

DOI <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2022.10.04.02>  
UDC 612.825.8

## The Skills Formation of Configuring Industrial Controllers of the Siemens Simatic S7 family for students of educational programs in automation

Konokh I.\*

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

**Received:** 25.10.2022

**Accepted:** 30.11.2022

**Abstract.** The work is devoted to the development of a lesson that will allow students of automation educational programs to develop the skills of configuring industrial controllers of the Siemens Simatic S7 family. During developing the lesson, it was decided to use the format of laboratory work with the involvement of modern forms of students' work activation. Structurally, the student's work per class consists of independent and classroom work. Independent work includes watching educational videos and studying theoretical material. Auditory work consists of participation in a master class conducted by the teacher and completion of an individual task, where the teacher acts as a consultant. The developed lesson can be conducted both face-to-face and remotely. Under conducting a distance lesson, the teacher needs to pay more attention to the means of receiving feedback from students, as well as limit the number of participants, in order to improve the uniformity of learning the material by students. Methodical and visual support was developed to support the lesson: the list of video materials for viewing; reference book on theoretical material; the presentation to accompany the creation of a sample software project; individual tasks for students. The developed lesson was approved in remote form, considering the current situation in Ukraine. For the first time, an integrated product was created for training students in the skills of configuring industrial controllers of the Siemens Simatic S7 family, which is characterized by an orientation towards familiarity with the TIA Portal environment, development to support each stage of the lesson with methodical and visual support, a complete structure of information presentation, and the use of such modern forms of education, like a master class. The developed lesson allows students of automation educational programs to develop the skill of configuring industrial controllers of the Siemens Simatic S7 family in a fairly short time at a sufficiently high level. Further work of students consists of creating software projects based on real automation tasks.

**Key words:** automatically integrated technologies, professional competences, master class, methodological support, TIA Portal.

## Формування навичок налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 студентів освітніх програм з автоматизації

Конох І. С.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

**Анотація.** Робота присвячена розробці уроку, який дозволить сформувати навички налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 студентів освітніх програм з автоматизації. При розробці уроку було вирішено використовувати формат лабораторної роботи з залученням сучасних форм активізації роботи студентів. Структурно робота студента на заняття складається з самостійної та аудиторної роботи. Самостійна робота включає в себе перегляд навчального відео та вивчення теоретичного матеріалу. Аудиторна робота складається з участі у майстер-класі, який проводить викладач, та виконанні індивідуального завдання, де викладач виступає у ролі консультанта. Розроблений урок може проводитися як очно так і дистанційно. При проведенні дистанційного уроку викладачу потрібно більше уваги приділяти засобам отримання зворотного зв'язку від студентів, а також обмежити кількість учасників, для покращення рівномірності засвоєння матеріалу студентами. Для підтримки проведення уроку було розроблене методичне та наочне забезпечення: перелік відео-матеріалів для перегляду; довідник з теоретичного матеріалу; презентація для супроводження створення

\* **Corresponding Author:** Konokh Igor Serhiiovych. E-mail: [konokh.is.univer@gmail.com](mailto:konokh.is.univer@gmail.com)  
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
vul. Universytetska, 20, Kremenchuk, Poltava Region, Ukraine, 39600.

**Відповідальний автор:** Конох Ігор Сергійович. E-mail: [konokh.is.univer@gmail.com](mailto:konokh.is.univer@gmail.com)  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
вул. Університетська, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.

зразку програмного проєкту; індивідуальні завдання для студентів. Розроблений урок пройшов апробацію у дистанційній формі, з огляду на поточну ситуацію в Україні. Вперше був сформований інтегральний продукт для навчання студентів навичок налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7, який відрізняється орієнтацією на знайомство із середовищем TIA Portal, розробкою для підтримки кожного етапу уроку методичним та наочним забезпеченням, цілісною структурою подання інформації, та використанням таких сучасних форм навчання, як майстер-клас. Розроблений урок дозволяє сформування навички налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 у студентів освітніх програм з автоматизації за досить короткий час на достатньо високому рівні. Подальша робота студентів складається зі створення програмних проєктів за реальними задачами автоматизації.

**Ключові слова:** автоматично-інтегровані технології, професійні компетентності, майстер-клас, методичне забезпечення, TIA Portal.

## I Вступ

На сьогоднішній час при автоматизації різноманітного технологічного обладнання активно використовуються програмовані логічні контролери (ПЛК) сімейства Siemens [1, 2, 3]. Для налаштування цих ПЛК використовується інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) [4, 5, 6, 7].

Для студентів, які навчаються на освітніх програмах присвячених автоматизації технологічних процесів, знання принципів роботи з TIA Portal та набуття навичок налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 є необхідним для формування фахових компетентностей на високому рівні [8, 9, 10].

Тому метою даної роботи є покращення рівня набуття навичок налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 студентами, за допомогою розробки інтегрованого уроку з відповідними методичним забезпеченням.

## II Матеріал і методи дослідження

Для формування навичок з налаштування найзручнішим буде формат зайняття «лабораторна робота» [11, 12]. При цьому роботу студентів ми структуруємо, як наведено на рисунку 1.



Рис. 1. Структуризація роботи студента

Першим кроком при підготовці до виконання лабораторної роботи буде перегляд навчальних відео популярного характеру. У поточних реаліях ця практика набирає все більшого поширення [13, 14]. Це дозволить сформулювати загальні уявлення про налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7, а також підготувати студентів до візуального сприйняття процесу налаштування. За основний ресурс можна прийняти YouTube.com, оскільки він є загальнодоступним. Однією із задач перегляду відео є стимулювання прагнення до самонавчання. Для забезпечення цього кроку необхідно підготувати перелік відповідних відеоматеріалів. Також можна записати власні відео, які також можна викласти на власному або кафедральному youtube-каналі.

Другим кроком є вивчення теоретичного матеріалу до лабораторної роботи [15, 16]. Відповідно необхідно створити лаконічну інструкцію з елементів налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7.

Аудиторна робота присвячена саме створенню програмного проєкту. Для вільного розуміння прядку створення програмного проєкту, ми пропонуємо розбити виконання лабораторної роботи на 2 етапи:

1. Проведення майстер-класу. Викладач покроково разом зі студентом створює програмний проєкт за зразком.

2. Студенти самостійно створюють програмний проєкт згідно з індивідуальним завданням. При цьому викладач постійно здійснює функцію консультанта і допомагає вирішувати виникаючі проблеми.

Для забезпечення першого етапу необхідно підготувати презентаційний матеріал та програму проведення майстер класу, другого – варіанти індивідуальних завдань.

Формат проведення заняття може бути як очним, так і дистанційним [17, 18]. За можливості ми радимо проводити саме очне заняття. На власному досвіді ми визначили, що рівень засвоєння матеріалу при прямому спілкуванні викладача та студентів на порядок вищий. За неможливості провести очне заняття, необхідно подбати про засоби зворотного зв'язку для перевірки засвоєння поданого матеріалу та засоби активізації спілкування студентів на онлайн-конференціях [19].

Загальний обсяг матеріалу, який необхідно розробити представлений у таблиці 1.

Табл. 1. Матеріали забезпечення занять

Назва етапу	Необхідне методичне забезпечення
Перегляд ввідних відео-матеріалів	Перелік відео-матеріалів
Вивчення теоретичного матеріалу	Довідник з елементів налаштування ПЛК Siemens Simatic S7
Створення проєкту за зразком	Презентаційний (ілюстративний) матеріал до майстер-класу
Створення індивідуального проєкту	Перелік індивідуальних завдань

### III Результати

В результаті роботи були створені матеріали, задекларовані у таблиці 1. Розглянемо їх детальніше.

#### **Перелік відео-матеріалів.**

В якості підготовки до лабораторної роботи рекомендується продивитися навчальні відео:

1. "TIA Portal за годину!" URL: <https://www.youtube.com/watch?v=cgpYgTi5Tml> (з моменту 8 хв і до кінця).

2. 2-й урок відео-курсу: "Практичний курс Tia-Portal" URL: <https://www.youtube.com/watch?v=mFgDHzaD6g0&list=PLCvDsN6h71g86VE9HryBzwdNYq-FwYWra&index=4>.

3. 3-й урок відео-курсу: "Практичний курс Tia-Portal" URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kTzyDKeWxrE&list=PLCvDsN6h71g86VE9HryBzwdNYq-FwYWra&index=4>.

#### **Довідник з елементів налаштування ПЛК Siemens Simatic S7.**

Теоретичні відомості по реалізації логічних функцій за допомогою електроконтактних схем. Частина цього матеріалу входить до [20].

