

УДК 621.225

М. В. ЧЕРКАШЕНКО, Б. А. ВУРЬЕ**К ПРОБЛЕМЕ СИНТЕЗА МИНИМАЛЬНЫХ СХЕМ ГИДРОПНЕВМОАГРЕГАТОВ**

Розглядається синтез складних схем систем гідропневмоагрегатів, що працюють в режимах паралелізму і послідовних, що дозволяє вирішувати довільні завдання на всіх етапах синтезу мінімальних схем. Для чого пропонується принципово нова універсальна структурна організація, заснована на апробованих авторами схемних рішеннях. Дається оцінка складності схем при повній мінімізації графа операцій, який є математичною моделлю їх опису. Представлений один з перспективних способів апаратної реалізації схем при збереженні позитивних особливостей стандартної позиційної структури.

Ключові слова: гідропневмоагрегати, схема, синтез, системи управління, позиційна структура, виконавчі пристрої.

Рассматривается синтез сложных схем систем гидропневмоагрегатов, работающих в режимах параллелизма и последовательностных, что позволяет решать произвольные задачи на всех этапах синтеза минимальных схем. Для чего предлагается принципиально новая универсальная структурная организация, основанная на апробированных авторами схемных решениях. Дается оценка сложности схем при полной минимизации графа операций, являющего математической моделью их описания. Представлен один из перспективных способов аппаратной реализации схем при сохранении положительных особенностей стандартной позиционной структуры.

Ключевые слова: гидропневмоагрегаты, схема, синтез, системы управления, позиционная структура, исполнительные устройства.

The synthesis of complex schemes of systems of hydropneumounits operating in parallelism and sequential modes, that can solve arbitrary problems at all stages of the synthesis of minimal schemes. What is proposed is fundamentally new universal structural organization, based on tested the authors solutions. Result – the estimation of the complexity to minimize of schemes, and a mathematical model to describe them. It presents one of the most promising ways to hardware implementation schemes while retaining the positive features of standard positional structure.

Keywords: hydropneumounits, the scheme, the synthesis, control systems, the position structure, actuators.

Введение. Системы гидропневмоагрегатов представляют собой системы со строго детерминированной входо-выходной последовательностью сигналов. Здесь отсутствует возможность появления случайной входо-выходной последовательности, в связи со строгим контролем положения исполнительных устройств. Системы гидропневмоагрегатов содержат параллельные и последовательные режимы работы исполнительных устройств.

Синтез систем управления таких систем, как правило, проводится с использованием стандартной позиционной структуры с возможностью ее полной минимизации.

Разработка новой структурной организации сложных систем гидропневмоагрегатов с учетом параллелизма и последовательностных режимов работы, а также рациональных методов их проектирования является весьма актуальной проблемой.

Основная часть. В настоящей статье приводится разработанная новая универсальная позиционная структура, учитывающая всевозможные случаи работы систем гидропневмоагрегатов с учетом синтеза минимальных схем [1]. При этом минимизация обеспечивается сжатием вершин графа операций [2], т. е. получения минимального графа операций [3], выбора рациональных решений при синтезе командоаппарата, и алгоритма синтеза минимальных схем.

Предложенная структурная организация системы гидро- и пневмоагрегатов представлена на рис. 1, а и базируется на позиционной структуре (рис. 1, б) [4, 5].

Она содержит n блоков 8 структуры [1] и дополнительный блок 9 совпадения микрокоманд (рис. 1, а), n входов которого соединены с выходами блоков 8. В свою очередь блок 8 работает следующим

образом. Множество входных сигналов системы управления (СУ) X состоит из подмножества сигналов X_c выходов узлов U , а также из подмножества X_b влияния от органов ручного управления. Во входном блоке формируется множество условий E , которое состоит 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 СУ, которые принимают 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 СУ, при котором принимает единичное значение условие из подмножества T , дальше называем удлинненным набором. Рассмотрим такие удлинненные наборы T , которые дополнены минимальным числом переменных.

Блок памяти 5 включает в себя командоаппарат, содержащий последовательно соединенные элементы памяти (ЭП) (триггеры с отдельными 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 СУ 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 ИЛИ (\vee) и используется при включении

одного ЭП разными наборами из множества U для разных программ работы СУ.

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

Выходной блок 6 содержит элементы \vee , а также гидро- или пневмораспределители (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 СУ: 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.

