

Модульный принцип построения внутренних цепей металлорежущих станков на основе шагового гидропривода для повышения точности обработки

А.Н. Колодин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия*

*Аннотация:* Одним из возможных путей совершенствования металлорежущих станков, сокращения времени на их проектирование, изготовление и отладку является применение агрегатно-модульного принципа построения как самого станка, так и его кинематики.

Агрегатно-модульный принцип построения позволяет не конструировать кинематические цепи разнообразных металлорежущих станков, а компоновать их из небольшого количества одинаковых типовых блоков, имеющих функциональную и конструктивную завершенность.

*Ключевые слова:* агрегатно-модульный принцип, шаговый гидропривод, точность обработки

Модульный принцип рационального построения внутренних цепей металлорежущих станков возможно осуществить на основе гидравлических связей в виде дискретного привода с шаговыми гидравлическими двигателями, которые составляют новый класс объемных гидроприводов. Их функциональные свойства состоят в том, что они способны устойчиво обрабатывать импульсные и релейные управляющие сигналы с высокой точностью и быстродействием при любой практически встречающейся нагрузке.

В станках со сложными формообразующими движениями необходимо обеспечить жесткую функциональную связь между отдельными движениями исполнительных органов, несущих инструмент и заготовку, с высокой точностью. В существующих универсальных станках эта функциональная связь, как правило, обеспечивается за счет внутренних механических кинематических цепей, которые часто имеют значительную протяженность и состоят из большого числа деталей. Причем кинематические цепи различных станков отличаются друг от друга существенно.

Выполненные исследования показали, что механические связи в станках со сложными формообразующими движениями можно заменить гидравлическими связями на основе гидравлических шаговых приводов, что позволяет существенно упростить кинематику и снизить металлоемкость станка. При этом каждый исполнительный орган, кроме одного, выполняющего главное движение, приводится в движение от отдельного шагового гидродвигателя, а скорости исполнительных органов согласуются друг с другом специальным управляющим (коммутирующим) устройством.

В качестве двигателей в таких приводах наиболее целесообразны шаговые гидродвигатели с механической редукцией шага. Для получения малой

величины шага целесообразно использовать шаговые гидродвигатели с встроенными волновыми и планетарными редукторами.

Структурно шаговый гидропривод состоит из трех функционально и конструктивно завершенных модулей: источника рабочей жидкости (насосная установка); управляющего (коммутирующего) устройства (генератор гидравлических импульсов) и силового гидравлического шагового двигателя.

Генератор гидравлических импульсов представляет собой устройство, преобразующее постоянный поток рабочей жидкости, поступающей от насосной установки, в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые поступают к силовому гидравлическому шаговому двигателю. Выходным сигналом шагового гидродвигателя является угловое или линейное шаговое перемещение выходного звена, соединенного с рабочим органом станка.

В качестве силового органа в шаговом гидроприводе используется специальный шаговый гидродвигатель, выходное звено которого обрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилением по мощности.

Используя блочное (модульное) построение гидравлической связи на основе шагового гидропривода, возможно применить шаговый гидропривод при построении внутренних цепей металлорежущих станков различного технологического назначения и разных типоразмеров. Это в первую очередь относится к металлорежущим станкам, имеющим сложное пространственное расположение рабочих органов при значительном расстоянии между подвижными рабочими органами, длинные и разветвленные многозвенные перенастраиваемые кинематические цепи, где требуется создание нескольких взаимосвязанных формообразующих движений инструмента и обрабатываемой заготовки [1-3].

Таким образом, применение в станках со сложными формообразующими движениями гидравлических шаговых приводов, построенных по агрегатно-модульному принципу позволяет существенно упростить кинематику и уменьшить металлоемкость станка, сократить время на его проектирование, изготовление и отладку, повысить точность обработки.

На рис. 1 представлена структурная схема зубодолбежного станка с внутренними гидравлическими связями для нарезания зубьев шевронных зубчатых колес зуборезными долбьями [4].

