

УДК 621.225

М.В. Черкашенко, д-р техн. наук; К.А. Полушкин, Харьков, Украина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МАРКИРОВАНИЯ

Зроблений формалізований опис роботи пневматичної системи управління верстатом для електрохімічної маркіровки виробів. Детально розглянутий структурний синтез – етап логічного проектування після складання формалізованого опису. Пропонується пневматична схема управління верстатом для електрохімічної маркіровки виробів, що дозволяє перенастроювати верстат при маркіровці різних типорозмірів виробів.

Сделано формализованное описание работы пневматической системы управления станком для электрохимического маркирования изделий. Подробно рассмотрен структурный синтез – этап логического проектирования после составления формализованного описания. Предлагается пневматическая схема управления станком для электрохимического маркирования изделий, позволяющая перенастраивать станок при маркировании различных типоразмеров изделий.

The formalized description of the pneumatic control system operation of a machine-tool for electrochemical marking of products is done. The structural synthesis that is the stage of logical planning after the formalized description is discussed. The pneumatic control scheme of a machine-tool for electrochemical marking of products that allows to retune the machine-tool in the time of marking of different dimension types of products is offered.

Введение. Электрохимическая маркировка (гравировка) эффективна для нанесения на металлическую поверхность графических изображений или буквенно-цифровых строк, когда маркировка должна быть постоянной. Условие, необходимое для применения этого вида маркировки, – проводимость маркируемого материала.

Применяемый для стального инструмента электрохимический метод нанесения информации отвечает всем требованиям отечественных и зарубежных стандартов и не создает препятствий для поставки изделий машиностроения на международный рынок, что соответствует современным тенденциям развития промышленности.

Станок для электрохимического маркирования изделий относится к области электрофизических и электрохимических методов обработки, в частности к электрохимическому маркированию деталей.

Известно устройство для электрохимического маркирования подвижным электродом-инструментом изделий, базируемых на столе, в котором выполнено окно, эквидистантное электроду-инструменту, под которым

расположена ванна с электролитом, смачивающим рабочую поверхность электрода-инструмента в момент смены маркируемых изделий [1]. Недостатками этого устройства являются отсутствие механизации и автоматизации процесса клеймения и возможности перенастройки станка при маркировании различных типоразмеров изделия по оси их симметрии.

Исходные данные к проектированию пневматической системы управления станком для электрохимического маркирования. Исполнительными устройствами (ИУ) станка [2] служат пневматические цилиндры $\Pi_1 - \Pi_4$ (выходы $Z_1 - Z_4$). Для связи с электрической частью станка служат электропневмопреобразователи (выход x_7 и x_8) и пневмоэлектропреобразователь Z_5 . Электропневмопреобразователь x_7 сигнализирует об окончании операции клеймения детали, а x_8 – включает станок в автоматическом режиме.

Цилиндр Π_1 служит для подачи заготовки на позицию захвата, исходное положение которой контролируется конечным выключателем (ВК) x_1 , конечное – ВК x_2 . Цилиндр Π_2 осуществляет поворот ротора, исходное положение которой контролируется ВК x_3 , а конечное – ВК x_4 . Цилиндр Π_3 опускает-поднимает ротор, исходное положение контролируется ВК x_5 , а конечное – ВК x_6 .

Пневмоэлектропреобразователь Z_5 служит для осуществления операции клеймения детали, об окончании этой операции сигнализирует электропневмопреобразователь x_7 .

Станок имеет два режима работы – автоматический и наладочный. Каждый цикл в автоматическом режиме начинается после возвращения ИУ в исходное положение, контролируемое ВК $x_1 = 1$, ВК $x_3 = 1$, ВК $x_5 = 1$ и по сигналу $x_8 = 1$ цилиндр Π_1 осуществляет подачу детали на позицию захвата. В конце хода Π_1 воздействует на ВК x_2 и по сигналу $x_2 = 1$ происходит возврат пневмопривода подачи детали в исходное положение $\bar{Z}_1 = 1$, а также поворот ротора Π_2 ($Z_2 = 1$). Цилиндр Π_2 в конечном положении поворота воздействует на ВК x_4 и по сигналу $x_4 = 1$ происходит опускание ротора Π_3 ($Z_3 = 1$), а также возврат Π_2 (поворот ротора) в исходное положение $\bar{Z}_2 = 1$.

При наличии сигнала от ВК $x_6 = 1$ происходит подача электролита в зону клеймения ($Z_4 = 1$) и клеймение детали ($Z_5 = 1$). Далее включение электропневмопреобразователя $x_7 = 1$ сигнализирует об окончании операции клеймения $\bar{Z}_5 = 1$ и прекращается подача электролита в зону клеймения $\bar{Z}_4 = 1$, а также осуществляется подъем ротора $\bar{Z}_3 = 1$. Таким образом, все ИУ находятся в исходном положении и при наличии сигнала $x_8 = 1$ цикл начинается сначала.

