

dr hab. inż. Tadeusz Mikulczyński, prof. PWr
prof. dr hab. inż. Zdzisław Samsonowicz
mgr inż. Rafał Więclawek
Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej

Komputerowe wspomaganie programowania sterowników PLC metodą MTS

Zaprezentowano algorytm komputerowego programu, przeznaczonego do automatycznego generowania równania schematowego sekwencyjnych układów sterowania dyskretnych procesów produkcyjnych. Równanie schematowe jest wykorzystywane do zapisu programu użytkowego sterowników PLC za pomocą języka logiki drabinkowej (Ladder Diagram).

The computer aided programming of PLCs with the MTS method

The algorithm of a computer program designed for automatic generating the diagram equations for sequential control systems of discrete manufacturing processes is presented in this paper. The diagram equation is used for recording, by means of the Ladder Diagram language, an application for a PLC.

1. WSTĘP

W pracach [1], [2] przedstawiono zastosowanie metody MTS do modelowania procesów dyskretnych i programowania sterowników PLC. Metoda MTS służy do projektowania równania schematowego sekwencyjnego układu sterowania. Reprezentuje ono algorytm sterowania, który stanowi podstawę do programowania sterowników PLC za pomocą języka LD.

Modelowanie procesów dyskretnych i programowanie sterowników PLC jest realizowane, metodą MTS, w następujących etapach:

1. Obejmuje on opracowanie schematu funkcjonalnego procesu, dekompozycję procesu na etapy elementarne oraz wyznaczenie opisu słownego realizacji procesu.
2. W drugim etapie jest budowany model matematyczny algorytmu procesu. Reprezentuje go sieć operacyjna.
3. Na podstawie sieci operacyjnej, w wyniku jej transformacji, jest wyznaczany algorytm sterowania. Reprezentuje go sieć działania. Ponadto w tym etapie jest realizowana pamięć układu sterowania.

4. W ostatnim etapie jest wyznaczane równanie schematowe układu sterowania. Reprezentuje ono algorytm sterowania, który jest wykorzystywany do zapisu programu użytkowego sterownika PLC.

Spośród wyżej wymienionych, najtrudniejszym i najbardziej pracochłonnym etapem procedury modelowania procesów i programowania sterowników PLC jest realizacja pamięci sekwencyjnego układu sterowania.

Dotychczas pamięć była realizowana na podstawie analizy zależności f_{pi} i f_{ki} przedstawionych graficznie w oparciu o sieć działania. W celu znacznego uproszczenia syntezy równania schematowego i programowania sterowników PLC autorzy opracowali program komputerowy, który automatycznie generuje równanie schematowe służące do zapisu programu użytkowego sterownika PLC.

Poniżej zaprezentowano podstawy teoretyczne komputerowego programu wspomagającego programowanie sterowników PLC.

2. OPIS PROGRAMU SYNTEZY RÓWNIANIA SCHEMATOWEGO

Program opracowany do syntezy równania schematowego wymaga znajomości następujących danych:

1. przebiegu zmian wszystkich sygnałów wejściowych układu sterowania $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$,
2. przebiegu zmian wszystkich sygnałów wyjściowych układu sterowania $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$,
3. przebiegu zmian zależności f_{pi} i f_{ki} . Zależności te przedstawiają warunki logiczne, określające stany układu sterowania, w których następuje rozpoczęcie i zakończenie realizacji poszczególnych etapów elementarnych procesu.

Przebiegi zmian sygnałów WE/WY i zależności f_{pi} i f_{ki} są wyznaczane na podstawie sieci działania układu sterowania. Reprezentują je sekwencje stanów 0 i 1.

Po wprowadzeniu powyższych danych program generuje, według ustalonych reguł, funkcje wszystkich zmiennych wyjściowych i pomocniczych układu sterowania.

Reguły realizacji funkcji zmiennych wyjściowych i pomocniczych mają postać podaną w tabeli 1.

