

УДК 686.12.056

## АВТОМАТИЗАЦІЯ НАРІЗАННЯ ЕТИКЕТНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ОДНОНОЖОВИХ ПАПЕРОРІЗАЛЬНИХ МАШИНАХ НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ

О. Р. Казьмірович, Р. В. Казьмірович

*Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

*Запропоновано лічильно-імпульсну систему числового програмного керування на базі програмованих логічних контролерів LOGO! TD фірми «Siemens», призначену для автоматизації технологічних процесів нарізання етикетної продукції на одноножових паперорізальних машинах вітчизняного виробництва. Висвітлено загальні питання проектування та вибору програмно-апаратної платформи для нарізання вказаного асортименту поліграфічної продукції.*

**Ключові слова:** *автоматизація, одноножові паперорізальні машини, система числового програмного керування, програмовані логічні контролери.*

**Постановка проблеми.** Процес розрізання аркушевої продукції на одноножових паперорізальних машинах (ОПРМ) пов'язаний з рядом однотипних і втомливих для різальника операцій: після кожного різу ввімкнути електродвигун, щоб перемістити подавач на коротку відстань, вручну точно довести його до потрібного розміру, після чого ввімкнути механізм різу й т. д. Тому одним із важливих напрямів підвищення продуктивності ОПРМ унаслідок скорочення допоміжного часу, збільшення точності в процесі багаторазових подач стосу, виключення впливу помилок різальника на якість роботи та зменшення його стомлюваності є їх автоматизація через введення систем числового програмного керування (ЧПК). Особливо ефективно застосування систем ЧПК під час розрізання етикеток та іншої продукції, яка потребує значного обсягу різальних робіт.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для автоматизації вітчизняних ОПРМ моделей БР-115А, БР-136А, а також ОПРМ зарубіжного виробництва Perfecta (SEYPA) та Adast (Maximatik), в яких системи ЧПК на магнітних програмноносіях через тривалу експлуатацію вийшли з ладу або недостатньо надійно функціонували, автори розробили лічильно-імпульсні системи ЧПК, які пройшли тривалі виробничі випробування на Роменському заводі поліграфічних машин, поліграфічному підприємстві «Зоря» та Феодосійській офсетній фабриці. Для їх побудови були використані дискретні логічні елементи Логіка-Т, що забезпечили високу заводостійкість функціонування в умовах сильних електромагнітних завад, поряд з потужними приймачами електроенергії та комутаційною апаратурою. Дальшим кроком модернізації цих систем ЧПК було запропоновано їх побудову на базі дискретних логічних елементів Логіка-І, які виконані на базі цифрових висо-

козавадозахищених інтегральних мікросхем серії K511 (аналог серії N1xx фірми «Silicon General Inc.») [1].

**Мета статті** — дослідження можливості модернізації систем ЧПК вітчизняних ОПРМ, призначених для розрізання етикетної продукції на базі промислових мікропроцесорних контролерів, поява яких пов'язана насамперед з автоматизацією дискретних процесів і необхідністю заміни традиційних систем керування, побудованих на базі безконтактних логічних схем керування, що працювали за жорсткою логікою.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Останнім часом набуло поширення та кардинально змінило техніку управління застосування спеціальних пристроїв в умовах автоматизованого виробництва, а саме програмованих логічних контролерів (ПЛК) [2–4], які за помірковану ціну поєднують у собі обчислювальну потужність і значну гнучкість. Сьогодні ПЛК належать до сегментів сучасної автоматизації, що найдинамічніше розвиваються. Застосування ПЛК дає змогу суттєво зменшити витрати зусиль на їх програмування користувача-розробника конкретної системи автоматичного керування об'єктом завдяки представленню програми за допомогою логічних символів драбинної релейно-контактної діаграми та деяких елементів (таймерів, лічильників) — у вигляді готових функціональних блоків. Витрати на розроблення і виготовлення пристроїв спряження кіл силового електроустаткування з мікропроцесорною частиною контролера також зменшуються, оскільки ПЛК виготовляють з готовими інтерфейсами введення-виведення.

У процесі проектування пристрою ЧПК для нарізання етикетної продукції одним із основних питань є оптимальний вибір способу введення інформації. На вибір способу введення програми (автоматично, записану на спеціальному програмноносії, чи вручну) впливає багато факторів, насамперед складність і частота зміни програми.

