

УДК 621.225

**М.В. ЧЕРКАШЕНКО**, д-р техн. наук; проф. НТУ «ХПІ»;  
**К.А. ПОЛУШКИН**, аспірант НТУ «ХПІ»

### **СИНТЕЗ ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНИМИ АЛГОРИТМАМИ РАБОТЫ**

Предлагается метод проектирования гидропневмоагрегатов с параллельными алгоритмами работы, основанный на методах М. В. Черкашенко полной минимизации стандартной позиционной структуры, получения минимального графа операций и синтеза на основании матрицы соответствий минимальной системы уравнений, построения схемы с использованием методов безраздельной декомпозиции уравнений. В качестве математического описания системы управления используется язык графов операций С. А. Юдицкого. Полученный минимальный граф операций позволяет полностью минимизировать стандартную структуру и синтезировать минимальные уравнения для построения минимальной схемы системы управления гидропневмоагрегатов с параллельными алгоритмами работы.

**Ключевые слова:** гидропневмоагрегат, параллельные алгоритмы работы, позиционная структура, пневматическая система управления, автоматический манипулятор.

**Введение.** При синтезе схем гидропневмоагрегатов используется стандартная позиционная структура, имеющая известные преимущества. Частичная минимизация стандартной позиционной структуры предложена во многих работах, так, например, Юдицкого С.А., Goedecke W.D., Belforte G., Рейдзо Я. и др. Метод полной минимизации стандартной позиционной структуры предложен Черкашенко М.В. в работах [1÷3]. Он основан на синтезе минимального графа операций [1÷3] и синтезе уравнений с использованием матрицы соответствий [1, 4].

В основу метода полной минимизации стандартной позиционной структуры положена также структурная организация системы уравнения гидропневмоагрегатов, описанная в [5].

Задача синтеза схем с учетом параллелизма их работы рассматривалась в работе [6], но в этой работе в основу была положена стандартная позиционная структура без учета ее минимизации, что в результате приводило к избыточным схемам.

В настоящей статье предлагается метод проектирования схем гидропневмоагрегатов с учетом параллелизма работы при использовании полной минимизации стандартной позиционной структуры.

**Позиционная структура** с учетом параллелизма работы гидропневмоагрегатов. Обобщенная структура управления гидропневмоагрегатов представлена на рис. 1 [7]. Структура содержит матрицу 1 совпадений, вход 2, выход 3 матрицы 1, вход 4 матрицы 5 разделения включений микрокоманд, регистр 6, элементы ИЛИ 7, триггеры 8, элемент ИЛИ 9, входы 10 матрицы 1 совпадений, выходы 11 матрицы 12 включений, выходы 13 регистра 6, входы 14 и 15 и выход 16 устройств микрокоманд, основное устройство 17 микрокоманд, дополнительное устройство 18 микрокоманд и элемент ИЛИ 19, один из входов которого соединен со вторым выходом регистра основного устройства микрокоманд, его другой вход соединен с первым выходом регистра дополнительного устройства, а его выход соединен с первым элементом ИЛИ основного устройства, а также исполнительные устройства 20.

На основе такой структурной организации (рис. 1) возможно синтезировать схемы гидропневмоагрегатов, используя методы полной минимизации стандартной

позиционной структуры.

**Метод проектирования** рассмотрим на примере пневмоагрегата автоматического манипулятора. Исходные данные к проектированию пневматической системы управления автоматическим манипулятором приведены ниже. Исполнительными устройствами (ИУ) автоматического манипулятора служат пневмоцилиндры  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$  и пневмоэлектропреобразователь (ПЭ), которым соответствуют выходы  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$ . Их исходные положения контролируются конечными выключателями (ВК)  $x_2, x_4, x_6, x_8$  соответственно, а конечные положения – ВК  $x_3, x_5, x_7, x_9, x_{10}$  соответственно (ВК  $x_{10}$  контролирует включенное состояние рольганга).

