

СИНТЕЗ ПНЕВМОАГРЕГАТА ФОРМОВОЧНОГО ПОЛУАВТОМАТА

Введение. Формовочные автоматы используют, как правило, в составе автоматических линий, компоновка которых определяется выбранным технологическим процессом (безопочная, опочная формовка), типом формовочного автомата, временем охлаждения отливки в форме, типом литейного конвейера. Схема компоновки зависит также от расположения формовочных автоматов относительно литейного конвейера. При расположении автоматов вне конвейера облегчается подача к ним модельных плит и их обслуживание. Вместе с тем такое расположение приводит к увеличению площади, занимаемой линией, удлинит конвейер и усложняет его привод. На большинстве линий формовочные автоматы располагаются внутри конвейера [1].

Целью настоящей работы является описание метода синтеза пневматической системы управления формовочным полуавтоматом для автоматических линий.

Исходные данные к проектированию пневматической системы управления формовочным полуавтоматом. Исполнительными устройствами (ИУ) полуавтомата [2] служат пневматические цилиндры Ц₁ – Ц₅, которым соответствуют выходы Z₁ – Z₅, вибраторы В₆ и В₇ (выходы Z₆ и Z₇), а также сопло для обдува формы С₈ (выход Z₈). Цилиндр Ц₁ поднимает и опускает опоку, причем нижнее (исходное) положение контролируется конечным выключателем (ВК) x₇, а верхнее – ВК x₈. Подпрессовку производит цилиндр Ц₂, исходное положение которого контролируется ВК x₅, а конечное – реле времени τ(Z₂), чья настройка определяет продолжительность подпрессовки. Цилиндр Ц₃ служит для выполнения протяжки. Цилиндр Ц₄ отодвигает шибер, что приводит к заполнению опоки формовочной смесью, причем исходное положение шибера контролируется ВК x₉, а конечное – ВК x₁₀. Цилиндр Ц₅ ставит траверсу в рабочее положение, контролируемое ВК x₁₁.

Цикл работы начинается с нажатия на пусковую кнопку x₁ = 1, в результате чего опока перемещается вверх (Z₁ = 1) и останавливается в верхнем положении. Затем по сигналу x₈ = 1 включается вибратор (Z₇ = 1) и выдвигается шибер (Z₄ = 1). При этом формовочная смесь заполняет опоку, после чего по сигналу x₁₀ = 1 шибер возвращается в исходное положение ($\bar{Z}_4 = 1$). По сигналу x₉ = 1 происходит отключение вибратора ($\bar{Z}_7 = 1$) и опускается опока ($\bar{Z}_1 = 1$). Далее по сигналу x₇ = 1 траверса выставляется в рабочее положение (Z₅ = 1). По сигналу x₁₁ = 1 поднимается опока (Z₁ = 1) и происходит подпрессовка (Z₂ = 1). Продолжительность последней контролируется реле времени, по сигналу τ(Z₂) от которого опускается опока ($\bar{Z}_1 = 1$), заканчивается подпрессовка ($\bar{Z}_2 = 1$), выдвигается цилиндр протяжки (Z₃ = 1) и включается вибратор опоки (Z₆ = 1). По сигналу x₅ = 1 траверса возвращается в исходное положение ($\bar{Z}_5 = 1$), а по сигналу x₇ = 1 выключается вибратор опоки ($\bar{Z}_6 = 1$). После этого оператор вручную включает (x₄ = 1) обдув формы (Z₈ = 1) и отключает протяжку ($\bar{Z}_3 = 1$). Цикл заканчивается.

Аварийный останов полуавтомата производится по сигналу x₂ = 1 путем прекращения подачи сжатого воздуха к ИУ с помощью клапана безопасности.

