5. СЛЕДЯЩИЙ ГИДРОПРИВОД

5.1. Принцип действия следящих приводов

Любая следящая система состоит из следующих элементов: устройства, задающего входной сигнал; сравнивающего устройства; исполнительного механизма; обратной связи. В некоторых системах между исполнительным механизмом и сравнивающим устройством применяют преобразователь сигнала и усилитель сигнала рассогласования.

В качестве задающего устройства могут быть различные программоносители, например, жесткие копиры или шаблоны. В станках с программным управлением задающим устройством может служить программоноситель, записанный на перфоленте, магнитном или лазерном диске с соответствующим преобразователем. Программоноситель преобразует данную программу в сигналы управления движением исполнительного механизма. Выходным сигналом задающего устройства является $X_{вх}$ (рис. 5.1).

В гидравлических копировальных следящих системах в качестве программоносителя часто используется механический копир, который при движении относительно щупа сообщает ему механическое перемещение в соответствии с профилем или законом изменения входной величины.

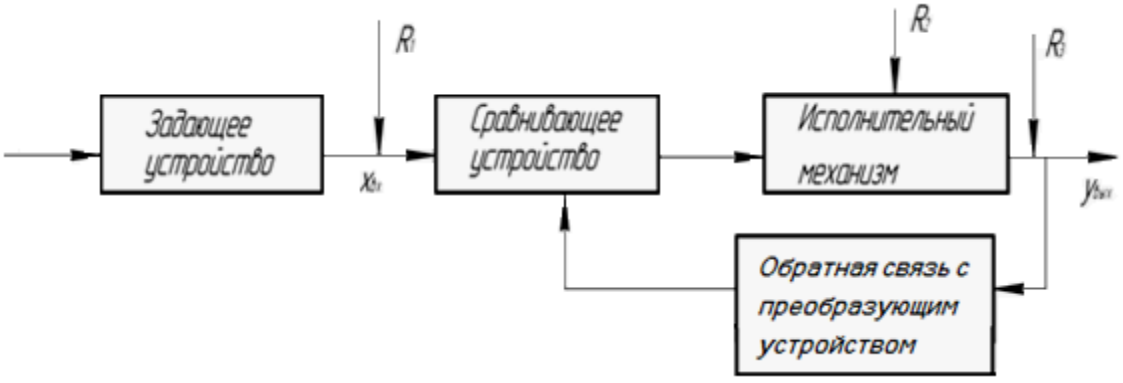


Рис. 5.1. Структура следящей системы

Механическое перемещение щупа передается дросселирующему распределителю, который управляет движением исполнительного механизма.

Сигналы возмущения обозначены *R*. Это может быть изменение сил трения, изменение силы ветра, погоды или любые другие проявления.

Перемещение исполнительного механизма является выходным сигналом – $Y_{вых}$. Выходной сигнал одновременно поступает как на выполнение полезной работы, так и на сравнивающее устройство. Выходной сигнал, идущий на сравнивающее устройство, называется обратной связью. Обратная связь может быть в зависимости от системы управления и технических средств ее реализации электронной, пневматической, электрической, гидравлической, механической.Механическая обратная связь часто бывает с передаточным отношением 1:1 или с любым другим соотношением.

Входной и выходной сигналы подаются на сравнивающее устройство. Сравнивать можно только величины, имеющие одну физическую природу, например, перемещение с перемещением, скорость со скоростью, объем с объемом и т. д. Сравнивающее устройство – наиболее важный механизм следящей системы. Любое сравнивающее устройство характеризуется тем, что имеет два входа и один выход одной и той же физической природы. В качестве сравнивающихся величин могут быть как кинематические величины (перемещение, скорость, ускорение), так и силовые (сила, давление и т. д.). В гидравлических следящих системах часто сравниваются перемещения.

Сравнивающее устройство в таких системах состоит из дросселирующего распределителя, где входными величинами являются независимые перемещения затвора и корпуса распределителя, а выходной величиной является ширина дросселирующей щели. Причем в сравнивающем устройстве нас интересует не перемещение всего затвора, а лишь смещение кромки затвора и кромки корпуса распределителя.

Часто под обратной связью понимают жестко организованную цепочку элементов связи выходного сигнала системы с входным сигналом, при котором отклонение выходного сигнала вызывает соответствующее изменение входного сигнала объекта. В понятие обратной связи включают не только сравниваемые сигналы, но и сравнивающее устройство.