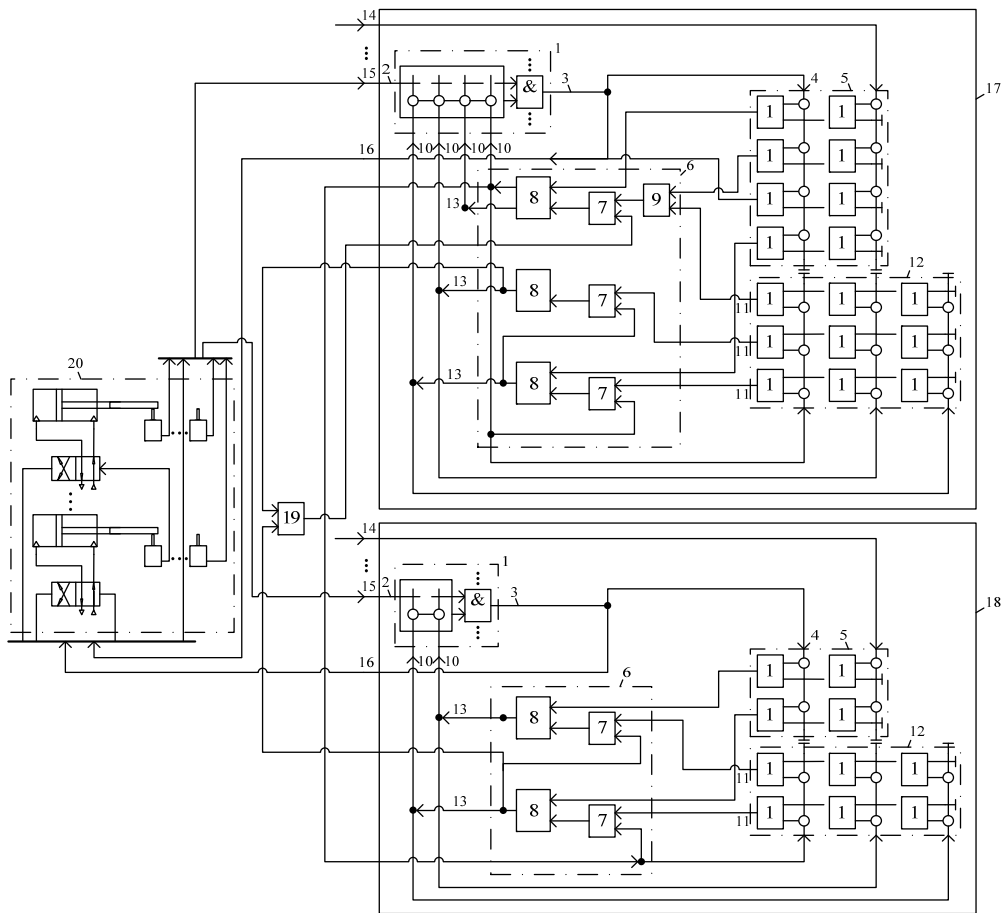


Рис. 1 – Позиционная структура управления гидропневмоагрегатов

Цикл работы начинается с нажатия на кнопку пуска  $x_1 = 1$ . При этом происходит захват заготовки  $Z_1 = 1$ . В конечном положении цилиндр  $\Pi_1$  воздействует на ВК  $x_3$ . По сигналу  $x_3 = 1$  осуществляется выдвижение руки  $Z_2 = 1$  и поворот руки  $Z_3 = 1$ . При наличии сигнала от ВК  $x_5 = 1$  включается рольганг  $Z_5 = 1$ , а от ВК  $x_7 = 1$  происходит разжим заготовки  $\bar{Z}_1 = 1$ . В конце хода шток цилиндра  $\Pi_5$  воздействует на ВК  $x_{11}$  и по сигналу  $x_{11} = 1$  рука задвигается  $\bar{Z}_2 = 1$ . Параллельно этому по сигналу  $x_2 = 1$  корпус манипулятора поворачивается  $Z_4 = 1$ , проверяя наличие бракованных изделий, далее по сигналу  $x_9 = 1$  корпус манипулятора разворачивается обратно  $\bar{Z}_4 = 1$ . Поворот руки обратно ( $\bar{Z}_3 = 1$ ) и выключение рольганга ( $\bar{Z}_5 = 1$ ) осуществляется по сигналу  $x_4 = 1$ .

