



УДК 621.913.816: 621.888-52-82

А. Н. Колодин
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет»
г. Тамбов, Россия
E-mail: dekorkan@yandex.ru
Дата поступления 28.09.2018

ПРИМЕНЕНИЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЦЕПЯХ СТАНКОВ

Аннотация

Рассмотрено применение гидравлического шагового привода при построении внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков разного технологического назначения. Данная модификация оборудования позволяет сократить до допустимого минимума протяженность внутренних кинематических цепей станков, что позволяет увеличить точность обработки деталей, уменьшая накопленную погрешность, передаваемую от станка к заготовке и уменьшить общую массу станочного оборудования.

Ключевые слова: унифицированные гидравлические связи; шаговый гидропривод; формообразующие цепи станков.

Введение

Для получения в станке определенного исполнительного движения необходимо создать кинематическую связь между исполнительными звеньями станка – заготовкой и инструментом и кинематическую связь этих звеньев с источником движения, которая в основном в большинстве случаев осуществляется с помощью механических звеньев [1].

Кинематические цепи с механическими звеньями дают возможность получить точное передаточное отношение выходных звеньев и не требуют дополнительных перенастроек в процессе работы. Внутренние цепи с механическими звеньями при большой их протяженности становятся громоздкими и поэтому не всегда обеспечивают необходимую кинематическую точность работы цепи. Работая в тяжелых динамических условиях и передавая конечным звеньям большие усилия, элементы кинематических цепей быстро изнашиваются и первоначальная точность станка теряется.

Механические кинематические цепи имеют сравнительно малую жесткость, и что более существенно – жесткость таких цепей непостоянна, так как она определяется в основном жесткостью стыков кинематических пар, которые в процессе движения постоянно меняются и, кроме того, точность изготовления звеньев ограничена разумными пределами.

На кинематическую точность цепи, составленной из механических звеньев, влияют геометрическая неточность элементов и неточность их взаимного расположения, обусловленная погрешностями обработки и сборки. Большое влияние на точность цепи оказывают температурные деформации и крутильная жесткость.

Основная часть

Одним из возможных направлений повышения точности внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков и сохранения ее в процессе эксплуатации является сокращение протяженности кинематических цепей за счет применения гидравлических связей на основе шагового гидравлического привода, обеспечивающего возможность прямого непосредственного соединения исполнительного двигателя с нагрузкой, исключая при этом коробки передач, редукторы, промежуточные механические передачи.

Такие кинематические связи могут быть выполнены в виде разомкнутого шагового гидропривода, применение которого во внутренних цепях металлорежущих

станков позволит в разомкнутой системе реализовать управляющие функции с большой точностью. Главной особенностью данного класса приводов является то, что в качестве силового исполнительного органа в них используется специальный гидравлический шаговый двигатель (ГШД), соединенный системой трубопроводов со звеном настройки, выполненном в виде генератора гидравлических импульсов, который преобразует энергию жидкости в гидравлические импульсы и распределяет их в определенной последовательности по рабочим камерам шагового гидродвигателя, а выходной вал ГШД обрабатывает дискретные управляющие сигналы с высокой точностью и большим усилением по мощности [2-8].

В качестве двигателя в таких приводах наиболее целесообразны шаговые гидродвигатели с механической редуцией шага, которые отличаются большим разнообразием конструкций: поршневые, мембранные, сильфонные, шибберные, шестеренные, планетарно-роторные.

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 (генератора 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 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.

При использовании во внутренних кинематических цепях в качестве силового органа шаговых гидродвигателей связь между заготовкой и инструментом осуществляется благодаря тому, что расход рабочей жидкости посредством рабочих щелей распределительного устройства преобразуется в определенную последовательность гидравлических импульсов, которые распределяются по силовым камерам шагового гидродвигателя при этом каждому из них соответствует определенный угол поворота выходных валов ГШД, пропорциональный числу импульсов, а скорость вращения пропорциональна частоте их следования. Передаточные отношения между исполнительными органами гидравлической связи – заготовкой и инструментом – зависят от соотношения частот гидравлических импульсов, подаваемых к шаговым гидродвигателям, осуществляющим вращение заготовки и инструмента.

Используя блочное (модульное) построение гидравлического шагового привода, представляется возможным применить гидравлические связи на его основе при построении внутренних цепей металлорежущих станков различного технологического назначения и разных типоразмеров [9-11].