Логічна функція (функція алгебри логіки) – обчислює підсумкове значення логічного висловлювання, у якому аргументами є логічні змінні (висловлювання). Логічна функція також може набувати лише двох значень – *істина* (1) або *неправда* (0).

Можна виділити чотири основні логічні функції, звані також логічними операціями: логічна інверсія, логічне додавання, логічне множення, логічне додавання за модулем 2. Ці функції мають різні назви та форми запису.

Логічна інверсія – унарна операція над судженнями, результатом якої є судження протилежне вихідному (якщо воно істинне, то вважається хибним; якщо воно хибне, то вважається істинним). Позначається знаком "¬" перед або рисою "-" над судженням.

Синоніми: *заперечення, логічне "НЕ", NOT.*

Приклади запису функції логічної інверсії  $f$  від логічної змінної  $x$ :  $f = \bar{x}$ ,  $f = \neg x$ ,  $f = NOT(x)$ .

Можливі варіанти значень логічної функції зручно представляти як таблиці істинності (табл. 2.).

Табл. 2. Таблиця істинності логічної інверсії

$f = \neg x$	$x$
0	1
1	0

Графічне подання у вигляді умовно-графічного позначення (рис. 2) або функціональних блок-діаграм (FBD) або електроконтактних схем (LAD):

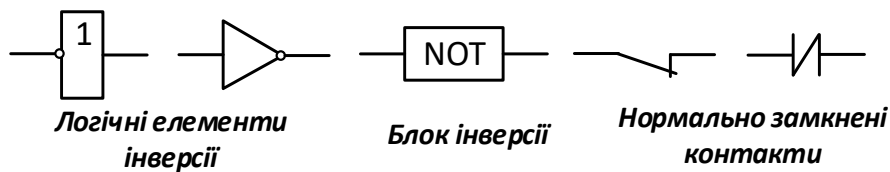


Рис. 2. Логічна інверсія (УГП)

Логічне додавання – логічна функція, що генерує на виході логічну одиницю, якщо хоча б одна вхідна логічна змінна дорівнює одиниці. Логіка цієї операції максимально точно описується союзом «або» у сенсі «чи то висловлювання істинно, чи це істинно, чи все відразу». Синоніми: *диз'юнкція, логічне "АБО", OR.*

Приклади запису функції логічного додавання  $f(x1, x2)$ :  $f = x1 + x2$ ,  $f = x1 | x2$ ,  $f = x1 \vee x2$ ,  $f = x1 OR x2$ ,  $f = \max(x1, x2)$ .

Значення логічної функції у вигляді таблиці істинності (табл. 3.).

Табл. 3. Таблиця істинності логічного додавання

$f = x1 + x2$	$x2$	$x1$
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Графічне представлення функції логічного додавання у вигляді умовно-графічного позначення (рис. 3) або функціональних блок-діаграм (FBD), або електроконтактних схем (LAD).

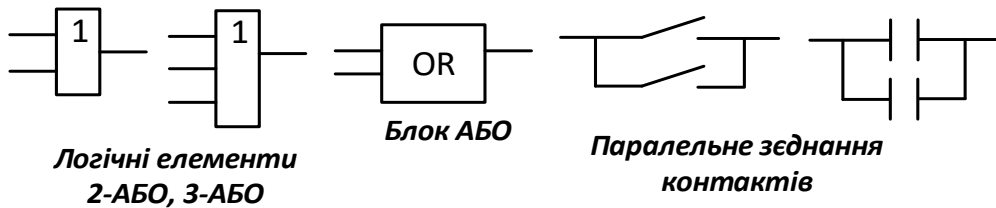


Рис. 3. Логічне додавання (УГП)

*Логічне множення* – логічна функція, що генерує на виході логічну одиницю, якщо всі вхідні логічні змінні дорівнюють одиниці. Логіка цієї операції максимально точно описується союзом «і» в сенсі «необхідно, щоб і цей вислів був істинний, і той вислів був істинний». Синоніми: *кон'юнкція, логічне "і", AND*.

Приклади запису функції логічного множення  $f(x1, x2)$ :  $f = x1 \cdot x2$ ,  $f = x1 \& x2$ ,  $f = x1 \wedge x2$ ,  $f = x1 \text{ AND } x2$ ,  $f = \min(x1, x2)$ .

Значення логічної функції у вигляді таблиці істинності (табл. 4)

Табл. 3. Таблиця істинності логічного множення

$f=x1 \cdot x2$	$x2$	$x1$
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

Графічне представлення функції логічного множення як умовно-графічного позначення (рис. 4) або функціональних блок-діаграм (FBD), або електроконтактних схем (LAD).

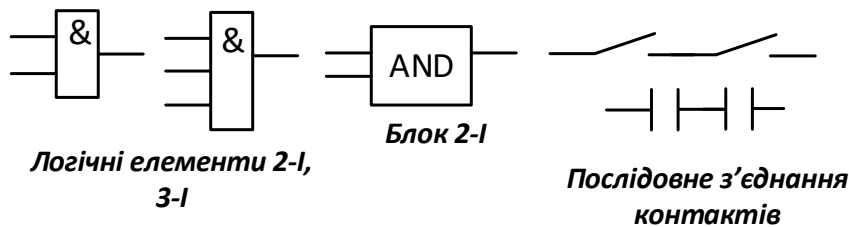


Рис. 4. Логічне множення (УГП)

**Презентаційний (ілюстративний) матеріал до майстер-класу.**

Для засвоєння навичок створення простих програм, розглянемо наступний демо-приклад технологічної установки.

Промислова установка з розпилу деревної сировини має у своєму складі циркулярну пилку та привід подачі сировини в зону розпилювання. Процес вмикається оператором через натискання на дві роздільні кнопки SB1 і SB2. При відпусканні хоча б однієї кнопки привід подачі і привід пилки вимикаються. Також є сенсор закриття захисного огороження *barrier*, який повинен бути закритим (сигнал дорівнює логічній одиниці), щоб установка працювала. Для контролю теплового стану приводу пилки задіяно сенсор теплового стану – сигнал *thermo\_sensor*; якщо сигнал дорівнює 1, привід потрібно вимикати. Напрямок подачі визначається тумблером *direction* (1 – рух вперед, 0 – рух назад). Для налагодження і обслуговування передбачено використання перемикача з ключовим доступом (сигнал *service\_key*); При вмиканні сервісного перемикача вмикаються привода пилки та подачі в поштовховому режимі по натисканні кнопок *jogsaw* та *jogfeed*.

Для екстреного вимикання установки передбачена кнопка *emerg\_stop* (1 – робота дозволяється, 0 – привода вимкнено).

До вихідних сигналів належать:

- *saw\_ON* – вмикання приводу пилки;

- *move\_frwrd* – вмикання приводу подачі вперед;
- *move\_bckwrdr* – вмикання приводу подачі назад;
- *lamp* – сигнальна лампа.

Сигнальна лампа може працювати в кількох режимах:

- горить безперервно – натиснута кнопка екстреної зупинки;
- мигає з частотою в 0,5 Гц – спрацював сенсор теплового захисту;
- мигає з частотою в 2 Гц – сенсор показує, що огороження не закрито.

Кнопки екстреної зупинки мають нормально замкнений контакт, щоб їх можна було з'єднати послідовно і натискання на будь-яку приводило до зникнення сигналу логічної одиниці на пристрої керування.

Логічні вирази для керуючих змінних наведені нижче.

$saw\_ON = ((emerg\_stop \text{ AND } barrier \text{ AND } NOT(thermo\_sensor)) \text{ AND } (SB1 \text{ AND } SB2)) \text{ OR } (service\_key \text{ AND } jog\text{saw})$

$move\_frwrd = ((emerg\_stop \text{ AND } barrier \text{ AND } direction) \text{ AND } (SB1 \text{ AND } SB2)) \text{ OR } ((service\_key \text{ AND } jog\text{feed} \text{ AND } direction)) \text{ AND } NOT(move\_bckwrdr)$

$move\_bckwrdr = ((emerg\_stop \text{ AND } barrier \text{ AND } NOT(direction)) \text{ AND } (SB1 \text{ AND } SB2)) \text{ OR } ((service\_key \text{ AND } jog\text{feed} \text{ AND } NOT(direction))) \text{ AND } NOT(move\_frwrd)$

Створення програмного проєкту для наочності розділено на кроки.

**Крок 1.** Запустити програму *TIA Portal* за допомогою ярлика на робочому столі. Створити проєкт *Prj\_Lab1*, користуючись матеріалами представленими в [21].

**Крок 2.** Обрати в дереві проєкту пункт *Devices & Networks*, зверху вікна обрати вкладку *Topology view* (рис. 5). З каталогу пристроїв обрати інші мережеві пристрої та перетягнути 4-х портовий Ethernet-комутатор на вільне поле.