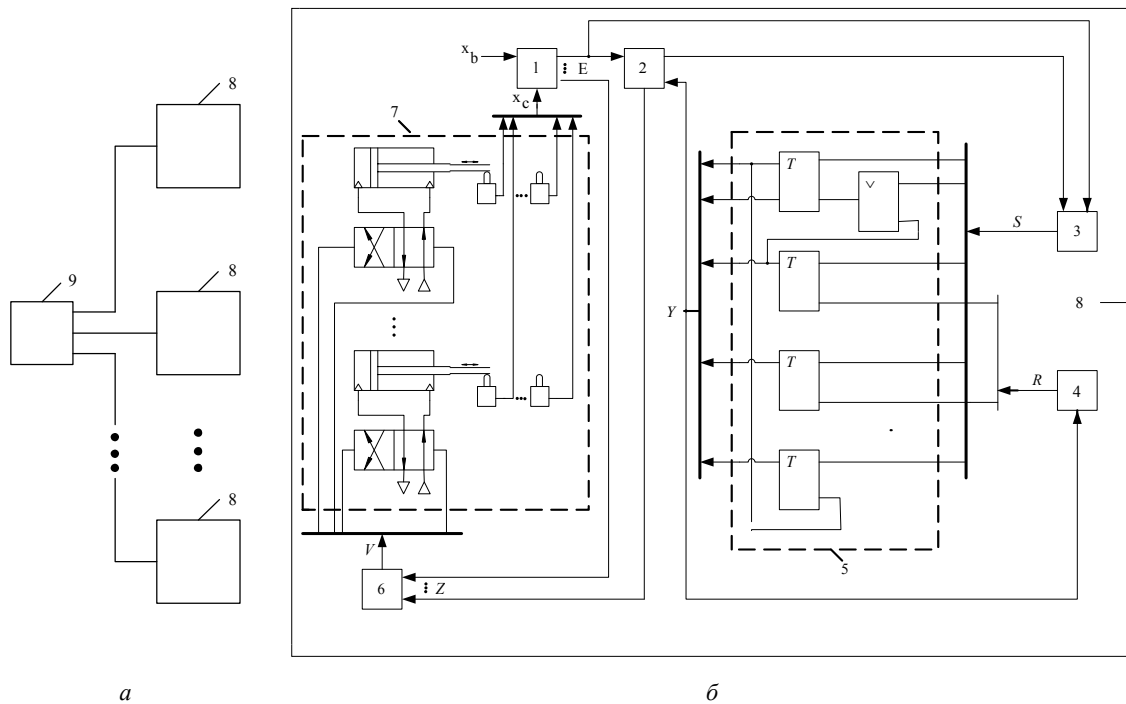


Рис. 1 – Структурная организация системы гидropневмоагрегатов:
 а – универсальная структурная организация; б – позиционная структура

Сам командоаппарат может быть выполнен по типу [6] (рис. 2). Он работает следующим образом. В начальной позиции сигналы $x_1 - x_n$ во входных каналах и сигналы $y_1 - y_n$ в выходных каналах равняются нулю. Во время подачи сигнала пуска p_n через элемент \vee переключается распределитель 1 первой ячейки, давление питания поступает в выходной канал ($y_1 = 1$). Во время подачи сигнала $x_2 = 1$ переключается распределитель 2 второй ячейки, выходной сигнал которого вызовет переключение распределителя 1 второй ячейки, выходной сигнал $y_2 = 1$. Этот сигнал через элемент \vee выключает распределитель 1 первой ячейки, в результате $y_1 = 0$. Последовательная подача входных сигналов $x_i = 1$ вызовет последовательное формирование выходных сигналов $y_i = 1$. Во время подачи сигнала выключения p_0 , независимо от наличия входного сигнала $x_i = 1$, все распределители 2 переключаются, соединяя камеры управления распределителей 1 с атмосферой. Одновременно сигнал p_0 через элементы \vee проходит в камеры управления распределителей 1, что вызывает снятие выходных сигналов ($y_i = 0$).

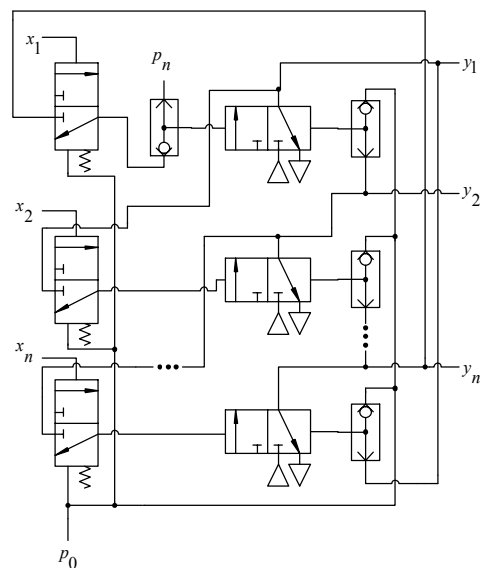


Рис. 2 – Схема командоаппарата

Метод структурного синтеза СУ гидропневмоагрегатов объединяет лучшие особенности агрегатного и элементного подходов к проектированию СУ и позволяет получить систему логических уравнений (СЛУ), которая описывает схему СУ. В гидропневмоагрегатах различают узлы, исполнительные устройства которых получают рабочую жидкость от гидропневмораспределителей с двух- и односторонним управлением.

