

ОБОБЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ

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. Каждая из этих составляющих представляет собой в той или иной степени сложную систему, функциональные качества которой влияют на работу гидропривода в целом. Одной из самых важных частей гидропривода является ГУ, так как от его работы зависит функционирование исполнительных органов и, как следствие, функциональность всего гидропривода. Наиболее распространенной на сегодняшний день является следующая последовательность разработки гидропривода:

1. По исходным данным (циклограмме работы привода или другим параметрам) разрабатывается принципиальная гидравлическая схема (ПС).
2. Проводится расчет рабочих параметров привода (расход рабочей жидкости, рабочее давление, мощность, коэффициент полезного действия).
3. По рассчитанным параметрам проводится выбор гидроаппаратов, приведенных на принципиальной гидросхеме.
4. Разрабатывается комплект технической документации (рабочие чертежи, технические условия, технологические процессы, эксплуатационная документация) и изготавливаются образцы гидропривода.

По сравнению с остальными вышеперечисленными этапами работ наибольшей сложностью отличается разработка и проектирование ГУ, в связи с чем основную часть работы при проектировании гидроприводов составляет разработка гидроблока управления работой исполнительных органов по заданным ПС и техническим требованиям. Создание структурированного процесса проектирования ГУ позволит свести к минимуму материальные и временные затраты на проектирование, подготовку и постановку на производство гидроприводов различных машин.

Описание методики моделирования

Известно, что наиболее полно современным требованиям развития машиностроения соответствует агрегатно-модульная система построения ГУ, обеспечивающая реализацию их на основе унифицированных узлов и элементов [1].

Значительного улучшения параметров ГУ удастся достичь за счет применения унифицированных функциональных блоков типов БФ и БВ [2].

Гамма блоков БФ и БВ включает в себя блоки присоединительные (БП), соединительно-монтажные модули (СММ), блоки распределителей (БР) и блоки замыкающие (БЗ).

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 ГУ может быть реализована в «металл» с помощью различных БФ (БВ), каждый из которых имеет цену, массогабаритные и расходные характеристики, то есть перед конструктором стоит задача выбора из множества вариантов ГУ оптимального. Критерием оптимальности служит минимальная стоимость ГУ при выполнении заданных требований, налагаемых конструкцией гидрофицированной машины.

Результаты моделирования и их обсуждения

Математическую модель оптимального проектирования ГУ в нашем случае можно сформулировать следующим образом: имеется n блоков с номерами $I = \{1, 2, \dots, n\}$. Стоимость блока i равна r_i , состав – S_i . Под составом понимается номенклатура и количество входящих в блок гидроаппаратов или исполнение (для БЗ и СММ). Стоимость является комплексным показателем, включающим цену блока C_6 , а также затраты на энергию Z_3 . Она определяется по формуле:

$$r_i = C_6 + Z_3 = C_6 + \Delta p \cdot Q \cdot t \cdot C_3, \quad (1)$$

где Δp – потери давления при протекании через блок расхода Q рабочей жидкости; t – время работы блока в составе ГУ, определяемое по циклограмме работы гидропривода учетом годового фонда времени работы машины; C_3 – стоимость единицы мощности энергии за единицу времени.

Конструктору требуется при заданной ПС определить значение S – номенклатуру и количество входящих в ГУ гидроаппаратов, а также порядок их соединения, выбрать вариант ГУ минимальной стоимости с обеспечением заданных требований. Для формализации задачи оптимизации ГУ введем булевы переменные x_i . Если блок используется в ГУ, то $x_i = 1$, если нет – то $x_i = 0$. Тогда математическая модель задачи примет вид:

$$f(t) = \sum_{i=1}^n g r_i x_i \rightarrow \min;$$
$$\sum_{i=1}^n g s_i x_i \supset S; x_i = 0 \vee 1; i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где g – коэффициент повторяемости.

По условию (2) рассчитывается величина $f(1)$ всего множества вариантов ГУ и выбирается тот, у которого она минимальная [3].

