

УДК 62-82-112.6(083.13)

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНЫХ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ

В. В. ПИНЧУК

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

Введение

Гидропривод любой гидрофицированной машины чаще всего состоит из трех составляющих: насосная установка, гидроблок управления (ГУ) и исполнительные органы. Одной из самых важных частей гидропривода является ГУ, так как от его работы зависит функционирование исполнительных органов и, как следствие, функциональность всего гидропривода. В процессе создания гидропривода наибольшей сложностью отличается разработка и проектирование ГУ, в связи с чем создание структурированного процесса проектирования ГУ позволит свести к минимуму материальные и временные затраты на проектирование, подготовку и постановку на производство гидроприводов различных машин.

Постановка задачи

На сегодняшний день приоритетным направлением в методологии конструирования ГУ является блочный способ монтажа и агрегатно-модульная система его построения. Элементная база агрегатно-модульных ГУ включает: блоки присоединительные (БП), соединительно-монтажные модули (СММ), блоки распределителей (БР) и блоки замыкающие (БЗ)[1].

При сборке ГУ присоединительные блоки крепятся болтами к соединительно-монтажным модулям с четырех боковых сторон, а затем модули и блоки распределителей стягиваются между собой и замыкающими блоками – шпильками, образуя единый пакет. Этот пакет может располагаться или на станции, или непосредственно возле исполнительных механизмов. Блоки комбинируют таким образом, чтобы продольные каналы БР и СММ использовались рационально, а компоновка ГУ обеспечивала удобство обслуживания и присоединения к нему исполнительных органов гидрофицированной машины.

Одна и та же принципиальная гидросхема (ПС) ГУ может быть реализована в «металл» с помощью различных блоков, каждый из которых имеет цену, массогабаритные и расходные характеристики, т. е. перед конструктором стоит задача выбора из множества вариантов ГУ оптимального. Критерием оптимальности служит минимальная стоимость ГУ при выполнении заданных требований, налагаемых конструкцией гидрофицированной машины i .

Оптимальность спроектированного ГУ, как установлено в [2], выражается условием (1):

$$f(l) = \sum_{i=1}^n gr_i x_i \rightarrow \min; \sum_{i=1}^n gr_i x_i \supset S; x_i = 0 \vee 1; i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где $f(l)$ – множество вариантов ГУ; g – коэффициент повторяемости; r – стоимость i -го блока; S – состав i -го блока, x – булевы переменные.

Целью инженерного синтеза является поиск структурного решения ГУ, удовлетворяющего условию (1). При этом структура должна отражать расположение элементов в пространстве и их гидравлические соединения между собой, что позволит установить детерминированную логическую связь: ПС → сборочный чертеж ГУ. То есть для каждой новой принципиальной гидросхемы требуется разработка своей модели ГУ. Фактически речь идет здесь о множестве математических моделей, которые названы в дальнейшем обобщенные модели [2].

Методы исследований

Конструкция конкретного ГУ является результатом реализации принципиальной гидросхемы привода в ее материализованное представление – «гидроблок в металле». Здесь ПС является постановочной задачей, а «гидроблок в металле» – ее решением, поиск которого затруднен, так как устройство элементов агрегатно-модульного монтажа допускает многовариантное исполнение конструкций ГУ.

Построение конструкции ГУ с использованием блоков следует начинать с составления его структурной схемы (СТС) на основе структур элементов [2].

Последовательность этапов синтеза структурных схем ГУ рассмотрим на примере станции гидропривода круглошлифовального полуавтомата модели ЗУ12УА, принципиальная схема которой приведена на рис. 1. На первом этапе работы необходимо проанализировать ПС и выделить элементарные схемы. С целью повышения удобства работ при проведении этапа анализа принципиальной гидросхемы она должна быть преобразована в граф (рис. 2).

Вершины графа обозначают гидроаппараты, источники давления, фильтры и гидробак. Вершины также обозначают выходы ГУ, кроме выходов А и В гидрораспределителей.

