

УДК 371.6:371.694

## НАВЧАЛЬНО-ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС РОЗПОДІЛЕНОЇ ІЄРАРХІЧНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ (АСК) ПОЛІГРАФІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Р. В. Казьмірович, О. Р. Казьмірович

*Українська академія друкарства,  
вул. Підголоско, 19, Львів, 79020, Україна*

*Запропоновано тренажерну технологію, яка дає можливість студентам проектувати та набувати навиків роботи з системами SCADA для фізичних моделей реальних поліграфічних об'єктів керування. У навчально-лабораторному комплексі використано умовний розподіл промислових мереж за трьома ієрархічними рівнями: промисловою мережею рівня датчиків та виконавчих механізмів; промисловою мережею рівня контролерів, яка побудована на базі програмованих логічних контролерів фірми SIEMENS (Німеччина) та вітчизняних малоканальних контролерів МК-51, виготовлених ТОВ «МІКРОЛ» (Івано-Франківськ); інформаційною мережею, на якій містяться сучасні засоби людино-машиинних інтерфейсів. Як мови програмування контролерів використано найпоширеніші мови стандарту MEK 61131: LD, FBD й IL.*

**Ключові слова:** *навчально-лабораторний комплекс, АСК, SCADA-система, ПЛК, промислові мережі, поліграфічне виробництво.*

**Постановка проблеми.** Темпи появи нових апаратних та програмних засобів для вирішення завдань автоматизації поліграфічного виробництва висувають вимоги до швидкого освоєння їх студентами галузевих вищих навчальних закладів. Для того, щоб не відставати від науково-технічного розвитку інформаційних технологій у поліграфії, потрібно регулярно оновлювати навчальну лабораторну базу створенням нових ключових лабораторій. Сьогодні ця проблема посилюється, зокрема, необхідністю підготовки кваліфікованих спеціалістів у рамках розвитку науково-технічного забезпечення новостворюваного регіонального кластера «Папір та поліграфія», як і подальшого розвитку наявного регіонального кластера «Інформаційні технології» за перспективним її окремим напрямом підготовки спеціалістів з інтегрованих систем управління для сучасних промислових підприємств.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Основою автоматизації сучасних прогресивних технологічних процесів є розподілені системи керування ієрархічного типу.

При цьому суттєво змінюється технологія керування та подання інформації, оскільки в систему інтегровані персональні комп'ютери, які трансформовані в дисплейні станції за допомогою фірмового програмного забезпечення. Оперативне керування та спостереження за об'єктом керування оператор реалізовує через функціональні можливості дисплейної станції.

Інтегроване виробництво сьогодні — це єдина система, що представляє об'єднання різнотипних мікропроцесорних вузлів з використанням обчислювальних мереж. Технічною передумовою інтеграції систем управління є широке впровадження на виробництві комп'ютерної та мікропроцесорної тех-

ніки, а також сучасних інформаційних технологій. На рис. 1 наведено приклад узагальненої інтегрованої структури системи управління, з якої випливає, що одним з елементів цієї схеми є використання різноманітних обчислювальних мереж на різних рівнях управління. Без них неможливо створити єдиний інформаційний простір [1–2].

Нижні рівні (локального управління, управління процесом та частково MES (Manufacturing Execution System — система виконання виробничих завдань) належать до автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП), верхні (частково MES) — до автоматизованої системи управління підприємством (АСУП). У системах АСУТП використовують умовний розподіл промислових мереж залежно від області застосування на трьох рівнях: інформаційна мережа; промислова мережа рівня контролерів; промислова мережа рівня датчиків та виконавчих механізмів (ВМ).

