

### 6. Исполнительные устройства в системах автоматизации

*Исполнительные устройства (ИУ) воздействуют на объект в соответствии с сигналом, получаемым от регулятора. Они, изменяя расход вещества, энергии или другой параметр объекта, приближают регулируемую величину к заданному значению. От точности работы исполнительных устройств в значительной степени зависит точность работы всей системы регулирования в целом.*

Используемые в САР ИУ зависят от вида и специфики ОУ и характеризуются большим разнообразием. Из общего количества ИУ условно можно выделить на две большие группы:

- 1) для управления расходом электроэнергии;
- 2) для механического перемещения или управления расходом вещества.

К первой группе относятся силовые блоки управления потоком электроэнергии. Они разделяются на блоки дискретного и непрерывного действия. Итак: *ИУ первой группы разделяются на блоки дискретного и непрерывного действия.*

Блоки дискретного действия включают и отключают подачу электроэнергии на нагрузку. Они в свою очередь разделяются на контактные и бесконтактные. Итак: *Блоки дискретного действия разделяются на контактные и бесконтактные.* Контактные элементы содержат мощные магнитные пускатели. Эти блоки характеризуются малой стоимостью и размерами, но имеют низкое быстродействие и требуют частого обслуживания. Бесконтактные содержат мощные тиристорные и транзисторные ключи. Пример ИУ дискретного действия: на металлообрабатывающих и других заводах используют мощные (больше 100 кВт) электрические печи для нагрева металлических деталей и изделий (обжиг керамики). Нагрев и поддержание заданной температуры в этих печах производится САР температуры, ИУ которой в виде магнитного пускателя или силового тиристорного блока периодически включает и отключает напряжение на нихромовые спирали этих печей.

*Блоки непрерывного действия обеспечивают в среднем пропорциональную зависимость между маломощным непрерывным управляющим сигналом и электрической мощностью на выходе блока.* Эти блоки, также как и блоки дискретного действия содержат мощные тиристорные и транзисторные ключи и электронные модули управления этими ключами, но эти ключи включаются и отключаются с большой частотой, так что в среднем мощность в нагрузке пропорциональна внешнему маломощному управляющему сигналу. К этой категории относятся частотные преобразователи, мощные тиристорные и транзисторные блоки плавного регулирования мощности переменного тока на нагрузке и другие. Пример применения таких блоков – для регулирования мощности электрообогрева рафинировочных котлов в металлургии свинца. Котлы – это круглые чугунные емкости сферической формы диаметром от 2-х до 10-и метров. Под котлами расположены нихромовые спирали, через которые пропускается электрический ток. В горячие котлы заливают расплавленный свинец и рафинирующие добавки. Смесь перемешивают, в результате чего происходит очистка свинца от примесей. По технологии нужно точно выдерживать температурный режим котла, это делается посредством силового электрического блока непрерывного действия, который позволяет плавно регулировать ток через спирали.

Ко второй группе относятся ИУ для механического перемещения или управления расходом вещества. Вещество в виде газа, жидкости или сыпучего материала мы подаем по трубопроводам, желобам, конвейерами и другими подобными устройствами. Механическое перемещение находит широкое применение в роботах, автомобилях, самолетах и других объектах.

*ИУ второй группы также разделяются на ИУ дискретного и непрерывного действия. ИУ дискретного действия по команде перемещаются из одного крайнего положения в другое или включают и выключают подачу вещества, последние еще называют «отсечные клапаны», ИУ непрерывного действия плавно изменяют свое положение от полностью открытого до закрытого состояния.*

*Обычно исполнительные устройства (ИУ) для управления расходом вещества состоят из исполнительного механизма (ИМ) и регулирующего органа (РО). Исполнительные механизмы преобразовывают управляющее воздействие в механическое перемещение регулирующего органа. ИМ часто называют сервоприводом. Например, это поворотный привод звена робота. РО непосредственно изменяет расход вещества. Например, это регулирующий клапан на трубопроводе подачи жидкого или газообразного вещества. Клапан состоит из дросселирующего устройства и привода этого устройства. Привод по команде изменяет механическое положение дросселирующего устройства, в результате изменяется подача вещества в процесс. Само дросселирующее устройство является регулирующим органом, а его привод - ИМ. Другой пример – насос с двигателем и частотным преобразователем (ЧП). ЧП с двигателем являются ИМ, сам насос можно рассматривать, как РО. ИУ может быть сложным устройством и содержать в своем составе локальные САР. Пример – ленточный питатель-дозатор сыпучих материалов. Он состоит... Другой пример – позиционер, о нем мы будем говорить далее.*