Назначение исполнительных устройств, а также их взаимодействие с входными устройствами показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Взаимодействие входных сигналов и исполнительных устройств

Выходные сигналы		Входные сигналы	
Обозначение	Наименование операции	Исходное положение	Конечное положение
Z ₁	Перемещение опоки	x ₇	x ₈
Z ₂	Подпрессовка	x ₅	τ(Z ₂)
Z ₃	Протяжка	–	–
Z ₄	Перемещение шибера	x ₉	x ₁₀
Z ₅	Перемещение траверсы	–	x ₁₁
Z ₆	Встряхивание опоки	–	–
Z ₇	Встряхивание бункера	–	–
Z ₈	Обдув формы	–	–

Формалізація описання роботи пневматическої системи управління технологіческим об'єктом дозволяє перейти від словесного описання роботи системи к математическому, которое требуется для осуществления структурного синтеза логической схемы системы управления (СУ). Формализованное описание системы управления представляется в виде графа операций (рис. 1) [3, 4].

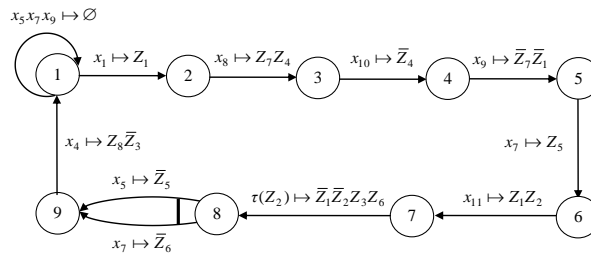


Рисунок 1 – Граф операций

Минимізація системи управління. Следующий этап логического проектирования после составления формализованного описания – структурный синтез [4, 5]. Выбор метода структурного синтеза определяется многими факторами: сложностью структуры, быстродействием и т.д.

Вначале следует провести анализ входной последовательности сигналов на содержание одинаковых входных наборов. Входная последовательность выглядит следующим образом: $\{x_5 x_7 x_9^* \bar{y}, x_1 x_5 x_7 x_9 \bar{y}, x_5 x_8 x_9^{**} \bar{y}, x_5 x_8 x_{10} \bar{y} y, x_5 x_8 x_9^{**} y, x_5 x_7 x_9^* y, x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} y, \tau(Z_2) x_8 x_9 x_{11} y \bar{y}, x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} \bar{y}, x_4 x_5 x_7 x_9 \bar{y}\}$, где одинаковые входные наборы отмечены *, **, ***. Она разбивается на два блока: $\pi = \{ \{x_5 x_8 x_9^{**} \bar{y}, x_5 x_7 x_9^* y, x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} y, \tau(Z_2) x_8 x_9 x_{11} y \bar{y}\}, \{x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} \bar{y}, x_4 x_5 x_7 x_9 \bar{y}, x_5 x_7 x_9^* \bar{y}, x_1 x_5 x_7 x_9 \bar{y}, x_5 x_8 x_9^{**} \bar{y}, x_5 x_8 x_{10} \bar{y} y\} \}$. Здесь одинаковым числом звездочек помечены одинаковые входные наборы. Значит, в данном случае необходимо использовать один элемент памяти (ЭП) с двумя выходами – прямым и инверсным (y, \bar{y}), а одинаковые наборы удлинить сигналами с выходов ЭП y и \bar{y} .

Теперь можно перейти к минимизации логических уравнений на основании матрицы соответствий (МС) с полными входными наборами [5, 6]. Для одинаковых наборов в столбцах проводится первоначальное удлинение соответствующими сигналами с выходов ЭП (y, \bar{y}). МС имеет вид

	x_1	$x_5 x_8 \bar{y}$	x_{10}	$x_8 x_9 y$	$x_7 y$	$x_{11} y$	$\tau(Z_2)$	$x_5 \bar{y}$	$x_7 \bar{y}$	x_4	
$x_5 x_7 x_9^* \bar{y}$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	\emptyset
$x_1 x_5 x_7 x_9 \bar{y}$	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	Z_1
$x_5 x_8 x_9^{**} \bar{y}$	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	$Z_4 Z_7$
$x_5 x_8 x_{10} \bar{y} y$	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	\bar{Z}_4
$x_5 x_8 x_9^{**} y$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	S
$x_5 x_7 x_9^* y$	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	Z_5
$x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} y$	0	0	0	①	1	1	0	0	0	0	$Z_1 Z_2$
$\tau(Z_2) x_8 x_9 x_{11} y \bar{y}$	0	①	0	1	0	1	1	0	0	0	$\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 Z_3 Z_6$
$x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} \bar{y}$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	\bar{Z}_5
$x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} \bar{y}$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	\bar{Z}_6
$x_4 x_5 x_7 x_9 \bar{y}$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	$Z_8 \bar{Z}_3$

