

*Advances in Cryptology // Proceedings of CRYPTO'85, Springer Verlag Lecture in Computer Science 218. - 1986. - P. 417–726. 3. Koblitz N. Elliptic Curve Cryptosystems // Mathematics of Computation, 48. - 1987. - P. 203–209. 4. Акушский И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах // Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. - М.: Сов. радио, 1968. - 440 с. 5. ATKIN A. O. L. 1986a. Schoof's algorithm. Manuscript. 6. ELKIES N. D. Elliptic and modular curves over finite fields and related computational issues. In Computational Perspectives on Number Theory: Proceedings of a Conference in Honor of A. O.L. Atkins, D.A. Buell and J.T. Teitelbaum, eds. AMS/IP Studies in Advanced Mathematics, vol. 7. American Mathematics Society, Providence, R. I.- 1998.- pp. 21–76. 7. Schoof R. Elliptic curves over finite fields and the computation of square roots modulo  $p$ . / R. Schoof. - Bordeaux: Math. Comput. - 1985. - № 44. - 483–494 p. 8. Бессалов А.В. Криптосистемы на эллиптических кривых: учеб. пособие / А.В. Бессалов, А.Б. Телиженко. - К.: ИВЦ «Видавництво «Політехніка». 2004. - 224 С. 9. Задірака В.К. Комп'ютерна арифметика багаторозрядних чисел // В.К. Задірака, О.С. Олексюк - К.: 2003. - 264 с. 10. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації. - Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2010. - 536 с. 11. Kasyanchuk M. Matrix Algorithms of Processing of the Information Flow in Computer Systems Based on Theoretical and Numerical Krestenson's Basis // M.Kasyanchuk, I.Yakymenko, Ya. Nykolaychuk. / Proceedings of the X-th International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science" (TCSET-2010).-L'viv-Slavske.- 2010. - P.241. 12. Николайчук Я.М., Якименко І.З., Воронич А.Р., Волинський О.І. Пристрій визначення залишку багаторозрядного числа: патент на корисну модель № 68872. МПК G 06 F7/00. Опубл. 10.04.2012. Бюл. № 7. 13. Хетагуров Я.А. Повышение надежности цифровых устройств методами избыточного кодирования / Хетагуров Я.А., Руднев Ю.П. - М.: Энергия, 1974. - 272 с. 14. Новиков Л.Г., Шурыгин И.Т. Счётчики импульсов с коэффициентами счёта, управляемыми с помощью двоичного кода / Новиков Л.Г., Шурыгин И.Т. // Приборы и системы управления. - 1972. - № 6, - С. 30–31.*

УДК 681.5, 62.5

Ю.В. Яцук, А.Г. Павельчак, М.В. Бобош  
 Національний університет "Львівська політехніка",  
 кафедра комп'ютеризованих систем автоматики

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СКЛАДСЬКИМ ПРИМІЩЕННЯМ

© Яцук Ю.В., Павельчак А.Г., Бобош М.В., 2012

**Розроблено систему автоматичного керування складським приміщенням з використанням програмованих логічних контролерів, реалізовано та протестовано на виготовленому макеті чотири режими роботи програми. Створено автоматизоване робоче місце оператора за допомогою системи диспетчерського контролю та управління.**

**Ключові слова:** програмований логічний контролер, макет, програма керування, система диспетчерського контролю та управління.

**Developed model of automatic warehouse using programmable logic controllers, implemented and tested on a breadboard four modes of the program. Created a workstation for operator using specific system supervisory control and data acquisition.**

**Key words:** programmable logic controller, layout, program management, supervisory control and data acquisition.

### Вступ

Для автоматизації технологічних процесів використовують різноманітні пристрої: виконавчі механізми, сенсори, пристрої керування тощо. За останні роки вони розвинулись із "простих" до надзвичайно складних систем, які вміщують в одному корпусі не тільки аналогові та цифрові входи-виходи для під'єднання сенсорів та виконавчих механізмів, але і мікроконтролери, в яких розташову-