Для осуществления процесса резания долбьяки совершают возвратно-поступательное движение  $\Pi_1$  параллельно оси нарезаемого колеса от электродвигателя  $D$  через звено настройки  $i_v$  от кривошипно-шатунного механизма. Вращение долбьяков  $14$  ( $B_2$  и  $B_3$ ), связанное с вращением заготовки  $9$  ( $B_4$ ) цепью деления (обката), осуществляется от шагового гидродвигателя  $12$  через червячные передачи  $10$  и  $11$ .

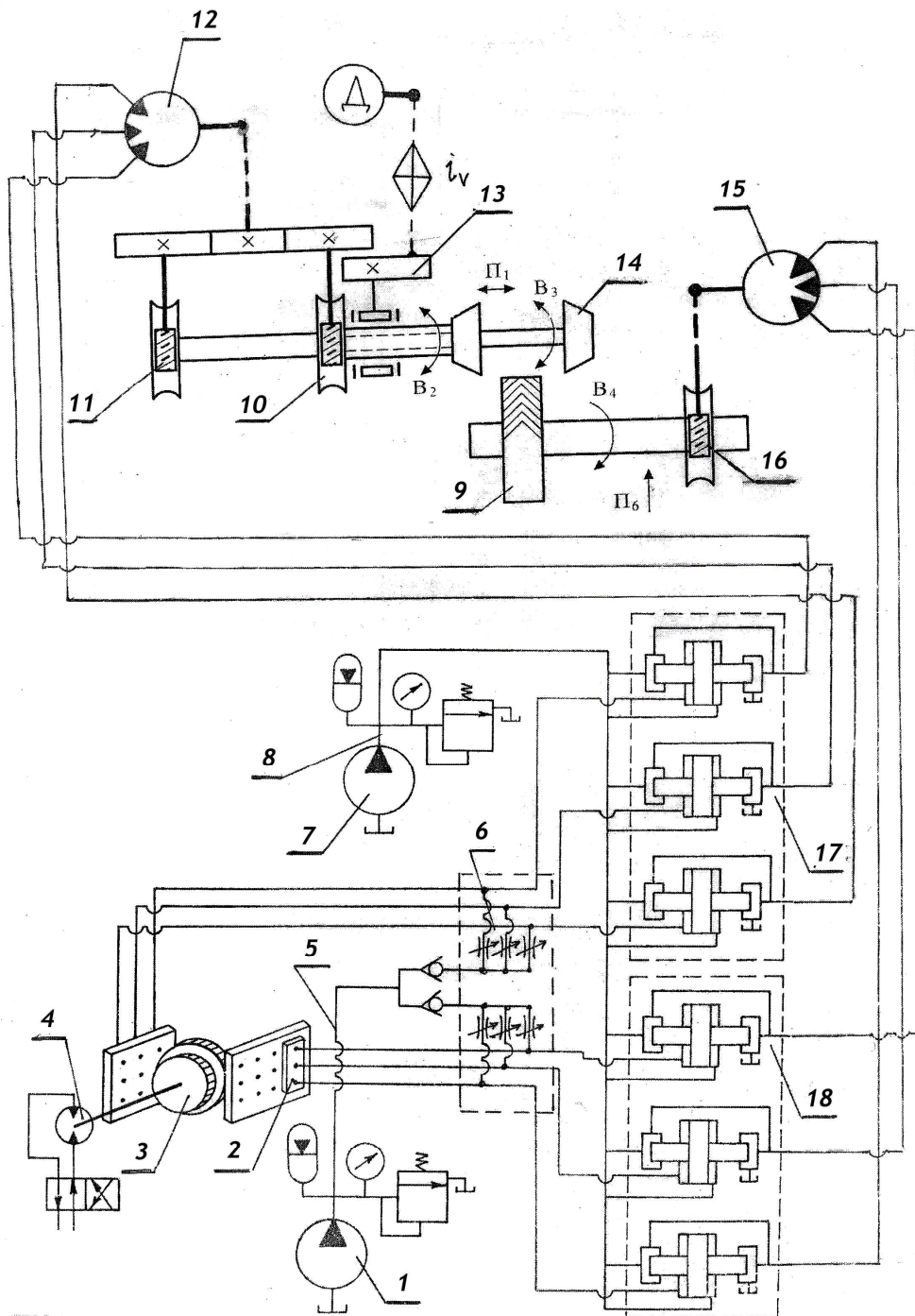


Рисунок 1 - Структурная схема зубодолбежного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания зубьев шевронных зубчатых колес двумя зуборезными долбьяками

