

## ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИБКОГО ПРОИЗВОДСТВА АНОДИРОВАННЫХ ПЛАСТИН НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СЕТИ ПЕТРИ

Почовян С. М., Габедава О. В.  
Грузинский Технический Университет

## Резюме

Рассмотрен процесс функционирования автоматизированного комплекса гибкого производства анодированных пластин на основании разработанной модели в виде модифицированной сети Петри. Приведено описание объекта управления и разработанной модели в виде модифицированной сети Петри для исследования функционирования, динамики и состояний автоматизированного комплекса гибкого производства анодированных пластин.

**Ключевые слова:** Манипулятор. Техническое зрение. Анодированная пластина. Модифицированная сеть Петри.

## 1. Введение

Автоматизированный комплекс гибкого производства анодированных пластин, на современном этапе, необходим для выпуска автономных источников питания, которые используются при функционировании электронных оборудований. В данном автоматизированном комплексе используются промышленные манипуляторы и компьютеры, а сам процесс гибкого производства анодированных пластин является трудоёмким. Для исследования динамики управления и состояния гибкого процесса производства анодированных пластин разработана модель в виде модифицированной сети Петри.

## 2. Основная часть

Для целенаправленного управления промышленными манипуляторами в автоматизированном комплексе гибкого производства анодированных пластин разработана модель в виде модифицированной сети Петри, которая позволяет исследовать динамику и состояния данного гибкого производства. Это дает возможность управлять технологическим процессом во времени с использованием системы технического зрения и компьютера, децентрализовать процесс управления, увеличить количество и качество выпускаемых анодированных пластин.

Рассмотрена гибкая автоматизированная система для производства анодированных пластин, в составе которой входят: три промышленных манипулятора; система из четырёх накопителей анодированных пластин; видеокамера; компьютер. Разработанная модифицированная сеть Петри с разноцветными маркерами (1) позволяет адекватно смоделировать функционирование системы обработки данных оперативного управления гибкого производства анодированных пластин, так как традиционные методы и модели не могут полностью учитывать динамику, характер и особенности процесса оперативного управления данного гибкого производства. Построенная с помощью модифицированной сети Петри с разноцветными маркерами модель функционирования системы обработки данных оперативного управления гибкого производства анодированных пластин адекватно описывает как все элементы системы, так и их взаимодействия. К таким особенностям относятся: учёт цикличности процесса гибкого производства анодированных пластин, покрытых пластмассовыми шариками; учёт времени; конфликтные ситуации; описание параллельных процессов накопления данных о „годной” и „негодной” анодированной пластине, покрытой пластмассовыми шариками, и о перенесении её в соответствующие конечные накопители.

$$C_p = (P, T, F, H, R, V_t, W_t, D_t, A_t, B, E, Z_p, M_0); \quad (1)$$

где:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_x, \dots, p_{10}\}$  – конечное непустое множество позиций сети;  $1 \leq x \leq 10$ ,  $p_x \in P$ . Позиции  $p_1$ ,  $p_3$  и  $p_5$  являются входными, т.е. определяют множество входных состояний сети, позиции  $p_9$  и  $p_{10}$  являются выходными, то есть определяют множество выходных состояний сети.

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_y, \dots, t_{12}\}$  – конечное непустое множество переходов сети;  $1 \leq y \leq 12$ ,  $t_y \in T$ .

$F: P \times T$ ;  $H: T \times P$  – функции инцидентности; позиция  $p_x$  и переход  $t_y$  соединяются дугой  $(p_x, t_y)$ , если  $F(p_x, t_y) = 1$  и дугой  $(t_y, p_x)$ , если  $H(t_y, p_x) = 1$ ; причём  $P \cap T = \emptyset$ .

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_o, \dots, r_{50}\}$  – непустое конечное множество цветов маркеров ( $r_o$ ).

$V_t: (P \times R) \times T$  – функция распределения цветов маркеров по входным позициям переходов сети.

Область определения  $V_t$  есть множество:

$$L_t = \{(p_1, r_o), \dots, (p_x, r_o), \dots, (p_{10}, r_o)\} = \{k_v\}; \quad (2)$$

$K_v$  – подмножество распределений цветов маркеров по входным позициям ( $\#(p_x, I(t_y))$ ) перехода  $t_y$ , при которых разрешено его срабатывание (то есть допустимое распределение);

$$K_v \subseteq L_t; \#(p_x, I(t_y)) = \#((p_x, t_y), F); F = P \times T; P \cap T = 0;$$

Функция  $V_t$  задаётся следующим образом:

$$V_t(k_v) = \begin{cases} 1, \text{если } k_v \in K_v; \\ 0, \text{если } k_v \notin K_v; \end{cases} \quad (3)$$