Это в первую очередь относится к металлорежущим станкам, таким как зубо- и резьбообрабатывающим, имеющим сложное пространственное расположение рабочих органов при значительном расстоянии между подвижными рабочими органами, длинные и разветвленные многозвенные перенастраиваемые кинематические цепи, где требуется осуществить необходимые относительные взаимосвязанные формообразующие движения инструмента и обрабатываемой заготовки.

Ниже рассмотрены структурные схемы металлорежущих станков различного технологического назначения, внутренние (формообразующие) кинематические цепи которых реализованы с использованием гидравлических связей на основе

гидравлического шагового привода с различными схемами коммутации рабочей жидкости.

На рисунке 1 представлена структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими формообразующими связями

для нарезания цилиндрических червяков обкатным резцом (долбяком) [12-15].

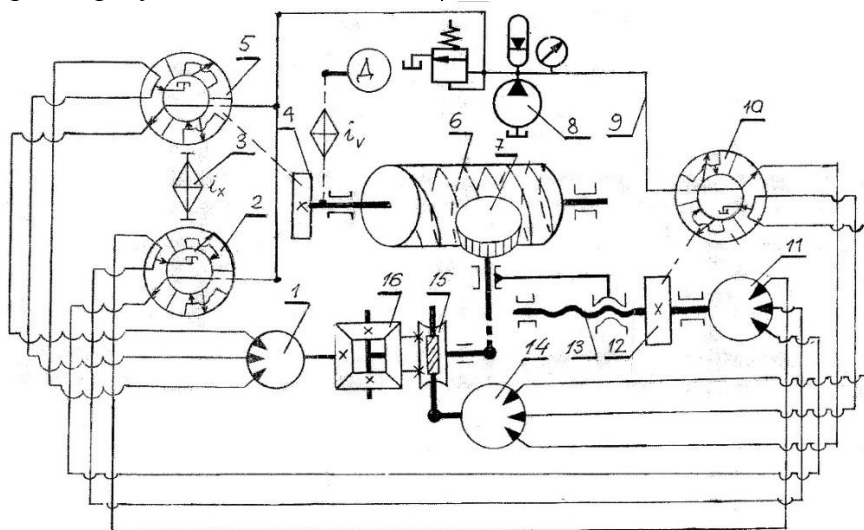


Рисунок 1. Структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими формообразующими связями для нарезания цилиндрических червяков обкатным резцом (долбяком)

Станок включает в себя заготовку 6, совершающую вращательное движение от электродвигателя D через звено настройки i_v , связанное с вращением режущего инструмента (обкатного резца) 7 гидравлической цепью обката.

Вращение инструмента 7 осуществляется от шагового гидродвигателя 1, кинематически связанного с продольным суппортом и управляемого генератором гидравлических импульсов 5, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 4, закрепленного на шпинделе заготовки 6.

Продольное перемещение суппорта с инструментом 7 осуществляется шаговым гидродвигателем 11, кинематически связанного посредством ходового винта 13 продольной подачи с суппортом и управляемого генератором гидравлических импульсов 5, управляемого шаговым гидродвигателем вращение инструмента через несилую гитару сменных зубчатых колес 3.

Так как суппорт с инструментом участвует в сложном движении формообра-

зования – совместно с вращением обкатного резца и его продольном перемещении, в результате которого обеспечивается перекатывание центроиды долбяка без скольжения по прямолинейной центроиде заготовки, а суппорт является общим исполнительным звеном, то в цепи необходимо осуществить инструменту дифференциальное движение.

Дифференциальное движение осуществляется шаговым гидродвигателем 14, кинематически связанным посредством червячной передачи 15 с суммирующим механизмом 16 в виде дифференциала с коническими колесами, и управляемого генератором гидравлических импульсов 10, золотниковая втулка с рабочими щелями которого получает вращение от приводного зубчатого колеса 12, закрепленного на ходовом винте 13 продольной подачи суппорта. Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов подводится от насосной установки 8 по трубопроводу 9.

На рисунке 2 представлена структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими формообразующими для нарезания глобoidных червяков [6-7].