ються програми керування технологічними процесами. Ці системи отримали назву PLC (скорочення від англ. Programmable logic controller – програмований логічний контролер). PLC можуть бути об'єднаними в одній мережі для обміну інформацією між собою та передачі інформації на робоче місце диспетчера. Автоматизовані робочі місця (АРМ) складаються із персонального комп'ютера (ПК), на якому встановлене спеціалізоване програмне забезпечення, так звані SCADA-системи (скорочення від англ. Supervisory Control And Data Acquisition) для спостереження та керування технологічним процесом. Ці АРМ можуть розміщуватись безпосередньо в цеху виробництва (котельні, нафто- та газопереробні заводи, очисні споруди тощо) або виноситись за межі цеху (диспетчерські кімнати моніторингу руху літаків, поїздів, суден, а також диспетчерські спостереження та керування процесами проходження ядерних реакцій на атомних станціях, гідроелектростанціях, нафтопроводах тощо). Отже, створюється пульт управління та спостереження за проходженням технологічного процесу, що, своєю чергою, підвищує як безпеку та умови праці персоналу, так і якість кінцевої продукції завдяки повній або частковій відсутності людського втручання у технологічний процес. За диспетчером залишаються права як часткового, так і повного контролю технологічного процесу за допомогою зміни відповідних параметрів процесу на моніторі ПК. У разі виникнення неполадок в роботі обладнання диспетчер викликає відповідну службу, щоб усунути збої у роботі обладнання.

В Україні автоматизовані склади щороку набувають все більшого поширення. Сьогодні в нас діє велика кількість фірм, що надають послуги зі встановлення і обслуговування автоматизованих складів, і щороку їхня кількість зростає. Це, своєю чергою, зумовлює попит на інженерів і програмістів з базою знань і навичок у сфері автоматизації технологічних процесів.

Враховуючи вищесказане, з'являється гостра необхідність у кваліфікованих спеціалістах, які б вміли налаштовувати та обслуговувати не тільки апаратну частину обладнання (сенсори, виконавчі механізми, PLC, мережеві з'єднання), але і програмну. Базові знання із налаштування та обслуговування апаратної частини (електроніки, моторів постійного та змінного струмів, енкодерів, клапанів, пневмотехніки, сенсорів температури, тиску, руху тощо) переважна більшість інженерів отримує, зазвичай, у вищих навчальних закладах. Однак через відсутність відповідних навчальних дисциплін чи самих програмованих логічних контролерів вони не завжди володіють знаннями із програмування, наприклад програмування PLC, чи достатніми (а іноді й повністю відсутністю) знаннями в області програмування систем диспетчерського контролю та управління. Через останні причини підприємство витрачає додаткові кошти на навчання чи перепідготовку своїх працівників відповідно до потреб.

### **Актуальність**

У вищих навчальних закладах більшості країн світу для демонстрації принципів роботи автоматики, а також моделювання виконавчих процесів використовуються макети.

Перевагами такого способу навчання є:

- наочний приклад роботи розробленої програми;
- наближеність до справжнього обладнання;
- можливість випробовувати різні режими роботи без зупинки виробничої лінії;
- відтворення на макетах аварійних ситуацій, вирішення цих проблем тощо.

Як показує практика, подібні способи навчання значно підвищують рівень засвоєння студентами матеріалу.

### **Постановка задачі**

Зважаючи на актуальність цієї проблеми, поставлено такі задачі:

- розробити макет складського приміщення з використанням програмованих логічних контролерів фірми Vipa (VIPA Gesellschaft für Visualisierung und Prozessautomatisierung mbH, Німеччина);
- програма керування складом повинна підтримувати чотири режими роботи, а саме «автоматичне завантаження», «автоматичне розвантаження», «ручне завантаження» та «ручне розвантаження»;
- розробити автоматизоване робоче місце оператора складського приміщення на основі SCADA-системи Zenon (COPA-DATA GmbH, Австрія).

## Виклад основного матеріалу

Для забезпечення поставленої мети здійснено огляд фірм-виробників, що займаються автоматизованими складськими приміщеннями, їх будови та принципів дії. Розміщення деталей на складі починається з ділянки завантаження. Вилковий навантажувач забирає деталі на ділянці завантаження і переносить їх у вільну комірку стелажа. Коли необхідно вивантажити деталь, система управління визначає комірку, в якій зберігається необхідна деталь, вилковий навантажувач забирає деталь з цієї комірки і передає її на ділянку вивантаження.

