УДК 62-522

Черкашенко М.В., Салыга Т.С.

К ВОПРОСУ СИНТЕЗА СХЕМ ПНЕВМОГИДРОАГРЕГАТОВ

Постановка проблемы и анализ существующих решений. Исследования, связанные с построением рациональных, минимальных по числу аппаратов современных схем пневмогидроагрегатов являются актуальными, так как способствуют снижению их стоимости, повышению быстродействия, упрощению наладки и обслуживания.

При синтезе пневмогидроагрегатов со сложным циклом работы, возможно, добиться значительного сокращения элементов при применении методов минимизации схем управления [1–3]. Однако при разбиении входной последовательности сигналов на блоки в некоторых циклах возможна ситуация с наличием нескольких вариантов разбиений.

Цель исследования. В данной статье предлагается метод синтеза схем гидропневмоагрегатов, с учётом неоднозначности разбиений входной последовательности на блоки при формировании уравнений, описывающих схему [1].

Основная часть. Метод с учётом неоднозначности разбиений входной последовательности рассмотрим на следующем примере.

В сельскохозяйственных машинах все большее значение приобретают установки, способные пересаживать многолетние деревья с развитой корневой системой. При этом необходимо обеспечить стопроцентную приживаемость пересаженных растений. Для этих целей служит машина для пересадки деревьев МПД 1800. Эта машина позволяет пересаживать деревья диаметром до 220 мм. Заменяя труд бригады из 10 человек и сохраняя при этом значительную часть корневой системы, достаточную для успешного выживания растения на новом месте. МПД 1800 представляет собой сложный механико-пневмогидравлический комплекс, способный полностью механизировать процесс пересадки деревьев. Так как при вырезании дерева из грунта, после установки машины и определения глубины резанья, машина выполняет ряд стандартных операций, не требующих вмешательства человека, то этот процесс возможно автоматизировать. Скорость и точность выполнения всех операций возрастёт, улучшится качество пересаживаемого материала и возрастёт вероятность выживания дерева. При этом будет исключена возможность ошибки оператора, которая может привести к порче саженца или поломке дорогостоящего оборудования. Рассмотрим цикл работы МПД 1800.

Цилиндр 1 (Ц1) отвечает за подъём гидравлической системы из кузова машины, Ц2 обеспечивает поворот системы в вертикальное положение, Ц3 раздвигает контур сектора ножей для помещения ствола в середину установки, Ц4 отвечает за выдвижение ножей и подрезки грунта.

МПД 1800 работает следующем образом. Цилиндр Ц1 по сигналу x_1=1 подымает всю систему из кузова машины z_1=1, одновременно второй цилиндр Ц2 поворачивает систему в вертикальное положение z_2=1. Далее по сигналу x_3=1 и x_5=1 Ц3 обеспечивает раздвижение ножей для помещения в середину установки ствола дерева z_3=1. Одновременно происходит опускание привода Ц1 $\overline{z_1}=1$. Таким образом осуществляется установка привода в начальное положение для вырезания дерева из грунта. После этого, по сигналу x_2=1 и x_7=1 цилиндр Ц3 возвращается в исходное положение, закрывая контур ножей $\overline{z_3}=1$ и цилиндр Ц4 выдвигает ножи, подрезая землю и корни z_4=1, а цилиндр

Ц2 поворачивает установку вместе с захваченной землёй в горизонтальное положение $\overline{z_2}=1$. По сигналу x_4=1 и x_8=1 под установку подъезжает платформа, цилиндр Ц3 раздвигает часть ножей z_3=1 и одновременно цилиндр Ц2 разворачивает установку с захваченным деревом в вертикальное положение z_2=1. Дерево вместе с корневой системой перемещается на транспортировочную платформу. Для очистки установки от остатков земли по сигналу x_5=1 и x_7=1 привод переводится в горизонтальное положение цилиндром Ц2 $\overline{z_2}=1$ и выдвигаются ножи Ц4 $\overline{z_4}=1$, которые чистятся о специальные кромки, которые прижимаются к ножам в этом положении. После этого по сигналу x_4=1 и x_9=1 ножи задвигаются для транспортировки $\overline{z_4}=1$ и далее по сигналу x_8=1 сводятся цилиндром Ц3 $\overline{z_3}=1$.

