

УДК 62-522

Черкашенко М.В., Фатеев А.Н., Фатеева Н.Н.

К ВОПРОСУ СИНТЕЗА СХЕМ ГИДРОПНЕВМОАГРЕГАТОВ

Из существующих подходов к синтезу схем гидропневмоагрегатов можно выделить три, один из которых (элементный) предусматривает выражение выходных сигналов через входные с последовательным введением элементов памяти (ЭП) [1], второй – стандартное размещение памяти устройства с одновременной индикацией временных интервалов реализуемого процесса (агрегатный), с использованием командоаппарата) [2,3]. Третий, предложенный М.В. Черкашенко [4,5], основанный на симбиозе и сочетает положительные особенности двух упомянутых выше. Основным преимуществом элементного подхода является то, что получаемая в результате проектирования схема содержит близкое к минимальному числу логических элементов.

В целом, главными недостатками элементного подхода является: последовательное неформальное введение ЭП и размещение внутренних состояний; совместная минимизация системы логических уравнений большого количества переменных с помощью карт Карно (что для управляющих автоматов большой размерности становится невозможным даже с применением ЭВМ) или неформальное удлинение наборов, которые вызывают переходы от одних технологических операций к другим. Агрегатный подход позволяет устранить названные недостатки элементного подхода, благодаря возможности синтеза схемы управляющих автоматов (УА) из отдельных блоков, что упрощает ее построение и сокращает сроки проектирования. Основным недостатком агрегатного подхода есть чрезмерность структуры, которая усложняет схему УА.

Целью настоящей работы является сравнительная оценка схем, построенных с использованием формализованных алгоритмов синтеза схем гидропневмоагрегатов, основанных на использовании второго и третьего подходов к их построению.

Сравнительную оценку покажем аналитическими зависимостями и иллюстрируем на примере синтеза пневматической системы управления автоматизированным токарным станком. Дадим количественную оценку и покажем выигрыш при использовании третьего подхода по отношению ко второму [6].

В основу принципа построения схем с использованием стандартной позиционной структуры (второй подход) положен метод построения схемы непосредственно по графу операций. Здесь используется командоаппаратный способ построения. Причем число ЭП командоаппарата выбирается равным числу вершин графа операций. Таким образом, осуществляется единичное кодирование внутренних состояний системы, а число внутренних состояний совпадает с числом операций технологического процесса.

Функции включения ЭП

$$S=f(P, Y)$$

зависят от соответствующего входного воздействия и от значения выхода предыдущего ЭП $S_i = p_i y_{i-1}$, где S_i – сигнал включения i -го ЭП; p_i – входной набор, переводящий систему из одного состояния к другому в i -ом переходе; y_{i-1} – выход ЭП в предыдущем переходе $i-1$ (следующим после последнего перехода является первый).

Функция выключения ЭП

$$R = f(y),$$

$R_i = y_{i+1}$, где y_m – выход следующего за i -м ЭП.

Функции выходов

$$Z = f(y)$$

зависят лишь от внутренних состояний и не зависят от входных наборов.

Функции включения «памяти» и выходов при третьем подходе определяются из следующих выражений

$$\begin{aligned} S &= f(X, Y); \\ Z &= f(X, Y). \end{aligned}$$

Оценим сложность схемы, построенной по третьему подходу, принимая, что ЭП, двухвходовая и трехвходовая конъюнкция (дизъюнкция) реализуются одним элементом. При этом будем различать два случая: число вершин графа G_r , $|B| > 2$ и $|B| = 2$. В первом случае сложность схемы для k контуров графа:

$$L_1 = |B| + k_1 + 2k_2 + 2 \sum_{\zeta=1}^m (k_{3_\zeta} - 1) + \sum_{\alpha=1}^{|B|} (k_{4_\alpha} - 1) - \Delta s,$$

где $|B|$ – максимальное число блоков для одного разбиения; k_1 – минимальное число удлиненных наборов Q за счет сигналов из множества X_c или Y без учета обязательного удлинения одинаковых наборов из множества P ; k_2 – число одинаковых входных наборов UA ; k_{3_ζ} – число включений z_ζ ИУ; m – число ИУ; k_{4_α} – число включений ЭП α для k контуров графа G ; Δs – выигрыш от декомпозиции и факторизации СЛУ. Во втором случае:

$$L_2 = k_1 + 2k_2 + \sum_{\zeta=1}^m (k_{3_\zeta} - 1) + 2k_{4_\alpha} - 1 - \Delta s,$$

поскольку в этом случае $\|B\| = 2$, выбираем один ЭП с использованием двух инверсных выходов. Значения выбираем из расчета реализации многих контуров графа операций с общей памятью, так как контуры UA работают не одновременно.