При нарізанні етикетної продукції складність програми можна в загальному випадку оцінити введенням поняття «обсяг програми», який, зокрема, для етикетної продукції становить

$$S = a \cdot k + b \cdot l, \quad (1)$$

де  $S$  — обсяг повної програми;  $a$  — кількість команд розмірної інформації в окремій програмі різання за довжиною аркуша;  $b$  — кількість команд розмірної інформації в окремій програмі різання за шириною аркуша;  $k$  — кількість разових команд розмірної інформації у програмі різання за довжиною аркуша;  $l$  — кількість разових команд розмірної інформації у програмі різання за шириною аркуша.

Величина  $S$  характеризує загальний обсяг програми, що її треба ввести в ПЛК, яка є керуючою інформацією для певного тиражу замовлення до введення наступної програми.

Час використання однієї повної програми можна оцінити за допомогою виразу

$$T_n = (t_p' \cdot k + t_p'' \cdot l)m, \quad (2)$$

де  $t_p'$  — час роботи ОПРМ за разовою програмою різання за довжиною аркуша;  $t_p''$  — час роботи ОПРМ за разовою програмою різання за шириною аркуша;  $m$  — кількість стосів, оброблених за незмінною програмою різання.

Позначимо річний фонд автоматичної роботи ОПРМ через  $\Phi$  і коефіцієнт, який враховує позацикловий час підготовки та введення програми різання в ПЛК, через  $K_{nnp}$ , тоді

$$\Phi = T_{n_1} K_{n_{u_1}} + T_{n_2} K_{n_{u_2}} + \dots + T_{n_n} K_{n_{u_n}}, \quad (3)$$

де  $T_{n_1}, \dots, T_{n_n}$  — час використання відповідних програм.

Приймаючи  $K_{n_{u_1}} = K_{n_{u_2}} = \dots = K_{n_{u_n}}$ , перепишемо рівняння (3) у вигляді

$$\Phi = (T_{n_1} + T_{n_2} + \dots + T_{n_n}) K_{n_3}$$

або

$$\Phi = \sum_{i=1}^n T_{n_i} K_{n_i}, \quad (4)$$

де  $n$  — кількість програм, використаних за рік.

Тоді частоту зміни програми за рік  $f_{3M}$  можна представити як

$$f_{3M} = \frac{\Phi}{T_{n_{сep}} K_{n_3}}, \quad (5)$$

де

$$T_{n_{сep}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{n_i}}{n}. \quad (6)$$

У процесі розрізання етикетної продукції в ПЛК вводять дуже малий і водночас доволі часто змінюваний обсяг програмованих параметрів. Тому в цьому випадку обґрунтоване ручне введення інформації про кожну зміну тиражу.

Система ЧПК забезпечує стартове переміщення подавача на великій швидкості та перехід на малу швидкість при відстані, меншій ніж 30 мм до зупинки, і формування із заданим випередженням сигналу на зупинку подавача та подавання сигналу на проведення циклу різання. За відомими параметрами етикетної продукції (ширина, довжина та кількість етикеток за довжиною та шириною аркуша) попередньо обчислюємо та вводимо в ПЛК такі дані: величину переміщення подавача на великій швидкості; величину переміщення подавача на малій швидкості (до моменту подання команди на зупинку подавача); кількість циклів різання за кожною стороною аркуша  $k$  та  $l$ .

Найпершим завданням розроблення системи управління на базі ПЛК є вибір його типу і конфігурації, тобто вибір переліку модулів входів-виходів, які повинні бути використані для системи управління конкретним об'єктом, та засобів відображення інформації. Враховуючи відносно незначну складність роботи під час нарізання етикетної продукції, як систему керування обрано мініатюрний та недорогий ПЛК LOGO! TD фірми «SIEMENS» (Німеччина), який має 8 входів та 4 виходи. Контролер під'єднаний до ПК за допомогою кабелю ПК/LOGO! [5], через який здійснюється передавання проекту.

У табл. наведено похідні та вихідні компоненти ПЛК LOGO!TD.

