

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ДИСКРЕТНЫМ ПРИВОДОМ МИКРОПОДАЧИ

В. К. Лучкин, Д. Г. Климов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор В. Н. Чернышов

Ключевые слова и фразы: гидрораспределитель; дискретный, копировальный приводы; микроперемещение; микроподача; микрошаг; режим позиционирования; сильфонный гидроцилиндр; следящий привод; счетчик-ограничитель.

Аннотация: Описаны структура и принцип действия исполнительской части электрогидравлического дискретного привода микроподачи. Рассмотрены структура и связи системы управления приводом, обеспечивающей режимы непрерывного слежения и позиционирования по жесткому упору, а также программный способ регулирования.

Для современного станкостроения все бóльшую актуальность приобретают проблемы энергосбережения и малоотходной металлообработки. В немалой степени решение этих проблем зависит от повышения точности самих станков. В частности, на станках с более точной обработкой изделий меньше вероятность брака (следовательно, меньше отходов), время работы станков используется более эффективно, что обеспечивает экономию электроэнергии, и т.д.

Точные перемещения в станках обычно осуществляются при помощи приводов (механизмов) микроподачи. Подобные приводы весьма разнообразны: среди них есть механические, гидромеханические и электромеханические с понижающей передачей, термодинамические, магнитоотрицательные, упругосиловые и др. Например, в Тамбовском государственном техническом университете ведутся работы по созданию и исследованию различных вариантов электрогидравлического дискретного привода микроподачи, отличающегося от известных простотой, гибкостью управления и высокой разрешающей способностью при большом базовом перемещении [1 – 5]. Ниже приведены результаты по созданию системы управления электрогидравлическим дискретным приводом микроподачи.

Лучкин Вячеслав Кузьмич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», e-mail: Luchvk43@mail.ru; Климов Дмитрий Геннадьевич – магистрант, ТамбГТУ, г. Тамбов.

Схема исполнительной части (двигателя и регулятора) электрогидравлического дискретного привода микроподачи показана на рис. 1. В качестве двигателя использован высокогерметичный сильфонный гидроцилиндр (СГЦ), а в качестве регулятора – блок из четырех стандартных гидрораспределителей (ГР) с шариковыми запирающими элементами релейного типа с управлением от электромагнитов Э1 – Э4 и замкнутая камера V. Перемещение гидроцилиндра шаговое, причем величина микрошага зависит от давления и упругих свойств рабочей жидкости, от геометрических размеров гидроцилиндра и камеры V, а также других параметров. Скорость гидроцилиндра (как и во всех шаговых приводах) определяется частотой следования шагов, то есть частотой управления.

Цикл шагового перемещения состоит из двух этапов: сначала рабочая жидкость сжимается (аккумулируется) в сливной гидролинии и отключенной от бака камере V под действием давления в напорной полости гидроцилиндра (при этом поршень гидроцилиндра смещается); затем камера V переключается со сливной полости гидроцилиндра на бак, аккумулированный объем жидкости высвобождается и давление в камере V падает. Далее следует новый цикл. Цикл повторяется в результате переключения гидрораспределителей. Гидрораспределители с электромагнитами Э1 и Э2 предназначены для выбора направления движения, а с электромагнитами Э3 и Э4 в процессе шагового перемещения переключаются непрерывно и в противофазе, присоединяя камеру V попеременно к сливной полости гидроцилиндра и к баку. Схема на рис. 1 отражает первый этап цикла шагового перемещения; при этом правая полость гидроцилиндра является напорной, а левая – сливной.

Во многих практических случаях полезно регулировать величину единичного шага (а тем самым и скорость) без изменения частоты управ-

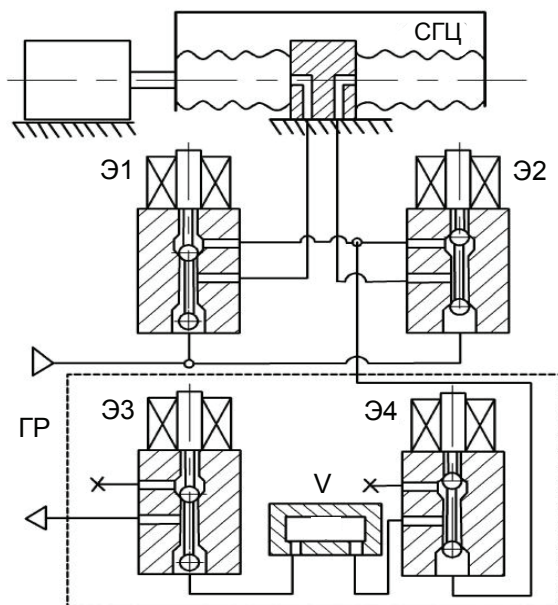


Рис. 1. Схема исполнительной части электрогидравлического дискретного привода микроподачи

ляющих импульсов. Эта задача может быть решена путем построения регулятора по многоразрядному принципу, причем наиболее целесообразно использовать двоичные разряды [1].