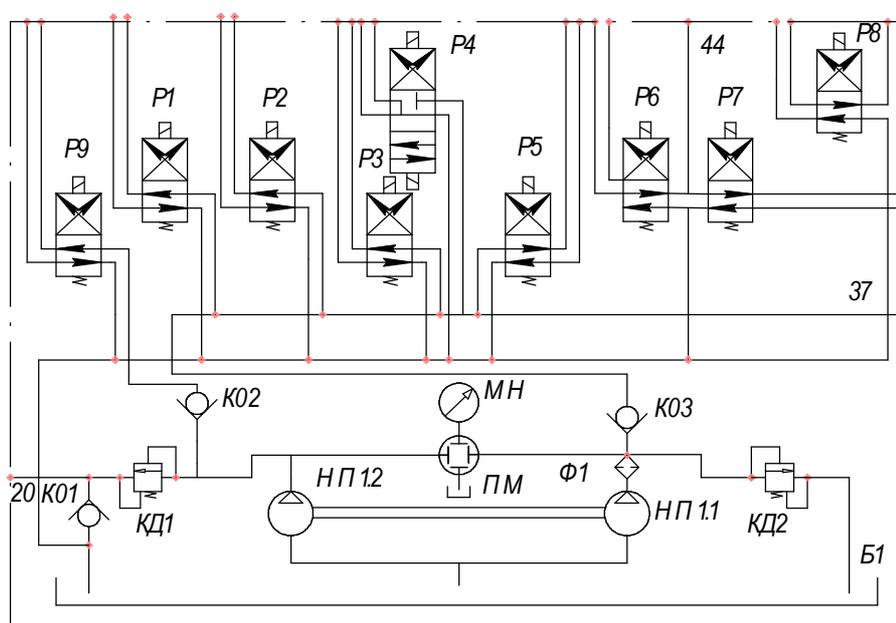


Рис. 1. Схема гидравлическая принципиальная станции гидропривода круглошлифовального полуавтомата модели ЗУ12УА

Ребрами, соединяющими вершины графа, обозначают линии связи между перечисленными гидравлическими элементами и выводами. Стрелки на ребрах графа указывают направления потока рабочей жидкости. Вершины маркируются буквенно-позиционными обозначениями элементов.