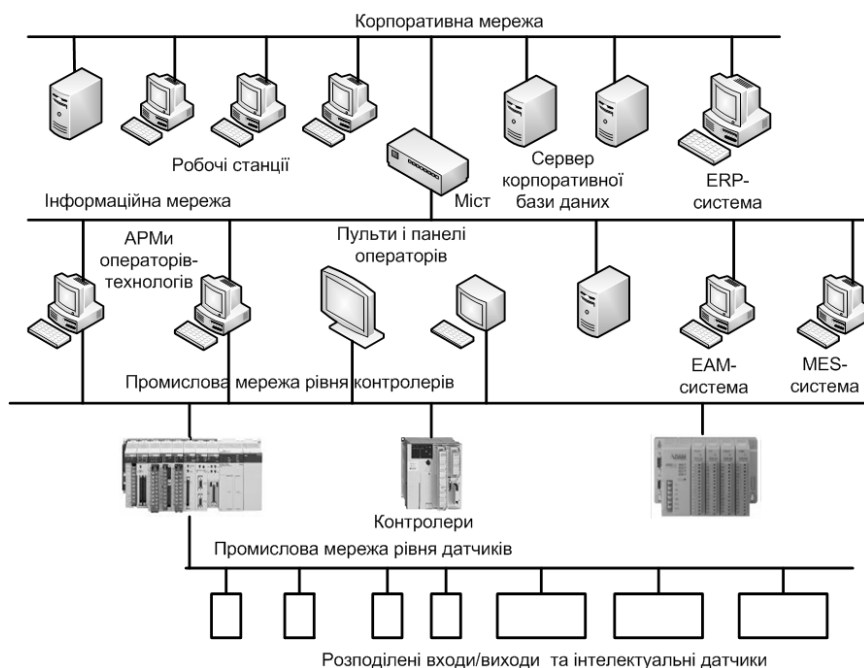


Рис. 1. Приклад узагальненої структури інтегрованої системи управління

*Промислова мережа рівня датчиків та ВМ* включає рівень польових засобів, завданням мереж якого є безпосереднє через модулі вводу/виводу опитування датчиків і керування роботою різноманітних ВМ. Цей рівень містить компоненти, що надають інформацію про стан технологічного процесу на верхні рівні автоматики (датчики), і компоненти, що впливають на об'єкт управління (виконавчі пристрої). Цей рівень — це основа систем автоматики, що наявний у будь-якій системі автоматизації на підприємстві і старіє одночасно з технологічним процесом. На ньому зароджуються інформаційні потоки: показники випуску продукції, витрати сировини, енергії, води тощо. Він є

наймасовішою й часто найдорожчою частиною системи автоматизації: як за собівартістю, так і щодо монтажних робіт.

*Промислова мережа рівня контролерів* забезпечує обмін інформацією на рівні місцевої автоматики АСК ТП (автоматизованої системи керування технологічними процесами) між пристроями керування (ПЛК) та виконавчими механізмами й датчиками, або між самими пристроями керування технологічними об'єктами [3–4]. На цьому рівні промислової мережі нагромаджується велика кількість невеликих за розміром повідомлень (від кількох бітів до кількох байт). Ця мережа працює в режимі безперервного циклічного сканування всіх своїх учасників, а час циклу, відповідно, визначає швидкість передавання інформації і впливає на час реакції контролера, що цю інформацію використовує.

Отож до таких мереж висувають підвищені вимоги щодо швидкодії. Основне призначення цього рівня полягає у виконанні двох функцій: виконання алгоритмів місцевого (локального) управління відповідно до заданої програми; роль посередника між верхнім (диспетчерським) і нижнім рівнями виконуючої і контролюючої апаратури. Тут містяться програмовані логічні контролери (ПЛК), що управляють через нижній рівень системи технологічними процесами у режимі жорсткого реального часу, об'єднані між собою промисловою мережею та підтримують обмін із верхнім рівнем системи.

*Інформаційна мережа* бере участь у вирішенні завдань з керування виробництвом загалом або комплексом технологічних процесів і забезпечує обмін між контролерами, засобами SCADA/HMI та засобами рівня АСУП. У мережах систем керування поєднується процедура циклічного сканування даних зі здатністю передавати великі масиви інформації, такі як програми для контролерів та інших пристроїв, пакети звітів, рецепти процесів. На цьому рівні перебувають засоби людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ), які призначені для обміну інформацією між людиною та машинами. Засобами ЛМІ можуть бути кнопки керування, перемикачі, потенціометри, індикатори, панелі оператора, ПК (персональні комп'ютери) тощо.