Для рассмотрения системы управления электрогидравлическим дискретным приводом микроподачи покажем функциональную схему (рис. 2) с исполнительской частью привода, включающей СГЦ и одnorазрядный гидрораспределитель (см. рис. 1).

Система управления (см. рис. 2) включает в себя генератор импульсов, блок режимов, счетчик-ограничитель (СО), блок управления реверсом, блок логики, блок усилителей мощности, систему обратной связи, блок формирования сигнала и блок формирования релейной характеристики.

Система управления, изображенная на рис. 2, обеспечивает работу привода в разомкнутом и следящем (замкнутом) режимах. При работе в следящем (замкнутом) режиме используются все блоки, кроме СО, а в разомкнутом – не используются система обратной связи, блоки формирования сигнала и релейной характеристики. Переключение в тот или иной режим осуществляется блоком режимов и переключателем П.

При необходимости работы в следящем режиме включается переключатель П, в блоке режимов вручную (тумблерами) соединяются вход 1

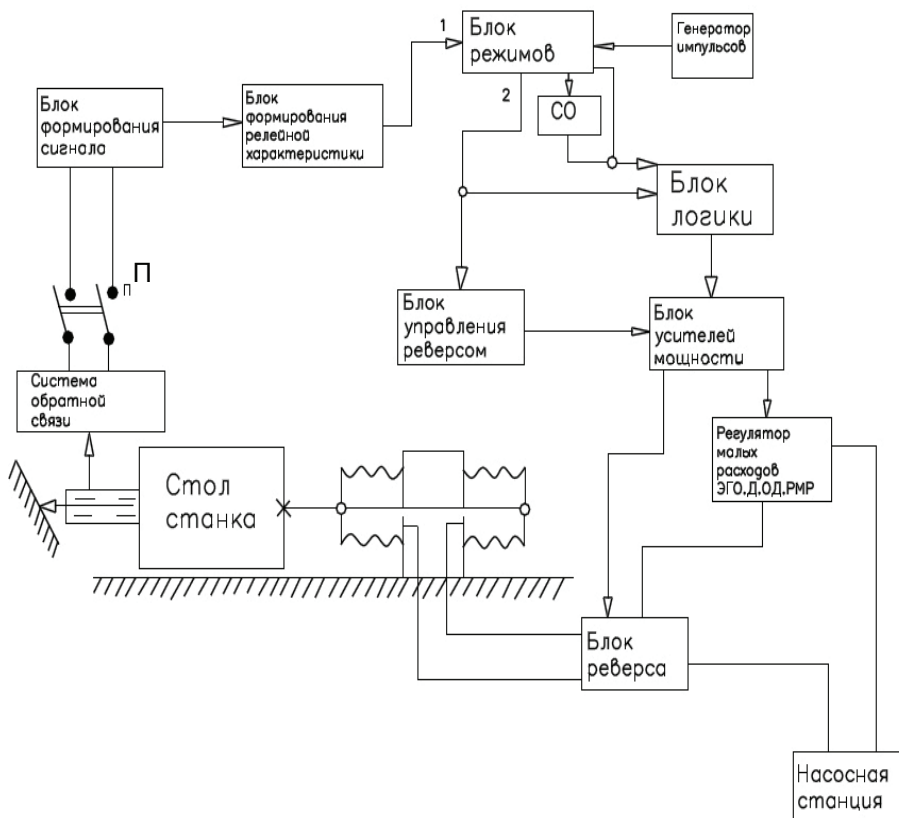


Рис. 2. Схема структуры системы управления электрогидравлическим дискретным приводом микроподачи

с выходом 2, а выход генератора импульсов (ГИ) соединяется с блоком логики, минуя СО.