При любом положении ИУ нажатием на кнопку  $P_{стоп}$  все ИУ возвращаются в исходное положение. Назначение ИУ, а также их взаимодействие с входными устройствами показаны в табл. 1.

Таблица 1

Назначение исполнительных устройств и их взаимодействие с входными устройствами

<i>Выходные сигналы</i>		<i>Входные сигналы</i>	
<i>Наименование операции</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Исходное положение</i>	<i>Конечное положение</i>
Захват заготовки	$Z_1$	$x_2$	$x_3$
Выдвижение руки	$Z_2$	$x_4$	$x_5$
Поворот руки	$Z_3$	$x_6$	$x_7$
Поворот корпуса	$Z_4$	$x_8$	$x_9$
Включение рольганга	$Z_5$	-	$x_{10}$

Формализация описания работы систем гидропневмоагрегатов позволяет перейти от словесного описания работы системы к математическому описанию, необходимому для осуществления структурного синтеза схемы системы управления (СУ). Формализованное описание схемы представляется в виде графа операций (рис. 2) [6].

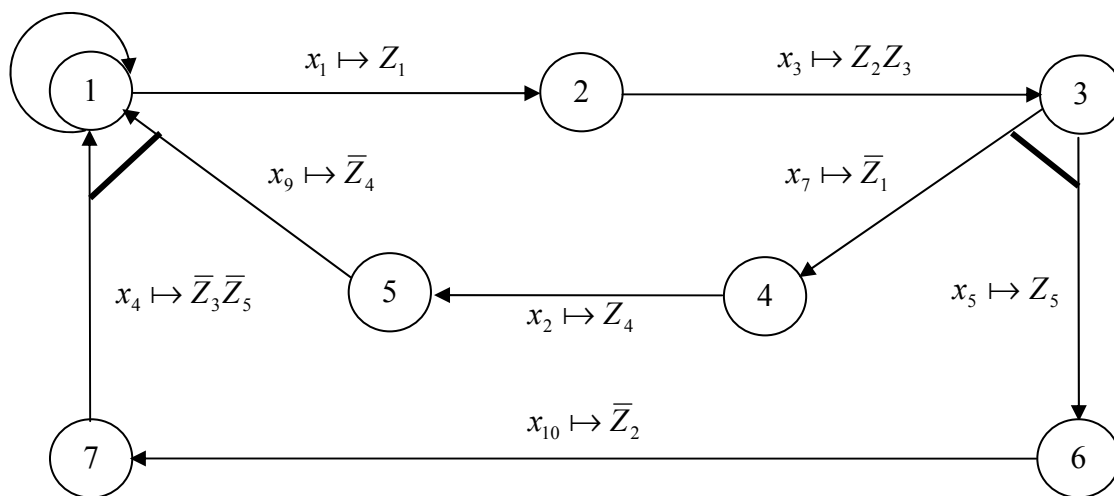


Рис. 2 – Граф операций

**Минимизация системы управления [1÷4].** Следующий этап проектирования после составления формализованного описания – структурный синтез, а именно получение минимального графа операций и минимизированной системы уравнений.

Переходим к минимизации уравнений на основании матрицы соответствий (МС) [4]. МС для общих контуров графа операций имеет вид

	$x_1$	$x_3$	
$x_2 x_4 x_6 x_8$	0	0	$\emptyset$
$x_1 x_2 x_4 x_6 x_8$	1	0	$Z_1$
$x_3 x_4 x_6 x_8$	0	1	$Z_2 Z_3$

Здесь столбцы отвечают сигналам, вызывающим переходы СУ, 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.

Уравнения включения ИУ получаем в сборках логических выражений, записанных сверху МС для соответствующего жирной единице МС выхода.

