

УДК 62-82-112.6(083.13)

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СХЕМ ПРИВОДОВ МАШИН**

**В.В. ПИНЧУК**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

Широкое использование гидро- и пневмоприводов в различных отраслях машиностроения способствует значительному повышению производительности труда, снижению металлоемкости конструкций, повышению надежности машин. Все более сложные функциональные задачи, ставящиеся перед гидроприводами машин, требуют совершенствования методов их проектирования и производства.

Применение современных технологических процессов и высококачественных материалов, давшие новый толчок развитию производства гидравлических устройств, позволило вместе с тем выявить определенные ограничения, которые не могут быть преодолены одним только усовершенствованием технологии и материальной базы, так как обусловлены принципами конструирования и организации структур этих устройств. Перспективы преодоления указанных трудностей и дальнейшего развития гидравлических приводов машин связаны с использованием новых принципов структурного обеспечения их проектирования и производства.

Значительное место в гидросистемах занимает гидравлическая аппаратура, предназначенная для управления направлением, скоростью и усилием исполнительных механизмов машин, осуществления функций управления и контроля в гидроприводе и всего цикла работы привода. Причем в большинстве случаев гидроаппаратура должна обеспечивать автоматическое осуществление этого цикла работы.

Гидроблоки управления машин и механизмов, занимающие основное место в гидросистемах, построены на основе гидроаппаратуры, скомпонованной в единый узел в соответствии с принципиальной гидравлической схемой привода.

Исследования, проведенные во ВНИИ гидроприводе, Харьковском филиале ВНИИлитмаш и Краматорском НИИПТмаш [1] позволили выявить и сформулировать основные принципы построения гидравлических схем приводов машин.

По результатам анализа сделаны следующие выводы:

1. При классификации и группировании гидросистем за основу берется структурный контур, реализующий элемент цикла работы машины. Группа структурных контуров составляет гидросистему. Общая же идея построения гидросистемы состоит в том, что все разнообразие гидросистем сводится к разнообразию и количеству контуров, определяемых элементами рабочего цикла гидрофицированной машины.

2. Тщательное изучение, анализ и классификация гидравлических приводов машин позволяет выявлять и группировать отдельные типовые элементы схем (структурные контуры), общие для приводов различных машин независимо от их целевого назначения. Это является основой создания отдельных унифицированных

функциональных блоков, реализующих типовые структурные контуры гидросистем, определения их потребности для отраслей народного хозяйства и налаживания серийного производства модульных блоков и унифицированных панелей на их базе, что в свою очередь позволит выполнять ГУ приводов машин методом агрегатирования независимо от их назначения состоят в общем случае из элементарных схем «подготовки и предохранения», «реверса» и «сложных движений».

Анализ гидравлических схем приводов в Гомельском головном специальном конструкторско-технологическом бюро гидроаппаратуры [2] позволил установить, что гидравлические схемы приводов машин, независимо от их назначения, в общем случае состоят из элементарных схем «подготовки и предохранения», «реверса» и «сложных движений».

При суммировании в конкретную гидравлическую схему привода отдельных контуров проектировщики минимизируют количество гидроаппаратов в схеме, исключая дублирование.

Примерами таких гидроаппаратов служат обратный и предохранительный клапан, предохраняющий насос от поломки, реле давления и т. д. Совокупность таких гидроаппаратов получила название «элементарная схема подготовки и предохранения». Элементарная схема подготовки и предохранения содержит, как правило, до четырех аппаратов. При конструктивном решении привода следует выделить схему подготовки и предохранения в виде самостоятельного узла. Если рассмотреть группу контуров управления реверсом с учетом выделения из нее элементарной схемы подготовки и предохранения становится очевидным, что оставшиеся распределительные гидроаппараты также необходимо выделить. Эти части схем названы «элементарной схемой реверса». В группе управления сложными движениями при выделении элементарной схемы подготовки и предохранения оставшиеся аппараты соединяются в схему уже на основе распределительных аппаратов в различном сочетании с контрольно-регулирующими. Совокупность таких аппаратов названа «элементарной схемой сложных движений». Как правило, элементарная схема сложных движений содержит один распределительный аппарат и до 2-х двухходовых. При конструктивном решении в виде самостоятельных узлов схем реверса и сложных движений, построения конструкции конкретного ГУ сведется лишь к определению номенклатуры и количества узлов и соединению их между собой.