Przyporządkowanie reguł odbywa się na podstawie tablicy określającej możliwe kombinacje zależności f_{pi} i f_{ki} . Tablicę kombinacji zależności f_{pi} i f_{ki} utworzono przyjmując następujące założenia:

1. W czasie cyklu pracy układu sterowania istnieje 5 przedziałów czasowych odpowiadających realizacji poszczególnych etapów elementarnych (rys. 1).
2. W przedziale 1,3 i 5 zależności f_{pi} i f_{ki} mogą przyjmować wartości: wyłącznie 0, wyłącznie 1 oraz 0 i 1. Ostatni przypadek oznaczony jest literą Q.
3. W przedziale 2 zależność f_{pi} musi mieć wartość 1, natomiast w przedziale 4 wartość 0 lub 1.
4. W przedziale 4 zależność f_{ki} musi mieć wartość 1, natomiast w przedziale 2 wartość 0 lub 1.

Tabela 1. Reguły realizacji funkcji zmiennych wyjściowych i pomocniczych

Nr reguły	Postać funkcji	Nr reguły	Postać funkcji
1	$(f_{pi} + y_i) \cdot \overline{f_{ki}} \cdot Y_i$	12	$(f_{ki} + y_i) \cdot f_{pi} \cdot Y_i$
2	$f_{pi} \cdot Y_i$	13	$(\overline{f_{ki}} + y_i) \cdot f_{pi} \cdot Y_i$
3	$\overline{f_{ki}} \cdot Y_i$	14	$(f_{pi} \cdot I_1 + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} \cdot I_2 + m_j) \cdot f_{pi} \cdot M_j$
4	$(f_{pi} \cdot y_i + \overline{f_{ki}} \cdot I_1) \cdot Y_i$	15	$(f_{pi} \cdot I_1 + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} \cdot I_2 + m_j) \cdot I_3 \cdot M_j$
5	$f_{pi} \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} \cdot I_1 + m_j) \cdot f_{pi} \cdot M_j$	16	$(f_{pi} \cdot I_1 + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} + m_j) \cdot I_2 \cdot M_j$
6	$f_{pi} \cdot (\overline{f_{ki}} + I_1) \cdot Y_i$	17	$f_{pi} \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} \cdot I_1 + m_j) \cdot I_2 \cdot M_j$
7	$f_{pi} \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} + m_j) \cdot f_{pi} \cdot M_j$	18	$f_{pi} \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} + m_j) \cdot I_1 \cdot M_j$
8	$f_{pi} \cdot \overline{f_{ki}} \cdot Y_i$	19	$(f_{pi} + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} \cdot I_1 + m_j) \cdot I_2 \cdot M_j$
9	$(f_{pi} \cdot I_1 + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} + m_j) \cdot f_{pi} \cdot M_j$	20	$(f_{pi} + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} \cdot I_1 + m_j) \cdot f_{pi} \cdot M_j$
10	$(f_{pi} \cdot I_1 + y_i) \cdot (\overline{f_{ki}} + I_2) \cdot Y_i$	21	$f_{pi} \cdot I_1 \cdot Y_i$
11	$(f_{pi} \cdot I_1 + y_i) \cdot \overline{f_{ki}} \cdot Y_i$	22	$(f_{pi} + y_i) \cdot \overline{m_j} \cdot Y_i$ $(f_{ki} + m_j) \cdot I_1 \cdot M_j$

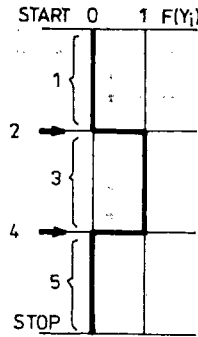
w których: I_i - sygnały pomocnicze

M_j - zmienne pomocnicze.

Na podstawie przyjętych założeń 1-4 można wyróżnić 1056 par kombinacji zależności f_{pi} i f_{ki} . Każdej parze zależności f_{pi} i f_{ki} jest przyporządkowana jedna z 22 wcześniej przedstawionych reguł realizacji funkcji zmiennych wyjściowych i pomocniczych układu sterowania.

Podstawowe zalety prezentowanego programu są następujące:

- szybkie uzyskiwanie równania schematowego,
- projektant nie musi znać reguł realizacji pamięci.



Rys. 1. Przedziały czasowe cyklu pracy układu sterowania, odpowiadające zmiennej wyjściowej Y_i .

