Version 10) [Brochure]. 2024. URL: https://www.se.com/us/en/download/document/RemoteConnect_SCADAPack_x7_A4/
13. Schneider Electric. EcoStruxure Control Expert – PLC Simulator: Original instructions (EIO0000001714.09). 2023. URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=EIO0000001714&p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000001714.09.pdf
14. Schneider Electric. *Geo SCADA 2023 Update Nov 2024 (86.9098.1): Release Notes* [Technical guide]. 2025. URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=Geo_SCADA_2023_RelNotes_202411&p_enDocType=Other+technical+guide&p_File_Name=Geo+SCADA+2023+Update+Nov+2024+%2886.9098.1%29+Release+Notes.pdf
15. Schneider Electric. *SCADAPack 470 | 474 Smart RTUs: Remote Programmable Smart RTUs – Product at a glance* (Part No. TKULM08030-06-v37-A4). Schneider Electric. 2023. URL: https://media.distributordatasolutions.com/schneider_synd_rework/2023q3/documents/58d8a506d59735e5571c3818762240e10ecd900a.pdf
16. Zamikhovskiy L., Nykolaychuk M., Levytskyi I. Organizing the automated system of dispatch control over pump units at water pumping stations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 5(2(131)), 61–75. doi: [10.15587/1729-4061.2024.313531](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313531)
17. Zamikhovskiy L., Zamikhovska O., Ivanyuk N., Mirzoieva O., Nykolaychuk M. Development of an anti-surge protection system for gas pumping units based on hardware and software vibration monitoring tools. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 4(2(136)), 117–132. doi: [10.15587/1729-4061.2025.337736](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.337736)

DEVELOPMENT OF A HARDWARE AND SOFTWARE TOOL FOR TESTING CONTROL SYSTEM COMPONENTS BASED ON RTU SCADAPack 474

Zamikhovskiy L. M.

Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6374-8580>
e-mail: leozam@ukr.net

Nykolaychuk M. Ja.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6185-2272>
e-mail: mykola.nykolaichuk@nung.edu.ua

Striletskyi Yu. Y.

Doctor of Technical Sciences, Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0105-8306>
e-mail: yurii.striletskyi@nung.edu.ua

Levytskyi I. T.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6538-7734>
e-mail: ivan.levytskyi@nung.edu.ua

Abstract. The development, testing, and operation of modern control systems for technological facilities require a comprehensive solution of specific engineering, technical, and scientific problems. The object of research is the information processes involved in ensuring the operational modes of technological equipment. This work addresses the scientific and technical problem of developing hardware and software tools for testing control system components based on the SCADAPack 474 RTU (Schneider Electric, France). The SCADAPack RTU family, among other features, provides an extended operating temperature range and an integrated DNP3 telecontrol protocol, making their use in harsh operating conditions both feasible and efficient. A hardware-software complex has been developed for testing control system components based on the SCADAPack 474 RTU, utilizing the RemoteConnect and GEOScada Expert software tools, as well as industrial Modbus/TCP communication. Hardware configuration, parameterization of digital and analog input/output channels, and communication environment setup were performed. Application software was developed using the FBD (Function Block Diagram) language according to the IEC 61131-3 standard. Digital and analog tags were parameterized at the SCADAPack RTU level and integrated into GEOScada Expert. A project for testing control system components was developed in GEOScada Expert. The information processes involved in the interaction between individual components of the hardware-software complex were investigated, which enabled the implementation of a complete, vertically integrated control system. A distinctive feature of this research is the testing of the SCADAPack 474 RTU in simulation mode, which allows the use and scaling of the RemoteConnect software tools within educational programs and courses without requiring physical hardware.

Keywords: System of Control; PLC; RTU; SCADA; DNP3; Modbus/TCP; IEC 61131-3; Simulator PLC.