Розроблений макет автоматизованого складу створено на базі програмованого логічного контролера фірми Vipa серії 115 SER, функціональна схема якого зображено на рис.1. Завантаження і корегування програми для автоматизованого складу відбувається з персонального комп'ютера, під'єданого до програмованого логічного контролера за багатоточковим інтерфейсом MPI2. Після завантаження програми керування автоматизованим складом у контролер подальше управління макетом здійснюється зі SCADA-системи.

SCADA-система підключена до програмованого логічного контролера і має власний програмований інтерфейс. З цієї SCADA-системи можна здійснювати аварійну зупинку чи запуск макета, отримати довідкову інформацію про призначення кнопок, встановлювати режим роботи макета на завантаження чи розвантаження складу.

Всі сенсори під'єднують до PLC за допомогою загальної шини входів. Управління кожним двигуном здійснює контролер через шину виходів.

Розглянемо детальніше принцип роботи макета автоматичного складу. Суть роботи макета полягає у розміщенні вантажу у вільні комірки для подальшого зберігання. Так само передбачена можливість розвантаження комірок складу для подальшого переміщення вантажу.

Відповідно до поставленого завдання, очевидно, що програма PLC має працювати в двох режимах роботи, які, своєю чергою, поділяються ще на два: «автоматичне завантаження», «автоматичне розвантаження», «ручне завантаження» та «ручне розвантаження».

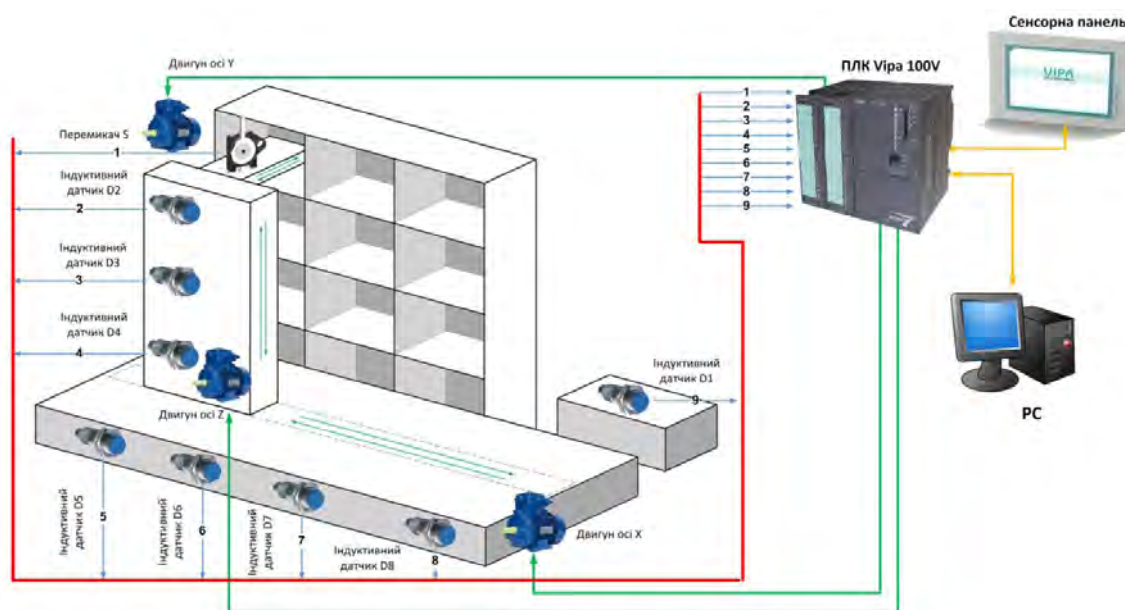


Рис. 1. Функціональна схема макета автоматизованого складу

Вибір режиму роботи програми PLC здійснює оператор зі SCADA-системи. У автоматичному режимі оператор визначає, що повинен робити макет: завантажувати продукцію чи розвантажувати. Якщо вибрано опцію «автоматичне завантаження», то програма PLC проводитиме завантаження продукції на склад, як тільки на позиції 9 з'явиться вантаж. Номер саме тієї комірки, де потрібно розмістити вантаж, PLC вибере сам, зважаючи на те, які комірки вже зайняті, а які вільні. Якщо склад вже буде заповнений, тобто у всіх комірках вже міститься вантаж і на позиції 9 буде ще