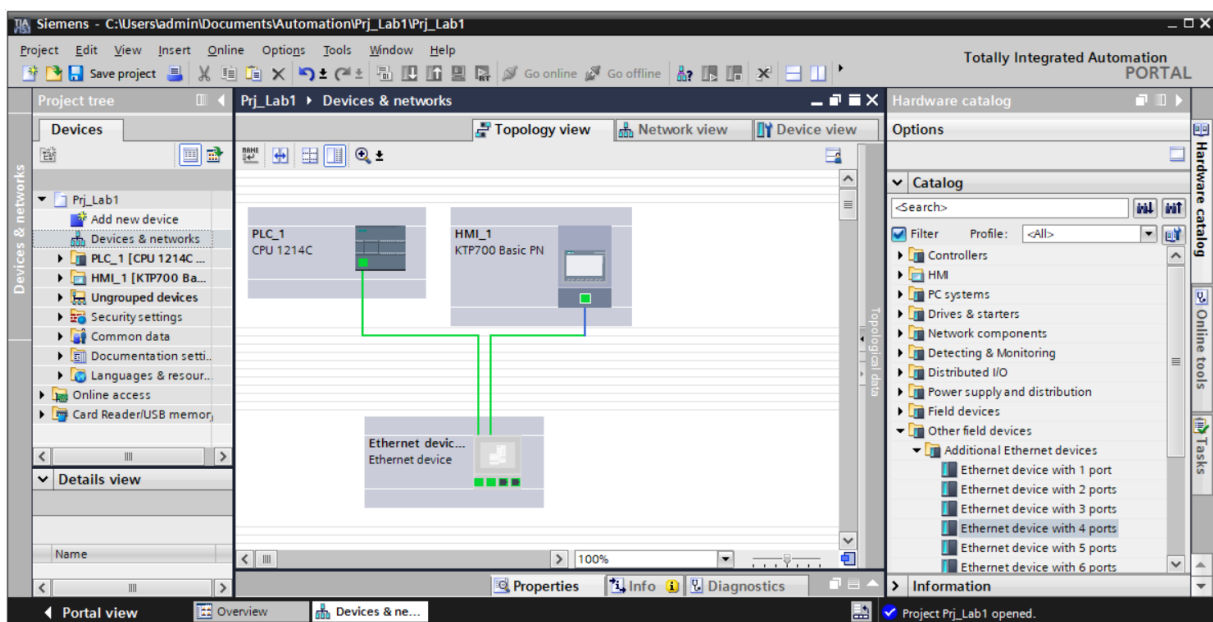


Рис. 5. Вікно TIA-Portal, область завдання мережевої топології системи

**Крок 3.** Мишкою за зелені прямокутники протягнути лінії зв'язку між портами ПЛК, панелі оператора і Ethernet-комутатором. у вкладці *Network View* теж з'явиться лінія PN/IE\_1, що означає наявність прямого каналу зв'язку між пристроями (рис. 6).

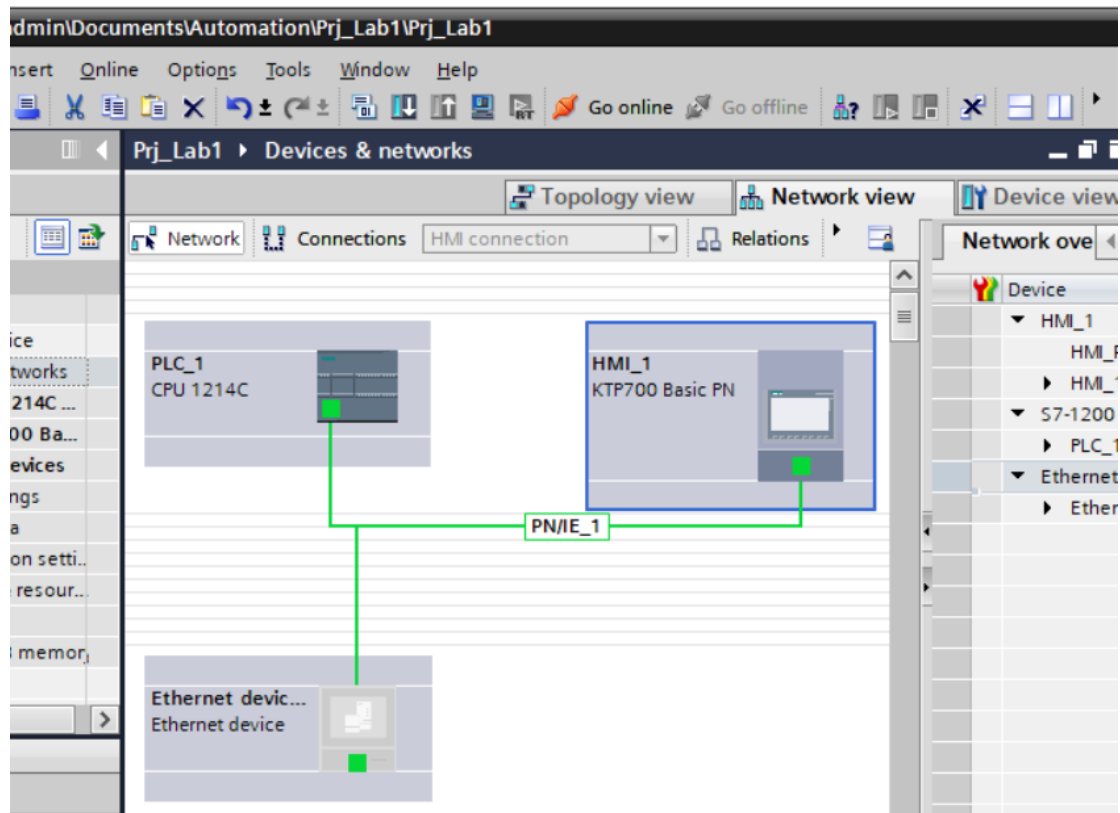


Рис. 6. Вікно Network View після з'єднання пристроїв через комутатор

Крок 4. Обрати вкладку Device View й з поля зі списком обрати контролер PLC\_1 (рис. 7).

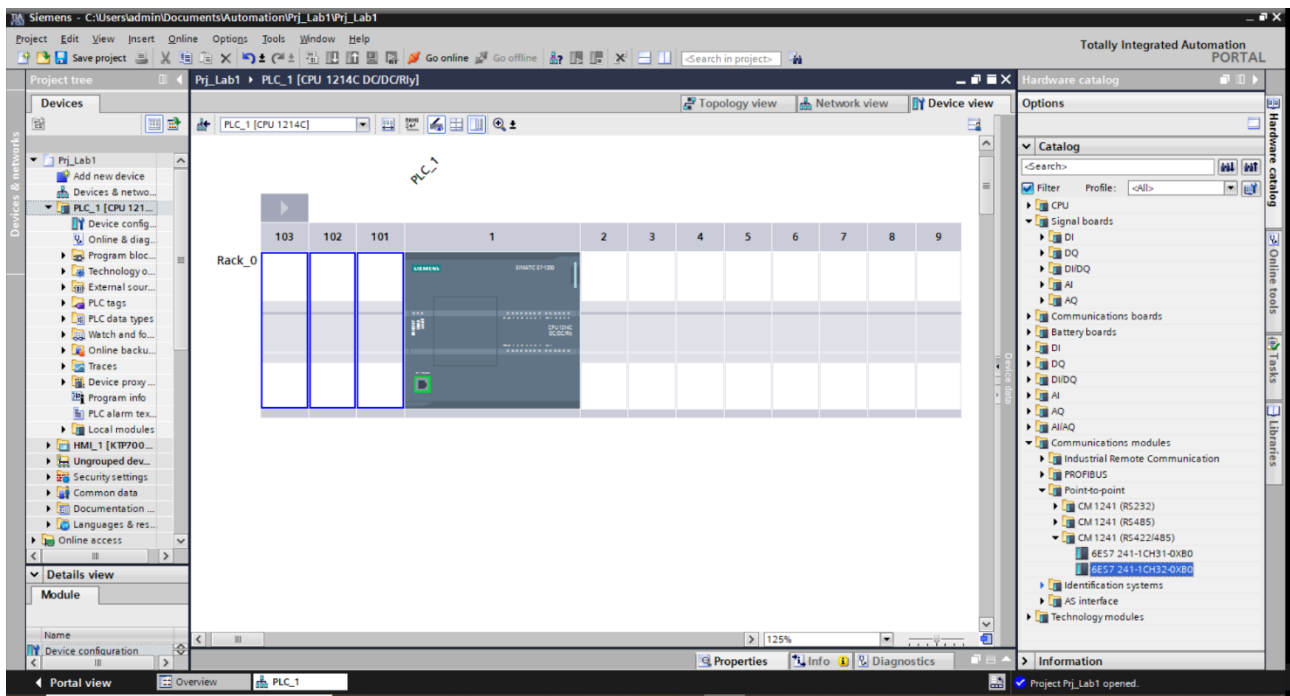


Рис. 7. Вікно налаштування пристроїв

Крок 5. З каталогу обрати комунікаційний модуль CM1241 (RS-422/485) і вставити в позицію зліва від CPU (рис. 13). Далі додаємо справа від CPU модуль дискретного вводу на 16 ліній DI 16x24VDC, модуль дискретного виведення на 16 релейних ліній DQ 16xRelay, модуль вводу аналогових сигналів на 8 каналів AI 8x13ВІТ. Повинна утворитися конфігурація, як на рис. 8.