Взаимодействие входных и исполнительных устройств показано в табл. 1.

Таблица 1

Наименование операции	Выходные сигналы	Входные сигналы	
		Начальное положение	Конечное положение
Подъём установки	z_1	x_2	x_3
Поворот установки	z_2	x_4	x_2
Раздвижение сектора ножей	z_3	x_6	x_2
Выдвижение ножей	z_4	x_8	x_2

Воспользуемся методом проектирования [2,3] и построим граф операций.

Вершины графа отвечают состояниям технологического процесса, а дуги — переходам из одного состояния в другое. На дугах записываются условия перехода в виде $p_j \mapsto z_\xi$, которое выражает собой: входной набор p_j, состоящий из сигналов множества *X,* влечёт за собой появление выходных сигналов выходного набора z_ξ, состоящего из выходных сигналов множества *Z,* изменивших свое состояние на данном переходе. Слева от запятой входного набора записываются прямые и инверсные сигналы, вызывающие переход, а справа – прямые сигналы, не влияющие на него. В первой вершине записывается входной набор, характеризующий исходное состояние ИУ.

Граф операций представлен на рис. 1

Выпишем последовательность входных наборов, которая имеет вид:

$$p_1=\varnothing, x_2x_4x_6x_8;\ p_2=x_1,\ x_2x_4x_6x_8;\ p_3=x_3x_5,\ x_6x_8;\ p_4=x_2x_7,\ x_5x_8;\ p_5=x_6x_9,\ x_2x_5;\ p_6=x_4x_8,\ x_2x_6;$$
$$p_7=x_5x_7x_2x_8;\ p_8=x_4x_9, x_2x_7;\ p_9=x_2x_8\ x_4x_7.$$

Одинаковые набор отметим одинаковыми надстрочными цифрами:

$$\{\ p_1^1, p_2, p_3, p_4^2, p_5, p_6^1, p_7^2, p_8, p_9\}.$$

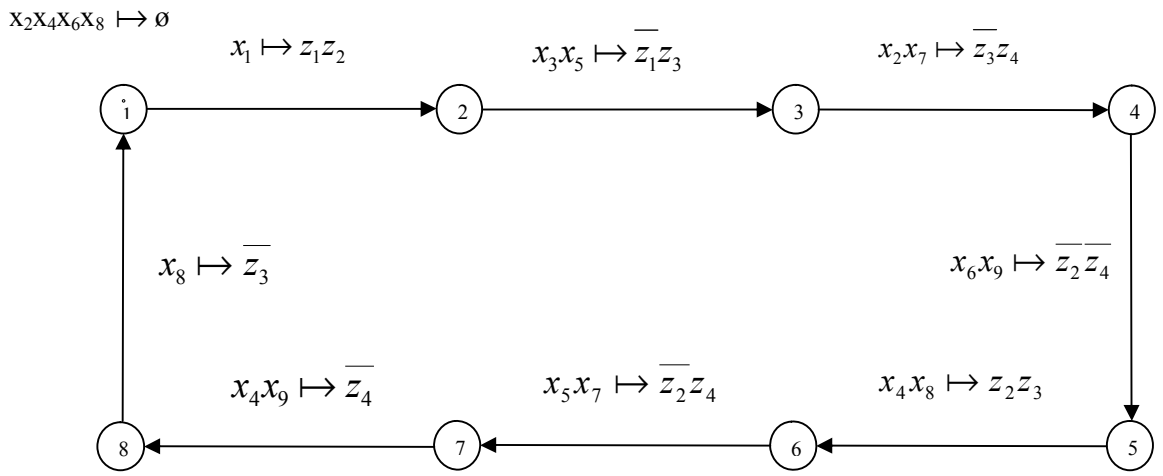

Рисунок 1 – Граф операций

Упорядоченное множество входных наборов P должно быть разбито на минимальное число упорядоченных непересекающихся подмножеств входных наборов $\pi=\{B_a\}$ ($\cup B_a=P$, *а* $B_a \cap B_\beta = \varnothing$) таким образом, чтобы последние элементы двух соседних подмножеств не были одинаковыми, т.е. не должно быть