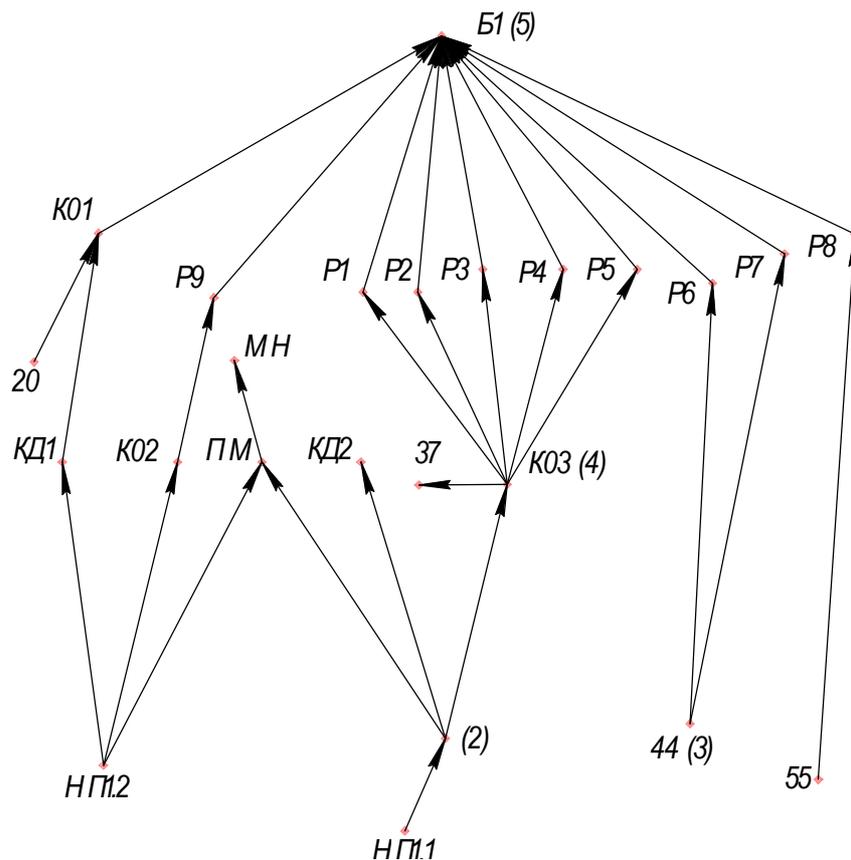


Рис. 2. Граф схемы

Корневыми на графе принимаем вершины, соединенные ребрами с двумя и более вершинами, моделирующими гидроаппараты и выводы блока за исключением переключателя манометра. Чаще всего за корневые вершины принимаются источники питания, фильтры на линии нагнетания и слива, гидробаки. На рассматриваемом графе корневыми являются вершины 1–5.

Кроме перечисленных элементов на графе выделяются узлы реверса, которыми моделируются гидрораспределители, не имеющие смежных вершин – гидроаппаратов, за исключением гидроаппаратов в модульном исполнении, а также корневых вершин (на рис. 2 – это P1–P8).

Представленный граф является наглядной моделью гидропривода, позволяющей выделить элементы, с помощью которых можно осуществить формализованный переход от принципиальной схемы к СТС.

После построения графа проводится синтез элементных структурных схем (ЭСС). Под ЭСС в дальнейшем будем понимать схему пути на графе между *i*-ми корневыми вершинами. Для узлов реверса одним путем считается также парный путь, т. е. два пути между корневыми вершинами, каждый из которых проходит через один (свой) узел реверса.

Если несколько различных путей имеют общие вершины, то они считаются как один путь.

На рис. 2 можно выделить 9 путей: 1) 1, КД1, КО1, 20, 5; 2) 1, КО2, P9, 5; 3) НГП.1, 2, КД2, 5; 4) НГП.1, 2, 4, 37; 5) 4, P1 и P2, 5; 6) 4, P3 и P4, 5; 7) 4, P5, 5; 8) 3, P6 и P7, 5; 9) 55, P8, 5.

Элементные структурные схемы узлов реверса, а также замыкающих блоков, имеют свое типовое решение в виде специальных структур, в связи с чем пути 5–9 будем считать реализованными.

Путь, идущий через переключатель манометра, в рассмотрение не принимается, так как выражаемая им ЭСС также имеет свое типовое решение в виде замыкающего блока переключателя манометра. Следует отметить, что некоторые общие подходы создания СТС разработаны и успешно апробированы [1]. Однако предложенная в указанном источнике методика ориентирована на применение унифицированных структур СММ, имеющих ограниченную область использования, и основана на эвристическом подходе построения СТС, что усложняет процесс оптимизации и снижает эффективность разработок ГУ.

Вместе с тем основным принципом проектирования процедура поиска технических решений определена как установление бинарных отношений между множеством признаков и технических решений. Объект проектирования в ходе выполнения процедуры должен получить вначале функциональное, а затем структурное описание [3, с. 125]. В данном случае при проектировании ГУ на основе ЭСС функциональное описание будет содержать бинарная матрица ПС, элементами которой являются логические значения параметров установленных связей y_n (ребер) для каждого гидроаппарата (вершины) w_i .

$$M = \begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\left[\begin{array}{cccccccccccc} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & \bullet & \bullet & \bullet & y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} \end{array} \right].$$