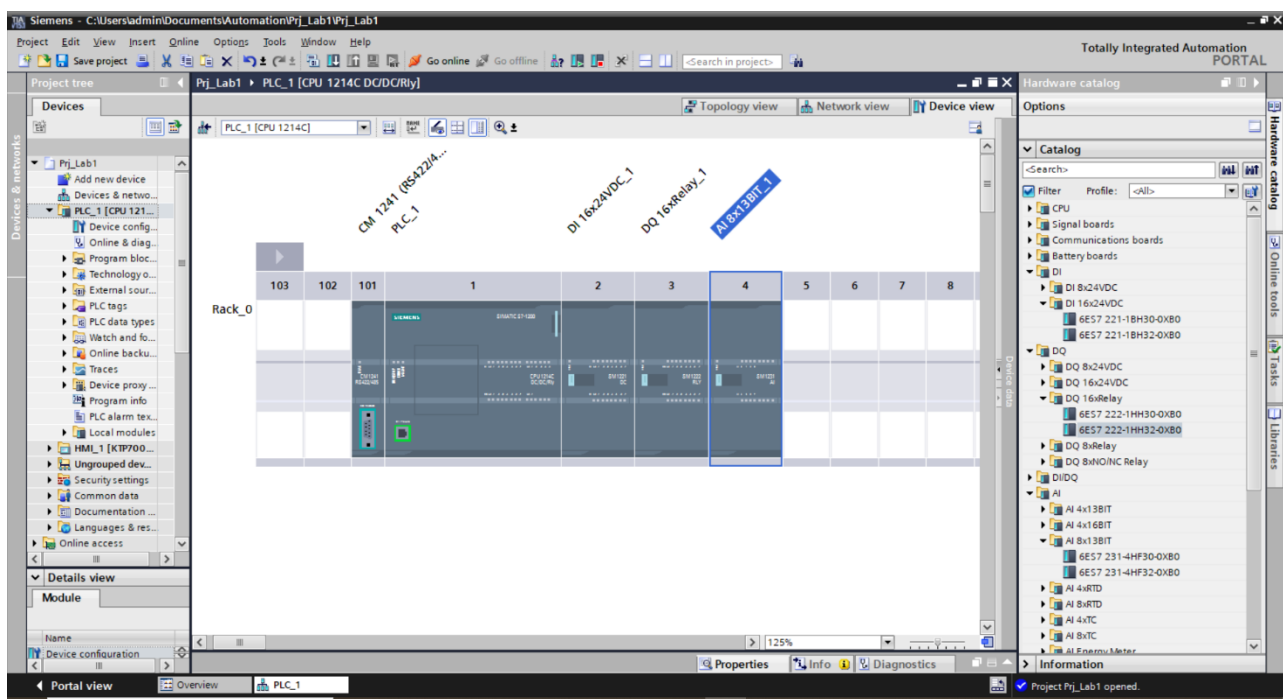


Рис. 8. Контролер з додатковими модулями вводу/виведення

Крок 6. Далі виконаємо налаштування модулів контролера. Натиснемо на CPU правою кнопкою миші та з контекстного меню обираємо пункт Properties. Таким чином, знизу розгортається вікно налаштування пристрою (рис. 9).

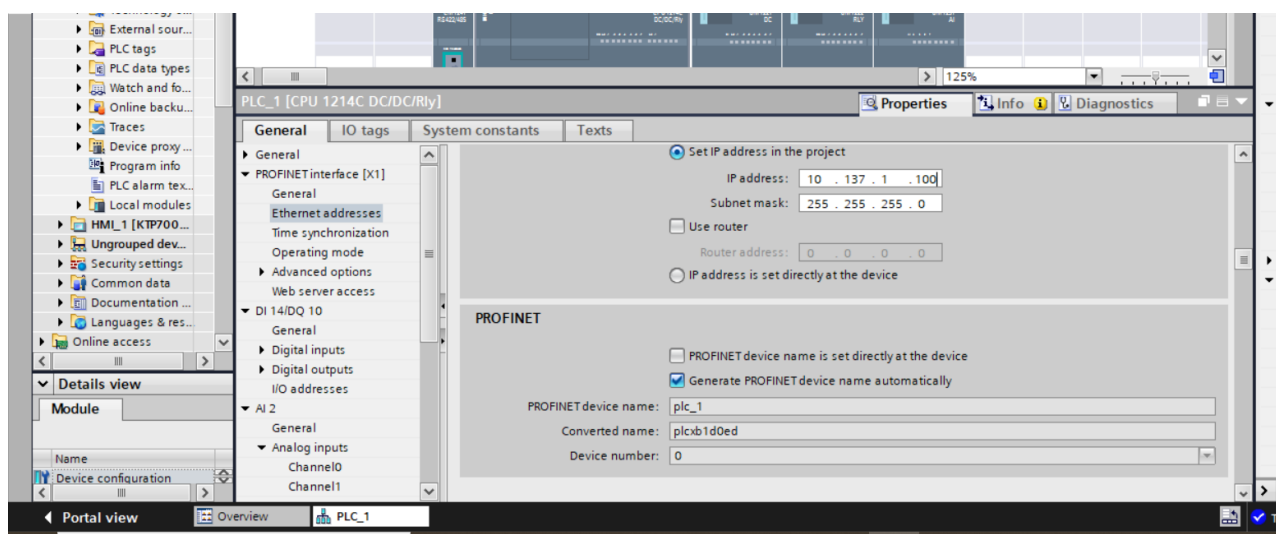


Рис. 9. Вікно налаштування пристрою

Крок 7. На вкладці *General* обираємо пункт *Profinet interface* → *Ethernet addresses* і змінюємо IP адрес CPU на 10.137.1.100.

Крок 8. Інформаційний мережевий зв'язок буде зберігатися, якщо всі пристрої знаходяться в одній логічній підмережі. Тому обираємо пристрій HMI\_1 і аналогічно змінюємо IP адрес на 10.137.1.101. Маску підмережі залишаємо за умовчанням: 255.255.255.0, роутер не використаний.

Крок 9. Повернутися в редактор властивостей CPU (позиція 1 рейки Rack\_0), обрати пункт *Cycle* і задати тривалість циклу зчитування, обробки і виводу сигналів. Задаємо тривалість циклу 100 мс.

Крок 10. Обрати пункт *System and clock memory* та перевести в активний стан поля *Enable the use of system memory byte*, *Enable the use of clock memory byte* (рис. 10).