$$\pi = \ldots,\{\ldots,p_j\},\ \{\ldots,\ p_j\},\ \ldots, \tag{1}$$

а так же последний элемент предыдущего подмножества не должен быть таким же, как любой элемент последующего ему подмножества, т.е. не должно быть

$$\pi = \ldots,\{\ldots,\ p_j\},\{\ldots,p_j,\ \ldots\},\ \ldots\ . \tag{2}$$

Следует оговорить, что последующим подмножеством последнего подмножества разбиения считается первое его подмножество. Тогда количество внутренних состояний СУ определяется как количество полученных таким образом подмножеств. Каждому блоку разбиения π поставить в соответствие один элемент памяти командоаппарата. Причем включение S_i i-го триггера влечет за собой появление входного набора $p_j \in B_a$, являющегося последним в блоке B_a, т.е. справедливо соотношение $p_j \mapsto S_j$. Однако разбиение входных наборов по описанному правилу неоднозначно и влечет за собой различное число логических элементов, составляющих проектируемую схему, что легко показать. Разбиение π однозначно, если одинаковые наборы p_j следуют в упорядочении через один, т.е. $\{\ldots,p_j\ ,p_\xi\ ,\ p_j,\ldots\}$.

Пусть имеем два одинаковых набора следующих через один в упорядочении (1),(2). По правилу разбиения они не могут быть включены в одно подмножество. Следовательно, такое разбиение π должно содержать число подмножеств $n \geq 2$.

Рассмотрим возможные варианты разбиений: разбиение $\pi=\{\{\ldots,p_j\},\{\ p_\xi,\ p_j\ \ldots\}\}$ не удовлетворяет условию (2); разбиение $\pi=\{\{\ldots,\ p_j\},\ \{p_\xi\},\{\ p_j\ldots\}\}$ не удовлетворяет условию минимальности подмножеств. Итак, возможно единственное разбиение $\pi=\{\{\ldots,\ p_j,\ p_\xi\},\ \{\ p_j,\ldots\}\}$. Аналогичное рассуждение можно построить при существовании нескольких одинаковых, следующих через один входных наборов.

В нашем случае получаем два возможных разбиения $\pi_1=\{\{p_9, p_1^1, p_2, p_3, p_4^2, p_5,\}, \{p_6^1, p_7^2, p_8\}\}$ и $\pi_2==\{\{p_1^1, p_2, p_3, p_4^2, p_5,\}, \{p_6^1, p_7^2, p_8, p_9\}\}$ Следовательно, СУ имеет два внутренних состояния 1 и 2.

Построим матрицу R, строки которой отвечают входным наборам, а столбцы – всевозможным разбиениям π входных наборов. Тогда элемент, стоящий на пересечении строки j и столбца ρ матрицы R,–r_{ip}=m, если набор p_j в разбиении π относится к внутреннему состоянию m. Так, матрица R в нашем случае имеет вид

$$R=\begin{array}{c|cc|} & \pi_1 & \pi_2 \\ p_1 & 2 & 2 \\ p_2 & 2 & 2 \\ p_3 & 2 & 2 \\ p_4 & 2 & 2 \\ p_5 & 2 & 2 \\ p_6 & 1 & 1 \\ p_7 & 1 & 1 \\ p_8 & A_1 & 1 \\ p_9 & 2 & A_2 \end{array}$$

где A_1 и A_2 – состояния возможных переключений ЭП.

Так как последние наборы в каждом подмножестве разбиений действуют в двух соседних состояниях (в своем и последующем), а последующим последнему набору упорядоченного множества наборов P является первый набор из P, то такими есть наборы p_5 и для разбиения π_1–p_8, а для разбиения π_2–p_9. Для синтеза уравнений построим матрицу соответствий МС