Столбцы отвечают сигналам, вызывающим переходы СУ, а строки – входным наборам с учетом сигналов с выходов ЭП. На пересечении строки i и столбца j элемент МС $r_{ij} = 1$, если все входные сигналы СУ, отвечающие столбцу j , входят во входной набор СУ, который отвечает строке i ; $r_{ij} = 0$ – в других случаях. «Жирными» единицами отмечены переходы. Противоречивые единицы находим по последовательности противоречивых выходных сигналов и обводим кружками.

В столбце x_1 имеет место лишь одна «жирная» единица. Подробнее рассмотрим столбец $x_8 \bar{y}$, в котором единица, стоящая на пересечении со строкой $\tau(Z_2) x_8 x_9 x_{11} y \bar{y}$, вызывает появление выходных сигнала

лов УА $\bar{Z}_4\bar{Z}_7$. Эта единица является противоречивой и выделяется кружком. Для устранения недопустимой единицы в переходе с «жирной единицей» и набором $x_5 x_8 x_9^{**} \bar{y}$ нужно найти минимальное количество сигналов, отсутствующих в наборе $\tau(Z_2) x_8 x_9 x_{11} y \bar{y}$. Конъюнкцией выбранных сигналов (например, x_5) удлиняется $x_8 \bar{y}$ и противоречие устраняется.

Аналогично, умножением на x_8 удлиняется выражение в столбце $x_9 y$, где противоречивая единица, которая стоит на пересечении со строкой $x_5 x_7 x_9 x_{11}^{***} y$, вызывает появление выходного сигнала УА \bar{Z}_1 .

Сигналы удлинения наборов (сверху в столбцах) в результате устранения недопустимых единиц выделены жирным шрифтом. Единицы, стоящие на пересечении строки $x_5 x_8 x_{10} \bar{y} y$ и столбца $x_5 x_8 \bar{y}$, строки $\tau(Z_2) x_8 x_9 x_{11} y \bar{y}$ и столбца $x_{11} y$, устранения не требуют, поскольку они «исчезают» при переключении ЭП.

Логические уравнения включения ИУ и ЭП получаются в сборках логических выражений, записанных сверху МС для соответствующего «жирной» единице МС выхода. Система уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} S &= x_{10}; R = \tau(Z_2); Z_1 = x_1 + x_{11} y; \bar{Z}_1 = x_8 x_9 y + \tau(Z_2); Z_2 = x_{11} y; \bar{Z}_2 = \tau(Z_2); Z_3 = \tau(Z_2); \\ \bar{Z}_3 &= x_4; Z_4 = x_5 x_8 \bar{y}; \bar{Z}_4 = x_{10}; Z_5 = x_7 y; \bar{Z}_5 = x_5 \bar{y}; Z_6 = \tau(Z_2); \bar{Z}_6 = x_7 \bar{y}; Z_7 = x_5 x_8 \bar{y}; \\ \bar{Z}_7 &= x_8 x_9 y; Z_8 = x_4. \end{aligned}$$

Введем промежуточные переменные, которые представляют собой наиболее повторяющиеся общие части уравнения:

$$w_1 = x_{11} y; w_2 = x_8 y; w_3 = w_2 x_9; w_4 = x_5 \bar{y}; w_5 = w_4 x_8.$$

Окончательно имеем:

$$\begin{aligned} S &= x_{10}; R = \tau(Z_2); Z_1 = x_1 + w_1; \bar{Z}_1 = w_3 + \tau(Z_2); Z_2 = w_1; \bar{Z}_2 = \tau(Z_2); Z_3 = \tau(Z_2); \\ \bar{Z}_3 &= x_4; Z_4 = w_5; \bar{Z}_4 = x_{10}; Z_5 = x_7 y; \bar{Z}_5 = w_4; Z_6 = \tau(Z_2); \bar{Z}_6 = x_7 \bar{y}; Z_7 = w_5; \\ \bar{Z}_7 &= w_3; Z_8 = x_4. \end{aligned}$$

Полученные уравнения реализуются непосредственно [7] (рис. 2).