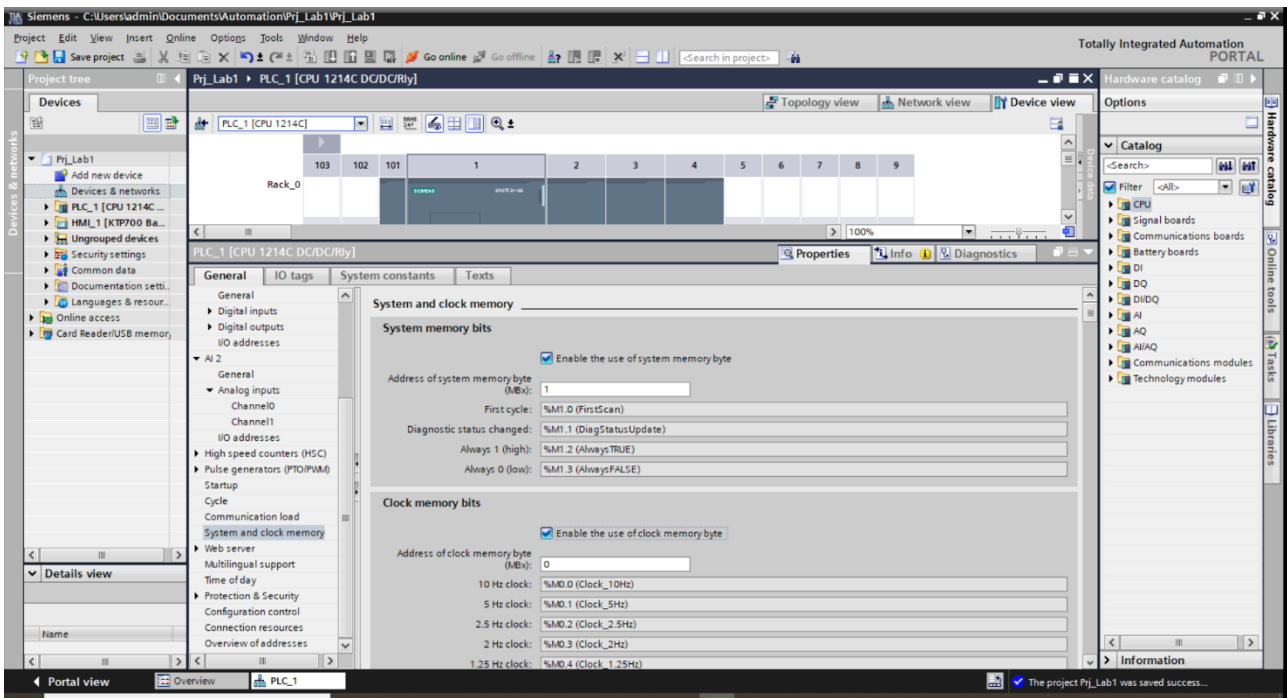


Рис. 10. Вікно налаштування CPU

Таким чином, комірка в оперативній пам'яті за номером M1 зберігає бітові прапорці:

- M1.0 – має значення 1 коли виконується самий перший цикл виконання програмного блоку Main після вмикання ПЛК або його перезапуску;
- M1.1 – має значення 1 коли обновилося статус результату самодіагностування;
- M1.2 – завжди має значення 1;
- M1.3 – завжди має значення 0.

Комірка в оперативній пам'яті за номером M0 зберігає мерехтливі біти, які змінюють свій стан періодично від 10 до 0,5 Гц і використовуються як джерело тактових сигналів для вимірювання часу.

*Крок 11.* Контролери серії Simatic S7 мають роздільні адресні простори для оперативної пам'яті, портів вводу, портів виводу, бітових і багаторазрядних значень. Обрати пункт *DI 14/DQ 10 -> I/O addresses* та змінити базову адресу першого байту порту дискретного вводу на 1 (рис. 17). Таким чином, всі 14 дискретних ліній вводу CPU набувають адрес від 1.0 до 2.5.

*Крок 12.* Далі необхідно обрати додатковий модуль дискретного вводу (позиція 2 Rack\_0) і задати початковий адрес 3 для першого байту ліній вводу (рис. 11). Всі 14 дискретних ліній вводу модулю DI 16x24VDC набувають адрес від 3.0 до 4.7.

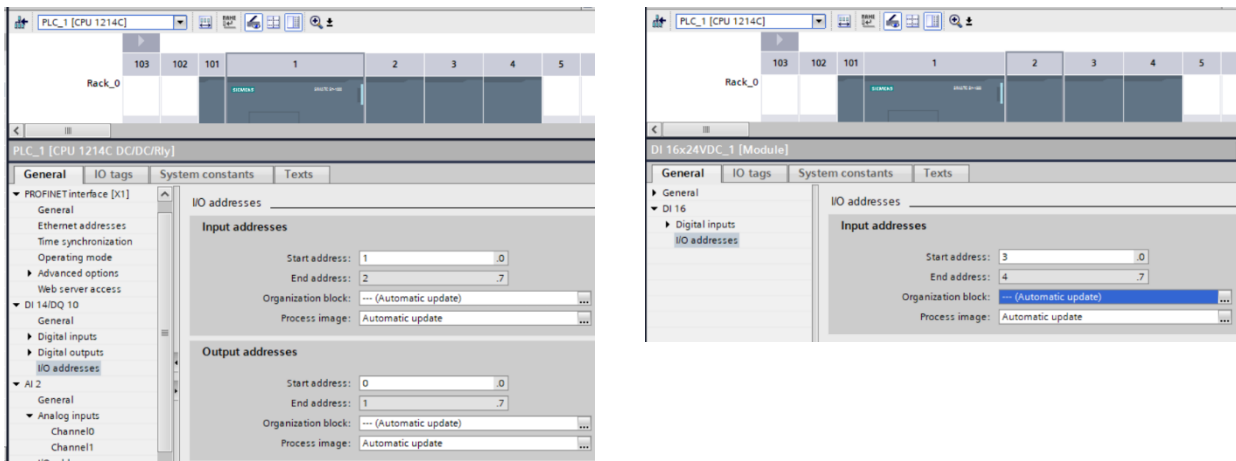


Рис. 11. Завдання адрес для дискретних каналів вводу/виведення

Аналогічно можна змінити адреси для портів виводу. Також для ліній дискретного вводу можна задати появу переривань у разі виявлення фронту або спаду імпульсу.

**Крок 13.** Виконаємо налаштування ліній аналогового вводу. Для цього беремо додатковий модуль аналогового вводу (позиція 4 Rack\_0) і в його властивостях в пункті *I/O addresses* можна подивитися адресу байтів, в яких зберігаються результати аналого-цифрових перетворень. Для збереження результатів по одному каналу аналогового вводу необхідно задіяти слово з 2-х байтів. Таким чином, Канал 0 (Channel 0) має адресу комірок пам'яті 128-129, Канал 7 (Channel 7) має адресу 142-143 (рис. 12).

**Крок 14.** Налаштувати канали вводу. Для перших 4-х каналів беремо тип вимірювання (*Measurement type*) – струм, стандарту 4...20 мА. Робимо активними прапорці ідентифікації обриву лінії та перевищення допустимого діапазону сигналів. Пункт *Smoothing* вказує кількість циклів вимірювання, по яким виконується цифрове згладжування (рис. 12).

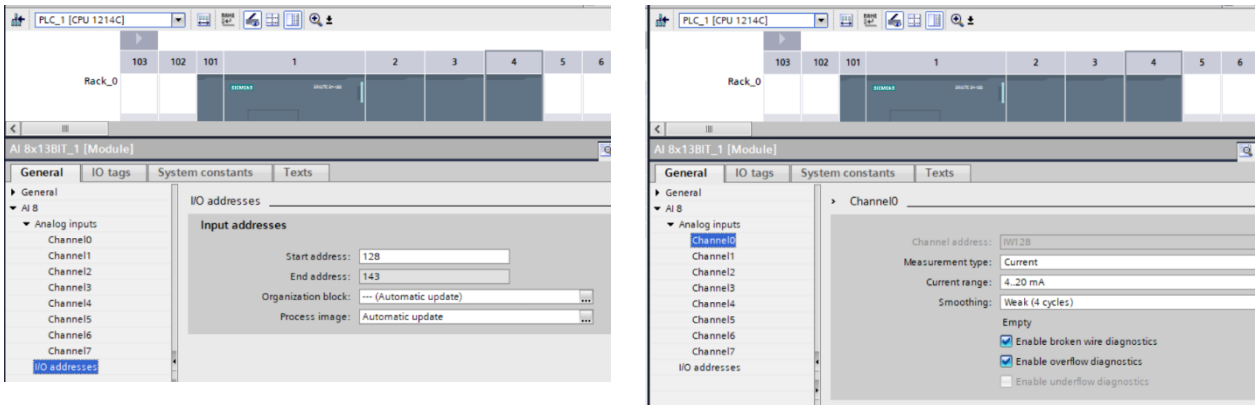


Рис. 12. Завдання адрес для дискретних каналів вводу/виведення

**Крок 15.** В дереві проєкту обираємо пункт PLC\_1 (CPU 1214C DC/DC/Rly)->->PLC tags->Show all tags. Відкривається таблиця змінних (тегів), які прив'язані до фіксованих адрес в області вводу/виведення чи оперативної пам'яті. Додаємо новий тег шляхом подвійного щиклика на першому вільному рядку в таблиці PLC tags. Пишемо ім'я тегу SB1, тип даних boolean. Адреса задається через діалогове вікно, як показано на рис. 13: обирається область вводу (I), номер байту 1, номер біта в байті 0. Для демо-прикладу, який описано в теоретичних відомостях, створюємо додаткові теги, як показано на рис. 14.