		x_1	x_3x_5	$x_2x_7\bar{y}$	x_6x_9	x_4x_8y	x_5y	x_4x_9	x_2x_8			
$*x_2x_4x_6x_8$	p_1	0	0	0	0	0	0	0	1	ø	2	2
$x_1,x_2x_4x_8$	p_2	**1**	0	0	0	0	0	0	1	z_1z_2	2	2
x_3x_5,x_4x_8	p_3	0	**1**	0	0	0	0	0	0	$\bar{z}_1z_3$	2	2
$**x_2x_7,x_6x_8$	p_4	0	0	**1**	0	0	0	0	1	$\bar{z}_3z_4$	2	2
x_6x_9,x_2x_5	p_5	0	0	0	**1**	0	0	0	0	$\bar{z}_2\bar{z}_4$	2	2
$*x_4x_8,x_2x_6$	p_6	0	0	0	0	**1**	0	0	1	z_2z_3	1	1
$**x_5x_7,x_2x_8$	p_7	0	0	0	0	0	**1**	0	1	$\bar{z}_2z_4$	1	1
x_4x_9,x_2x_7	p_8	0	0	A_1	0	0	0	**1**	0	$\bar{z}_4$	2	1
$x_8,x_2x_4x_7$	p_9	0	0	A_2	0	0	0	0	**1**	$\bar{z}_3$	2	2

Разбиение π_1 требует дополнительное удлинение сигналом x_5 и в дальнейшем делает функции $\bar{z}_3$ и z_4 сложнее. Разбиение π_2 не требует удлинения сигналом x_5 и поэтому в конечном итоге выбираем разбиение π_2.

Уравнения имеют вид:

$$z_1=x_1;\ z_2=x_1+x_4x_8y;\ z_3=x_3x_5+x_4x_8y;\ z_4=x_2x_7\bar{y}+x_5x_7y;\ \bar{z}_1=x_3x_5;\ \bar{z}_2=x_6x_9+x_5x_7y;$$
$$\bar{z}_3=x_2x_7\bar{y}+x_2x_8;\ \bar{z}_4=x_6x_9+x_4x_9;\ R=x_2x_8;\ S=x_6x_9.$$