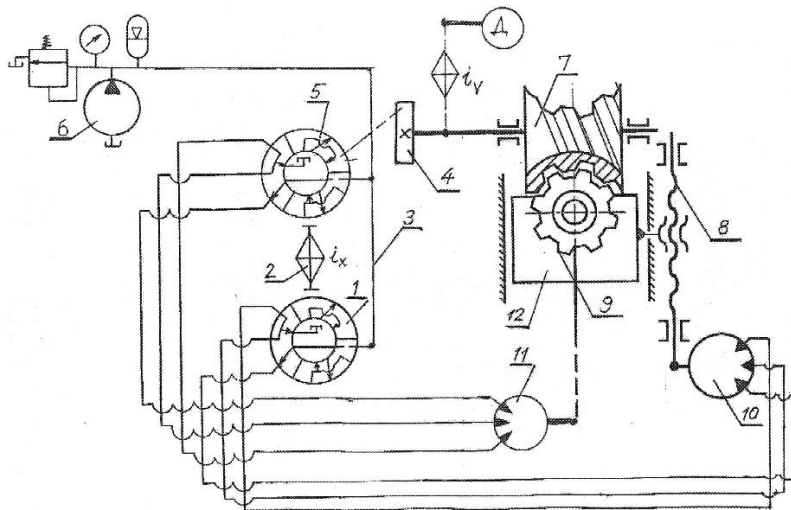


Рисунок 2. Структурная схема резьбонарезного станка с гидравлическими формообразующими для нарезания глобоидных червяков

Станок включает в себя заготовку 7, совершающую вращательное движение от электродвигателя D через звено настройки i_v .

Инструмент (обкаточный резец долбяк) 9, связанный с заготовкой цепью деления получает вращения от шагового гидродвигателя 11, кинематически связанного с узлом инструмента и управляемого генератором гидравлических импульсов 5, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей которого вращается от приводного зубчатого колеса 4, закрепленного на шпинделе заготовки 7.

Радиальное (поперечное) перемещение инструмента 9 для получения полной высоты витка червяка осуществляется от шагового гидродвигателя 10, кинематически связанного с суппортом 12 и инструментом посредством ходового винта 8 радиальной подачи и управляемого генератором гидравлических импульсов 1, золотниковая втулка с расчетным числом рабочих щелей которого получает вращение от генератора гидравлических импульсов 5, управляющего гидравлическим шаговым двигателем 11 вращения инструмента 9 через несилую гитару сменных зубчатых колес 2.

Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов поступает от насосной установки 6 по трубопроводу 3.

Заключение

Эффективность построения системы внутренних металлорежущих станков на

основе шагового гидропривода заключается в том, что:

- обеспечивается конструктивная однородность кинематических связей между конечными звеньями – заготовкой и инструментом для станков различного технологического назначения и разных типоразмеров, при этом возможно исключить конструктивное и размерное многообразие кинематических цепей, предназначенных для выполнения однотипных функций и осуществить проектирование и построение внутренних цепей различных зубо- и резьбообрабатывающих станков с большим различием характеристик из небольшого, ограниченного, экономически обоснованного количества типоразмеров одинаковых (типовых и стандартных) агрегатов (модулей), что ведет к упорядочению номенклатуры одноименных внутренних цепей, сходных по функциональному назначению путем установления типоразмерных рядов гидравлических связей;

- обеспечивается конструктивная преемственность при создании станков, благодаря типизации конструкций внутренних кинематических цепей на основе гидравлической связи в виде шагового гидропривода, состоящего из конструктивно и функционально завершенных агрегатов (модулей), имеющих унифицированные габаритно-установочные и присоединительные элементы, способных выполнять заданные функции либо самостоятельно, либо сов-

местно с аналогичными модулями в зависимости от назначения, сложности внутренней цепи, количества формообразующих движений;

- уменьшается накопленная погрешность изделия, так как общая протяженность кинематической цепи между согласуемыми органами, обуславливающая накопления ошибки за счет увеличения угла закручивания по ее длине в случае применения гидравлической связи предельно сокращается, так погрешность гидравлической связи не зависит от расстояния между задающим устройством и исполнительным шаговым гидродвигателем, а будет определяться точностью конечных делительных звеньев цепи (червячные, винтовые передачи), точностью изготовления элементов шагового гидродвигателя, инструмента и заготовки;

- уменьшается металлоемкость и масса станков, так как уменьшается габаритные размеры узлов, несущих инструмент и заготовку, повышается жесткость их корпусов, благодаря устранению окон и полостей в них для размещения механических кинематических передач, отпадает потребность в больших наборах сменных зубчатых колес для гитар сменных колес, сокращается до возможного минимума количество промежуточных элементов, составляющих механическую кинематическую связь (зубчатые колеса, подшипники, валы и т.п.) при замене ее гидравлической связью, что существенно упрощает кинематику станка и одновременно приводит к повышению жесткости и точности цепей, а также позволяет создать более рациональную компоновку, предельно сблизить при этом узел инструмента и узел заготовки при сложном пространственном расположении рабочих органов станка.