То есть, настоящие элементарные схемы являются теми элементарными составляющими ПС, конструктивное решение которых, в виде унифицированных узлов, позволит реализовать агрегатно-модульное конструирование гидроблоков управления.

Так как для разработки конструкции конкретного ГУ наличие принципиальной гидравлической схемы (ПС) является необходимым условием, позволяющим начать процесс проектирования, очевидно, что ПС в данном случае является постановочной задачей, которую требуется представить в формализованном виде. При этом, количество вариантов постановочных задач можно определить по формуле комбинаторики, известной из источника [3]:

$$A = e!z^e, \quad (1)$$

где  $A$  – количество вариантов задач;  $e$  – число гидроаппаратов в схеме;  $z$  – число ходов (вход, выход) в гидроаппарате.

Подставив в (1)  $e = 4$  и  $z = 2$  – данные для элементарной схемы «подготовки и предохранения» с последовательным соединением гидроаппаратов, получим  $A = 384$ . Это количество возрастает на несколько порядков, если рассмотреть схемы с параллельным и параллельно-последовательным соединениями аппаратов, а также учесть варианты элементарных схем «сложных движений».

В качестве выхода из этого положения наиболее целесообразным представляется формализовать элементарные схемы на основе обозначений, принятых в теории «графов» [4]. Вершинами будут представлены гидроаппараты, а линии связи между ними – ребрами. В этом случае, по известной из [3] формуле:

$$A = \frac{e!}{i_1!i_2!\dots i_k!}, \tag{2}$$

где  $i_1 = i_2 = \dots = i_k = 1$ , что свидетельствует о различимости гидроаппаратов. Обезличив их, получим:  $i_1 = e, i_2 = i_3 = \dots = i_k = 0$ . Подставив значения  $i_1$  в (2), получим:


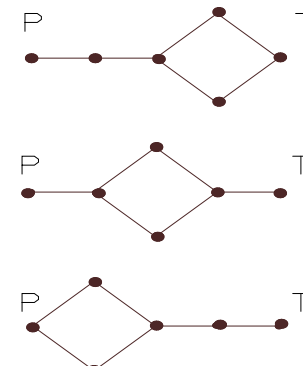
$$A = e! / e! = 1. \tag{3}$$

Таким образом, 384 варианта последовательных соединений гидроаппаратов можно представить одним графом схемы. Присваивая вершинам обозначения различных гидроаппаратов, можно получить расширенное множество исходных задач.

На основе метода перебора получены элементарные схемы «подготовки и предохранения» и «сложных движений», выраженные в виде графов (табл. 1, 2).

Таблица 1

Графы схем узла подготовки и предохранения

Обозначение	Элементы в схеме	Число схем данного типа	Граф схемы
$x$ – единичный элемент (двухходовой гидроаппарат)	$x, x, x, x$	$c_4(4) = \frac{4!}{4!} = 1$	
$b = x \vee x$ $\vee$ – операция логического умножения (параллельное соединение гидроаппаратов)	$x, x, \vee$	$c_3(2,1) = \frac{3!}{2!!} = 3$	

$c = x \vee x \vee x$	$x, c$	$c_2(1,1) = \frac{2!}{1!1!} = 2$	
-----------------------	--------	----------------------------------	--

Окончание табл. 1

Графы схем узла подготовки и предохранения

Обозначение	Элементы в схеме	Число схем данного типа	Граф схемы
$d = (x \& x) \vee x \& -$ операция логического сложения (последовательное соединение гидроаппаратов)	$x, d$	$c_2(1,1) = \frac{2!}{1!1!} = 2$	
$f_1 = (x \& x \& x) \vee x$	$f_1$	$c_1(1) = 1$	
$f_2 = (x \& x) \vee (x \& x)$	$f_2$	$c_1(1) = 1$	
$f_3 = x \vee d$	$f_3$	$c_1(1) = 1$	
$f_4 = x \vee c$	$f_4$	$c_1(1) = 1$	