Управление шаговыми гидродвигателями 12 и 15 привода заготовки и инструмента осуществляется от блоков торцовых гидрораспределителей 17, 18 которые состоят из трех одинаковых (по числу каналов шаговых гидродвигателей) гидравлических распределителей с торцовым распределением рабочей жидкости, выполненных на базе двухкромочного золотника.

Настройка гидравлической внутренней цепи на требуемое передаточное отношение производится с помощью генератора гидравлических импульсов, который представляет собой набор кодирующих дисков, закреп-

лѐнных на общей оси и получающих вращение отдельным гидромотором.

Количество таких кодирующих дисков в генераторе определяет общее число передаточных отношений гидравлической внутренней (формообразующей) цепи.

Генератор гидравлических импульсов формирует гидравлические импульсы давления и распределяет их по рабочим камерам шаговых гидродвигателей, периодически в определённой последовательности открывая и закрывая рабочие щели.

Наружная поверхность каждого из кодирующих дисков выполнена таким образом, что его выступы либо перекрывают сопло, либо оставляют его открытым, причѐм один выступ диска может перекрывать только лишь одно сопло (рабочую щель).

Рабочие щели в корпусе генератора гидравлических импульсов располагаются с шагом  $t_w = t_g(m \pm \frac{1}{n})$ , где  $t_g$  – шаг выступов кодирующего диска, равный  $t_g = \frac{360^\circ}{Z}$ , здесь  $Z$  – число выступов кодирующего диска,  $m$  – целое число, выбирается из условия удобного расположения и подсоединения рабочих щелей к гидролиниям.

При таком расположении щелей в корпусе генератора относительно выступов вращающегося кодирующего диска одна из щелей всегда перекрывается выступом диска, а через две оставшиеся не перекрытыми щели, рабочая жидкость поступает на слив.

Поверхность кодирующего диска и рабочая щель (сопло) образуют управляемый дроссель, а пространство между соплом и постоянным дросселем образует междроссельную камеру, давление в которой зависит от величины зазора между соплом и наружной поверхностью кодирующего диска.

В момент, когда выступ вращающегося диска генератора гидравлических импульсов находится напротив рабочей щели, происходит скачкообразное повышение управляющего давления, в результате чего происходит переключение гидрораспределителя.

В момент, когда управляющее давление в одном из каналов увеличивается до максимального, в двух других каналах, оставшихся не перекрытыми, рабочая жидкость поступает на слив.

При отсутствии управляющего сигнала (импульса давления) распределитель находится в левом положении под действием давления питания.

При достижении управляющим давлением значения, соответствующего точке срабатывания, распределитель начнет перемещаться из своего крайнего левого положения, причем, при страгивании распределителя давление питания действует на всю площадь малого торца и перебрасывает распределитель вправо. Левый торец открывает напорное сопло, а правый торец закрывает слив. При указанном расположении щелей относительно выступов через две оставшиеся незакрытыми щели рабочая жидкость идет на слив, а одна щель всегда перекрывается выступом.

Рабочая жидкость для получения управляющих импульсов для гидрораспределителей с торцовым распределением рабочей жидкости поступает от насосной установки 1 через блок дросселей 6.

Генератор гидравлических импульсов обеспечивает постоянное для данной настройки отношение частот гидравлических импульсов давления, а следовательно, частот вращения выходных валов гидравлических шаговых двигателей приводов заготовки и инструмента.

Коммутация потоков рабочей жидкости по силовым каналам и рабочим камерам шаговых гидродвигателей зависит от того, какая щель управляющих каналов перекрыта в данный момент выступом вращающегося кодирующегося диска генератора гидравлических импульсов.