Структурный синтез логической схемы позволяет получить СЛУ, которая математически описывает эту схему. СЛУ содержит уравнения для включения и выключения любого ЭП и каждого исполнительного устройства. Минимизация СЛУ обеспечивает на этапе построения схемы сокращение количества элементов (модулей), выбранных в качестве базисных. Таким образом, обеспечив при структурном синтезе получение минимального числа ЭП, тем самым сокращаем число уравнений, которые входят в СЛУ, а минимизируя каждое уравнение, сокращаем число базисных устройств. Рассмотрим алгоритм синтеза разбиения π [3]. В результате действия алгоритма формируется матрица M размерностью $2m_1$ (где m_1 – максимальное число наборов $\{P_m\}$, а в первом столбце записываются десятичные эквиваленты двоичных чисел, соответствующих выходным наборам (одинаковым наборам P_β , вызывающим появление различных наборов z_v и $z_{\bar{v}}$, соответствуют одинаковые числа). Во втором столбце формируются десятичные числа, соответствующие блокам $\{B\}$ разбиения π . Работает алгоритм следующим образом.

1. $i = a = 1$. (i – номер строки, a – номер блока), переходим к 2.

2. $M(i, 2) = a$, переходим к 3.

3. $i = i + 1$, если $M(i, 1) \neq M(j, 1)$ (j пробегает номера, где $M(j, 2) = a$, переходим к 4, иначе – к 5.

4. Если $M(i, 1) \neq M(\mu, 1)$ (μ – последний элемент блока $a - 1$), то переходим к 2, иначе – к 5.

5. $a = a + 1$, переходим к 2.

За последним блоком в цикле следует первый и просмотр чисел заканчивается при условии, что разбиение в предыдущем просмотре адекватно разбиению, полученному при данном просмотре. Практически число просмотров не превышает трех. Стабилизация данного процесса говорит об однозначности и минимальности данного разбиения при выполнении условия утверждения [3].

Определим трудоемкость данного алгоритма. Примем число просмотров три. Через $|B|$ обозначим число блоков, а через m_1 – число наборов $\{P_m\}$. В среднем в блок входит $m_1/|B|$ элементов. Необходимое число сравнений чисел в блоке равно:

$$\frac{m_1}{|B|} \left(\frac{m_1}{|B|} - 1 \right) / 2 = m_1^2 - m_1 |B| / 2 |B|^2.$$

Число сравнений с предыдущим блоком $m_1/|B|$. Таким образом, общая трудоемкость определяется как $3m_1(m_1 + |B|)/2|B|^2$ сравнений целых десятичных чисел. Учитывая, что одинаковые числа не могут быть соседними, трудоемкость можно уменьшить на $3(m_1 - 1)$ сравнений. Из формулы видно, что трудоемкость алгоритма уменьшается при

возрастании числа блоков. Расход памяти составляет $2m_1$.

Реализация повторных функций проводится схемой по типу [7], где выход предыдущего распределителя соединяется с нормально открытым входом последующего (рис. 3). Реализацию бесповторных функций целесообразно проводить по таблицам с использованием распределительной аппаратуры.

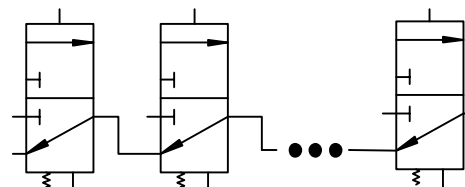


Рис. 3 – Концепция реализации повторных функций

Таким образом, представленная здесь концепция синтеза минимальных схем гидропневмоагрегатов поможет ученым при выборе направления исследований, а также разработчикам при синтезе конкретных схем реальных гидрофицированных объектов автоматизации.