**Мета статті.** Розробити навчально-лабораторний комплекс (НЛК), що дає можливість студентам отримати і закріпити знання, набуті на лекційних заняттях, зокрема виконанням вправ зі створення керуючого програмного забезпечення для цифрових систем управління поліграфічними промисловими процесами, при вмілому розпізнаванні та врахуванні в алгоритмі управління властивої інфраструктури пристроїв входи/виходи процесу, та вправ (завдань) з напряму комп'ютерних систем нагромадження та візуалізації даних із контрольованого промислового об'єкта.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Загальний вигляд розробленого навчально-лабораторного комплексу розподіленої ієрархічної системи керування поліграфічними пристроями та процесами наведено на рис. 2.

НЛК зібраний на шести лабораторних столах, жовтого кольору (рівень датчиків та ВМ), на кожному з яких встановлюються окремі панелі (плати) розміром 38x34 см з наборами різного типу датчиків та ВМ, які є найпоширенішими

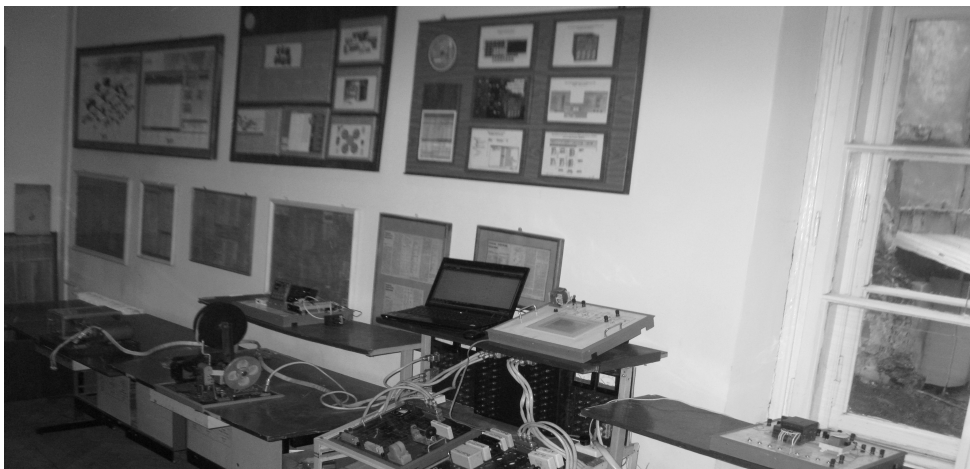


Рис. 2. Загальний вигляд лабораторної установки розподіленої системи керування ієрархічного типу на основі мережі малоканалних контролерів

на поліграфічних підприємствах. Залежно від кількості датчиків (ВМ) вони за допомогою кабелів з 6-ти, 14-ти або 20-ти контактними рознімами під'єднуються до відповідних клем центрального пульта. На центральному пульті також встановлено ряд вимірювальних приладів для вимірювання (контролю) вольтамперних параметрів вхідних/вихідних сигналів. НЛК призначений для під'єднання до 40 пар датчиків та ВМ.

До столів прикріплені полиці синього кольору (рівень контролерів), на яких розміщуються плати з різними ПЛК, а ще вище за висотою розташована полиця червоного кольору (інформаційний рівень), на якій розташовані людино-машинні інтерфейси, а також персональні комп'ютери на базі яких можуть бути створені автоматизовані робочі місця (АРМ) операторів та технологів. Так, на НЛК може бути зібрана та промодельована робота системи SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition — система диспетчерського керування та збирання даних) для реальних поліграфічних об'єктів.

Як дискретні датчики застосовуються такі: керуючі перемикачі та кнопки на пульті управління, оптоелектронні перетворювачі переміщень робочих органів поліграфічних машин, механічні, оптоелектронні датчики наявності паперового полотна (стрічки) типу OMRON; фотоелектричні та індуктивні кінцеві вимикачі. Аналоговими датчиками можуть бути термоперетворювачі опору, термоелектричні перетворювачі та кондуктометричні датчики електропровідності водяних розчинів. Для перетворення сигналів аналогових датчиків в уніфікований сигнал постійного струму використовують: перетворювач вимірювальний з уніфікованим вихідним сигналом типу ПВУ-0197/Pt100; перетворювачі сигналів термопар типу БПТ-22; перетворювач кондуктометричний нормуючий ПК-10-1.