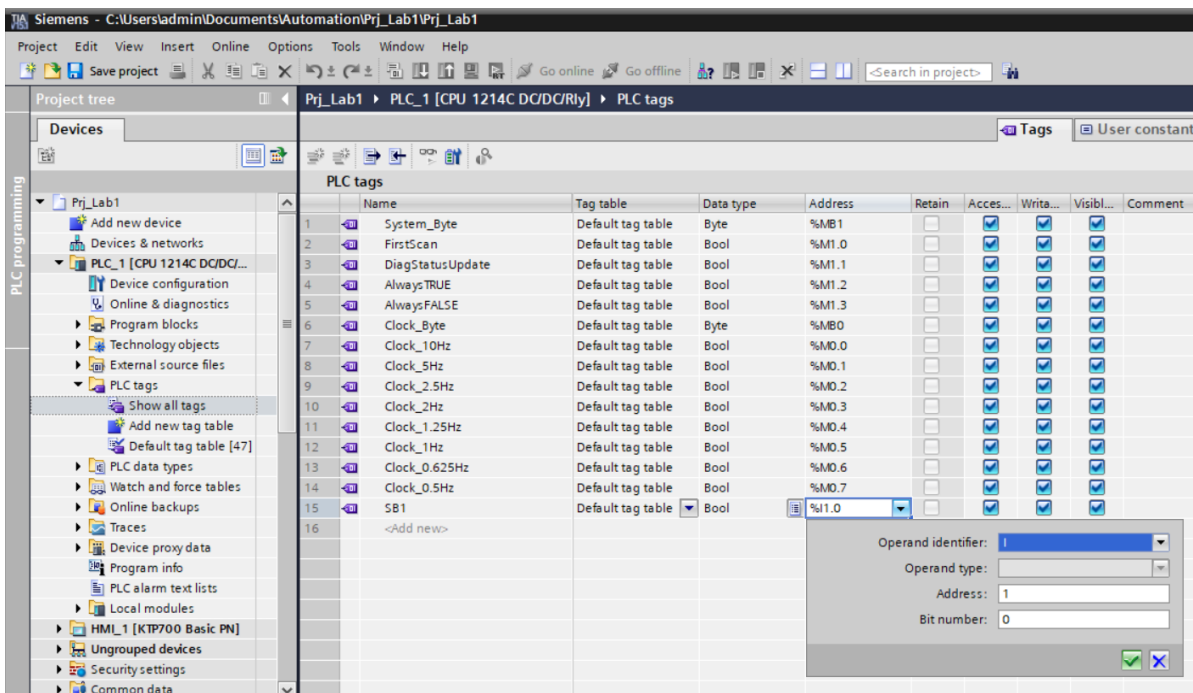


Рис. 13. Створення нового тегу

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Comr
1	System_Byte	Default tag table	Byte	%MB1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	FirstScan	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	DiagStatus:Update	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	AlwaysTRUE	Default tag table	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	AlwaysFALSE	Default tag table	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Clock_Byte	Default tag table	Byte	%M0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Clock_10Hz	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Clock_5Hz	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Clock_2.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Clock_2Hz	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Clock_1.25Hz	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Clock_1Hz	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Clock_0.625Hz	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Clock_0.5Hz	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	SB1	Default tag table	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	SB2	Default tag table	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	barrier	Default tag table	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	thermo_sensor	Default tag table	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	service_key	Default tag table	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	jog saw	Default tag table	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	jog feed	Default tag table	Bool	%I1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	emerg stop	Default tag table	Bool	%I1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	direction	Default tag table	Bool	%I2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	move_frwr	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	move_bckwr	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	saw_ON	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	lamp	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рис. 14. Перелік нових тегів тестової програми

Крок 16. Подвійним щигликом відкриваємо програмний блок Main в дереві проєкту (PLC\_1->Program blocks->Main (OB1)). Для прикладу з теоретичних відомостей, складемо керуючу програму на мові LADDER-Diagram. Приклад потребує задіяння тільки комбінаційних схем без елементів пам'яті. Програма розділяється на окремі блоки, які називаються *Networks*.

Можна задіяти панель швидкого доступу для відтворення логічної схеми і перетягувати нормально-відкриті й нормально-закриті контакти, розгалуження ліній, котушки реле (результати логічної функції). На рис. 15 показано впровадження нормально-відкритого контакту на лінію в блоці *Network 1*. Зверху над контактом можна відкрити поле зі списком і поставити у відповідність контакту тег типа boolean. Першому контакту поставим у відповідність тег *emerg\_stop*.

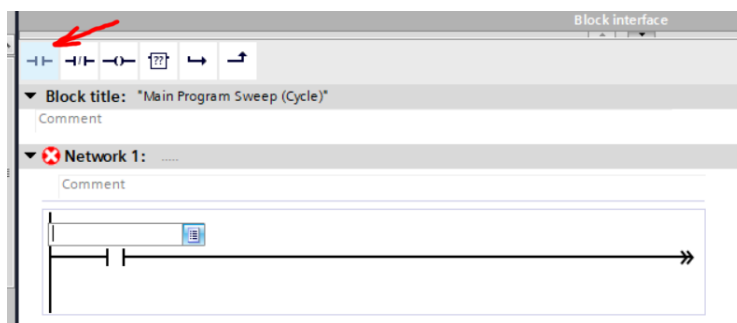


Рис. 15. Додавання нормально-розімкненого контакту до ланки *Network1*

Згідно наведених в теоретичних відомостях логічних функцій для керуючих змінних *saw\_ON*, *move\_frwr*, *move\_bckwr* складемо програмні конструкції на мові LAD (рис. 16). Функції логічного "І" відповідають послідовному з'єднанню контактів, логічного "АБО" – паралельному. Інверсний сигнал задається нормально-замкненим контактом. Вихідній змінній ставиться у відповідність котушка умовного реле, яке повинно спрацювати, якщо умова істинна. Кожен *Network* необхідно підписати – це аналог коментарів у звичайних програмах.

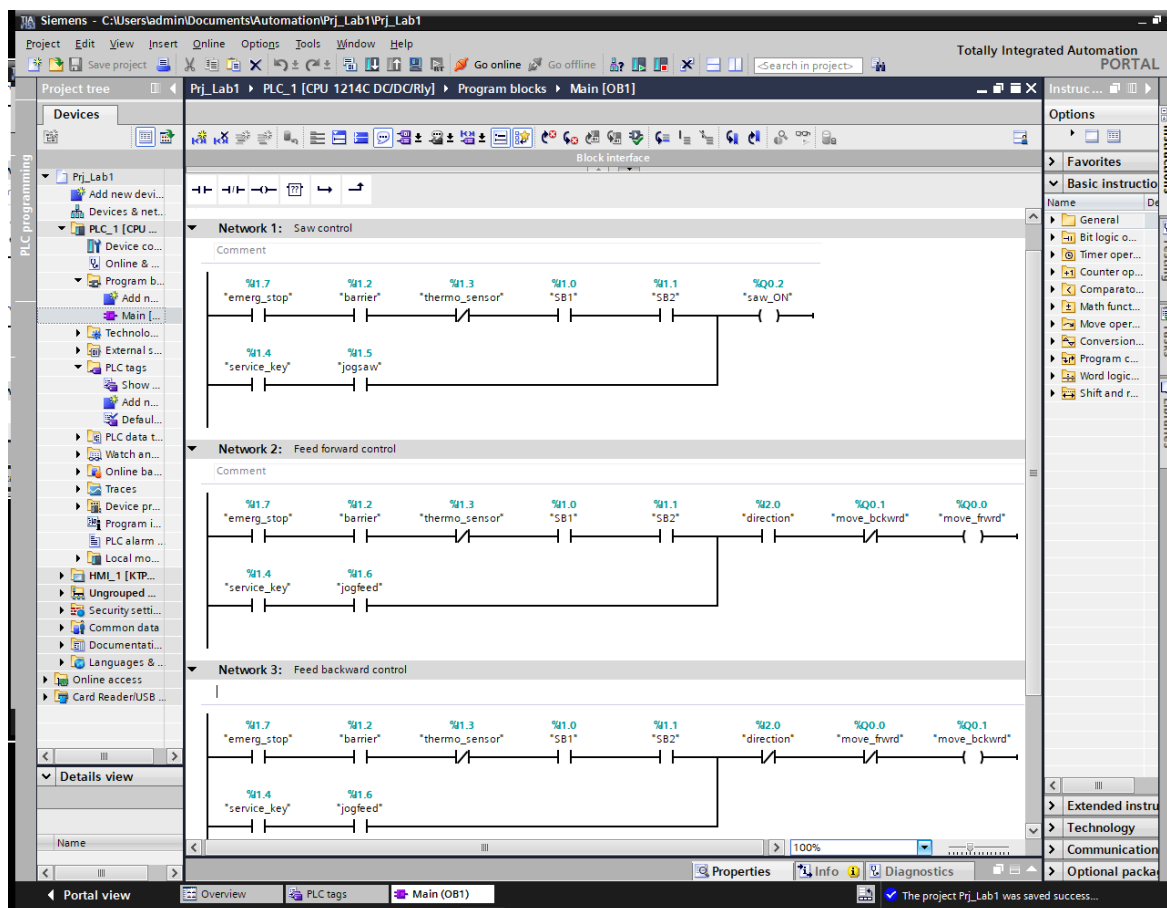


Рис. 16. Реалізація умов вмикання/вимикання приводів на мові LAD

Крок 17. Далі реалізуємо спрацювання контрольної лампи в різних режимах. Міготиння забезпечується від періодичного спрацювання мерехтливих бітів, що знаходяться в байті M0 (M0.7 – Clock\_0.5Hz, M0.3 – Clock\_2Hz). На рис. 17 показано реалізацію логічних ланок керування лампою (terg lamp) в межах блоку Network 4.