По определению $L_2 < L_1$. При втором подходе:

$$L'_1 = 3 \cdot k,$$

где k – число ЭП, число элементов \vee , число элементов \wedge .

$$L'_1 \geq L_1, \text{ т.е. } 3 \cdot k \geq |B| + k_1 + 2k_2 + 2 \sum_{s=1}^m (k_{3_s} - 1) + \sum_{\alpha=1}^{|B|} (k_{4_\alpha} - 1) - \Delta s,$$

так как L'_1 – это предельный случай для L_1 и как показывает практика L_1 всегда значительно меньше L'_1

В формулах для расчета L_1 , L'_1 и L_2 не включены элементы из реализации поднаборов Q , так как они являются обязательными по техническому заданию на проектирование УА во всех случаях.

Рассмотрим синтез пневматической системы токарного станка. Исполнительными устройствами токарного станка служат пневматические цилиндры (Π_1 – Π_4), которым соответствуют выходы Z_1 – Z_4 . Цилиндр Π_1 производит загрузку питателем из магазина. Его исходное положение контролируется конечным выключателем X_1 , а конечное – X_2 . Цилиндр Π_2 производит зажим заготовки зажимным механизмом, начальное положение которого контролируется конечным выключателем X_3 . Цилиндр Π_3 отводит суппорт в исходное положение. Цилиндр Π_4 производит рабочую подачу суппорта, конечное положение которого контролируется конечным выключателем X_4 .

Каждый цикл работы станка начинается после возврата в исходное положение пневмопривода механизма зажима заготовки ($X_3=1$) и при включенном пневмотумблере ($X_5=1$). По сигналу $X_3=1$ и $X_5=1$ происходит загрузка питателем из магазина и отвод суппорта в исходное положение $Z_1=1$ и $Z_3=1$. Затем по сигналу $\bar{X}_1=1$ от конечного выключателя, контролирующего исходное положение цилиндра Π_1 , и сигналу $X_5=1$ происходит включение движения подачи суппорта $Z_4=1$. Далее цилиндр Π_1 , достигнув конечного положения, воздействует на конечный выключатель $X_2=1$ и при сигнале $\bar{X}_4=1$, а также при $X_5=1$ включается пневмопривод зажима заготовки $Z_2=1$. При включении Π_2 , исходное положение которого контролируется конечным выключателем X_3 , от выключателя исходит сигнал $\bar{X}_3=1$ и при включенном пневмотумблере $X_5=1$ механизм загрузки Π_1 и пневмопривод отвода суппорта возвращаются в исходное положение $\bar{Z}_1=1$ и $\bar{Z}_3=1$. Как только Π_1 возвращается в исходное положение, воздействуя при этом на конечный выключатель $X_1=1$ и при сигнале $X_5=1$ происходит отключение движения подачи суппорта $\bar{Z}_4=1$, конечное положение которого контролируется конечным выключателем X_4 . По сигналу $X_4=1$ и по сигналу $X_5=1$ происходит возврат в исходное положение пневмопривода зажима заготовки $\bar{Z}_2=1$. При отключении пневмотумблера $X_5=0$ работа станка прекращается.

Режим работы – автоматический. Назначение ИУ, а также их взаимодействие с входными устройствами показаны в таблице. Каждый цикл работы станка начинается после возврата в исходное положение пневмопривода зажима заготовки ($X_3=1$) при включенном пневмотумблере ($X_5=1$). При отключении пневмотумблера ($X_5=0$) работа станка прекращается.

Исходя из технического задания, строим ориентированный граф операций, вершины графа соответствуют количеству технологических операций, а дуги графа соответствуют переходам от одной операции к другой. Граф операций в общем случае состоит из контуров, каждый из которых отвечает одной программе работы УА. Минимальный граф операций получен в работе [5]. Описание цикла работы системы управления автоматизированным токарным станком в виде графа операций представлено ниже на рис. 1.