3. MODELOWANIE I PROGRAMOWANIE PROCESU WYKRAWANIA TAŚMY BLACHY

Na rysunku 2 przedstawiono schemat funkcjonalny procesu wykrawania taśmy blachy. Opis słowny procesu jest następujący:

ETAP Z1: * Zamknięcie szczęki I *

R: $S1^+$

S: WP2

ETAP Z2: * Otwarcie szczęki II *

R: $S2^-$

S: WP5

ETAP Z3: * Przesunięcie taśmy blachy *

R: $S4^+$

S: WP4

ETAP Z4: * Zamknięcie szczęki II *

R: $S2^+$

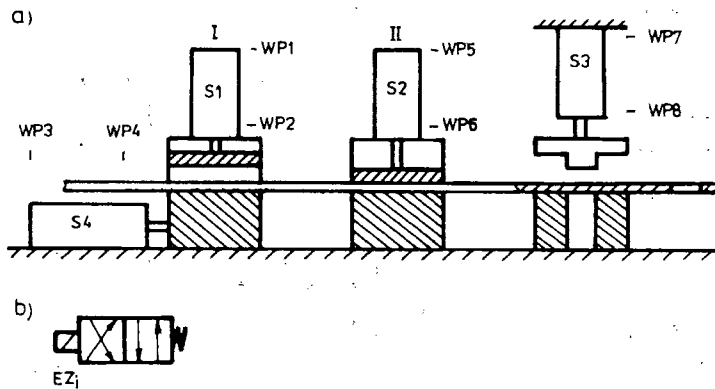
S: WP6

Po zakończeniu realizacji etapu Z4 są realizowane współbieżnie dwie sekwencje etapów Z5 i Z6 oraz Z7 i Z8:

ETAP Z5: * Otwarcie szczęki I *

R: $S1^-$

S: WP1



Rys. 2. Schemat funkcjonalny procesu wykrawania taśmy blachy: schemat procesu (a), schemat zaworu rozdzielającego (b)

ETAP Z6: * Wycofanie szczęki I *

R: S4⁻

S: WP3

ETAP Z7: * Wykrawanie otworu *

R: S3⁺

S: WP8

ETAP Z8: * Wycofanie wykrojnika *

R: S3⁻

S: WP8

Proces jest realizowany cyklicznie.

Algorytm procesu (sieć działania) pokazano na rysunku 3.

Na jego podstawie można wyznaczyć zapis symboliczny zależności f_{pi} i f_{ki} . Mają one następującą postać:

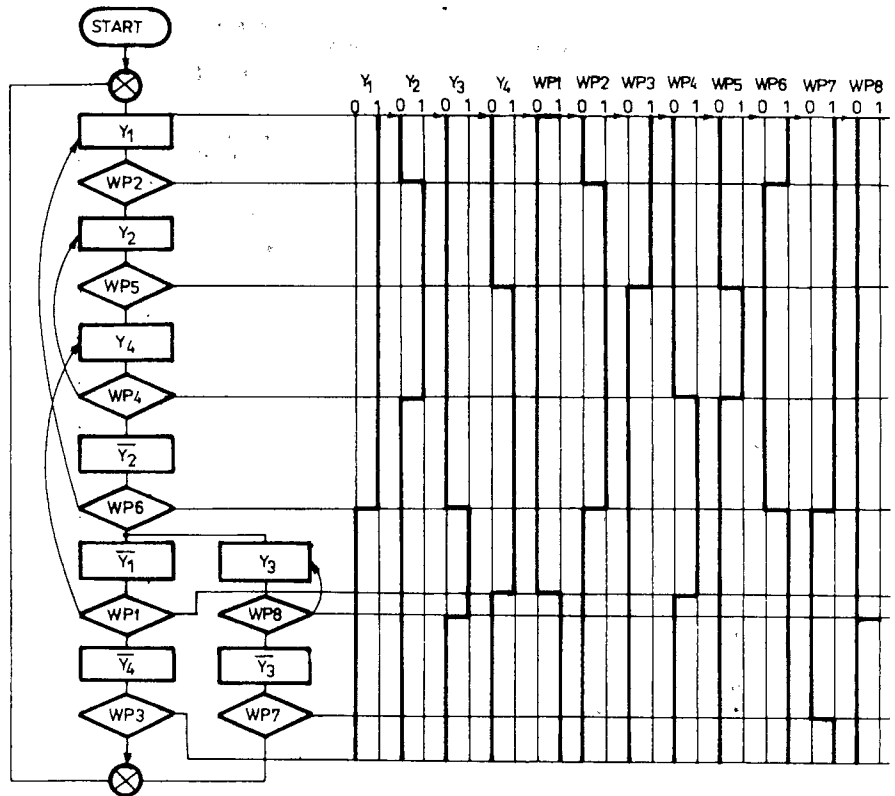
$$\left. \begin{aligned} f_{p1} = S \cdot WP3 &\Rightarrow 01Q00 \\ f_{k1} = WP6 &\Rightarrow 01Q11 \end{aligned} \right\} \text{reg. 4}$$