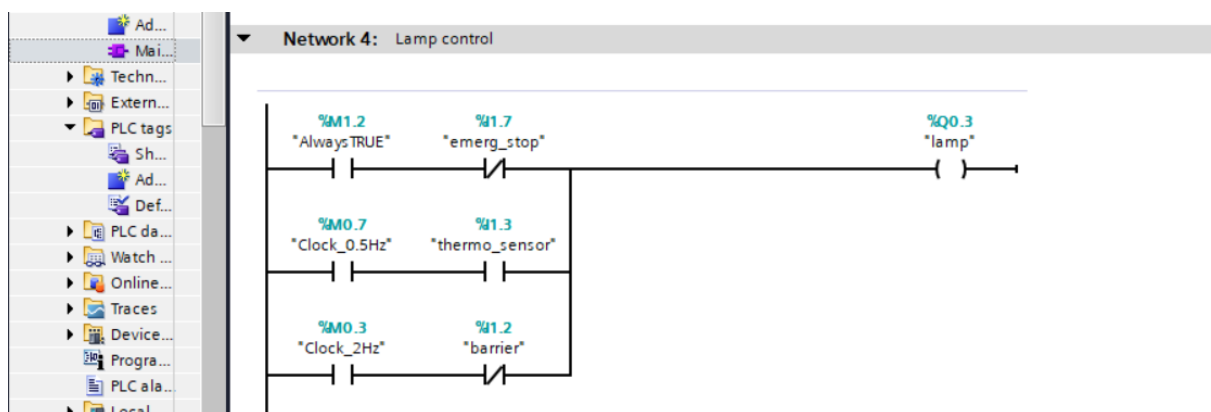


Рис. 17. Реалізація керування сигнальною лампою

*Перелік індивідуальних завдань.*

В якості самостійної роботи пропонується додати новий модуль дискретного вводу на 16 ліній, новий модуль виведення на 8 ліній, нові теги, що пов'язані з ними, нові Networks в блок Main та реалізувати в них індивідуальні логічні функції. Десяткові числа кодують двійковий стан ліній вводу при яких функція приймає значення логічної 1.

#### **IV Обговорення**

Розроблена структура уроку не є статичною. Ми розраховуємо що з часом вона буде змінюватися на еволюціонувати. Наразі ми бачимо такі можливі шляхи розвитку:

- перехід від рекомендованих відеофайлів, до створених власноруч: особливо перспективним здається формат відео, де про введення до системи TIA Portal будуть розповідати студенти старших курсів;
- представлення декілька коротких промо-відео від роботодавців про використання промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7;
- зміна структури уроку: введення вивчення теоретичного матеріалу до майстер класу, який необхідно розширити за допомогою додаткових кейсів, що враховують всі елементи викладеного теоретичного матеріалу;
- розробка зошиту з індивідуальної роботи з елементами активної взаємодії (на зразок представлено в [21]).

#### **V Висновки**

Структура розробленого уроку, складається з:

- перегляду відео-матеріалів, що дозволяють ввести студентів до предметної області;
- вивчення теоретичного матеріалу, що містить основні логічні елементи, що використовуються при складанні схем у проєктах;
- участі у майстер-класі зі створення зразка програмного проєкту;
- виконанні індивідуального завдання, що дозволяє закріпити отримані навички.

Для кожної складової зі структури розроблене методичне та наочне забезпечення.

Апробація розробленого уроку проводилася на онлайн конференції. За апробацією можна зробити такі висновки:

- не всі студенти приділяють належну увагу вивченню теоретичного матеріалу, ця проблема потребує подальшого дослідження та виявлення шляхів її усунення;
- з огляду на онлайн формат проведення заняття, необхідно обмежувати кількість учасників, інакше не всі студенти отримують увагу викладачі рівномірно;
- взагалі розроблений урок дозволяє сформувати навички налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 на достатньому рівні;
- покращити засвоєння знань можливе на окремих консультаціях.

#### **Бібліографічні посилання**

1. Rahmadwati, Tri Oktaviana Putri, Siswojo, Bambang. Temperature control of liquid egg pasteurization system using PLC (programmable logic controller) siemens simatic S7-200 and HMI (human machine interface) simatic HMI panel / Electrical Power, Electronics, Communicatons, Control and Informatics Seminar (EECCIS). Aug 2014. <https://doi.org/10.1109/eeccis.2014.7003727>
2. Wang L., Wang X.N., Jiang S.Q. Arm based efficient interpreter for SIMATIC S7 statement list / International Conference on System Simulation (ICUSS 2012). 2012. <https://doi.org/10.1049/cp.2012.0490>
3. Kieczmerski Paweł. Application of SIMATIC S7-1200 controllers for the water level control system in water reservoirs / PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, v. 1, iss. 10, pp. 25-29. <https://doi.org/10.15199/48.2022.10.04>
4. Večkys Algirdas, Brazauskas Kęstutis. Valdiklių programavimo STEP 7 (TIA Portal) pagrindai. KTU leidykla „Technologija“. 2018. 160 p. <https://doi.org/10.5755/e01.9786090214756>
5. Sobiepański Michał, Tagowski Michał. The preparation of process automation in SIEMENS TIA Portal environment / Mechanik, iss. 7, pp. 816-817. <https://doi.org/10.17814/mechanik.2016.7.188>
6. Salazar Johny Álvarez, Arango Juan Guillermo Mejía. TIA PORTAL. Aplicaciones de PLC. Fondo Editorial ITM 2017. 96 p. <https://doi.org/10.22430/9789585414112>
7. Zuxing Kou, Wei Zhang, Libao Zhang. Design of Automatically Conveying Materials Control System Based on TIA portal Configuration Software / 34rd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC). Jun 2019. <https://doi.org/10.1109/yac.2019.8787638>
8. Sunderhauf N., Krause T., Protzel P. Bringing robotics closer to students - a threefold approach / IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. <https://doi.org/10.1109/robot.2006.1641734>

9. Lafhaj Zoubair, Balkhy Wassim Al, Linner Thomas. Teaching Construction Robotics for Higher Education Students: "Imagine and Make" / Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC). Jul 2022. <https://doi.org/10.22260/isarc2022/0009>
10. Dube Sibusisiwe. The 21st Century Students' Educational Ict Preferences / International Robotics & Automation Journal, 2017, vol. 3, iss. 5. <https://doi.org/10.15406/iratj.2017.03.00069>
11. Білоус О. С. Особистісна спрямованість занять вищої школи як засіб підвищення рівня творчої активності студентів / Педагогіка вищої та середньої школи : зб. наук. праць. Кривий Ріг, 2006. Вип. 14. С. 28–35. <https://doi.org/10.31812/123456789/3333>
12. ChanLin L. Formats and prior knowledge on learning in a computer-based lesson. Journal of Computer Assisted Learning, 2001, vol. 17, iss. 4, pp. 409-419. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2001.00197.x>
13. Fiorella Logan. Fostering Generative Learning From Video Lessons: Effects of Learning Strategies and Lesson Formats. Proceedings of the 2020 AERA Annual Meeting. 2020. <https://doi.org/10.3102/1571335>
14. Jacovina Matthew, Snow Erica, Allen Laura, Roscoe Rod, McNamara Danielle Educational Lesson Formats: The Appeal of Animated Videos Versus Illustrated Texts. PsycEXTRA Dataset, 2014. <https://doi.org/10.1037/e528942014-584>
15. Кучер С. Л. Збірник міждисциплінарних завдань для дизайн-підготовки студентів спеціальності «Технологічна освіта». Кривий Ріг, 2015. 48 с. <https://doi.org/10.31812/123456789/4242>
16. Єчкало Ю. В. Основні вимоги до навчального комплексу з фізики для студентів та викладачів. Матеріали VII Міжнародної конференції «Стратегія якості в промисловості та освіті» (3-10 червня 2011 г., Варна, Болгарія) / М-во пром. політики України; Госпотребстандарт України; Нац. агентство акредитації України; Нац. металург. акад. України [НМетАУ] [и др.] : в 3-х т. Днепропетровск, 2011. Т. 3. С. 411-413. <https://doi.org/10.31812/0564/855>
17. Колгатіна Л. С. Застосування комп'ютерних засобів для керування самостійною роботою студентів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Харків, Мишкольц, Магдебург : ХГПУ, МУ, МТУ, 1997. С. 443–446. <https://doi.org/10.31812/123456789/3225>
18. Ничик Н. А. Яким навчально-методичним матеріалам для самопідготовки до практичних занять надають перевагу студенти? / Медична освіта, 2013, iss. 3. <https://doi.org/10.11603/me.v0i3.1319>
19. Lukitasari Marheny, Hasan Rusdi. The Development of Learning Task Through Students' Feedback - A Process of Lesson Plan by Lesson Study. Proceedings of the Annual Conference on Social Sciences and Humanities. 2018. <https://doi.org/10.5220/0007417701910195>
20. Оксанич А.П., Конох І.С., Арсеньєв Ю. А. Промислові автоматизовані системи: інструментальні засоби та управління техпроцесами. Підручник. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2017. 543 с.
21. Настанова по програмуванню S7-1200/S7-1500 STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal. Базова системна настанова 11/2015.
22. Гречановська Олена. Структура робочого зошита для самостійної роботи з гуманітарних дисциплін для студентів технічних ЗВО. Перспективи та інновації науки, 2022, iss. 7(12). [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2022-7\(12\)-117-125](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2022-7(12)-117-125)