Таблиця

**Вхідні та вихідні компоненти ПЛК LOGO!TD**

Входи та виходи	Функція
I1	Перемикач увімк./вимк. роботи системи ЧПК
I2	Кнопка ввімкнення роботи ЧПК за програмою різання стосу за довжиною аркуша
I3	Фотоелектричний датчик переміщення подавача
I4	Кнопка встановлення «лічильників переміщення» у вихідний стан після закінчення циклу різання
I5	Кнопка ввімкнення роботи ЧПК за програмою різання стосу за шириною аркуша
Q1	Увімкнення великої швидкості переміщення подавача
Q2	Увімкнення малої швидкості переміщення подавача
Q3	Увімкнення системи точного позиціонування подавача
Q4	Увімкнення автоматичного циклу різання стосу

Загальний принцип роботи ЧПК полягає у неперервному порівнянні інформації дійсного переміщення подавача, вираженого відповідним числом імпульсів, з числом імпульсів, установленим у лічильниках ПЛК. Під час переміщення подавача число імпульсів, зафіксованих у відповідному лічильнику, зростає, і як тільки воно дорівнюватиме числу імпульсів, заданому в цьому лічильнику, останній виробляє сигнал на ввімкнення малої швидкості переміщення подавача. При підході до місця зупинки на малій швидкості, як тільки число імпульсів лічильника дорівнюватиме числу імпульсів, заданому в наступному лічильнику, подається з деяким випередженням керуючий сигнал на гальмування приводу подавача та проведення циклу різання. У кінці циклу різання цикловим кінцевим вимикачем подається сигнал на вхід I4 для проведення чергового переміщення подавача за окремою стороною аркуша. Після здійснення запрограмованої кількості циклів різання за кожною стороною аркуша система керування автоматично перемикається на ручний режим роботи. Розрізання (нарізання) наступного стосу аркушів починається з ручного підрізання кромки аркушів та ручного позиціонування стосу на початкову координату стола.

На текстовому дисплеї ПЛК виводиться інформація про результуюче значення переміщення подавача та кількість розрізаних етикеток за кожною стороною аркуша. За результатами кінцевих показів переміщення подавача проводиться обробка та корекція точності його позиціонування за рахунок компенсації систематичної складової похибки позиціонування у відповідній програмі.

Приклад вікна текстових повідомлень на дисплеї LOGO! TD у режимі симуляції зображено на рис. 1.

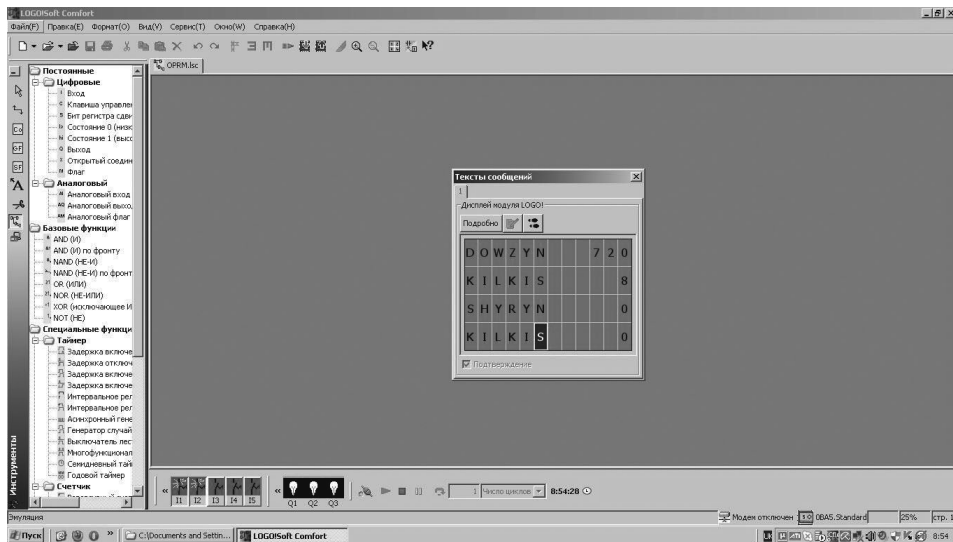


Рис. 1. Зміст текстових повідомлень на дисплеї LOGO! TD у режимі симуляції

Як датчик використано фотоелектричний (інфрачервоний) датчик переміщення (ФЗП), призначений для перетворення приросту переміщення подавача у відповідне число однорідних імпульсів. Він складається із диска з прорізами (обтюратора, який перериває світловий потік в оптронній парі) (рис. 2) та нерухомо закріплених на рівні прорізів фотодіода та світлодіода.