Функции включения (отключения) ИУ имеют вид:

$$Z_1 = y_1; \quad \bar{Z}_1 = y_4; \quad Z_2 = y_3; \quad \bar{Z}_2 = y_6; \quad Z_3 = y_1; \quad \bar{Z}_3 = y_4; \quad Z_4 = y_2; \quad \bar{Z}_4 = y_5.$$

По графу (рис. 1) и логическим уравнениям, для автоматического режима строим схему с использованием стандартной позиционной структуры. В данной схеме управление работой цилиндров (исполнительных устройств) осуществляется через последовательное включение триггеров (элементов памяти) командоаппарата. Каждой вершине графа сопоставляется один элемент памяти командоаппарата. Количество триггеров командоаппарата равно числу технологических операций или вершин графа. Схема построения с использованием стандартной позиционной структуры для автоматического режима представлена на рис. 2.

Таблица – Взаимодействие входных сигналов и ИУ

Выходные сигналы		Входные сигналы			
Обозначение	Наименование	Автоматический режим		Наладка	
		Исходное положение	Конечное положение	Включено	Отключено
Z ₁	Загрузка (питателем из магазина)	X ₁	X ₂	X ₁₁	\bar{X}_{11}
Z ₂	Зажим заготовки	X ₃	–	X ₂₂	\bar{X}_{22}
Z ₃	Отвод суппорта в исходное положение	–	–	X ₃₃	\bar{X}_{33}
Z ₄	Включение движения подачи суппорта назад	–	X ₄ (начальное положение)	X ₄₄	\bar{X}_{44}

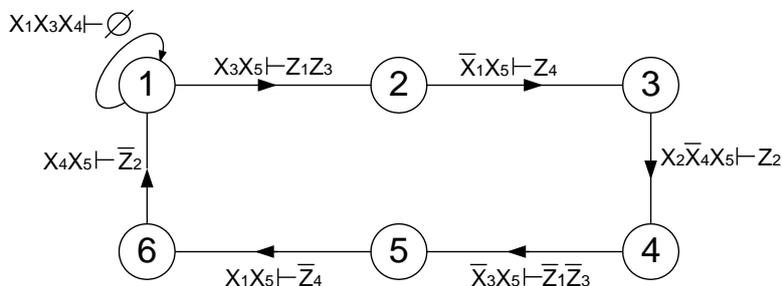


Рисунок 1 – Граф операций условий работы пневмоагрегата

Получим условия включения и отключения памяти:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= X_3X_5; & R_1 &= y_2; & S_2 &= \bar{X}_1X_5y_1; & R_2 &= y_3; & S_3 &= X_2\bar{X}_4X_5y_2; & R_3 &= y_4; \\
 S_4 &= \bar{X}_3X_5y_3; & R_4 &= y_5; & S_5 &= X_1X_5y_4; & R_5 &= y_6; & S_6 &= X_4X_5y_5; & R_6 &= y_1.
 \end{aligned}$$

Минимизацию системы управления проведем, как указано в [4]. Внутренней памяти в нашем случае не требуется, так как входная последовательность не содержит одинаковые входные наборы. Минимальный граф операций получен в [7]. В нашем случае он содержит одну вершину.

Для минимизации воспользуемся матрицей соответствий, столбцы которой отвечают последовательности входных наборов, осуществляющих переходы, а строки – последовательности полных входных наборов, действующих в переходах. Матрица соответствий имеет вид

	X_3X_5	\bar{X}_1X_5	$X_2\bar{X}_4X_5$	\bar{X}_1X_5	\bar{X}_1X_5	X_4X_5	
$X_1X_3X_4$	0	0	0	0	0	0	\emptyset
$X_1X_3X_4X_5$	1	0	0	0	1	1	Z_1Z_3
$X_3X_4X_5$	1	1	0	0	0	1	Z_4
$X_2X_3X_5$	1	1	1	0	0	0	Z_2
X_2X_5	0	1	1	1	0	0	$\bar{Z}_1\bar{Z}_3$
X_1X_5	0	0	0	1	1	0	\bar{Z}_4
$X_1X_4X_5$	0	0	0	1	1	1	\bar{Z}_2

В данном случае противоречивых выходных сигналов нет, поэтому удлинения сигналов не требуется. Логические уравнения включения ИУ и ЭП получаем в сборках логических выражений, записанных сверху МС, для соответствующего перехода (жирной единице МС).