Для получения законченной структуры ГУ воспользуемся способом наращивания. В качестве исходной примем структуру блока замыкающего подвода и разместим ее в основании СТС. Учитывая условие (1), вертикально вверх последовательно добавим структуры БР, реализующие пути 5–9. Преобразование путей 1–4 предлагается строить при помощи универсальных структур. Бинарную матрицу универсальной структуры запишем в следующем виде:

$$M1 = \begin{matrix} w_1^y \\ w_2^y \\ w_3^y \\ w_4^y \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\left[\begin{array}{cccccccccccc} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & \cdot & \cdot & \cdot & y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} \end{array} \right],$$

где символ «1» обозначает наличие ребер y_n между вершинами графов – гидроаппаратов и коммуникационными каналами граней w^y структуры СММ.

Совместное рассмотрение матриц (2) и (3) позволяет создать морфологическую таблицу вариантов технических решений (см. таблицу).

Морфологическая таблица вариантов технических решений

Принципиальная гидросхема (ЭСС)										Универсальная структура										Об- щая функ- ция										
w_1				w_2				...	w_4				w_1^y				w_2^y				...	w_4^y								
y	y	y	y	y	y	y	y	...	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y		y	...	y	y	y	y				
1	1	1	1	2	2	2	2	...	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	2	2	...	4	4	4	4					
1	2	3	4	1	2	3	4	...	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	...	1	2	3	4	...	1	2	3	4
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x_1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x_2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x_m

При этом

$$x_k = \bigcap_{l=1}^n y_{yl}; \quad k = \overline{1, m}; \quad i = \overline{1, 4}; \quad j = \overline{1, 4}; \quad (4)$$

$$x_k \in x; \quad y_{ij} \in y_i,$$

где x_k – элемент множества технических решений; x – полное множество технических решений; y_{ij} – связи (ребра), с учетом ограничений запрещенных комбинаций; y – множество связей (ребер). Кроме того, количество вариантов по выражению (4) ограничивается условиями пространственной компоновки гидроаппаратов.

Варианты технических решений могут быть получены способом выделения, постепенно удаляя лишние элементы из избыточной универсальной структуры. При этом алгоритмом является ПС, устанавливающая порядок соединения гидроаппаратов.

Синтез структурной схемы ГУ проводится в два этапа. На первом этапе отдельные ЭСС соединяются между собой с учетом требований по расположению выводов и других ограничений. На втором этапе производится минимизация количества используемых в схеме СММ путем «насыщения» их свободных плоскостей. В результате несколько ЭСС могут быть построены на одном мультиграфе.

При этом как первый этап, так и второй включают работу по определению стоимости множества схем и постановке их в соответствие условию (1), а также принимается решение об использовании унифицированных структур СММ.

Этап минимизации, как правило, приводит к некоторым изменениям структурной схемы ГУ. Синтезированные таким способом структуры путей 1–4 расположим в верхних этажах СТС. Замыкающим звеном будет структура переключателя манометра, расположенная на самом вершине СТС. На рис. 3 показана структурная схема ГУ рассматриваемого станка. Данная схема дает полное представление о пространственном расположении функциональных гидроблоков, а также о соединении всех гидроаппаратов между собой и входами-выходами. Последним этапом предлагаемой методики разработки гидроблока является построение чертежа гидравлической схемы соединения.