До фізичних моделей реальних поліграфічних об'єктів керування (ВМ) належать: сигналізатори подій, блоки форсованого керування електромагніта-

ми виконавчих механізмів лічильно-групувальних пристроїв, що використовуються у поліграфічному виробництві; двопозиційні виконавчі механізми типу ДР-1 та ПР-1М, які можуть застосовуватися для зміни положення регульованих органів; малопотужні крокові двигуни та двигуни п/с, електродвигуни та електромагніти змінного струму, що вмикаються за допомогою тиристорних оптронів типу ТО-6, різноманітні типи електромагнітних реле, сигнальні лампи; ультрафіолетовий наświetлювач на базі ламп Philips HPR125, нагрівачі, вихідні підсилювачі на базі уніфікованих елементів серії Логіка-Т та Логіка-І, регульовані клапани пристроїв подачі рідини тощо.

У процесі навчання студенти набувають навиків роботи з мікроПЛК типу LOGO!12/24RC, LOGO TD! фірми SIEMENS (Німеччина) [5] та Zelio Logic фірми Schneider Electric (Франція) [6], з ПЛК SIMATIC S7-200 та SIMATIC S7-1200 фірми SIEMENS. ПЛК платформи SIMATIC S7 [7] найвідомішої поліграфічної компанії «HEIDELBERG» широко використовує для управління цілого ряду свого устаткування. Отож засвоєння ПЛК цієї платформи полегшує випускникам експлуатацію та обслуговування цього устаткування. У контролері можна організувати декілька контурів регулювання.

Іншим напрямом розробки НЛК є набуття навиків роботи з вітчизняними ПЛК МІК-51 виробництва ТОВ «МІКРОЛ» м. Івано-Франківськ [8] для широкого впровадження їх у поліграфічну промисловість. Контролер МІК-51 — це компактний малоканальний багатофункціональний промисловий мікропроцесорний контролер, призначений для автоматичного регулювання і логічного керування технологічними процесами.

На ПК та сенсорних панелях оператора, що розташовані на самій верхній полиці НЛК (інформаційна мережа) студенти отримують навиків роботи в дисплейній станції. Для збирання, аналізу, обробки, передачі та керування об'єктами управління використовується сенсорна панель оператора SIMATIC TP 177Micro в середовищі SIMATIC WinCC flexible 2008 Micro та вітчизняний інструмент верхнього рівня автоматизації SCADA – системи «Visual Intellect». Програмування панелі оператора КТР400 Basic mono PN, як і інших панелей серії SIMATIC Basic Panel здійснюється в інтегрованому середовищі SIMATIC STEP7 Basic V10.5. На цьому ж рівні встановлено ПК, на якому здійснюється програмування ПЛК LOGO! в середовищі (редактора) LOGO!Soft Comfort, Zelio Logic– в середовищі ZelioSoft, SIMATIC S7-200 в середовищі SIMATIC STEP7MicroWinV4.0 та SIMATIC S7-1200 в середовищі SIMATIC STEP7 Basic V10.5. Програмування ПЛК здійснюється мовами LD (Ladder Diagram — ступінчаті діаграми), FBD (Function Block Diagram — діаграма функціональних блоків), IL (Instruction List — перелік інструкцій). Програмування контролера МІК-51 виконується за інтерфейсом за допомогою спеціального програмного забезпечення – візуального редактора FBD-програм АЛЬФА або клавішами передньої панелі. Система програмування реалізована відповідно до вимог стандарту Міжнародної Електротехнічної Комісії (МЕК) IEC 61131 [9–10] та призначена для розробки прикладного програмного забезпечення збору даних і управління технологічними процесами, що виконуються на ПЛК.

Склад та складність лабораторних робіт залежать від кількості годин та рівня підготовки студентів. Задачі, які розв'язують студенти, охоплюють широке коло об'єктів поліграфічного виробництва.