Проанализировав матрицу, имеем систему логических уравнений

$$Z_1 = X_3X_5; \quad \bar{Z}_1 = \bar{X}_3X_5; \quad Z_2 = X_2\bar{X}_4X_5; \quad \bar{Z}_2 = X_4X_5; \quad Z_3 = X_3X_5; \quad \bar{Z}_3 = \bar{X}_3X_5; \\ Z_4 = \bar{X}_1X_5; \quad \bar{Z}_4 = X_1X_5.$$

По уравнениям строим схему (рис. 3)

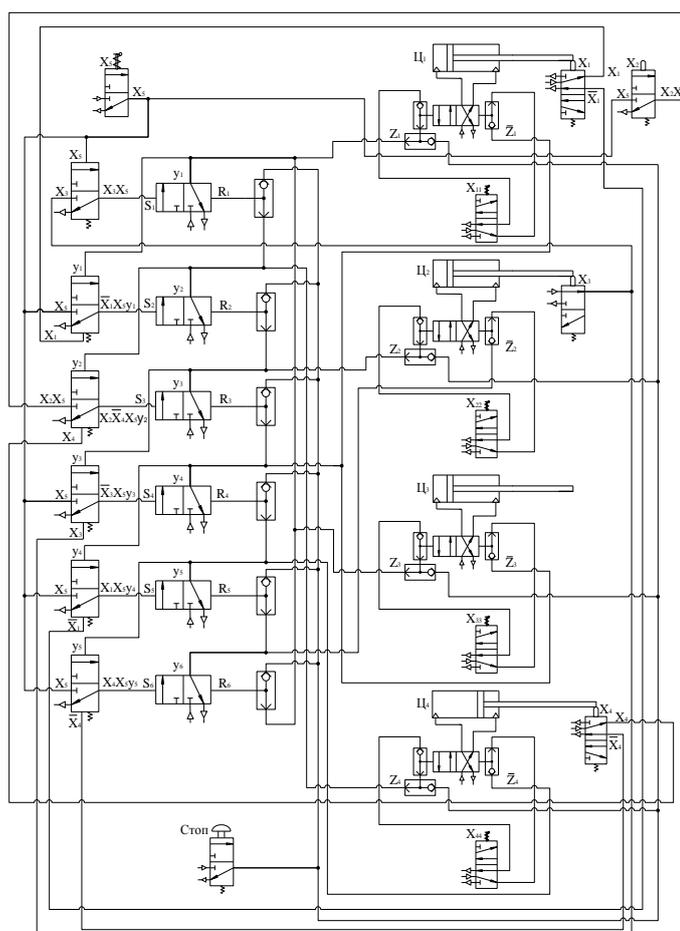


Рисунок 2 – Схема управления автоматизированным токарным станком, синтезированная с использованием стандартной позиционной структуры