$W_t : T \times (P \times R)$  – функция распределения цветов маркеров по выходным позициям переходов сети;

Функция  $W_t$  каждому допустимому входному распределению  $k_v$  ставит в соответствие един-ственное выходное распределение маркеров определённых цветов из области  $K_w$  :

$$K_w = \{[(p_1, r_0), \dots, (p_x, r_0), \dots, (p_{10}, r_0)]\} = \{k_w\}; \quad (4)$$

$$W_t(k_v) = k_w; \quad (5)$$

$K_w$  – подмножество распределений цветов маркеров по выходным позициям ( $\#(p_x, O(t_y))$ ) перехода  $t_y$ , после его срабатывания;

$$\#(p_x, O(t_y)) = \#((t_y, p_x), H); H = T \times P; P \cap T = 0. \quad (6)$$

$D_t = \{d(t_y)\}$  – конечное множество приоритетов переходов  $t_y$  сети (1):

$$\left. \begin{aligned} d(t_1) = 1, d(t_2) = 2, d(t_3) = 3, d(t_4) = 4, d(t_5) = 5, d(t_6) = 6, \\ d(t_7) = 7, d(t_8) = 8, d(t_9) = 9, d(t_{10}) = 10, d(t_{11}) = 11, d(t_{12}) = 11. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Условие срабатывания перехода  $t_y$  при маркировке  $M^m(p_x, r_0)$  имеет вид:

$$M^m(p_x, r_0) \geq \#((p_x, t_y), F);$$

$$V_t\{(p_x, r_0)\} = 1. \quad (9)$$

$M_0 : P \times T \rightarrow \{0, 1, \dots\}$  – начальная маркировка сети. Маркировка  $M^m(x_p, r_0)$  образуется в результате запуска разрешённого перехода  $t_y$  с учётом множества приоритетов переходов. Маркировка  $M^m(x_p, r_0)$  есть присвоение цветов маркеров позициям  $p_x$ ;  $m$  – номер маркировки сети Петри; Цветные маркеры используются для определения выполнения сети и управляют выполнением переходов  $t_y$  сети. Таким образом, новая маркировка сети (состояние сети) определяется из соотношения:

$$M^{m+1}(p_x, r_0) = M^m(p_x, r_0) - U_t(p_x, r_0) \times \#((p_x, t_y), F) + S_t(p_x, r_0) \times \#((t_y, p_x), H). \quad (10)$$

На рис.1 представлена конечная маркировка  $M^{49}$  (17) построенной сети Петри.

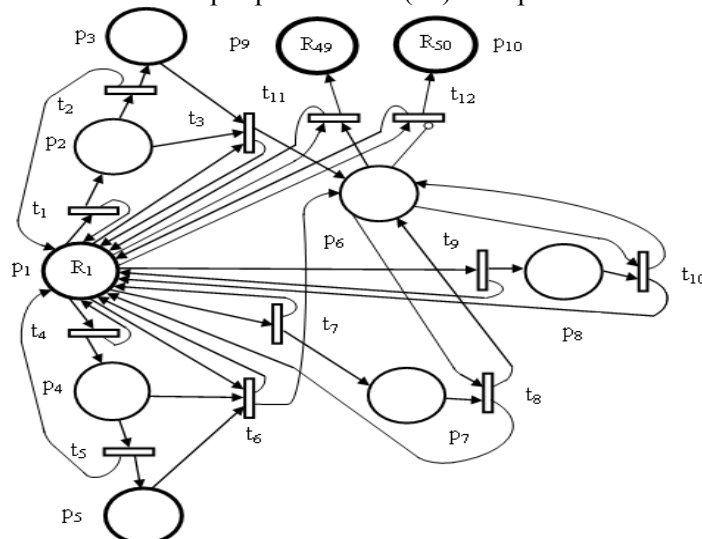


Рис.1. Сеть Петри с конечной маркировкой  $M^{49}$

$U_t : P_x R$  – функция, определённая следующим образом:

$$U_t(p_x, r_0) = \begin{cases} 1, & \text{если } (p_x, r_0) \text{ входит в распределение } k_v; \\ 0, & \text{если } (p_x, r_0) \text{ не входит в распределение } k_v; \end{cases} \quad (11)$$

$S_t : P_x R$  – функция, определённая следующим образом:

$$S_t(p_x, r_0) = \begin{cases} 1, & \text{если } W_t(k_v) = k_w \text{ и } (p_x, r_0) \text{ входит в распределение } k_w; \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (12)$$

где:  $r_0 \in R, 1 \leq o \leq 50, 1 \leq m \leq 51, k_v \in K_v, k_w \in K_w$ .

$$A_t = (a_1, a_2); \quad (13)$$

где:  $A_t$  – непустое конечное множество интервалов времени срабатывания переходов  $t_y$  сети;

Каждый переход  $t_y$  сети может сработать: в интервале времени от  $a_1$  до  $a_2$  (при необходимости проведения расчётов и получения выходных данных системы ( $a_1 = 9.00$  (час),  $a_2 = 18.00$  (час))).