Целью инженерного синтеза является поиск оптимальных компоновочных решений ГУ, отражающих в том числе 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 ПС требуется разработка своей модели ГУ. Фактически речь идет здесь о множестве математических моделей, которые названы в дальнейшем – обобщенные модели.

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

Построение конструкции ГУ с использованием блоков следует начинать с составления структурной схемы (СТС).

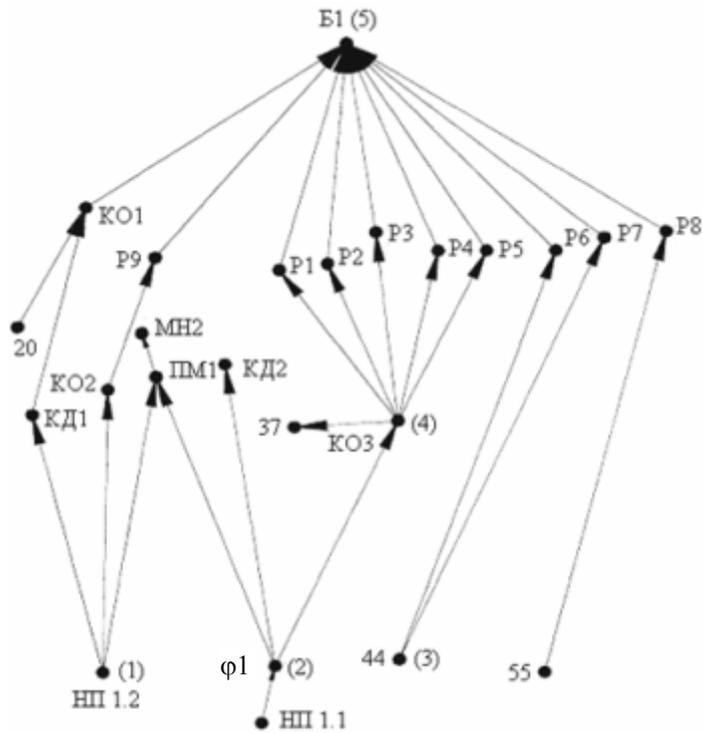


Рис. 1. Граф схемы

Последовательность этапов синтеза структурных схем ГУ рассмотрим на примере станции гидропривода круглошлифовального полуавтомата модели ЗУ12УА, принципиальная схема которой приведена в источнике [3]. С целью повышения удобства работ по проведению этапов синтеза принципиальная гидросхема должна быть преобразована в граф (рис. 1).

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

Корневыми на графе принимаем вершины, соединенные ребрами с двумя и более вершинами, моделирующими гидроаппараты и выходы 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. 1 – 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. 1 можно выделить 9 путей: 1) 1, КД1, КО1, 20, 5; 2) 1, КО2, Р9, 5; 3) НП 1.1, 2, КД2, 5; 4) НП 1.1, 2, 4, 37; 5) 4, Р1 и Р2, 5; 6) 4, Р3 и Р4, 5; 7) 4, Р5, 5; 8) 3, Р6 и Р7, 5; 9) 55, Р8, 5.

ЭСС узлов реверса имеет свое типовое решение в виде блоков распределителей (БР), в связи с чем пути 5–9 будем считать реализованными.

Следует отметить также, что путь, идущий через переключатель манометра, в рассмотрение не принимается, так как выражаемая им элементная структурная схема имеет свое типовое решение в виде замыкающего блока переключателя манометра [4]. Преобразование путей на графе в ЭСС предлагается строить при помощи комбинированных моделей ГУ. Комбинированные модели представляют собой гидравлические схемы СММ в объемном трехмерном изображении – схемы соединений [4] с присоединенными к ним графами постановочных задач элементарных схем.

Преобразование комбинированных моделей в ЭСС проводится путем использования общих мультиграфов, представляющих собой структурную схему соединения четырех гидроаппаратов при помощи соединительно-монтажного модуля с использованием всех каналов связи между входами-выходами гидроаппаратов между собой или (и) сквозными вертикальными каналами [3].

Синтез структурной схемы ГУ производится 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 (2).