Обратная связь может быть положительная и отрицательная. Положительная обратная связь – это такая связь выходного сигнала системы с входным сигналом, при котором они суммируются, т. е. выходной сигнал только усиливается. Такая связь часто используется в электронике для повышения коэффициента усиления схем.

В следящих системах применяется отрицательная обратная связь. Отрицательная обратная связь – это такая связь выходного сигнала системы с входным сигналом, при которой отклонение выходного сигнала одного знака вызывает изменение входного сигнала противоположного знака.

Со сравнивающего устройства сигнал рассогласования передается обычно усилителю. Усилитель характеризуется тем, что им регулируется энергия, подводимая к исполнительному двигателю. Величина энергии, подводимой к гидравлическому двигателю, определяется величиной проходных щелей дросселирующего распределителя. Усилителем регулируется энергия, подводимая к исполнительному двигателю. Потребляемая энергия определяется величиной площади проходной щели дросселирующего распределителя. В рассматриваемых схемах распределитель выполняет две функции: сравнивающего устройства и усилителя.

В следящих системах выходной сигнал заранее не известен. Он может быть случайной величиной, потому что на систему кроме управляющего воздействия, которое задается в соответствии с технологическим процессом, могут влиять и факторы, носящие случайный, трудно предсказуемый характер – возмущающие воздействия. Например, температура окружающего воздуха, колебания напряжения в электросети, изменение силы трения и т. д.

Преимуществом следящих систем является то, что система компенсирует влияние любого возмущающего воздействия, которое вызвало отклонение $(\pm\Delta)$ величины выходного сигнала системы, путем изменения через цепь отрицательной обратной связи $(\mp\Delta)$ величины входного сигнала.

Недостатком является то, что после появления отклонения выходного сигнала регулятор должен компенсировать возмущающее воздействие и уменьшить отклонение от заданного значения величины регулируемого параметра – выходного сигнала системы.

Следящие системы разделяются на непрерывные и дискретные. Непрерывные сигналы представляют собой величины, значения которых являются непрерывными функциями времени (сигналы меняются во времени постоянно). У дискретных сигналов значения изменяются через равные промежутки времени.

Рассмотрим принцип действия следящих приводов на примере суппорта копировально-токарного станка(рис. 5.2.).

Задающим устройством является копир 7. Для обработки детали 3, помимо подачи, управляющей следящим приводом 4, который расположен на поперечном суппорте 10, необходимо перемещать последний для обеспечения продольного движения щупа 8 и копира 7 вдоль оси детали. Продольная подача может быть постоянной величиной. Она осуществляется двигателем, который управляется распределителем 11.

Щуп 8, взаимодействуя с копиром, в зависимости от профиля рабочей поверхности копира 7 будет смещать затвор следящего распределителя 6 вдоль его оси, соответственно увеличивая или уменьшая площадь проходной щели, что приведет к смещению суппорта, в результате изменится количество подводимой жидкости.

В зависимости от типа затвора распределителя различают однокоординатные (вращение детали 3 с постоянной скоростью осуществляется двигателем 16, а изменение радиуса детали – следящим приводом, т. е. меняется только одна координата) гидравлические следящие системы с одно-, двух- и четырехщелевыми дроссе-

лирующими распределителями. Бывают и двухкоординатные следящие привода, но в данном пособии они не рассматриваются.