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	Автоматический режим		Наладка	
		Исходное положение	Конечное положение	Включение	Отключение
Z ₁	Подача на позицию захвата	x ₁	x ₂	x'' ₁₁	$\overline{x''_{11}}$
Z ₂	Поворот ротора	x ₃	x ₄	x'' ₂₁	$\overline{x''_{21}}$
Z ₃	Опускание-подъем ротора	x ₅	x ₆	x'' ₃₁	$\overline{x''_{31}}$
Z ₄	Подача электролита в зону клеймения	–	–	x'' ₄₁	$\overline{x''_{41}}$
Z ₅	Клеймение детали	–	x ₇	–	–

Структурная организация системы гидро- и пневмоприводов [3] (см. рис. 1) базируется на симбиозе агрегатного и элементного подходов к структурному синтезу.

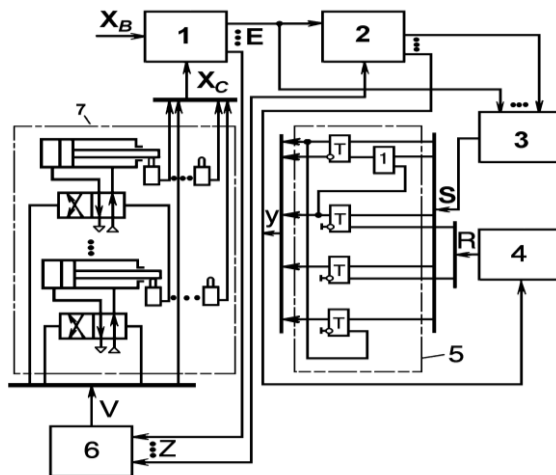


Рисунок 1 – Структурная организация системы гидро- и пневмоприводов

Эта структура позволяет свести к минимуму число элементов блока памяти (ЭП), а также количество логических элементов, необходимых для реализации схемы.

Множество входных сигналов управляющего автомата (УА) X состоит из подмножества сигналов X_c выходов узлов U , а также из подмножества X_g влияния от органов ручного управления. Во входном блоке формируется множество условий E , состоящее из подмножеств Q и T . Каждое условие из подмножества Q функционально зависит от сигналов из множества X , которые определяют соответствующий переход в реализуемом технологическом процессе, и описывается конъюнкцией входных переменных УА, принимающих единичное значение на данном наборе. Каждое условие из подмножества T зависит не только от указанных выше сигналов, которые вызывают переходы, но и от дополнительных сигналов из подмножества X_c . Набор входных сигналов УА, при котором принимает единичное значение условие из подмножества T , далее называем удлинненным набором. Рассмотрим такие удлинненные наборы T , которые дополнены минимальным числом переменных.

Блок памяти 5 включает в себя командоаппарат, содержащий последовательно соединенные ЭП (триггеры с раздельными входами); каждый предшествующий ЭП выключается сигналом с выхода следующего (следующим за последним ЭП считается первый). В командоаппарате используется один выход ЭП. Исключение составляет случай, если УА содержит два внутренних состояния, а блок памяти содержит один ЭП и при этом используются два его инверсных выхода.

Блок совпадений 1 служит для формирования множества V условий, любое из которых функционально зависит от удлинненных некоторыми сигналами из множества Y условий из E .

Блок разделений включений 3 содержит элементы \vee и используется при включении одного ЭП разными наборами из множества U для разных программ работы УА.

Блок разделений включений 4 содержит элементы \vee и используется в случае нескольких программ работы УА, которые приводят к появлению различного числа внутренних состояний для каждой программы.

Выходной блок 6 содержит элементы \vee , а также пневмо- или гидрораспределители (часто с двусторонним управлением), которые посылают рабочую жидкость в исполнительные устройства 7.

В рассмотренной структуре, в отличие от стандартной позиционной структуры, сигналы от входного блока совпадений 1 или от блока совпадений 2 подаются непосредственно в выходной блок разделений 6, тогда как в стандартной структуре в выходной блок подаются сигналы от блока памяти. Это дает возможность использовать две особенности агрегатного и элементного подходов к проектированию систем приводов с УА:

командоаппаратный принцип выполнения блока памяти (из агрегатного подхода) и удлинение наборов, которые вызывают переходы (из элементного подхода), с дальнейшим синтезированием минимального блока памяти и формального удлинения наборов, вызывающих переходы.

Формализация описания работы систем гидро- или пневмоприводов технологического объекта позволяет перейти от словесного описания работы системы к математическому описанию, необходимому для осуществления структурного синтеза логической схемы системы управления (СУ).

Формализованное описание схемы представляется в виде графа операций (рис. 2) [4,5].