Различают следующие виды и способы управления ИМ:

1) *Пропорциональные ИМ. У них пропорциональная зависимость между подаваемым на них сигналом управления и положением устройства. Это самые совершенные исполнительные устройства, но и самые дорогие. Обычно пропорциональное устройство содержит в себе цифровой или аналоговый регулятор следящего типа (сервомеханизм), который автоматически устанавливает положение устройства в соответствии с управляющим сигналом. Такой регулятор называется "позиционер". Примеры пропорциональных ИУ: регулирующие клапаны с позиционерами электрического, пневматического и гидравлического типов, установленные на трубопроводах, аналогичные приводы заслонок и шиберов. К подобным ИУ относятся также и мощные электрические силовые блоки, например, преобразователи частоты асинхронных двигателей. Итак: ИМ пропорционального типа содержат регуляторы положения, называемые «позиционерами».*

Управляющими сигналами пропорциональных ИУ являются непрерывно изменяющийся цифровой сигнал или аналоговый сигнал 4...20 мА. Тот и другой сигнал формируются непосредственно цифровым регулятором.

2) *Интегрирующие ИМ с регулируемой скоростью. Это ИМ электрического, пневматического и гидравлического типов без позиционеров на трубопроводах, аналогичные приводы заслонок и шиберов. Положение таких ИМ изменяется с непрерывной скоростью, пропорциональной величине управляющего сигнала. Это, например, привод с двигателем регулируемой скорости, пневмоцилиндр с регулируемым дросселем подачи воздуха и другие подобные устройства.*

*В зависимости от соотношения динамических свойств ИУ и объекта управления возможны два варианта управления такими ИУ.*

Первый вариант. *ИМ более инерционен, чем ОУ. В этом случае динамические свойства всей системы управления будут определяться ИМ. В данном варианте строится система управления выходной переменной ОУ, в которой не нужно заводить в регулятор сигнал состояния ИМ. Итак: В данном варианте строится система управления выходной переменной ОУ, в которой ИМ играет роль интегральной (И) части регулятора.*

Пример: Создается система управления расходом жидкости через трубопровод изменением положения регулирующего клапана на этом же трубопроводе. Здесь динамика ОУ определяется свойствами клапана. Сам ОУ по каналу: положение клапана – расход является практически безынерционным, и сигнал положения клапана не улучшает работу системы, а только усложнит ее. В этом ОУ сам расход является как бы сигналом положения клапана. Интегрирующие свойства ИУ в такой системе можно рассматривать частью регулятора, устраняющей статическую ошибку и упрощающую цифровую часть регулятора.

Второй вариант. ОУ значительно более инерционен, чем ИУ. Тогда интегрирующие свойства ИУ будут ухудшать качество работы системы. Для устранения такого вредного влияния нужно оснастить ИУ датчиком своего положения и заводить сигнал положения в регулятор. Алгоритм регулирования здесь должен быть каскадным. Он должен предусматривать быстрый контур регулирования положением ИУ, заданием для которого является выход основного (инерционного) регулятора. В этой системе выходной частью цифрового регулятора совместно с датчиком положения формируется позиционер. Обычно в быстром регуляторе используют простейший П-закон регулирования, но для его реализации может потребоваться более высокая частота дискретизации, чем для основного контура. Итак: *В этом случае нужно оснастить ИМ датчиком своего положения и заводить сигнал положения в регулятор. Алгоритм регулирования здесь должен быть каскадным.*

Пример: Система регулирования разрежения в газовой части металлургической печи. В газоходе за печью стоит регулирующий клапан (шибер), инерционность печи значительно больше динамики клапана, поэтому для хорошего качества регулирования клапан должен быть оснащен позиционером.

Управляющим сигналом интегрирующих ИУ с регулируемой скоростью является обычно непрерывно изменяющийся аналоговый сигнал 4...20 мА, который формируется непосредственно цифровым регулятором.