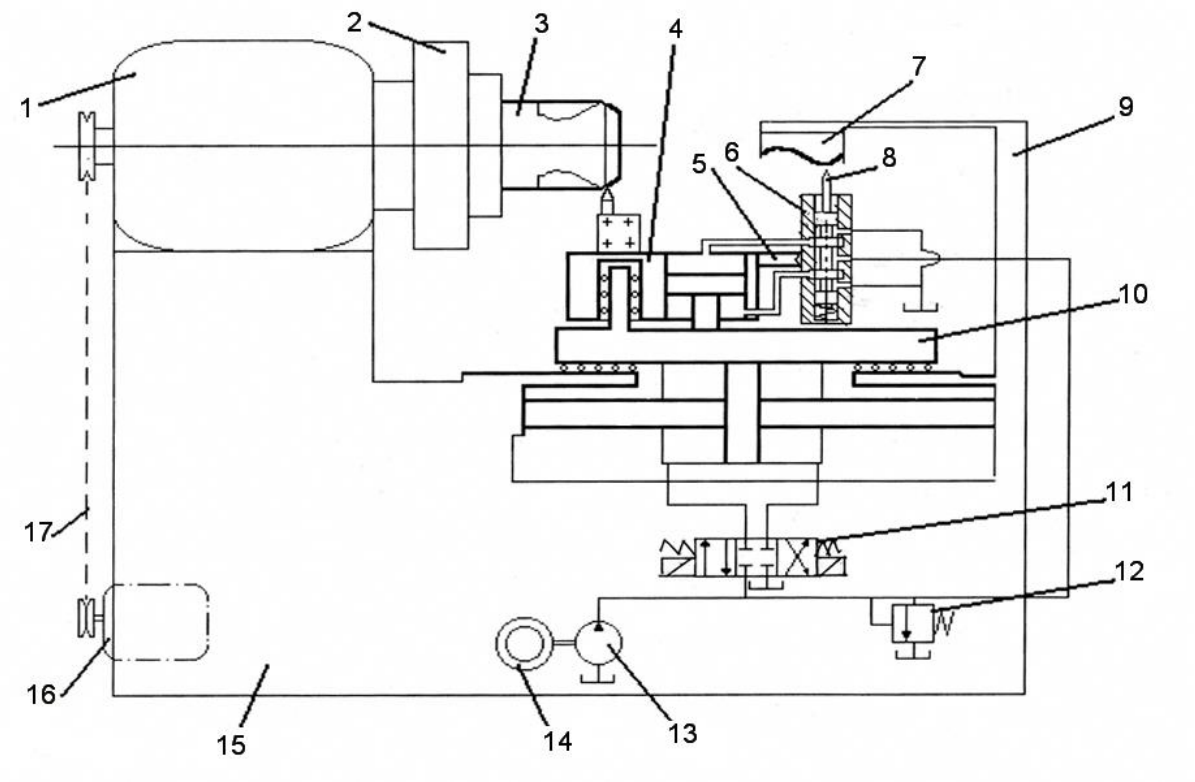


Рис. 5.2. Суппорт копировально-токарного станка:
1 – коробка скоростей; 2 – патрон; 3 – заготовка;
4 – поперечный суппорт с копировальным приводом;
5 – жесткая обратная связь резца
со сравнивающим устройством; 6 – корпус гидродвигателя и
дросселирующего распределителя;
7 – копир; 8 – щуп; 9 – кронштейн копира; 10 – продольный суппорт;
11 – распределитель (управляющее устройство продольного суппорта); 12 – предохранительный клапан; 13 – насос;
14 – электрический двигательнасоса;
15 – станина станка; 16 – электродвигатель; 17 – гибкая передача

Схема привода с однощелевым дросселирующим распределителем приведена на рис. 5.3. Корпус гидродвигателя с установленным на нем резцедержателем перемещается под действием разности сил, действующих на корпус в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра.

В штоковой полости гидродвигателя на торцевую поверхность корпуса действует постоянная сила $H_1 = f_2 \cdot p_н$, где f_2 – площадь поршня минус площадь штока, $p_н$ – номинальное давление, создаваемое вторым насосом. В штоковой полости гидроцилиндра на торцевую поверхность корпуса действует сила $H_2 = f_1 \cdot p_{н1}$, где f_1– площадь поршня, $p_{н1}$ – давление, создаваемое следящим приводом. Рабочая жидкость от насоса H_1 поступает и в поршневую полость гидроцилиндра, и одновременно часть жидкости сливается через щель дросселирующего распределителя в бак. На рисунке 5.3 ширина щели дросселирующего распределителя обозначена величиной h.

Если щель в дросселирующем распределителе уменьшается, т. е. меньше жидкости сливается в бак, то давление в поршневой полости гидроцилиндра возрастает. Тогда сила, действующая на торец корпуса в поршневой полости, может быть больше, чем постоянная сила, действующая на торец корпуса в штоковой полости гидроцилиндра. В этом случае корпус с резцедержателем перемещаются вверх.

Если щель в дросселирующем распределителе увеличивается, т. е. от насоса H_1 рабочей жидкости больше стало сливаться в бак, чем поступать в поршневую полость гидроцилиндра, давление в полости падает. Постоянная сила, действующая на торец корпуса гидродвигателя в штоковой полости, становится больше, и корпус с резцедержателем опускаются вниз.