$B: Q(C_p)$  – функция, определяющая минимальное время получения последовательностей переходов сети;  $Q(C_p)$  – множество последовательностей срабатывания переходов сети:

$$Q(C_p) = \{q_1, q_2, \dots, q_5\}; \quad (14)$$

$$q_1 = \{t_1, t_2, t_3\} = b_1, \quad q_2 = \{t_4, t_5, t_6\} = b_2, \quad q_3 = \{t_7, t_8\} = b_3,$$

$$q_4 = \{t_9, t_{10}, t_{11}\} = b_4, \quad q_5 = \{t_9, t_{10}, t_{12}\} = b_5;$$

$$b_1 = 1.06 \text{ (мин.); } b_2 = 1.01 \text{ (мин.); } b_3 = 0.51 \text{ (мин.); } b_4 = 1.05 \text{ (мин.); } b_5 = 1.05 \text{ (мин.)}$$

$E: Q(C_p)$  – функция, определяющая временные интервалы завершения последовательностей переходов сети;  $Q(C_p)$  – множество последовательностей срабатывания переходов сети:

$$Q(C_p) = \{q_1, q_2, \dots, q_5\}; \quad (15)$$

$$q_1 = \{t_1, t_2, t_3\} = e_1, \quad q_2 = \{t_4, t_5, t_6\} = e_2, \quad q_3 = \{t_7, t_8\} = e_3,$$

$$q_4 = \{t_9, t_{10}, t_{11}\} = e_4, \quad q_5 = \{t_9, t_{10}, t_{12}\} = e_5;$$

$$e_1 = 15 \text{ (сек.); } e_2 = 20 \text{ (сек.); } e_3 = 30 \text{ (сек.); } e_4 = 16 \text{ (сек.); } e_5 = 16 \text{ (сек.)}$$

$$Z_p = \{z_{p_1}, z_{p_2}, \dots, z_{p_{10}}\}; \quad (16)$$

где:  $Z_p$  – непустое конечное множество времён задержки цветных маркеров  $r_0$  в позициях  $p_x$  сети;  $z_{p_1} = z_{p_2} = \dots = z_{p_{10}} = a_3$ ;  $a_3 = 0.00$  (час). То есть, любой переход  $t_y$  может сработать и пропустить цветные маркеры  $r_0$  без задержки времени из всех своих входных позиций ( $\#(p_x, I(t_y))$ ) и добавить в свои выходные позиции ( $\#(p_x, O(t_y))$ ).

Конечная маркировка сети определяется следующим образом:

$$M^{49}(p_x, r_0) = (R_1, R_{49}, R_{50}); \quad (17)$$

где:  $M^{49}(p_x, r_0)$  – конечная маркировка, соответствующая процессу накопления данных о наличии: „годных” анодированных пластин, покрытых пластмассовыми шариками, на конечном накопителе ( $H_3$ ); „негодных” анодированных пластин, покрытых пластмассовыми шариками, на конечном накопителе ( $H_4$ ); управляющих программных модулей управления гибкого производства анодированных пластин в персональном компьютере (ПК);  $R_1$  – Комплект «Производственные нормативы и справочные данные» и управляющие программные модули управления гибкого производства анодированных пластин в персональном компьютере (ПК);  $R_{49}$  – Комплект «Производственные данные» о „годных” анодированных пластинах, покрытых пластмассовыми шариками, на конечном накопителе ( $H_3$ );  $R_{50}$  – Комплект «Производственные данные» о „негодных” анодированных пластинах, покрытых пластмассовыми шариками, на конечном накопителе ( $H_4$ ).

### **3. Заключение**

Разработана модель в виде модифицированной сети Петри для исследования процесса функционирования автоматизированного комплекса гибкого производства анодированных пластин. Приведено описание объекта управления и модели в виде модифицированной сети Петри для исследования функционирования, динамики и состояний данного комплекса.

### **Литература**

1. გაბელავა ო., შეროზია თ., ნარემელაშვილი გ., მაკაროვი შ. მოქნილ ავტომატიზებულ წარმოებაში ტექნიკური მოდულის მართვა. სტუ-ს შრ.კრ. მას №1. თბილისი, 2006
2. Гогичаишвили Г. Г., Почовян С. М. Моделирование дискретных производств с помощью мо-дифицированной сети Петри. სტუ-ს შრ.კრ. №4(437).– თბილისი, 2001.