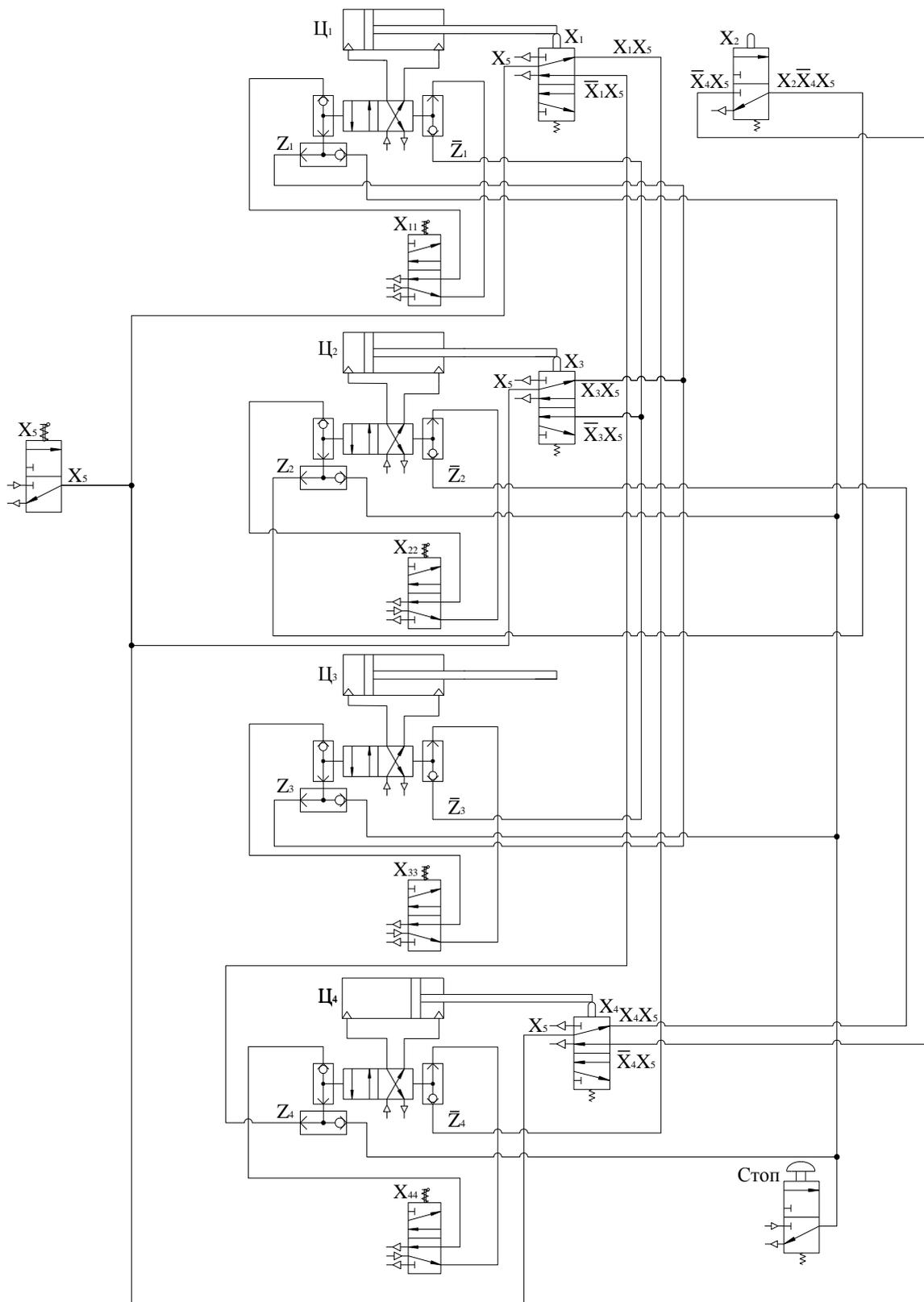


Рисунок 3 – Схема управления автоматизированным токарным станком, синтезированная методом минимизации

Как видно из приведенных схем, в схеме (рис. 2), построенной с использованием агрегатного подхода, число распределителей значительно больше, чем в схеме, представленной на рис. 3.

Литература

1. Герц Е.В., Зенченко В.П., Крейнин Г.В. Синтез пневматических приводов. – М.: Машиностроение. – 1966. – 212 с.
2. Юдицкий С.А. К вопросу описания и синтеза дискретных систем промышленной автоматики // Техническая кибернетика. – 1976. – №1. – с. 131–141.
3. Goedecke W.D. Bemerkungen zum Gespräch Taktkett contra Lodic?// Olhydraulik and pneumatik. – 1978. – N12. – p. 678–680.
4. Черкашенко М.В. Метод логического проектирования дискретных систем управления машин-автоматов с пневмо- или гидроприводом. Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления. – М.: Машиностроение. – 1981. – Вып.8. – с. 181–189.
5. Cherkashenko M.V. Computer-aided design of discrete control fluid power system. 2 Internationales Fluidtechnishes symposium. Germany.– 16–17 mart.– 2000. Band 1.– p. 495–500.
6. Черкашенко М.В. Автоматизація проектування систем гідро- і пневмоприводів з дискретним управлінням: Харків: НТУ «ХПІ». – 2001. – 182 с.
7. Черкашенко М.В. и др. Синтез дискретных систем управления промышленных роботов //Автоматика и телемеханика.– 1981.– №5.– с. 148–153. (Printed of USA “Automation and Remote Control”).

УДК 62-522

Черкашенко М.В., Фатеев О.М., Фатеева Н.М.

ДО ПИТАННЯ СИНТЕЗУ СХЕМ ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИВ

Проводиться порівняльна оцінка схем, побудованих з використанням формалізованих алгоритмів синтезу схем гідропневмоагрегатів, заснованих на використанні агрегатного підходу й підходу, заснованого на симбіозі елементного і агрегатного підходів до їх побудови.