вантаж, то оператору буде виведено повідомлення про те, що склад заповнений. Завантаження в цьому випадку не відбуватиметься доти, доки не з'явиться вільна комірка.

Аналогічно до режиму роботи «автоматичне завантаження» працює і режим «автоматичне розвантаження», лише з тією відмінністю, що комірки складу розвантажуватимуться. Тобто братимуть вантаж з комірок складу і розміщуватимуть на позиції 9 макета автоматичного складу. Зауважимо, платформа макета обходитиме лише ті комірки, які зайняті вантажем. Вільні комірки будуть оминатись.

У випадку, коли на позиції 9 макета ще є вантаж, а на платформі макета вже розміщено наступний вантаж, його відвантаження не буде виконано доти, доки не звільниться позиція 9. Це забезпечить цілісність вантажу, оскільки він не накладатиметься один на одний.

Ручний режим завантаження/розвантаження відрізняється від автоматичного тим, що оператор із SCADA-системи вибирає номер комірки, в яку потрібно відправити вантаж або з якої саме комірки потрібно забрати.

У разі «ручного завантаження» оператор не повинен мати можливості вибрати вже зайняту комірку, а в разі «ручного розвантаження» – порожню комірку. Тим самим буде усунута можливість накладання (розміщення) декількох вантажів в одній комірці (вантаж не пошкодиться) та платформа макета не переміщатиметься до порожньої комірки під час розвантаження, що дозволить економити енергоносії на переміщення платформи та час.

Вантаж, який надходить на склад для зберігання, потрапляє на позицію 9. Про наявність вантажу на цій позиції сигналізує датчик D1. Коли датчик D1 спрацював, це означає, що наявний вантаж на позиції для завантаження/розвантаження. Датчик D1 може набувати два стани «0» та «1». Логічна «1» означає наявність вантажу, а логічний «0» означає, що вантаж відсутній (позиція вільна). Цей датчик під'єднаний до цифрового входу PLC. Зауважимо, що датчик по виходу може видавати напруги номіналом від 0 до 28 В. Спад напруг від 0 до 5 В ПЛК сприймає як логічний «0», а спад напруг від 15 до 28 В як логічну «1».

Склад має дев'ять комірок для зберігання вантажів (розмір 3×3). Датчики D5, D6, D7 та D8 використовуються для визначення позиції перебування платформи по осі X. Якщо активний (спрацював) датчик D8, то це означає, що платформа міститься на позиції завантаження/розвантаження. Відповідно, якщо спрацював датчик D5 – платформа навпроти ряду 1, D6 – платформа перебуває навпроти ряду 2, D7 – платформа навпроти ряду 3. Для визначення позиції платформи по осі Y використовуються датчики D2, D3 та D4.

Відстежують наявність вантажів у комірках за допомогою двовимірного масиву розміром 3×3. Якщо відповідний елемент цього масиву містить нуль, то це означає, що комірка вільна, а якщо цей елемент містить одиницю, то це означає, що комірка зайнята.



Рис. 2. Зображення розробленого макета

Програма керування макетом написана з використанням графічної мови програмування функціональних блоків діаграм (FBD) [1, 3], а перебір масиву та встановлення відповідних комірок в 1 чи 0 здійснюється текстовою мовою програмування SCL [2].

Для створення автоматизованого робочого місця оператора розроблено SCADA-систему на основі програми Zenon. Враховуючи поставлене завдання, система диспетчерського контролю та управління повинна відповідати таким вимогам: забезпечувати інформацією оператора про стан роботи «автоматичне завантаження», «автоматичне розвантаження», «ручне завантаження» та «ручне розвантаження».