Принципова електрична схема фотоелектричного кругового давача переміщень (рис. 3) складається з інфрачервоного світлодіода  $VD1$ , фотодіода  $VD2$ , польового  $VT1$  та мікросхеми  $DD1$  (К511ЛН11). Світловий потік зі світлодіода  $VD1$  модулюється диском з прорізами та потрапляє у фотодіод  $VD2$ , змінюючи його опір і, відповідно, напругу на затворі польового транзистора  $VT1$ . Підсилений сигнал з витоку транзистора потрапляє на вхід мікросхеми  $DD1$ . На її виході отримуємо серію дискретних імпульсів, що надходять на входи лічильників, розміщені в ПЛК. Резистори  $R4-R6$  створюють зворотний зв'язок за постійним струмом, який прискорює відкривання та закривання транзистора  $VT1$ .

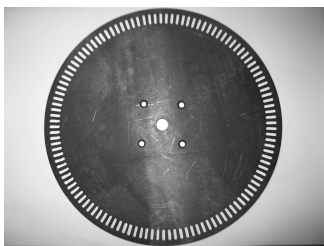


Рис. 2. Загальний вигляд конструкції обтюратора

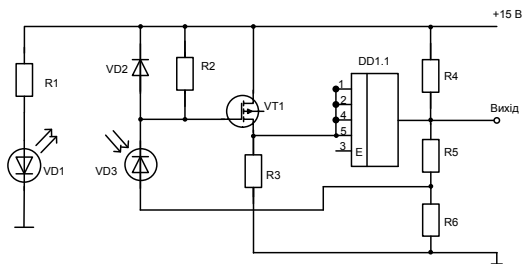


Рис. 3. Принципова електрична схема фотоелектричного датчика переміщень

Фотоелектричний круговий датчик переміщень у системі ЧПК ОПРМ встановлений безпосередньо на ходовому гвинті, що значно спрощує вимірювальну частину схеми та збільшує її точність. Кількість отворів на диску визначається за формулою

$$n = \frac{K}{\Delta}, \quad (7)$$

де  $K$  — крок гвинта (для ОПРМ БР-115, БР-136  $K = 10$  мм);  $\Delta = 0,1$  мм — дискретність імпульсів.

Максимальна частота проходження імпульсів визначається за формулою

$$f_{\max} = \frac{V_{\max}}{\Delta}, \quad (8)$$

де  $V_{\max}$  — максимальна швидкість переміщення подавача (для ОПРМ БР-115А, БР-136А  $V_{\max} = 150$  мм/с,  $f_{\max} = 1500$  Гц).

Отже, як ПЛК доцільно застосувати LOGO! останнього покоління ОВА7, для якого швидкісні лічильники розраховані для сигналів до 5 кГц. Окрім того, в базових модулях ОВА7 наявні стандартні інтерфейси Ethernet, які використовуються як інтерфейс для програмування, а також для комунікації з іншими модулями LOGO! ОВА7 або компонентами автоматизації SIMATIC, такими як ПЛК SIMATIC S7, панелі SIMATIC HMI, промислові ПК SIMATIC IPC і т. ін.

Висока точність позиціонування подавача забезпечується завдяки форсованому вимиканню ведучої електромагнітної муфти та вмиканню гальмівної [6]. Програмне забезпечення системи ЧПК ОПРМ реалізовано в редакторі FBD (Functional Block Diagram) [7, 8] із використанням програми LOGO!Soft Comfort.

**Висновки.** Розроблено лабораторний зразок лічильно-імпульсної системи ЧПК ОПРМ для нарізання етикетної продукції на базі ПЛК, які є однотипними та уніфікованими засобами автоматизації, що виробляються серійно і характеризуються простотою поєднання, взаємозамінністю та зручністю компонування, а також дають суттєві переваги під час проектування, монтажу, налагодження й експлуатації.