Для переключения в разомкнутый режим работы необходимо отключить переключатель П, выход с ГИ переключить на СО, а выход 2, отключив от входа 1, соединить с источником питания, величина постоянного тока которого равна величине тока, снимаемого с блока формирования релейной характеристики в следящем режиме работы, обеспечив включение в работу одного из распределителей с Э1 и Э2 (см. рис. 1) в зависимости от выбранного направления движения.

Рассмотрим работу системы управления электрогидравлическим дискретным приводом с жесткой обратной связью по положению и ее блоков на примере следящего копировального привода (рис. 3). Согласно рассмотренной выше функциональной структуре системы управления, изображенные на рис. 2 элементы входят в следующие блоки. В систему обратной связи входит датчик Д, шток которого с профилем А представляют копировальную систему, а также усилитель У. Блок формирования сигнала представляет собой фазочувствительный выпрямитель (ФЧВ). Блок формирования релейной характеристики образуется двумя триггерами Шмитта ТШ1 и ТШ2. В блок управления реверсом входит триггер Т3, в блок логики – логические схемы ИЛИ, НЕ, И и триггеры Т1 и Т2. Блок усилителей включает в себя усилители 1 – 4.

В рассматриваемом примере в качестве копировального прибора использован стандартный индуктивный датчик Д (типа БВ-844), а в качестве исполнительной части – СГЦ и регулятор из четырех гидрораспределителей 6Ц151. Жесткая обратная связь по положению реализована так, что корпус копировального прибора механически связан с двигателем, то есть перемещается вместе с ним. Таким образом, с датчика поступает сигнал рассогласования, величина и знак которого определяются относительным

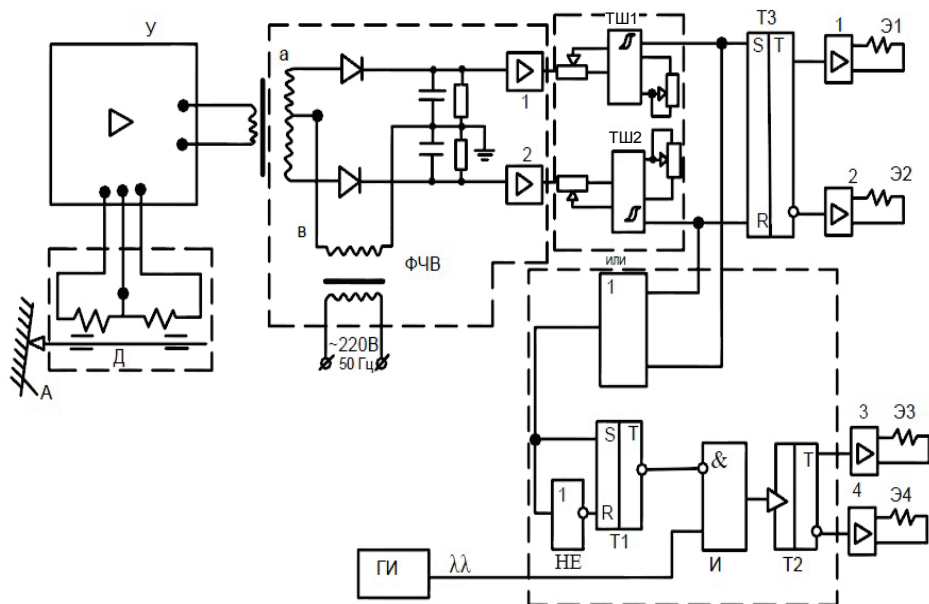


Рис. 3. Схема управления следящим копировальным приводом микроподачи

положением исполнительного органа и измерительного штока датчика. В стандартном усилителе У сигнал рассогласования усиливается и модулируется частотой 50 Гц таким образом, что при движении в положительном направлении фаза сигнала совпадает с фазой питающего напряжения, а при движении в отрицательном направлении она смещена относительно фазы питающего напряжения на 180° . Этот сигнал поступает на вход «а» ФЧВ; на вход «в» подается сигнал, синфазный с питающим напряжением. С выхода ФЧВ снимается усиленный сигнал постоянного тока, величина которого пропорциональна рассогласованию, а знак соответствует направлению движения.