Сам програмний продукт SCADA-системи Zenon складається з двох програм: середовища розробки та середовища виконання.

На рис. 3 зображено зовнішній вигляд розробленої SCADA-системи для режиму роботи «автоматичне завантаження». Розроблена SCADA-система складається з таких частин: область

вибору алгоритму роботи (позиція 1 та 2); область відображення руху по осях X, Y та Z (позиція 3, 5 та 6); область відображення алгоритму роботи (позиція 4); область відображення координат перебування платформи (позиція 8 і 9); область відображення макета в графічному вигляді (позиція 10); сервісні кнопки RELOAD та EXIT.

Розглянемо детальніше призначення кожної з областей для розробленої SCADA-системи.

Позиція 1 на рис. 3 використовується для зміни режиму роботи макета з автоматичного на ручний. Позиція 2 використовується для зміни режиму завантаження та розвантаження.

Позиції 3, 5 та 6 (рис. 3) використовуються для відображення станів двигунів, які відповідають за переміщення платформи по відповідних координатах, а саме: позиція 3 відповідає за відображення руху по осі Z, позиція 5 – по осі Y, позиція 6 – по осі X. Якщо на цих позиціях намальований знак СТОП, то це означає, що двигуни не працюють. Якщо намальовані стрілочки, то вони означають напрям руху платформи у трьох координатах.

Позиція 7 являє собою комірки складу (розміром 3x3). Якщо ці комірки зафарбовані зеленим кольором, то це означає, що комірка вільна, а якщо вони зафарбовані червоним кольором, то це означає, що комірки зайняті. Тобто оператор бачитиме, які саме комір ще вільні, а які вже зайняті. Комір пронумеровані зверху-вниз, зліва-направо в тому самому порядку, як відбуватиметься завантаження в автоматичному режимі. Комірка з номером «0» відображає позицію для завантаження/розвантаження. Якщо ця комірка зафарбована зеленим кольором, то це означає, що позиція вільна, а якщо червоним – на позиції міститься вантаж.

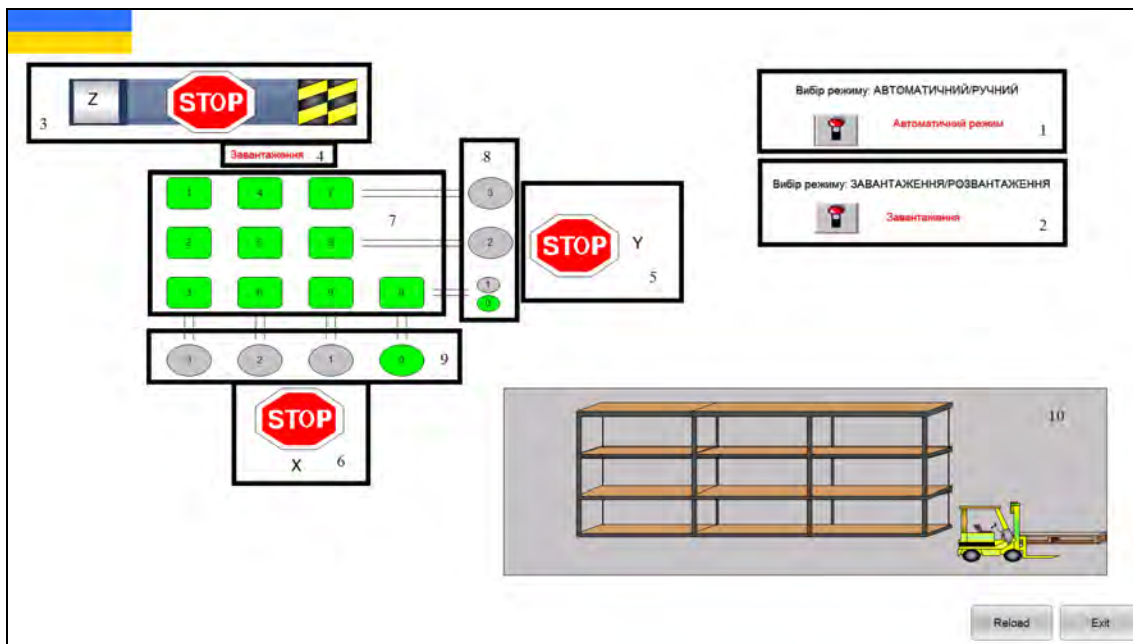


Рис. 3. Вигляд розробленої SCADA-системи для макета автоматичного складу

Позиції 8 та 9 (рис. 3) надають інформацію оператору про координати платформи по осях Y та X відповідно. Кружечок зеленого кольору означає, що на цій координаті зараз розміщена платформа.