Список литературы

1. Cherkashenko M. Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation / M. Cherkashenko // International Fluid Power Symposium in Aachen. – Germany, 20–22 March 2006. – Fundamentals. – The report No. 1. – P. 147–154.
2. Юдицкий С. А. К вопросу описания и синтеза дискретных систем промышленной автоматики / С. А. Юдицкий // Техническая кибернетика. – 1976. – № 1. – С. 131–141.
3. Черкашенко М. В. Синтез дискретных систем управления промышленных роботов / М. В. Черкашенко // Автоматика и телемеханика. – 1981. – № 5. – С. 148–153.
4. Черкашенко М. В. Устройство микрокоманд для систем пневмо- гидроприводов / М. В. Черкашенко, Ю. И. Келлерман, А. И. Кудрявцев [и др.]. // А. с. 1166064 : СССР, МПК⁴G05B19/40 ; № 3632972/24–24 ; заявл. 30.05.83 ; опубл. 07.07.85, Бюл. № 25.
5. Черкашенко М. В. Автоматизация программирования микропроцессорных контроллеров для управления системами гидро- и пневмоприводов / М. В. Черкашенко, С. А. Юдицкий. – М. : ВНИИТЭМР, 1990. – 36 с.
6. Черкашенко М. В. Пневматический командоаппарат / М. В. Черкашенко // А. с. 1242926 : СССР, МПК⁴G05D1/02 ; № 3814031/24–24 ; заявл. 20.11.84 ; опубл. 07.07.86, Бюл. № 25.
7. Черкашенко М. В. Многофункциональный пневматический логический модуль / М. В. Черкашенко // А. с. 1026137 : СССР, МПК⁴G06D7/00 ; № 3409979/18–24 ; заявл. 16.03.82 ; опубл. 30.06.83, Бюл. № 24.
8. Черкашенко М. В. Теория построения схем гидропневмоагрегатов / М. В. Черкашенко, Б. А. Вурье. – Х : НТУ «ХПИ». – 2016. – 253 с.

Referenses (transliterated)

1. Cherkashenko, M. "Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation." *International Fluid Power Symposium in Aachen*. Germany, 20–22 March. 2006. No. 1. 147–154. Print.
2. Yuditskiy, S. A. "K voprosu opisaniya i sinteza diskretnykh sistem promyshlennoy avtomatiki." *Tekhnicheskaya kibernetika*. No. 1. 1976. 131–141. Print.
3. Cherkashenko, M. V. "Sintez diskretnykh sistem upravleniya promyshlennykh robotov." *Avtomatika i telemekhanika*. No. 5. 1981. 148–153. Print.
4. Cherkashenko, M. V., et al. *Ustroystvo mikrokomand dlya sistem pnevmo- i gidroprivodov*. USSR Patent, A. s. 1166064 (МПК⁴G05B19/40). 7 July 1985. Print.

5. Cherkashenko, M. V., and S. A. Yuditskiy. Avtomatizatsiya programmirovaniya mikroprotsessornykh kontrollerov dlya upravleniya sistemami gidro- i pnevmoprivodov. Moscow: VNIITJeMR, 1990. Print.
6. Cherkashenko, M. V. *Pnevmaticheskiy komandoapparat*. USSR Patent, A. s. 1242926 (МПК⁴G05D1/02). 7 July 1986. Print.
7. Cherkashenko, M. V. *Mnogofunktional'nyy pnevmaticheskiy logicheskiy modul'*. USSR Patent, A. s. 1026137 (МПК⁴G06D7/00). 30 June 1983. Print.
8. Cherkashenko, M. V., and B. A. Vur'e. *Teoriya postroeniya skhem gidropnevmoaagregatov*. Kharkov: NTU "KhPI", 2016. Print.

Поступила (received) 31.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

К проблеме синтеза минимальных схем гидропнеумоагрегатов / М. В. Черкашенко, Б. А. Вурье // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 41 (1213). – С. 7–10. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2411-3441.

К проблеме синтеза минимальных схем гидропнеумоагрегатов / М. В. Черкашенко, Б. А. Вурье // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 41 (1213). – С. 7–10. – Библиогр.: 8 назв. – ISSN 2411-3441.

To a problem of synthesis of the minimal schemes of hydropneumounits / M. V. Cherkashenko, B. A. Vurye // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydrounits. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016. – No. 41 (1213). – P. 7–10. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2411-3441.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Черкашенко Михайло Володимирович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідуючий кафедрою «Гідравлічні машини»; тел.: (057) 707-66-46; e-mail: mchertom@gmail.com.

Черкашенко Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», заведующий кафедрой «Гидравлические машины»; тел.: (057) 707-66-46; e-mail: mchertom@gmail.com.

Cherkashenko Mihail Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Chair of the Department of "Hydraulic machines"; tel.: (057) 707-66-46; e-mail: mchertom@gmail.com.

Вур'є Борис Олександрович – доктор технічних наук, генеральний директор «Пнеумогідропривід», м. Москва; тел.: (057) 707-66-46; e-mail: borisvurye@gmail.com.

Вурье Борис Александрович – доктор технических наук, генеральный директор «Пнеумогідропривод», г. Москва; тел.: (057) 707-66-46; e-mail: borisvurye@gmail.com.

Vurye Boris Aleksandrovich – Doctor of Technical Sciences, General Director of "Pnevmogidroprivod", Moscow; tel.: (057) 707-66-46; e-mail: borisvurye@gmail.com.