Этап минимизации, как правило, приводит к некоторым изменениям структурной схемы ГУ.

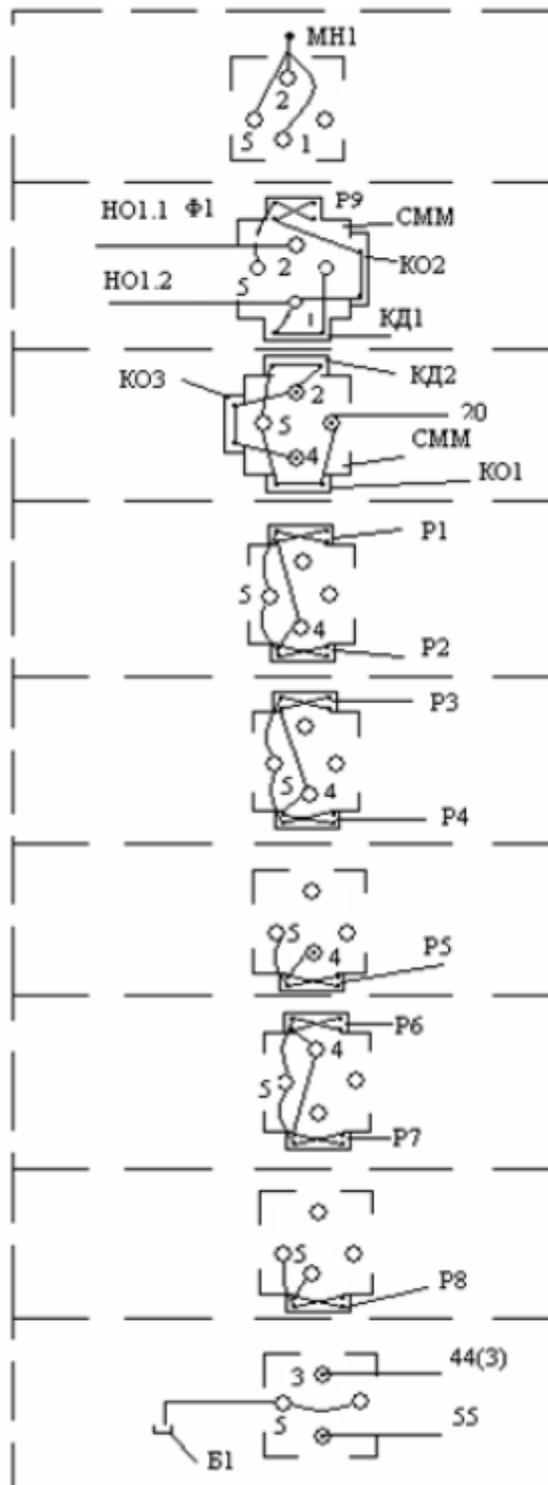


Рис. 2. Структурная схема гидроблока управления круглошлифовального станка

На рис. 2 показана структурная схема ГУ рассматриваемого станка. Эта схема дает полное представление о пространственном расположении функциональных гидроблоков, а также о соединении всех гидроаппаратов между собой и входами-выходами.

Заключение

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

Литература

1. Пинчук, В. В. Способы монтажа гидроблоков управления / В. В. Пинчук // Вестн. БНТУ. – 2004. – № 5. – С. 47–50.
2. Пинчук, В. В. Синтез гидроблоков управления на основе унифицированной элементной базы / В. В. Пинчук. – Минск : Технопринт, 2001. – 140 с.
3. Лейкин, И. С. Оптимизация гидроблоков управления автоматизированным оборудованием / И. С. Лейкин, В. В. Пинчук // Станки и инструменты. – Москва, 1989. – 15 с. – Деп. в ВНИИТЭМР, № 11 // Библиографический указатель ВИНТИ. – № 11. – С. 126.
4. Создание конструкций гидроприводов машин методом агрегатирования / А. Я. Оксененко [и др.]. – Москва : НИИМАШ, 1985. – 77 с.

Получено 07.12.2006 г.