$$\left. \begin{aligned} f_{p3} = WP6 &\Rightarrow Q1111 \\ f_{k3} = WP8 &\Rightarrow 00010 \end{aligned} \right\} \text{reg. 9}$$

$$\left. \begin{aligned} f_{p2} = WP2 &\Rightarrow 0111Q \\ f_{k2} = WP4 &\Rightarrow 0001Q \end{aligned} \right\} \text{reg. 8}$$

$$\left. \begin{aligned} f_{p3} = WP5 &\Rightarrow 01Q00 \\ f_{k3} = WP1 &\Rightarrow 00011 \end{aligned} \right\} \text{reg. 1}$$

Po wprowadzeniu zapisu symbolicznego program generuje równanie schematowe, które ma postać:



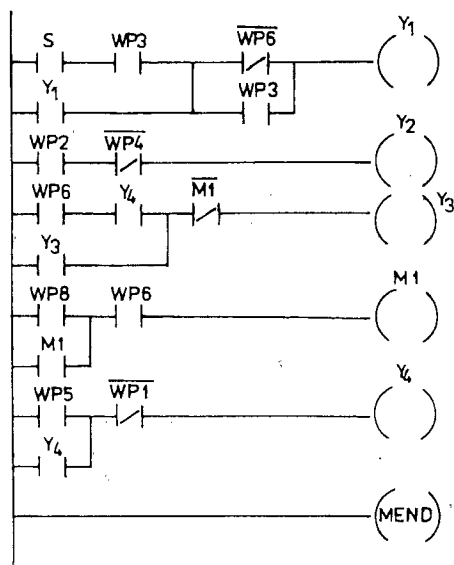
Rys. 3. Sieć działania układu sterowania

$$F(Y, M) = \sum \left\{ \begin{array}{l} (WP3 \cdot S + y_1) \cdot (\overline{WP6} + WP3) \cdot Y_1 \\ WP2 \cdot \overline{WP4} \cdot Y_2 \\ (WP6 \cdot y_4 + y_3) \cdot \overline{m_1} \cdot Y_3 \\ (WP8 + m_1) \cdot WP6 \cdot M_1 \\ (WP5 + y_4) \cdot \overline{WP1} \cdot Y_4 \end{array} \right.$$

Program sterowania procesem wykrawania taśmy blachy, napisany w języku LD, przedstawiono na rysunku 4.

4. ZAKOŃCZENIE

Metoda MTS modelowania procesów dyskretnych i programowania sterowników PLC pozwala na syntezę równania schematowego, które stanowi podstawę do programowania sterowników PLC za pomocą języka LD. Może ona być stosowana do programowania dowolnego, obecnie produkowanego sterownika, ponieważ język LD jest standardowym językiem programowania, przyjętym w normie IEC:1131-3.



Rys. 4. Program sterowania procesem wykrawiania taśmy blachy

Opracowany komputerowy program pozwala do minimum uprościć procedurę syntezy równania schematowego.

Główną zaletą opracowanego programu jest to, że umożliwia on modelowanie i programowanie złożonych procesów dyskretnych, bez konieczności wykonywania skomplikowanych i pracochłonnych czynności związanych z realizacją pamięci układu sterowania. Projektant uzyskuje równanie schematowe bez znajomości reguł i zasad realizacji pamięci.

Metoda MTS wraz z opracowanym programem stanowi narzędzie, które maksymalnie upraszcza modelowanie procesów dyskretnych i programowanie sterowników PLC.

LITERATURA

- [1] Mikulczyński T., Samsonowicz Z., Więclawek R., Wikiera R.: *Zastosowanie metody MTS i Grafpol do programowania sterowników PLC na przykładzie wybranego procesu technologicznego*, konferencja „Automation '97”, Warszawa 1997.
- [2] Mikulczyński T., Samsonowicz Z.: *A mathematical model of discrete manufacturing process control*, Control Eng. Practice, Vol. 4, Nr 9, 1996, s.1249-1260.