Рассмотрим более подробно, что значит отрицательная обратная связь.

Для того чтобы в токарно-копировальном станке резец проточил участок детали одинаковым радиусом, он не должен перемещаться вертикально, что возможно, если часть жидкости, проходящая через дросселирующую щель, будет сливаться в бак.

Это начальное положение дросселирующей щели. Обозначим ширину при начальном положении – h_0. Текущая ширина щели – h.

Дросселирующая щель имеет форму боковой поверхности цилиндра. Пусть сечение А-А – верхнее кольцо, образованное кромкой корпуса распределителя, а сечение С-С – нижнее кольцо, образованное кромкой затвора распределителя.

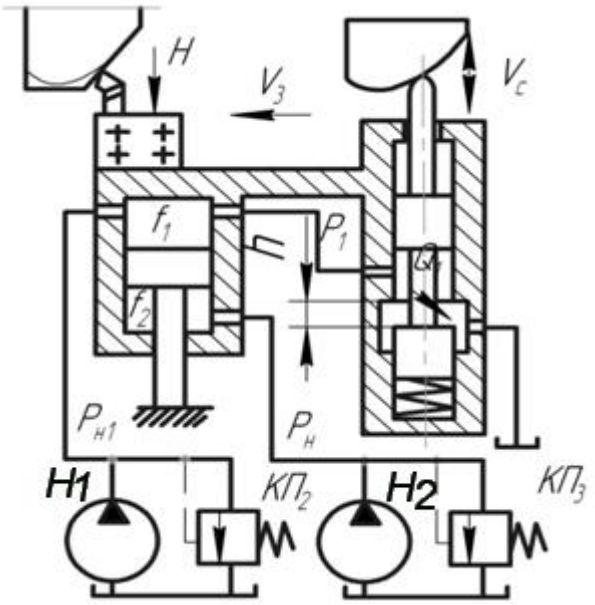


Рис. 5.3. Принципиальная гидравлическая схема следящего гидропривода с однощелевым управляющимраспределителем

Перемещение, приводящее к увеличению площади щели, принято за положительное значение, а перемещение приводящее к уменьшению –за отрицательное значение.

Рассмотрим случай, когда затвор распределителя смещается вниз. Если привод кроме детали и копира начинает перемещаться горизонтально другим двигателем, не показанным на рис. 5.3 (такой привод показан на рис. 5.2), с какой-то постоянной скоростью $v_з$, то под воздействием копира затвор дросселирующего распределителя смещается вниз на величину – X, рис. 5.4. Текущая ширина щели становится равной $h = h_0 + X$, в результате площадь щели $f = \pi \cdot d \cdot h$ увеличивается (где d – диаметр затвора распределителя), поэтому в бак сольется больше жидкости, а давление в полости цилиндра уменьшится. Может наступить момент, когда сила H_2, действующая в

штоковой полости цилиндра, станет меньше силы H_1, действующей в поршневой полости, и корпус цилиндра с резцедержателем, резцом и корпусом распределителя переместится вниз. Ширина щели станет равной $h = h_0 + (X - Y)$. Здесь обозначены X – перемещение затвора, Y – перемещение корпуса распределителя. Входное воздействие – X и выходное – Y связаны между собой обратной связью.