## References

1. Rahmadwati, Tri Oktaviana Putri, Siswojo, Bambang. (2014). Temperature control of liquid egg pasteurization system using PLC (programmable logic controller) siemens simatic S7-200 and HMI (human machine interface) simatic HMI panel / Electrical Power, Electronics, Communications, Control and Informatics Seminar (EECCIS). <https://doi.org/10.1109/eeccis.2014.7003727>
2. Wang, L., Wang, X.N., Jiang, S.Q. (2012). Arm based efficient interpreter for SIMATIC S7 statement list / International Conference on System Simulation (ICUSS 2012). <https://doi.org/10.1049/cp.2012.0490>
3. Kieczmerski, Paweł. (2022). Application of SIMATIC S7-1200 controllers for the water level control system in water reservoirs / PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, v. 1, iss. 10, pp. 25-29. <https://doi.org/10.15199/48.2022.10.04>
4. Večkys, Algirdas, Brazauskas Kęstutis. (2018). Valdiklių programavimo STEP 7 (TIA Portal) pagrindai. KTU Leidykla "Technology". 160 p. <https://doi.org/10.5755/e01.9786090214756>
5. Sobiepański, Michał, Tagowski, Michał. (2016). The preparation of process automation in SIEMENS TIA Portal environment / Mechanik, iss. 7, pp. 816-817. <https://doi.org/10.17814/mechanik.2016.7.188>
6. Salazar, Johny Álvarez, Arango Juan Guillermo Mejia. (2017). TIA PORTAL. PLC applications. Fondo Editorial ITM. 96 p. <https://doi.org/10.22430/9789585414112>
7. Zuxing, Kou, Wei, Zhang, Libao, Zhang. (2019). Design of Automatically Conveying Materials Control System Based on TIA portal Configuration Software / 34th Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC). <https://doi.org/10.1109/yac.2019.8787638>
8. Sunderhauf, N., Krause, T., Protzel, P. (2006). Bringing robotics closer to students - a threefold approach / IEEE International Conference on Robotics and Automation., ICRA 2006. <https://doi.org/10.1109/robot.2006.1641734>
9. Lafhaj, Zoubair, Balkhy, Wassim Al, Linner, Thomas. (2022). Teaching Construction Robotics for Higher Education Students: "Imagine and Make" / Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC). <https://doi.org/10.22260/isarc2022/0009>
10. Dube, Sibusisiwe. (2017). The 21st Century Students' Educational ICT Preferences / International Robotics & Automation Journal, vol. 3, iss. 5. <https://doi.org/10.15406/iratj.2017.03.00069>

11. Bilous, O. S. (2006). Personal orientation of higher school classes as a means of increasing the level of creative activity of students. *Pedagogy of higher and secondary school: coll. of science works Kryvyi Rih*, Issue 14. P. 28–35. <https://doi.org/10.31812/123456789/3333>
12. ChanLin, L. (2001). Formats and prior knowledge on learning in a computer-based lesson. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 17, iss. 4, pp. 409-419. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2001.00197.x>
13. Fiorella, Logan. (2020). Fostering Generative Learning From Video Lessons: Effects of Learning Strategies and Lesson Formats. *Proceedings of the 2020 AERA Annual Meeting*. <https://doi.org/10.3102/1571335>
14. Jacovina, Matthew, Snow, Erica, Allen, Laura, Roscoe, Rod, McNamara, Danielle. (2014). Educational Lesson Formats: The Appeal of Animated Videos Versus Illustrated Texts. *PsycEXTRA Dataset*. <https://doi.org/10.1037/e528942014-584>
15. Kucher, S. L. (2015). Collection of interdisciplinary tasks for design training of students majoring in "Technological Education". *Kryvyi Rih*. 48 p. <https://doi.org/10.31812/123456789/4242>
16. Yechkalo, Y. V. (2011). Basic requirements for a physics educational kit for students and teachers. *Materials of the VII International Conference "Quality Strategy in Industry and Education" (June 3-10, 2011, Varna, Bulgaria) / M-vo prom. politiciens of Ukraine; Gospotrestandart of Ukraine; National Agency of Accreditation of Ukraine; National metallurgist Acad. Ukrainy [NMetAU] [and others]: in 3 vols. Dnipropetrovsk, Vol. 3. P. 411-413. <https://doi.org/10.31812/0564/855>*
17. Kolgatina, L. S. (1997). Application of computer tools for managing students' independent work. *Information technologies: science, technology, technology, education, health: materials of the international scientific and technical conference. Kharkiv, Myshkolts, Magdeburg: KhHPU, MU, MTU. P. 443–446. <https://doi.org/10.31812/123456789/3225>*
18. Nychyk, N. A. (2013). What educational and methodical materials for self-preparation for practical classes do students prefer? / *Medical education*, iss. 3. <https://doi.org/10.11603/me.v0i3.1319>
19. Lukitasari Marheny, Hasan Rusdi. (2018). The Development of Learning Task Through Students' Feedback - A Process of Lesson Plan by Lesson Study. *Proceedings of the Annual Conference on Social Sciences and Humanities*. <https://doi.org/10.5220/0007417701910195>
20. Oksanych, A.P., Konoh, I.S., Arsenyev, Yu.A. (2017). Industrial automated systems: tools and technical process management. *Textbook. Kremenchuk: PP Shcherbatykh O.V.*, 543 p.
21. Instructions for programming S7-1200/S7-1500 STEP 7 (TIA Portal) and STEP 7 Safety in TIA Portal. (2015). *Basic system instruction 11/2015*.
22. Grechanovska, Olena. (2022). The structure of the workbook for independent work on humanitarian disciplines for students of technical higher education institutions. *Perspectives and innovations of science*, iss. 7(12). [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2022-7\(12\)-117-125](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2022-7(12)-117-125)



**Конох Ігор Сергійович.**

Доктор технічних наук, доцент, професор кафедри автоматизації та інформаційних систем, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Університетська, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.  
E-mail: [konokh.is.univer@gmail.com](mailto:konokh.is.univer@gmail.com)

**Konokh Igor Serhiiiovych.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Automation and Information Systems Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, vul. Universytetska, 20, Kremenchuk, Poltava Region, Ukraine, 39600.  
E-mail: [konokh.is.univer@gmail.com](mailto:konokh.is.univer@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-5930-1957

Researcher ID: 1932824

Scopus ID: 57194700932

**Citation (APA):**

Konokh I. (2022). The Skills Formation of Configuring Industrial Controllers of the Siemens Simatic S7 family for students of educational programs in automation. *Engineering and Educational Technologies*, 10 (4), 20–34. doi: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2022.10.04.02>

**Цитування (ДСТУ 8302:2015):**

Конох І. С. Формування навичок налаштування промислових контролерів сімейства Siemens Simatic S7 студентів освітніх програм з автоматизації / Інженерні та освітні технології. 2022. Т. 10. № 4. С. 20–34. doi: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2022.10.04.02>

**Обсяг статті:** сторінок – 15 ; умовних друк. аркушів – 2,173.