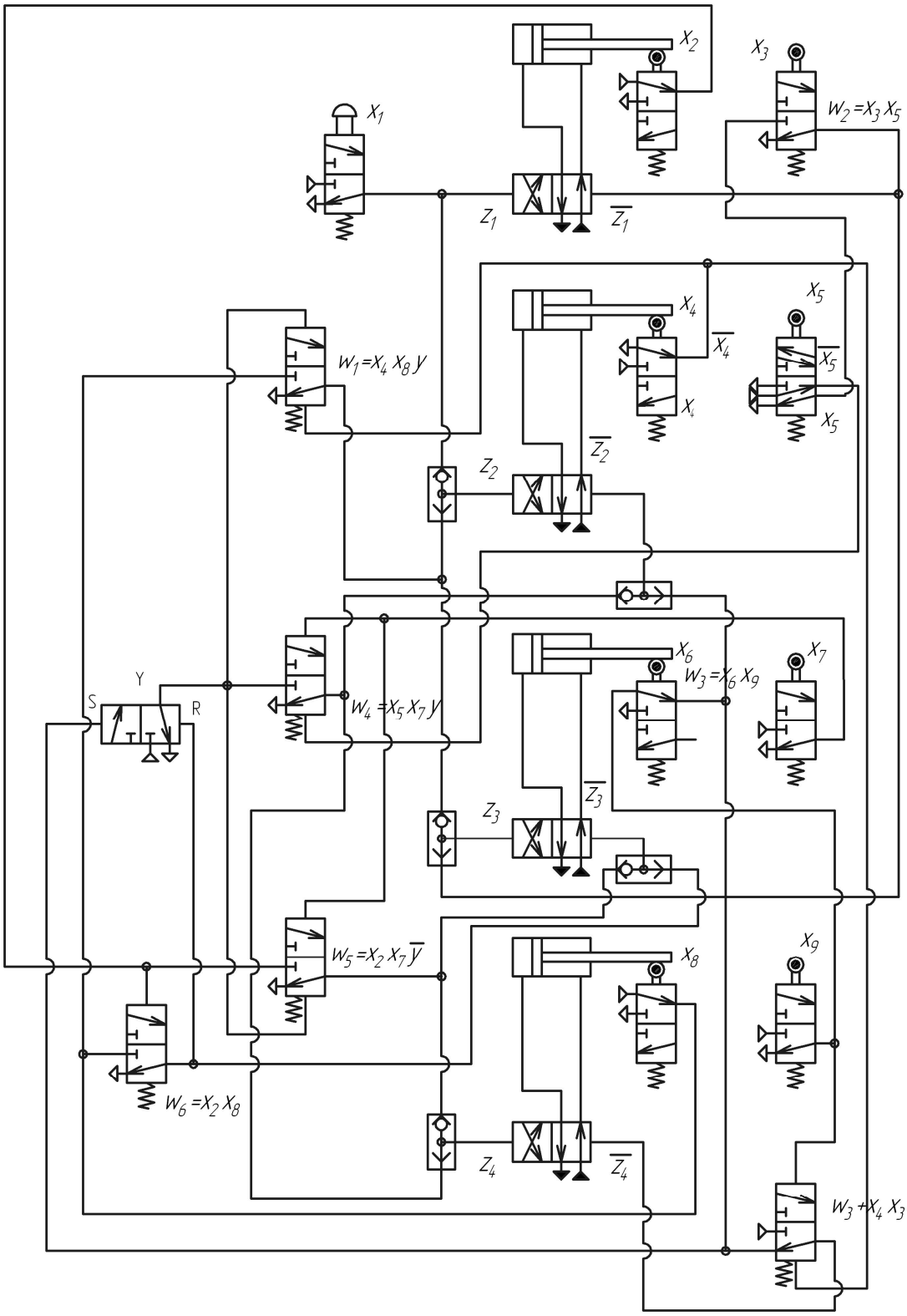

Рисунок 2 – Схема пневмогидроагрегата машины для пересадки деревьев

Систему уравнений представим в виде:

$$w_1=x_4x_8y;\ w_2=x_3x_5;\ w_3=x_6x_9;\ w_4=x_5x_7y;\ w_5=x_2x_7\overline{y};\ w_6=x_2x_8;\ z_1=x_1;\ z_2=x_1+w_1;\ z_3=w_1+w_2;$$

$$z_4=w_4+w_5;\ \overline{z_1}=w_2;\ \overline{z_2}=w_3+w_4;\ \overline{z_3}=w_5+w_6;\ \overline{z_4}=w_3+x_4x_9;\ S=w_3;\ R=w_6,$$

где $w_1 \div w_6$ – наиболее повторяющиеся общей части уравнения; S,R – функции переключения «памяти»; $z_1 - z_2$ – функции выходов.

По полученной системе уравнений строим схему, показанную на рис. 2.

Выводы. Таким образом, в статье показан метод нахождения рационального варианта разбиений входной последовательности сигналов, при синтезе схем пневмогидроагрегатов. На основании результатов данных исследований в более полной мере осуществляется минимизация уравнений, описывающих СУ, и тем самым упрощается структура проектируемой схемы.

Литература

1. Cherkashenko M. and ets. Synthesis of discrete control systems of industrial robots // Automation and Remote Control (USA). – 1981.–№5.–P. 148–153.

2. Cherkashenko M. Computer-aided design of diskret control fluid pover system. 2 Internationales Fluidtechnishes colloquium. Germany. 15–17 marz. – 2000. Band 1. – P. 495–500.

3. Cherkashenko M. Synthesis of schemes of hydraulic and pneumatic automation. International Fluid Power Symposium in Aachen, Germany. 20-22 March. 2006.– Fundamentals. The report N1.– P. 147–154.

УДК62-522

Черкашенко М.В., Салига Т.С.

ДО ПИТАННЯ СИНТЕЗУ СХЕМ ПНЕВМОАГРЕГАТІВ

Пропонується метод проектування пневмогідроагрегатів, що враховує неоднозначність розбиття послідовності вхідних наборів

Cherkashenko M.V., Salyga T.S.

TO THE QUESTION ABOUT SYNTHESIS OF PNEUMATIC HYDRAULIC UNIT'S SCHEMES

The designing method of pneumatic hydraulic unit is offered in this article. This method is taking into account ambiguity of consecutive entering sets splitting.