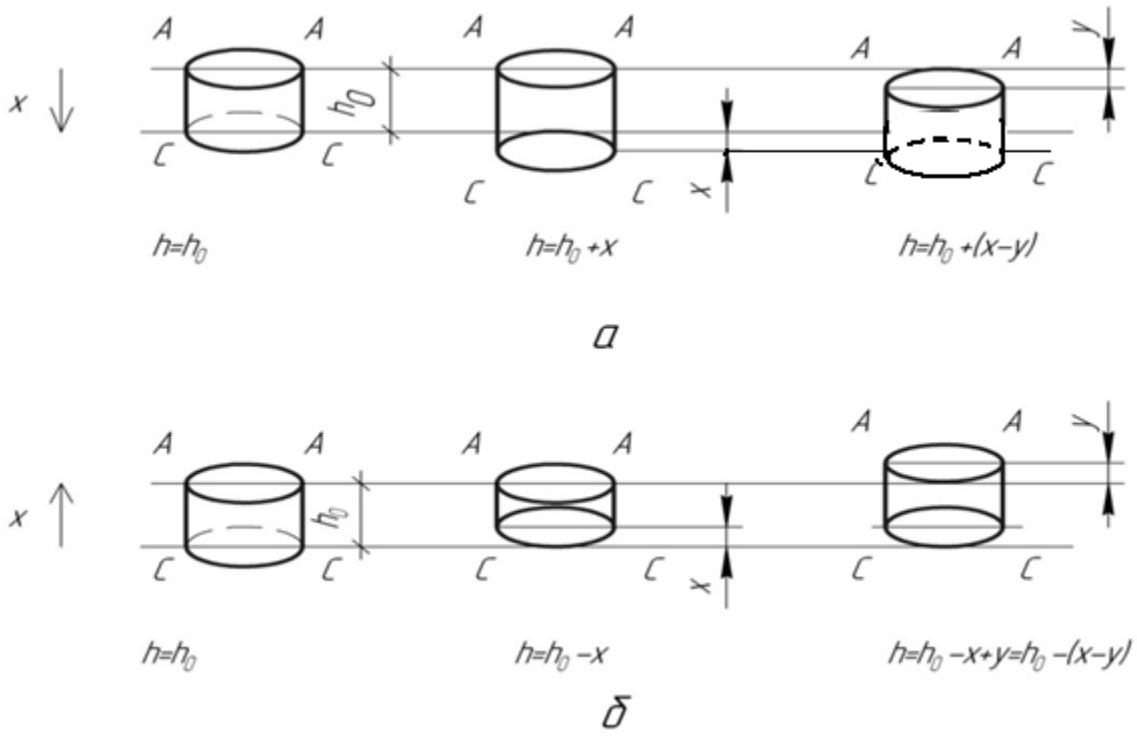


Рис. 5.4. Изменение ширины дросселирующей щели при смещении затворараспределителя: а – смещение затвора вниз; б– смещение затвора вверх

В обоих случаях от входного воздействия – смещения кромки затвора X –отнимается выходное воздействие – смещение кромки корпуса Y. Это называется отрицательной обратной связью.

В практике машиностроения большее распространение получила схема следящего привода с четырехщелевым дросселирующим распределителем, показанная на рис. 5.5.

При смещении затвора сразу четыре щели изменяют величину площади проходного сечения. Количество жидкости Q_2, поступаю-

щей от насоса в нижнюю полость гидродвигателя, контролируется щелью 2, а щель 1 контролирует слив жидкости Q_1 из этой же полости двигателя.

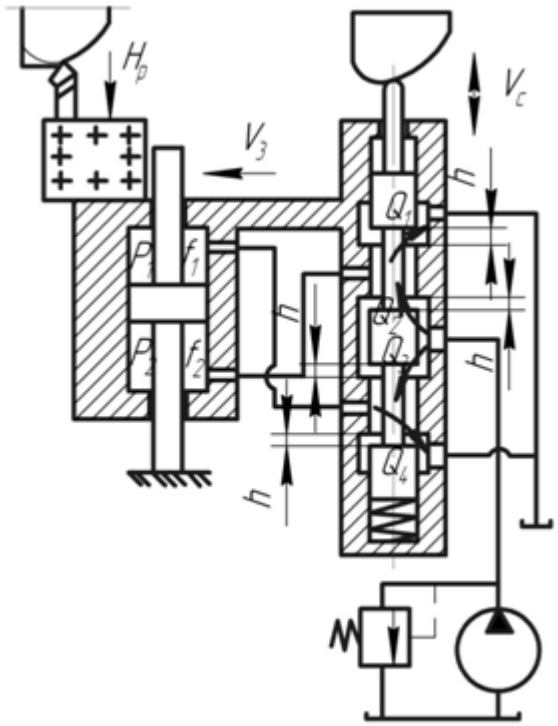


Рис. 5.5. Принципиальная гидравлическая схема следящей системы с одним насосом и четырехщелевымуправляющим распределителем

В этом случае управление происходит одновременно на входе и выходе каждой полости. В результате изменяются давления p_1 и p_2 в обеих полостях гидродвигателя, поэтому разность давлений $\Delta p = p_2 - p_1$, которая необходима для движения двигателя, нарастает значительно быстрее.

Жесткость привода с четырехщелевым дросселирующим распределителем и точность воспроизведения профиля копира выше, чем у одно- и двухщелевых распределителей. Для движения поршня или корпуса двигателя в обе стороны с одинаковой скоростью необходимо в обеих полостях иметь одинаковые эффективные площади.