**Висновки.** Отже, розроблено НЛК, в якому студенти засвоюють основи програмування комп'ютерно-інтегрованих систем поліграфічного виробництва та набувають навиків роботи із дисплейною станцією. НЛК дає можливість перевірити на практиці роботу різних алгоритмів керування та ідентифікації об'єктів, порівняти результати теоретичного моделювання та реального експерименту. Вирішені питання проведення лабораторних робіт зі створення відповідних змістових модулів та нових навчальних дисциплін: «Контролери та їх програмне забезпечення», «Людино-машинні інтерфейси» та «Проектування інформаційно-керуючих пристроїв поліграфічного устаткування».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електронний форум АСУТП [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://asutpforum.spb.ru>.
2. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посіб. / [Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П.]. — К. : Вид-во «Ліра-К», 2011. — 552 с.
3. Парр Э. Программируемые контроллеры : руков. [для инженера] / Э. Парр ; пер. с англ. — М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. — 516 с.
4. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров // под ред. проф. В. П. Дьяконова. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с.
5. Siemens LOGO!: manual, Nuremberg, 2008. — Mode of access to magazine: [http://www.electronshik.ru/pdf/SIEMENS/logo\\_system\\_manual.pdf](http://www.electronshik.ru/pdf/SIEMENS/logo_system_manual.pdf).
6. Telemecanique Zelio Logic User Guide, 2004. — 150 с.
7. Siemens electronic forum [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://automation-drives.ru/forum>.
8. Мікрол [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [www.microl.ua](http://www.microl.ua).
9. Standard IEC 61131-4:2004. Programmable Controllers. Part 4: User Guidelines, (Technical Report).
10. Standard IEC 61131-8:2003. Guidelines for the application implementation of languages for programmable controllers (Technical Report).

#### REFERENCES

1. ASUTP electronic forum, available at: <http://asutpforum.spb.ru>.
2. Pupena O., Elperin I., Lutska N., Ladanyuk A. (2011), Industrial networks and integration technology in automated systems, Lira-K Publishing, Kyiv.
3. Parr E. Programmable Controllers : an engineer's guide (2007), BINOM, Laboratory knowledge, Moscow.
4. Petrov I. Programmable Controllers (2004), Standard of languages and reception applied project, SOLON-Press, Moscow.
5. Siemens LOGO!: a manual(2008), available at: [http://www.electronshik.ru/pdf/SIEMENS/logo\\_system\\_manual.pdf](http://www.electronshik.ru/pdf/SIEMENS/logo_system_manual.pdf).
6. Telemecanique Zelio Logic User Guide (2004).
7. Siemens electronic forum, available at: <http://automation-drives.ru/forum>.

8. www.microl.ua
9. Standard IEC 61131-4 (2004), Programmable Controllers. Part 4: User Guidelines, Technical Report.
10. Standard IEC 61131-8 (2003), Guidelines for the application implementation of languages for programmable controllers, Technical Report.

### **TRAINING LABORATORY COMPLEX OF THE ARRANGED HIERARCHICAL AUTOMATIC OPERATING SYSTEM (AOS) OF PRINTING PROCESSES**

R. V. Kazmirovych, O. R. Kazmirovych  
*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine  
kazmol@yandex.ru*

*The training technology for students to get experience in design and work with the SCADA systems for physical models of real printing objects control has been offered. In the training laboratory complex there used a conditional arrange of industrial networks on the three hierarchical levels: the industrial network of the level of sensors and executive mechanisms; the industrial network of controllers building on the basis of programmable logic controllers by SIEMENS (Germany) and national MIK-51 small channel controllers made by MICROL Ltd. (Ivano-Frankivsk); the information network with modern Human-Machine Interfaces tools. As the proposed programming languages of controllers we have used the most popular ones according to the MEK 61131 standard, such as LD, FBD and IL.*

**Keywords:** *training laboratory complex, ASM, SCADA system, PLC, industrial networks, printing manufacturing.*

*Стаття надійшла до редакції 09.12.2014.*

*Received 09.12.2014.*