Два триггера Шмитта ТШ1 и ТШ2 формируют характеристику с небольшой зоной нечувствительности, в пределах которой привод должен быть неподвижен, а вне пределов – перемещаться в сторону подвода (единичный сигнал на выходе ТШ1) или в сторону отвода (единичный сигнал на выходе ТШ2) исполнительного органа. Так, появление на выходе ТШ1 сигнала, кодированного единицей, приводит к такому переключению триггера ТЗ (RS), при котором на его прямом выходе появляется единица, а на инверсном выходе – ноль. При этом через усилитель 1 включается электромагнит Э1 (см. рис. 3), что делает привод готовым к перемещению в сторону подвода исполнительного органа. Одновременно с этим единичный сигнал с выхода ТШ1 через логическую схему ИЛИ поступает на S-вход триггера Т1 (на его R входе сигнал имеет нулевое значение из-за логической схемы НЕ). На инверсном выходе этого триггера сигнал принимает нулевое значение. При этом снимается запрет со схемы И, в результате чего импульсный сигнал с генератора импульсов поступает на счетный вход триггера Т2. Переключение последнего приводит к попеременному включению через усилители 3 и 4 электромагнитов Э3 и Э4 (см. рис. 1), что обеспечивает работу привода в микрошаговом режиме и перемещение его в сторону подвода.

При выходе привода в зону нечувствительности триггер ТШ1 изменяет свое состояние, логическая схема И оказывается запертой, прохождение импульсных сигналов через эту схему от ГИ прекращается. С этого момента электромагниты Э3 и Э4 перестают переключаться, и микрошаговый режим работы привода прекращается. При этом привод останавливается в заданном положении, определяемом профилем А (копира). Аналогичная работа происходит при выходе привода за пределы любой границы зоны нечувствительности.

Как уже отмечалось, электрогидравлический дискретный привод микроподачи может работать как в режиме непрерывного слежения, так и в режиме позиционирования по жесткому упору. Кроме того, рассмотренная система управления обеспечивает работу привода по программе чисто электрическим способом – путем смещением зоны нечувствительности в ту или другую сторону, что может быть использовано в станках с числовым программным управлением (ЧПУ).

В разомкнутом варианте электрогидравлического дискретного привода останов привода осуществляется не с помощью блока формирования релейной характеристики (зоны нечувствительности), а СО, основное назначение которого – прекращение подачи управляющих импульсов с ГИ после отработки приводом заданного числа шаговых перемещений.

Счетчик-ограничитель (рис. 4) представляет собой трехдекадное счетно-импульсное устройство, управляющее вентилям В, установленным в тракте передачи импульсов от ГИ к блокам системы управления (выход 2). Каждая счетная декада состоит из триггера со счетным входом, дифференцирующих цепочек и кольцевого делителя 1/10. В исходном состоянии цепь от ГИ разомкнута переключателем 1П, в то же время импульсы сброса, поступающие через замкнутые контакты выключателя 2П, подтверждают исходное нулевое состояние счетных декад и то состояние Т4, при котором открыт вентиль В. При отключении 2П и переключении 1П в позицию 2 рабочие импульсы от ГИ через В поступают на выход 2 блока и одновременно на вход первой счетной декады. Так как счетные декады включены последовательно, то частота на входе каждой из них относится к частоте управляющих импульсов как 1, 1/10 и 1/100. Выходы каждого разряда десятичных делителей выведены на переключатели. При заполнении счетчика до заданного числа, в соответствии с установкой переключателя, выходной импульс с подключенного разряда кольцевых делителей поступает на один из отдельных входов Т4 и опрокидывает его. При этом вентиль В окажется запертым для прохождения рабочих импульсов на выход 2. Переключение 1П в позицию 1 позволяет подавать управляющие импульсы с ГИ на выход 1, минуя непосредственно СО.

Для поступления управляющих импульсов с генератора без ограничения необходимо поставить переключатели всех декад в нейтральное положение. В положении переключателя, показанном на рис. 4, обеспечивается серия управляющих импульсов с числом 80.

Перед началом отработки серии шагов для приведения схемы в исходное состояние необходимо переключатели 1П и 2П поставить в положение, изображенное на рис. 4.