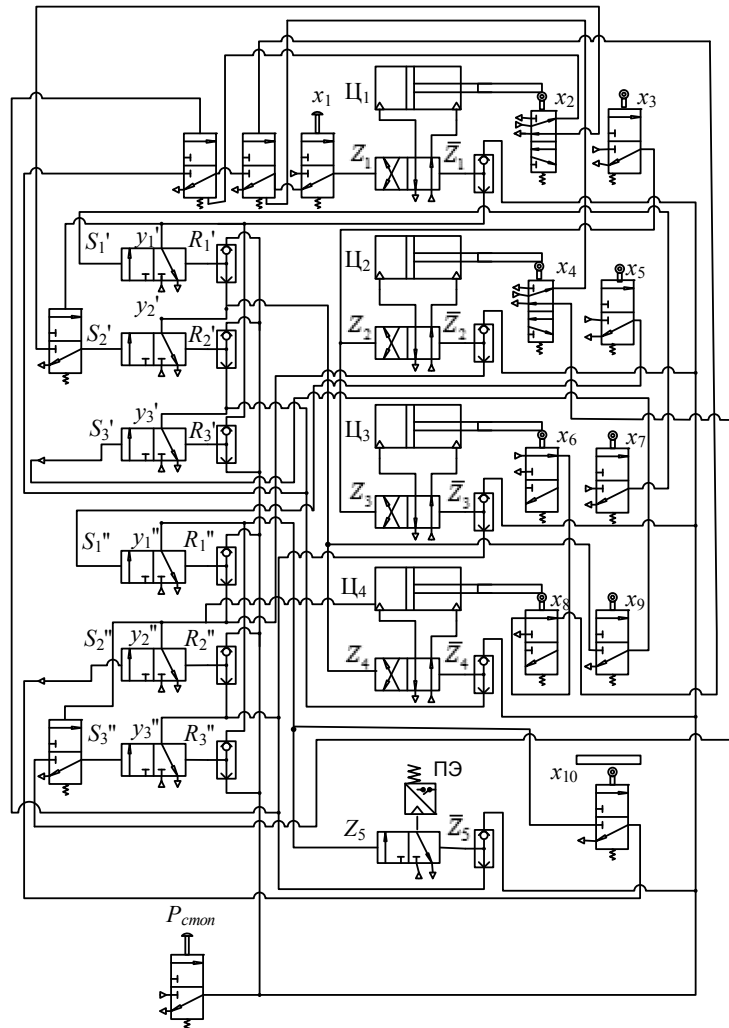


Рис. 3 – Схема управления пневмоагрегата автоматического манипулятора

Для двух параллельных участков используем два командоаппарата. Проверяем отсутствие сигнала включения  $x_7$  первого командоаппарата и – сигнала включения  $x_5$  второго командоаппарата во входных наборах общего контура графа операций.

Окончательно имеем следующую систему уравнений:

$$S'_1 = x_7; S'_2 = y'_1 x_2; S'_3 = y'_2 x_9; R'_1 = y'_2; R'_2 = y'_3; R'_3 = y'_1; S''_1 = x_5; S''_2 = y'_1 x_{10}; S''_3 = y''_2 x_4; R''_1 = y''_2; R''_2 = y''_3; R''_3 = y''_1; Z_1 = y_3' y_3'' x_2 x_4 x_6 x_8 + x_1; \bar{Z}_1 = y_1'; Z_2 = x_3; \bar{Z}_2 = y_2''; Z_3 = x_3; \bar{Z}_3 = y_3''; Z_4 = y_2'; \bar{Z}_4 = y_3'; Z_5 = y_1''; \bar{Z}_5 = y_3''.$$

В общем случае система уравнений может быть реализована, как описано в [8, 9]. Полученная система уравнений реализуется с учетом совмещения функциональных и логических возможностей входных устройств [10]. Пневматическая схема управления манипулятора представлена на рис. 3.

**Выводы.** Предложенный метод проектирования гидропневмоагрегатов с параллельными алгоритмами работы может быть использован в народном хозяйстве с большим технико-экономическим эффектом, так как позволяет значительно упростить схемы гидропневмоагрегатов с параллельными алгоритмами работы по сравнению с построенными известными методами, не использующими минимизированную структуру системы управления.