Запропоновану систему ЧПК впроваджено у навчальний процес у рамках розвитку науково-технічного забезпечення регіонального кластера «Видавництво та поліграфія».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Казьмірович Р. В. Завадостійка система числового програмного керування одножовою паперорізальною машиною / Р. В. Казьмірович // Поліграфія і видавнича справа. — 2002. — № 38. — С. 142–146.
2. Казьмірович Р. В. Застосування програмованих логічних контролерів в модульних інформаційно-керуючих системах поліграфічного устаткування / Р. В. Казьмірович, О. Р. Казьмірович // Наук.-техн. конф. проф.-викл. складу : тези доп. — Львів : УАД, 2009. — Ч. 2. — С. 19.

3. Парр Э. Программируемые контроллеры : руков. [для инженера] / Э. Парр ; пер. с англ. — М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. — 516 с.
4. Ельперін І. В. Автоматизація виробничих процесів : підруч. / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. — Київ: Ліра-К, 2015. — 378 с.
5. Siemens LOGO!: manual. — Nuremberg, 2008. — Mode of access to magazine: [http://www.electronshtik.ru/pdf/SIEMENS/logo\\_system\\_manual.pdf](http://www.electronshtik.ru/pdf/SIEMENS/logo_system_manual.pdf).
6. Казьмірович Р. В. Схема форсованого керування електромагнітними муфтами приводів точного позиціонування / Р. В. Казьмірович // Поліграфія і видавнича справа. — 1997. — № 33. — С. 77–81.
7. Standard IEC 61131-4:2004. Programmable Controllers // Technical Report. — Part 4: User Guidelines.
8. Standard IEC 61131-8:2003. Guidelines for the application implementation of languages for programmable controllers // Technical Report.

#### REFERENCES

1. Kazmirovych, R. V. (2002) Zavadostiika systema chyslovoho prohramnoho keruvannia odnozhovoiu paperorizalnoi mashynoiu. Polihrafiia i vydavnycha sprava, 38, 142–146 (in Ukrainian).
2. Kazmirovych, R. V., & Kazmirovych, O. R. (2009). Zastosuvannia prohramovanykh lohichnykh kontroleriv v modulnykh informatsiino-keruiuchykh systemakh polihrafichnoho ustatkuvannia. Nauk.-tekhn. konf. prof.-vykl. skladu : tezy dop. (p. 19). Lviv: UAD, vol. 2, 19 (in Ukrainian).
3. Parr, E. (2007). Programmiruemyie kontrolleryi : rukov. [dlya inzhenera]. Moscow: BINOM, Laboratoriya znaniy (in Russian).
4. Elperin, I. V., Pupena, O. M., Sidletskyi, V. M., & Shved, S. M. (2015). Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv. Kyiv: Lira-K (in Ukrainian).
5. Siemens LOGO!: manual. (2008). Nuremberg. Retrieved from [http://www.electronshtik.ru/pdf/SIEMENS/logo\\_system\\_manual.pdf](http://www.electronshtik.ru/pdf/SIEMENS/logo_system_manual.pdf) (in English).
6. Kazmirovych, R.V. (1997) Skhema forsovanoho keruvannia elektromahnitnymy muftamy pryvodiv tochnoho pozytsiuvannia. Polihrafiia i vydavnycha sprava, 33, 77–81 (in Ukrainian).
7. Standard IEC 61131-4:2004. Programmable Controllers. Part 4: User Guidelines. Technical Report (in English).
8. Standard IEC 61131-8:2003. Guidelines for the application implementation of languages for programmable controllers. Technical Report (in English).

**AUTOMATION OF CUTTING OF LABEL PRODUCTS  
ON ONE-KNIFE PAPER-CUTTING MACHINES BASED  
ON PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS**

O. R. Kazmirovych, R. V. Kazmirovych

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
kazmoleh@gmail.com*

*A counting-impulse system of numerical programme control has been offered based on programmable logic controllers LOGO! TD of the company Siemens, that is used for automation of technological processes of label products cutting on national one-knife paper-cutting machines. The general questions of development and choosing the software and hardware platform for cutting of foregoing types of printing products have been explained.*

**Keywords:** *automation, one-knife paper-cutting machines, system of numerical programme control, programmable logical controllers.*

*Стаття надійшла до редакції 21.07.2016.*

*Received 21.07.2016.*