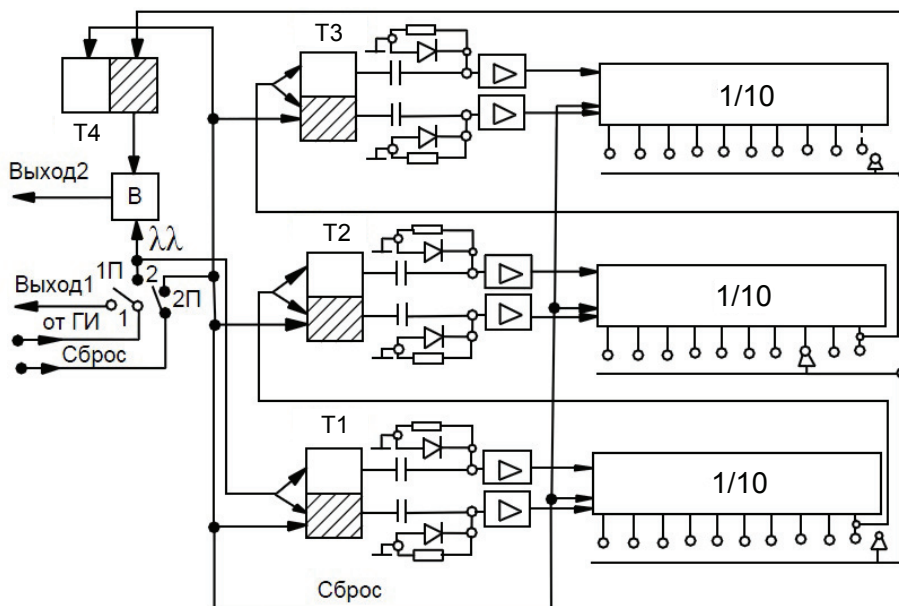


Рис. 4. Схема счетчика-ограничителя

Таким образом, представленная система управления электрогидравлическим дискретным приводом микроподачи обладает широкими функциональными возможностями, обеспечивая режимы непрерывного слежения, позиционирования по жесткому упору (разомкнутый вариант), а также программный способ, что позволяет рекомендовать ее к использованию в различных станках с ЧПУ.

Список литературы

1. Лучкин, В. К. Регулирование скорости и точности перемещений в электрогидравлическом дискретном приводе микроподачи / В. К. Лучкин, В. А. Ванин // *СТИН*. – 2004. – № 8. – С. 22 – 25.
2. Лучкин, В. К. Привод микроперемещений и микроподач для станков с ЧПУ / В. К. Лучкин // *Машиностроитель*. – 2007. – № 5. – С. 41 – 44.
3. Лучкин В. К. Привод для станков с ЧПУ / В. К. Лучкин // *Техника машиностроения*. – 2010. – № 3. – С. 47 – 49.
4. Пат. 2073128 Российская Федерация, МПК⁶ F 15 В 15/24. Гидропривод микрошаговых перемещений / Лучкин В. К. ; заявитель и патентообладатель Тамб. ин-т хим. машиностроения. – № 93026369/06 ; заявл. 25.05.1993 ; опубл. 10.02.1997, Бюл. № 4. – 3 с.
5. Пат. 2351451 Российская Федерация, МКИ В 23 Q 5/36. Шаговый привод подач / Лучкин В. К., Кузнецов С. Н. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. гос. техн. ун-т». – № 2007123080/02 ; заявл. 19.06.2007 ; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10. – 6 с.

References

1. Luchkin V.K., Vanin V.A. *STIN*, 2004, no. 8, pp. 22-25.
2. Luchkin V.K. *Mashinostroitel'*, 2007, no. 5, pp. 41-44.
3. Luchkin V.K. *Tehnika mashinostroenija*, 2010, no. 3, pp. 47-49.
4. Luchkin V.K., Tambov Institute of Chemical Engineering, *Gidroprivod mikroshagovykh peremeshchenii* (Hydraulic drive microstepping movements), Russian Federation, Pat. 2073128.
5. Luchkin V.K., Kuznetsov S.N., Tambov State Technical University, *Shagovyi privod podach* (Stepper innings), Russian Federation, Pat. 2351451.

Electrohydraulic Discrete Control Drive Microfeed

V. K. Luchkin, D. G. Klimov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: bellows cylinder; control valve; counter-limiter; discrete, copy drives; microstep; microfeed; micromovements; positioning mode; servo drift; tracking.

Abstract: The paper describes the structure and operation of the executive part of electrical discrete drive of microfeed. We consider the structure of the control system and drive, providing continuous tracking mode and positioning mode to a fixed stop, as well as a programmable way.

© В. К. Лучкин, Д. Г. Климов, 2014

Статья поступила в редакцию 09.06.2013 г.