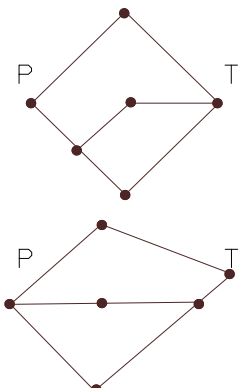
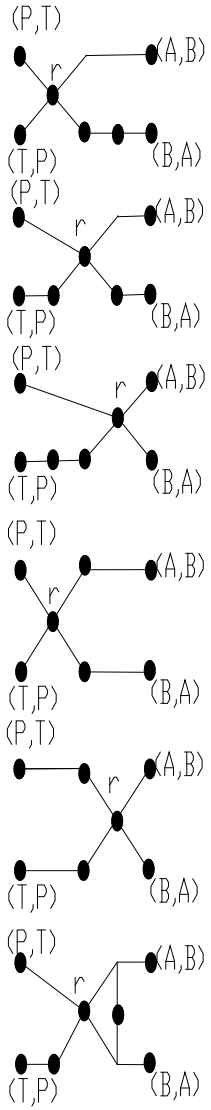
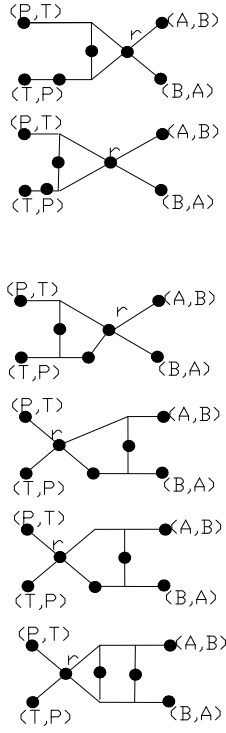
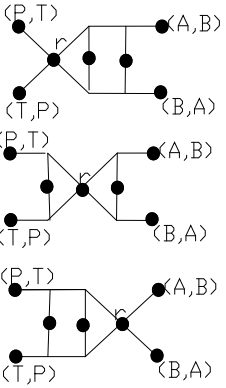
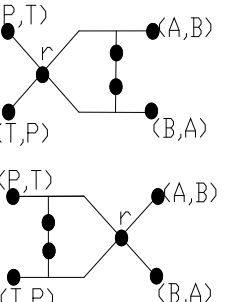
$f_5 = x \vee (x \& b)$	$f_5 = f(x, b)$	$c_2(1,1) = \frac{2!}{1!1!} = 2$	
-------------------------	-----------------	----------------------------------	---

Таблица 2

Графы схем узла сложных движений

Обозначение	Элементы в схеме	Число схем данного типа	Граф схемы
<p><math>r</math> – распределитель  <math>x</math> – единичный элемент (двухходовой гидроаппарат)  <math>a = (P, T) \&amp; x = (T, P) \&amp; x = (A, B) \&amp; x = (B, A) \&amp; x</math></p>	<p><math>r, a, x</math></p>	<p><math>c_3(1,1) = \frac{3!}{1!1!1!} = 6</math></p>	

Окончание табл. 2

Обозначение	Элементы в схеме	Число схем данного типа	Граф схемы
$b = (P, T) \& x \& (T, P) = (A, B) \& x \& (B, A)$	$r, x, b$	$c_3(1,1) = \frac{3!}{1!!!} = 6$	
	$r, b, b$	$c_3(2,1) = \frac{3!}{2!!!} = 3$	
$c = (P, T) \& x \& x \& (T, P) = (A, B) \& x \& x \& (B, A)$	$r, c$	$c_2(1,1) = \frac{2!}{1!!!} = 2$	

Очевидно, что графы постановочных задач элементарных схем в значительной степени упрощают работу по анализу ПС при разработке конструкций унифицированных узлов и могут быть использованы при создании

комбинированных моделей ГУ, включающих схемные и компоновочные их решения.

### **Литература**

1. Проведение анализа схем и конструкций гидрооборудования для создания унифицированных функциональных блоков и компоновок гидроприводов. Отчет о НИР / Гомельское ГСКТБ ГА: № ГР79068354, Инв. № 0000000483. – Гомель, 1982. – 78 с.
2. Пинчук В. В. Принципы построения гидравлических схем приводов машин / В. В. Пинчук // Вестн. БНТУ. – 2004. – № 2. – С. 82–84.
3. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1984. – 831 с.
4. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М. : Мир, 1973. – 300 с.

*Получено 06.04.2005 г.*