**Список литературы:** 1. Черкашенко, М. В. Построение гидравлических дискретных управляющих устройств роботов и машин-автоматов [Текст] / М. В. Черкашенко // Доклады всесоюзного научно-технического совещания по применению гидравлической автоматике в промышленности, 18–20 окт. 1977. – М. : Институт проблем управления АН СССР, 1977. – С. 217–220. 2. Cherkashenko, M. V. Computer-aided design of diskret control fluid power system [Text] / M. V. Cherkashenko // 2 Internationales Fluidtechnishes colloquium. Germany, 16–17 marz 2000. Band 1. – P. 495–500. 3. Cherkashenko, M. V. Synthesis of discrete control systems of industrial robots [Text] / M. V. Cherkashenko [etc.] // Automation and Remote Control (USA). – 1981. – V42. – №5. – P. 676–680. 4. 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. 5. Устройство микрокоманд для систем пневмо- и гидроприводов [Текст] : а.с. 1166064 : СССР, МПК<sup>4</sup>G05B19/40 / М. В. Черкашенко [и др.] (СССР). – № 3632972/24-24 ; заявл. 30.05.83 ; опубл. 07.07.85, Бюл. № 25. – 3 с. 6. Юдицкий, С. А. К вопросу описания и синтеза дискретных систем промышленной автоматике [Текст] / С. А. Юдицкий // Техническая кибернетика. – 1976. – №1. – С. 131–141. 7. Пристрій для управління гідропневмоагрегатів [Текст] : заявка № u 2014 06052 : Україна, МПК G05B19/045 / Черкашенко М. В., Полушкін К. О. ; Заявник та патентовласник НТУ «ХПІ». – № 9343695 ; заявл. 02.06.2014 ; затв. 20.08.2014. 8. 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. 9. Cherkashenko, M. Universal devices for building pneumatic control circuits for industrial robots and automatic machines [Text] / M. Cherkashenko // Soviet engineering research (England). – 1985. – V5. – №2. – P. 29–31. 10. Черкашенко, М. В. Синтез минимальных схем гидропневмоагрегатов [Текст] / М. В. Черкашенко. – М. : Пневмогидромашини, 2013. – 265 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Cherkashenko, M. V. "Postroenie gidravlicheskih diskretnyh upravljajushhih ustrojstv robotov i mashin-avtomatov." *Doklady vsesojuznogo nauchno-tehnicheskogo soveshhanija po primeneniju gidravlicheskoj avtomatiki v promyshlennosti*. 18–20 Oktober. Moscow: Institut problem upravlenija AN SSSR, 1977. 217–220. Print. 2. Cherkashenko, M. V. "Computer-aided design of diskret control fluid power system." *2 Internationales Fluidtechnishes colloquium*. Germany. 16–17 Marz. No. 1. 2000. 495–500. Print. 3. Cherkashenko, M. V. "Synthesis of discrete control systems of industrial robots." *Automation and Remote Control*. USA. 42.5 (1981): 676–680. Print. 4. Cherkashenko, M. V., et al. "Metod logicheskogo proektirovanija diskretnyh sistem upravljenija mashin-avtomatov s pnevmo- ili gidroprivodom." *Pnevmatika i gidravlika. Privody i sistemy upravljenija*. Vol. 8. Moscow: Mashinostroenie, 1981. 181–189. Print. 5. Cherkashenko, M. V., et al. *Ustrojstvo mikrokomand dlja sistem pnevmo- i gidroprivodov*. USSR Patent, A. s. 1166064 (МПК<sup>4</sup>G05B19/40). 7 July 1985. Print. 6. Judickij, S. A. "K voprosu opisanija i sinteza diskretnyh sistem promyshlennoj avtomatiki." *Tehnicheskaja kibernetika*. No. 1. 1976. 131–141. Print. 7. Cherkashenko, M. V., and K. O. Polushkin. *Pristrij dlja upravlinnja gidropnevmoagregativ*. Ukraine Patent no. u201406052 (MPK G05B19/045). 20 August 2014. 8. Cherkashenko, M. "Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation." *International Fluid Power Symposium. Fundamentals*. Aachen, Germany. 20–22 March. No. 1. 2006. 147–154. Print. 9. Cherkashenko, M. "Universal devices for building pneumatic control circuits for industrial robots and automatic machines." *Soviet engineering research*. England. 5.2 (1985): 29–31. Print. 10. Cherkashenko, M. V. *Sintez minimal'nyh shem gidropnevmoagregatov*. Moscow: Pnevmo gidromashiny, 2013. Print.

*Поступила (received) 23.12.2014*