Позиція 10 надає інформацію оператору про стан складу так само, як і позиції, описані вище.

Сервісні кнопки RELOAD та EXIT використовуються лише під час розроблення SCADA-системи і виконують перезавантаження проекту онлайн та вихід із проекту відповідно.

Отже, розроблена SCADA-система для макета автоматизованого складу дозволяє операторові виконувати такі дії:

- змінювати алгоритм роботи макета: «автоматичне завантаження», «автоматичне розвантаження», «ручне завантаження», «ручне розвантаження»;
- спостерігати за роботою макета в реальному масштабі часу для всіх режимів роботи;

- для режиму роботи «ручне завантаження» вибирати комірку, куди необхідно перемісти вантаж;
- для режиму роботи «ручне розвантаження» вибирати комірку, звідки необхідно забрати вантаж;
- контролювати поточне розташування платформи;
- отримувати інформацію про те, чи є на платформі вантаж;
- отримувати інформацію про роботу двигунів по осях X, Y та Z.

Зауважимо, що розроблена SCADA-система має такий самий графічний інтерфейс для всіх решти режимів роботи: «автоматичне розвантаження», «ручне завантаження» та «ручне розвантаження».

До недоліків розробленого макета можна віднести те, що студенти під час виконання лабораторних робіт з курсу «Контролери систем автоматики» працюватимуть лише з дискретними величинами. Тобто всі сенсори, що є на макеті, мають дискретні виходи. Для поглиблення отриманих студентами знань із програмування PLC планується модернізувати макет, а саме для визначення позиції розташування рухомої платформи автоматичного складу використати енкодера.

### **Висновки**

На основі проведеного огляду обладнання фірм виробників та принципів роботи складу розроблено макет автоматизованого складу, який використовуватиметься під час навчання чи перепідготовки студентів. Для забезпечення роботи макета розроблено чотири алгоритми роботи макета та на їхній основі розроблено та відтестовано програму керування, яка розміщується в PLC. Для відображення інформації про стан макета було спроектовано та розроблено SCADA-систему на базі програмного забезпечення Zenon, що дає змогу отримувати інформацію про етапи роботи макета в режимі реального часу. Програма керування роботою макета працює в чотирьох режимах: «автоматичне завантаження», «автоматичне розвантаження», «ручне завантаження» та «ручне розвантаження». Така структура програми дозволить оператору вибрати найдоцільніший алгоритм роботи макета. Завдяки використанню SCADA-системи в поєднанні з PLC фірми Vipa можливо створити автоматизоване робоче місце оператора, яке може бути винесене за межі приміщення, в якому розміщений макет, що приведе до покращення умов праці та до створення диспетчерських пультів управління. Оператора відсторонено від втручання у сам процес виконання завантаження та розвантаження макета, проте за оператором залишається можливість прийняття найважливіших рішень, таких як: зміна алгоритму роботи макета, вибір комірки для завантаження чи розвантаження. Розроблений макет та програма керування ним дасть змогу повною мірою освоїти як програмування PLC (однією із п'яти мов програмування згідно з міжнародним стандартом IEC 61131), так і розроблення систем диспетчерського контролю та управління.

*1. Бергер Г. Автоматизация с помощью программ STEP7 LAD и FBD. – Изд. 2-е, перераб. – 2001. – 605 с. 2. Бергер Г. Автоматизация посредством STEP 7 с использованием STL и SCL и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/400. – 2001. – 776 с. 3. Jones C.T. STEP 7 in 7 Steps. – First Edition. – 2006. – 464 p.*