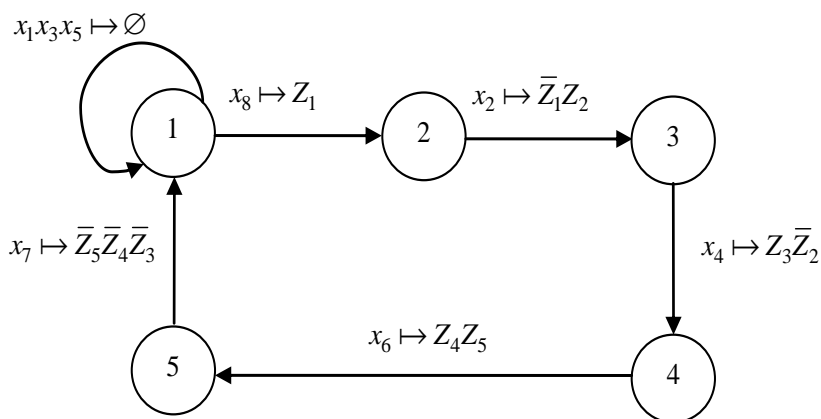


Рисунок 2 – Граф операций

Минимизация системы управления [6]. Следующим этапом логического проектирования после составления формализованного описания есть не менее важный – структурный синтез.

Структурная схема для синтеза схемы выбрана следующая [6,7].

Выбор метода структурного синтеза определяется многими факторами, например, сложностью структуры, быстродействием схемы и т.д.

Проведем анализ входной последовательности сигналов на содержание одинаковых входных наборов. Входная последовательность выглядит следующим образом: $\pi = \{x_1 x_3 x_5, x_1 x_3 x_5 x_8, x_2 x_3 x_5, x_1 x_4 x_5, x_1 x_3 x_6, x_1 x_3 x_6 x_7\}$ и не содержит одинаковых входных наборов. Значит, разбиение на блоки и, следовательно, элементы памяти не требуются.

Далее переходим к минимизации логических уравнений на основании матрицы соответствий (МС) [6]. Составим матрицу соответствий с полными входными наборами (табл. 2).

Таблица 2 – Матрица соответствий для автоматического режима работы

	x_8	x_2	x_4	$x_6\bar{x}_7$	x_7	
$x_1x_3x_5$	0	0	0	0	0	\emptyset
$x_1x_3x_5x_8$	1	0	0	0	0	Z_1
$x_2x_3x_5$	0	1	0	0	0	\bar{Z}_1Z_2
$x_1x_4x_5$	0	0	1	0	0	$Z_3\bar{Z}_2$
$x_1x_3x_6$	0	0	0	1	0	Z_4Z_5
$x_1x_3x_6x_7$	0	0	0	1	1	$\bar{Z}_5\bar{Z}_4\bar{Z}_3$

Здесь столбцы отвечают сигналам, вызывающим переходы УА, а строки – входным наборам. На пересечении строки i и столбца j элемент МС $r_{ij} = 1$, если все входные сигналы УА, отвечающие столбцу j , входят во входной набор УА, который отвечает строке i ; $r_{ij} = 0$ – в остальных случаях. Жирными единицами отмечены переходы, остальные единицы не вызывают несвоевременное переключение ИУ.

Логические уравнения включения ИУ и ЭП получаем в сборках логических выражений, записанных сверху МС для соответствующего жирной единице МС выхода.

Окончательно имеем простую систему логических уравнений:

$$Z_1 = x_8; \bar{Z}_1 = Z_2 = x_2; \bar{Z}_2 = Z_3 = x_4; Z_4 = Z_5 = x_6\bar{x}_7; \bar{Z}_3 = \bar{Z}_4 = \bar{Z}_5 = x_7,$$

которая не требует использования дополнительных методов, а реализуется непосредственно стандартными приемами (см. рис. 3) [8].