Библиографический список

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1970.- 403 с.
2. Ванин В.А., Мищенко С.В., Трифионов О.Н. Кинематические связи в металлорежущих станках на основе гидравлического шагового привода. - М.: Издательство «Машиностроение -1», 2005.- 328 с.
3. Проектирование и создание станков различного назначения на базе унифицированных формообразующих цепей / Ванин В.А., Родина А.А. // Энергосбережение и эффективность в технических системах: Материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбов: Изд-во Тамбовский государственный технический университет, 2017. С. 388-389.
4. Синтез и оптимизация структуры формообразующих цепей резьбообрабатывающих станков на основе шагового гидропривода / Ванин В.А., Фидаров В.Х. // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: Материалы IV Международной научно-практической конференции. Тамбов: Изд-во Тамбовский государственный технический университет, 2017. С. 349-353.
5. Построение и оптимизация формообразующих цепей на основе гидравлических связей в станках со сложными движениями формообразования / Ванин В.А., Родина А.А., Дежа А.А. // Актуальные проблемы в машиностроении: материалы конференции. Новосибирск: Изд-во Новосибирский государственный технический университет, 2017. Т.4., №4. С. 84-88.
6. Применение шагового гидравлического привода для обработки глободных поверхностей / Колодин, А.Н., Ванин, В.А. // Техника и технологии машиностроения: материалы IV междунар. студ. науч.-практ. конф. (Омск, 25-30 марта 2015 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. С. 115-119.
7. Шаговый гидропривод в формообразующих цепях резьбонарезных станков: монография / Ванин В.А., Колодин А.Н. Saarbrücken: Издательство: LAP LAMBERT, 2016. 107 с.
8. Кинематическая структура металлорежущих станков с гидравлическими

- синхронизированными связями на основе шагового гидропривода / Ванин, В.А. // В.И. Вернадский: устойчивое развитие регионов: материалы Международной научно-практической конференции. Тамбов: Изд-во Тамбовский государственный технический университет, 2016. С. 29-35.
9. Гидравлические связи на основе шагового гидропривода с пневматической системой управления / Ванин, В.А., Подледников П.Ю., Корнилов А.С. // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: Материалы III Международной научно-практической конференции. Тамбов: Изд-во Тамбовский государственный технический университет, 2016. С. 311-316.
10. Кинематическая структура металлорежущих станков с внутренними (формообразующими) связями на основе шагового гидропривода / Поляков А.С., Ванин, В.А. // Техника и технологии машиностроения: материалы IV междунар. студ. науч.-практ. конф. (Омск, 25-30 марта 2015 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. С. 195-199.
11. Кинематическая структура зубодолбежных станков с гидравлическими, формообразующими связями на основе шагового гидропривода / Ванин, В.А. // Технология машиностроения. 2015. №3. С. 28-33.
12. Построение внутренних (формообразующих) цепей металлорежущих станков на основе шагового гидропривода / Ванин, В.А., Иванов В.И., Трифонов О.Н. // Вестник МГТУ СТАНКИН, 2015. №2(33). С. 61-67.
13. Using hydraulic step drives in the shaping systems of metal-cutting machines / V.A. Vanin // Russian Engineering Research, 2013, N3(33). pp. 156 -162.
14. 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, 2010, N30(12). pp. 1248 - 1251.
15. Vanin V.A., Romanova E.V., Grigoryan V.S. Design and optimization of forming chains on the basis of hydraulic connections in machines with complex / The world of science without borders // Conference proceedings. Tambov: Tambov State Technical University, 2018, pp. 75-78.

Information about the paper in English

A.N. Kolodin

Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

E-mail: dekokan@yandex.ru

Received 28.09.2018

APPLICATION OF UNIFIED HYDRAULIC CONNECTIONS IN FORMING CHAINS OF MACHINES

Abstract

The paper studies stepping hydraulic drives in constructing internal (forming) chains of cutting machines for various process applications. The modification of equipment contributes to minimizing the length of internal kinematic chains of machines to increase accuracy of machining parts by decreasing accumulated inaccuracy transferred from the machine to workpieces and by decreasing a total weight of equipment.

Keywords: unified hydraulic connections, stepping hydraulic drive, forming chains of machines.