Выводы. Предложенный алгоритм синтеза пневмоагрегата формовочного полуавтомата может быть использован при проектировании литейных машин с большим технико-экономическим эффектом, так как дает возможность синтезировать минимальные по числу аппаратов схемы.

Литература

1. Технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. для вузов / А.М. Дальский [и др.]; под общ. ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с. – ISBN 5-217-03198-0.
2. Системы пневмоавтоматики в станкостроении [Текст] / А.И. Кудрявцев, Ю.И. Келлерман, М.В. Черкашенко [и др.]. – М.: НИИМаш, 1977. – 84 с.
3. Юдицкий С.А. Проектирование дискретных систем автоматики [Текст] / С.А. Юдицкий, А.А. Тагаевская, Т.К. Ефремова. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.
4. Cherkashenko M. and etc. Synthesis of discrete control systems of industrial robots // Automation and Remote Control (USA). – 1981. – V42, N5. – P. 676–680.
5. Черкашенко М.В. Метод логического проектирования дискретных систем управления машин-автоматов с пневмо- или гидроприводом [Текст] / М.В.Черкашенко // Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления. – М.: Машиностроение, 1981. – Вып. 8. – С. 181–189.
6. Черкашенко М.В. Синтез минимальных схем гидропневмоагрегатов [Текст] / М.В. Черкашенко. – М.: Пневмогидромашины, 2013. – 265 с.
7. Cherkashenko M. Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation [Text] / M.Cherkashenko // International Fluid Power Symposium. – Aachen, Germany, March 20–22, 2006. – Fundamentals. The report N 1. – P. 147–154.