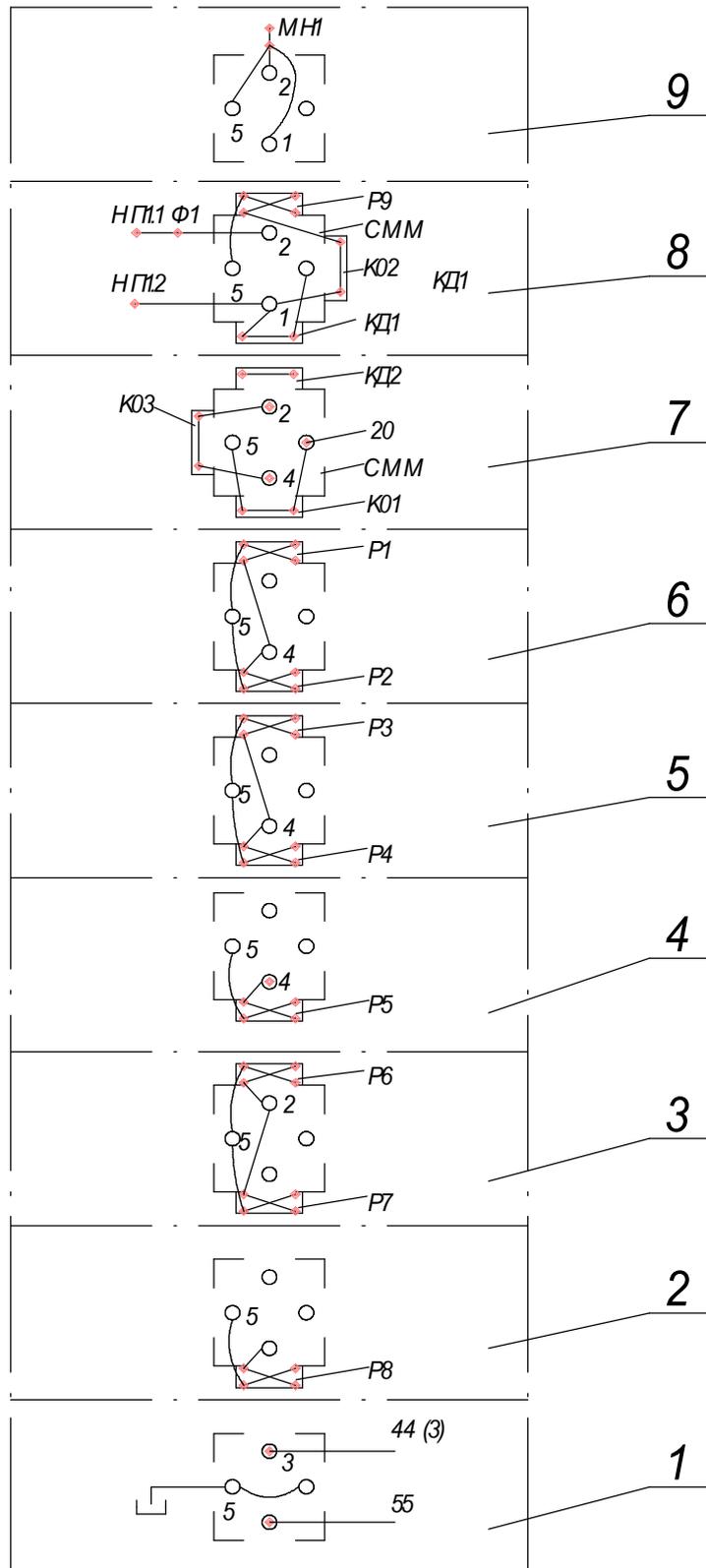


Рис. 3. Структурная схема гидроблока управления: 1, 9 – ЭСС замыкающих блоков; 2–6 – ЭСС узлов реверса; 7, 8 – ЭСС соединительно-монтажных моделей с установленными на них гидроаппаратами

Заключение

Полученная в результате проведенных преобразований СТС является обобщенной моделью ГУ, в которой учтены требования к его конструкции. Разработка сборочного чертежа ГУ с использованием СТС существенно упрощается, при этом гидроблок по параметрам оптимизирован.

Литература

1. Быков, В. П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении / В. П. Быков. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 255 с.
2. Создание конструкций гидроприводов машин методом агрегатирования : метод. рекомендации / А. Я. Оксененко [и др.]. – Москва : НИИМАШ, 1985. – 77 с.
3. Пинчук, В. В. Обобщенные модели гидроблоков управления / В. В. Пинчук // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2007. – № 2. – С. 58–63.

Получено 07.09.2009 г.