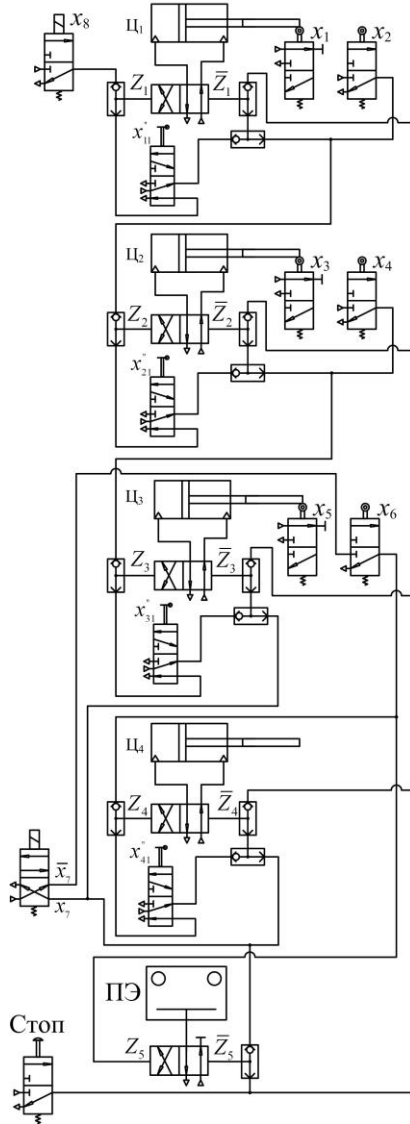


Рисунок 3 – Схема управления станком для электрохимического маркирования

Выводы. Благодаря тому, что устройство перенастройки пневматически связано посредством общего шарнира с приводом механизма подачи и с панелью конечных выключателей, значительно упростится процесс перенастройки станка при маркировании различных типоразмеров изделий по продольной оси их симметрии, что дает возможность использовать для обслуживания станка рабочих более низкой квалификации, а также уменьшить простои станка, связанные с наладкой.

Список использованных источников: 1. А.с. 1041255 СССР, МКІЗ В 23 Р 1/04. Устройство для электрохимического маркирования [Текст] / Н.Н. Едемский, Г.П. Смоленцев, В.П. Смоленцев (СССР). – № 3364409/25-08; заявл. 16.12.81; опубл. 15.09.83, Бюл. № 34. – 3 с. 2. Системы пневмоавтоматики в станкостроении [Текст] / А.И. Кудрявцев, Ю.И. Келлерман, М.В. Черкашенко [и др.]. – М.: НИИМаш, 1977. – 84 с. 3. А.с. 1166064 СССР, МПК4 G 05 В 19/40. Устройство микрокоманд для систем пневмо- и гидроприводов [Текст] / М.В. Черкашенко [и др.] (СССР). – № 3632972/24-24; заявл. 30.05.83; опубл. 07.07.85, Бюл. № 25. – 3 с. 4. Юдицкий, С.А. Проектирование дискретных систем автоматики [Текст] / С.А. Юдицкий, А.А. Тагаевская, Т.К. Ефремова. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с. 5. 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. 6. 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. 7. Черкашенко, М.В. Синтез минимальных схем гидропневмоагрегатов [Текст] / М.В. Черкашенко. – М.: Пневмогидромашины, 2013. – 265 с. 8. Черкашенко, М.В. Универсальные устройства для построения пневмосхем управления промышленных роботов и машин-автоматов [Текст] / М.В. Черкашенко // Вестник машиностроения. – 1985. – № 2. – С. 31-33.

Bibliography (transliterated): 1. A.s. 1041255 SSSR, MKІЗ V 23 R 1/04. Ustrojstvo dlja jelektrohimicheskogo markirovanija [Tekst] / N.H. Edemskij, G.P. Smolencev, V.P. Smolencev (SSSR). – № 3364409/25-08; zajavl. 16.12.81; opubl. 15.09.83, Bjul. № 34. – 3 s. 2. Sistemy pnevmoavtomatiki v stankostroenii [Tekst] / A.I. Kudrjavcev, Ju.I. Kellerman, M.V. Cherkashenko [i dr.]. – M.: NIIMash, 1977. – 84 s. 3. A.s. 1166064 SSSR, MPK4 G 05 B 19/40. Ustrojstvo mikrokomand dlja sistem pnevmo- i gidroprivodov [Tekst] / M.V. Cherkashenko [i dr.] (SSSR). – № 3632972/24-24; zajavl. 30.05.83; opubl. 07.07.85, Bjul. № 25. – 3 s. 4. Judickij, S.A. Proektirovanie diskretnyh sistem avtomatiki [Tekst] / S.A. Judickij, A.A. Tagaevskaja, T.K. Efreмова. – M.: Mashinostroenie, 1980. – 232 s. 5. 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. 6. Cherkashenko, M.V. Metod logicheskogo proektirovanija diskretnyh sistem upravlenija mashin-avtomatov s pnevmo- ili gidroprivodom [Tekst] / M.V. Cherkashenko // Pnevmatika i gidravlika. Privody i sistemy upravlenija. – M.: Mashinostroenie, 1981. – Vyp. 8. – S. 181-189. 7. Cherkashenko, M.V. Sintez minimal'nyh shem gidropnevmoagregatov [Tekst] / M.V. Cherkashenko. – M.: Pnevmodidromashiny, 2013. – 265 s. 8. Cherkashenko, M.V. Universal'nye ustrojstva dlja postroenija pnevmoshem upravlenija promyshlennyh robotov i mashin-avtomatov [Tekst] / M.V. Cherkashenko // Vestnik mashinostroenija. – 1985. – № 2. – S. 31-33.

Поступила в редколлегию 14.11.2013.