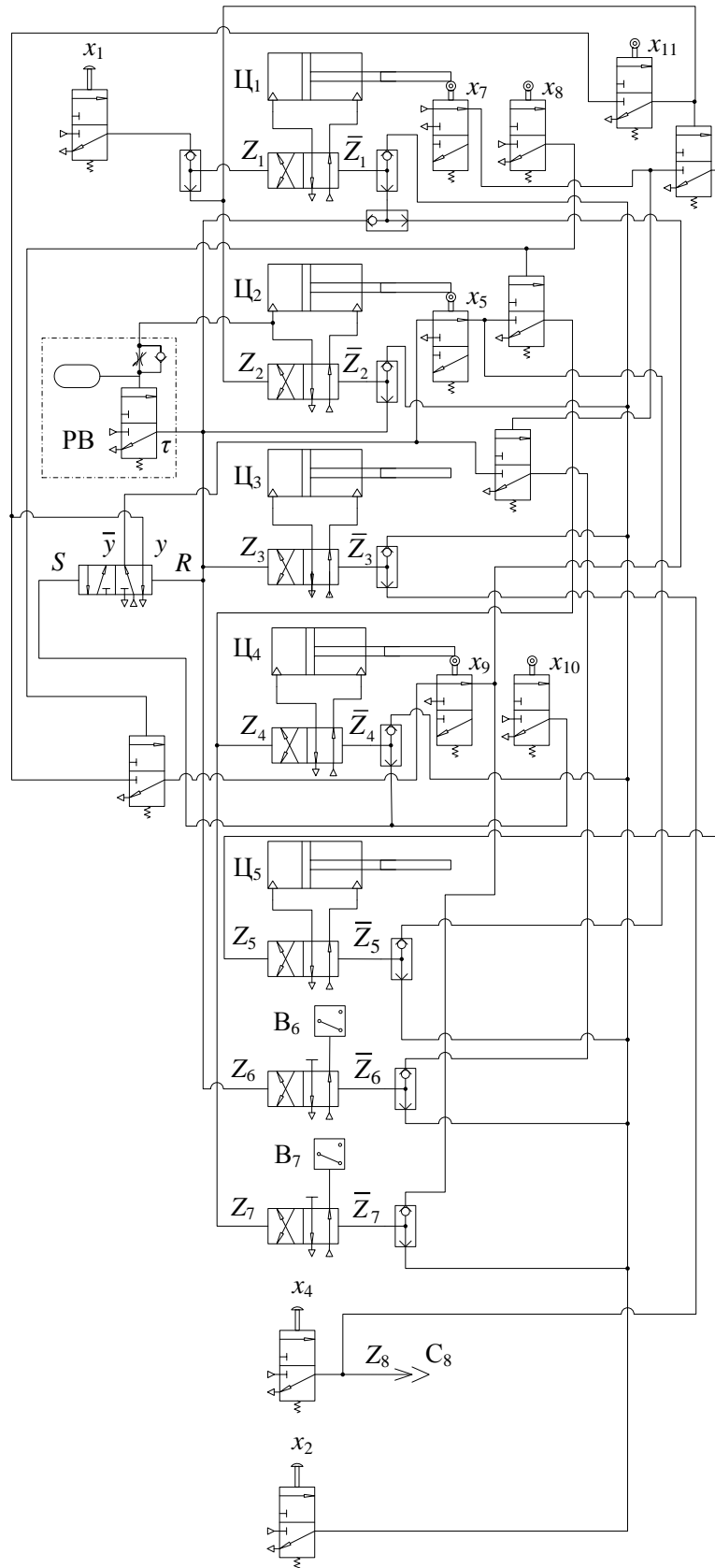


Рисунок 2 – Схема управління формувочним полуавтоматом

Bibliography (transliterated)

1. Tehnologiya konstruksionnyih materialov [Tekst] : ucheb. dlya vuzov. A.M. Dalskiy [i dr.]; pod obsch. red. A.M. Dalskogo. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 2004. – 512 p. – ISBN 5-217-03198-0.
2. Sistemy pnevmoavtomatiki v stankostroenii [Tekst]. A.I. Kudryavtsev, Yu.I. Kellerman, M.V. Cherkashenko [i dr.]. – M.: NIIMash, 1977. – 84 p.
3. Yuditskiy S.A. Proektirovanie diskretnyih sistem avtomatiki [Tekst]. S.A. Yuditskiy, A.A. Tagaevskaya, T.K. Efremova. – M.: Mashinostroenie, 1980. – 232 p.
4. Cherkashenko M. and etc. Synthesis of discrete control systems of industrial robots. Automation and Remote Control (USA). – 1981. – V42, N5. – P. 676–680.
5. Cherkashenko M.V. Metod logicheskogo proektirovaniya diskretnyih sistem upravleniya mashin-avtomatov s pnevmo- ili gidroprivodom [Tekst]. M.V. Cherkashenko. Pnevmatika i gidravlika. Privody i sistemy upravleniya. – M.: Mashinostroenie, 1981. – Vyip. 8. – P. 181–189.
6. Cherkashenko M.V. Sintez minimalnyih shem gidropnevmoagregatov [Tekst]. M.V. Cherkashenko. – M.: Pnevmodromashiny, 2013. – 265 p.
7. Cherkashenko M. Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation [Text]. M. Cherkashenko. International Fluid Power Symposium. – Aachen, Germany, March 20–22, 2006. – Fundamentals. The report N 1. – P. 147–154.

УДК 621.225

Черкашенко М.В., Полушкін К.О.

СИНТЕЗ ПНЕВМОАГРЕГАТА ФОРМУВАЛЬНОГО НАПІВАВТОМАТА

Наведена загальна характеристика формувальних автоматів і напівавтоматів, що використовуються для виготовлення ливарних форм, як правило, у складі автоматичних ліній, компонування яких визначається обраним технологічним процесом (безопокове, опокове формування), типом формувального автомата, часом охолодження відливка у формі, типом ливарного конвеєра, а також розташуванням формувальних автоматів відносно ливарного конвеєра. Пропонується пневматична схема управління формувальним напівавтоматом, синтезована методом мінімізації.

Cherkashenko M.V., Polushkin K.A.

SYNTHESIS OF PNEUMOAGGREGATE OF MOLDING SEMI-AUTOMATIC DEVICE

The general description of molding automats and semi-automatic devices is presented. These devices utilize for casting forms making in a composition of automatic transfer lines, arrangement of which is determined by the chosen technological process (snap-flask molding, flask molding), type of molding automat, time of cooling of founding in the form, type of casting conveyer and also disposition of molding automats relative to the casting conveyer. The pneumatic control scheme of a molding semi-automatic device, synthesized by the method of minimization, is offered.