Передаточные отношения между исполнительными органами гидравлической внутренней цепи зависят от соотношения частот гидравлических импульсов, формируемых генератором гидравлических импульсов и подаваемых к исполнительным силовым шаговым гидродвигателям, которые приводят во вращение исполнительные органы станка для обеспечения жесткой кинематической связи между заготовкой и инструментом и определяется количеством гидравлических импульсов, подаваемых за один оборот блока кодирующих дисков генератора гидравлических импульсов.

Изменение величины передаточного отношения гидравлической цепи обката (деления) производится перемещением ползушек на корпусе генератора гидравлических импульсов относительно периферии кодирующих дисков с различным числом выступов, осуществляя при этом коммутацию потоков рабочей жидкости по силовым каналам в зависимости от того, какая щель из управляющих каналов перекрыта в данный момент времени выступом вращающегося кодирующегося диска генератора гидравлических импульсов.

Давление питания на вход каждого из гидрораспределителей подается через регулируемый дроссель блока дросселей от насосной установки 7, а затем в зависимости от положения торцовых гидрораспределителей по одному из каналов поступает в рабочие камеры шаговых гидродвигателей 12 и 15 приводов заготовки и инструмента.

Применение модульного принципа построения во внутренних (формообразующих) цепях металлорежущих станков взамен механических цепей позволяет:

- значительно упростить конструирование кинематики станка;
- обеспечить при ограниченном комплекте унифицированных блоков (модулей) построение кинематических цепей различного функционального назначения;
- устранить конструктивное и размерное многообразие кинематических внутренних цепей, предназначенных для выполнения однотипных функций и снизить затраты на их проектирование и изготовление;
- обеспечить конструктивную преемственность при создании станков благодаря типизации конструкции внутренних кинематических цепей на основе гидравлических связей в виде шагового гидропривода;

- сократить сроки и трудоёмкость проектирования изготовления станков;
- уменьшить металлоемкость и массу станка за счёт сокращения до возможного минимума количества промежуточных звеньев, составляющих механическую кинематическую;
- осуществить унификацию как элементов привода, так и приводов в целом для станков одного назначения по отдельным координатам, так и для станков различного технологического назначения и различных типоразмеров;
- уменьшить накопленную погрешность изделия, так как общая протяженность кинематической цепи между согласуемыми органами станка предельно сокращается [5-7].

#### Библиографический список

1. Ванин В.А., Колодин А.Н. Кинематическая структура металлорежущих станков со сложными движениями формообразования с внутренними гидравлическими связями / В.А. Ванин, А.Н. Колодин // Технология машиностроения, №5(155), 2015, С. 18-26.
2. Ванин В.А., Колодин А.Н.. Станки с гидравлическими внутренними (формообразующими) связями на основе шагового гидропривода для обработки винтовых поверхностей / В.А. Ванин, А.Н. Колодин // Справочник. Инженерный журнал с приложениями, №7 (184) 2012, С. 30-35.
3. Ванин В.А. Металлорежущие станки с гидравлическими связями на основе шагового гидропривода во внутренних (формообразующих) цепях / В.А. Ванин [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 1.–С. 167 – 176.
4. Применение шагового гидропривода для построения формообразующих цепей металлорежущих станков со сложными движениями формообразования / В.А. Ванин [и др.] // Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – №1(50). – С. 250 – 259.
5. Ванин В.А., Колодин А.Н., Родина А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими формообразующими связями / В.А. Ванин, А.Н. Колодин, А.А. Родина // СТИН, №5, 2014, С. 2-8.
6. Vanin V.A. Modular design based on hydraulic step drives for internal kinematic chains in metal-cutting machines / V.A. Vanin, A.N. Kolodin // Russian Engineering Research 30 (12). 2010, pp. 1248-1251.
7. Vanin V.A., Kolodin A.N. Modular design based on hydraulic step drives for internal kinematic chains in metal-cutting machines / Vanin V.A., Kolodin A.N. // Russian Engineering Research 31 (1). 2011, pp. 56-58.