3) *Интегрирующие ИУ с постоянной скоростью.* Это исполнительные механизмы с асинхронными двигателями. Они имеют большое распространение благодаря своей дешевизне и надежной работе. Другое их преимущество – они управляются двумя дискретными сигналами «вперед» и «назад», то есть для их управления не нужен ЦАП. Для обеспечения линейной зависимости положения от управляющего сигнала используется импульсное управление с непрерывно изменяющейся длительностью импульса, то есть используется ШИМ. Для этого вида ИУ справедливо все сказанное и варианты управления интегрирующих ИУ с регулируемой скоростью (см. п.2). Отличие в том, что на выходе цифрового регулятора должен формироваться не непрерывный сигнал, а сигнал ШИМ. Итак: *Здесь используется импульсное управление с непрерывно изменяющейся длительностью дискретного импульса управления, то есть используется ШИМ, в среднем ИУ ведет себя, как интегратор.*

4) *Пропорциональные исполнительные устройства дискретного типа (шаговые двигатели).* Такие ИУ очень удобны для стыковки с цифровым регулятором. ЦАП на его выходе не нужен, а положение ИУ пропорционально количеству импульсов на дискретном выходе. Таким образом, вместо ЦАП будет более простой блок формирования импульсов. При появлении каждого импульса положение ИУ изменяется на один шаг. Для двигателя один шаг может составлять от 1 до 240 градусов. Таким образом может быть достигнута высокая точность управления положением без использования сигнала положения ИУ, то есть простыми средствами.

Ясно, что ИМ нужно приводить в движение, используя внешний источник энергии. Это может быть электрическая, пневматическая или гидравлическая энергия, Итак: *По виду используемой энергии ИМ разделяются на электрические, пневматические и гидравлические.* Рассмотрим коротко эти виды ИМ.

Электрические ИМ. Они разделяются на две группы: электромагнитные (соленоидные) и электродвигательные. Итак: *Электрические ИМ разделяются на электромагнитные (соленоидные) и электродвигательные.*

*Электромагнитные ИМ* содержат магнитопровод с катушкой, в который втягивается подвижный сердечник. Сердечник связан с РО. По принципу действия эти ИМ дискретного действия (двухпозиционного регулирования) типа «открыто – закрыто».

*Электродвигательные ИМ содержат ЭД с понижающим механическим редуктором, связанным с РО. По характеру движения выходного звена они разделяются на однооборотные (поворотного типа), многооборотные и прямоходные.* Сейчас, когда освоен выпуск малогабаритных мощных двигателей, эти ИМ широко применяются. *Двигатели могут быть асинхронными, постоянного типа, шаговые и другие.* Пример – **геликоптер**. В отличие от электромагнитных эти ИМ обеспечивают установку РО в любое положение между своими крайними положениями.

*Преимущества электрических ИМ: доступность источника энергии, компактность. Недостатки: сложность устройства, более частое обслуживание, необходимость защиты от пыли и влаги.*

Пневматические ИМ применяют двух типов: мембранные и поршневые (рисунок 6.1). Мембранный (рисунок 6.1а) ИМ состоит из двух штампованных «чашек» 1, между которыми с помощью болтов 6 зажата мембрана 2. Жесткий диск 3, расположенный по центру мембраны, связан со штоком 4 и подпружинен пружиной 5. Давление Р воздуха подается в полость между мембраной и верхней «чашкой». При отсутствии давления за счет пружины мембрана и шток находятся в верхнем положении. При подаче воздуха по действием давления мембрана прогибается и опускает шток вниз, причем между положением штока и давлением соблюдается однозначная (почти линейная) зависимость, что часто удобно для применения. В то же время, если требуется точное позиционирование положения штока (точная зависимость положения штока от давления или электрического сигнала), здесь используется позиционер (см. выше п.1).

Работа поршневого ИМ ясна из рисунка 6.1 б. Здесь уже нет однозначной зависимости между положением штока и давлением: при постоянном давлении поршень двигается с постоянной скоростью до упора, то есть данный ИМ обладает интегрирующим свойством. Это часто неудобно. Для обеспечения однозначного соответствия приходится использовать позиционер. Но зато поршневые ИМ, в отличие от мембранных обеспечивают значительное перемещение штока и большие усилия.

*Гидравлические ИМ, как правило, только поршневого типа.*

*Преимущества пневматических ИМ: простота конструкции, высокая надежность в условиях большой запыленности и влажности, большие перестановочные усилия. Недостатки: необходимость источника очищенного воздуха.* В металлургии и обогащении используются, как правило пневматические ИМ. Тем не менее, по мере совершенствования технологии находят все большее применение электрические ИМ.

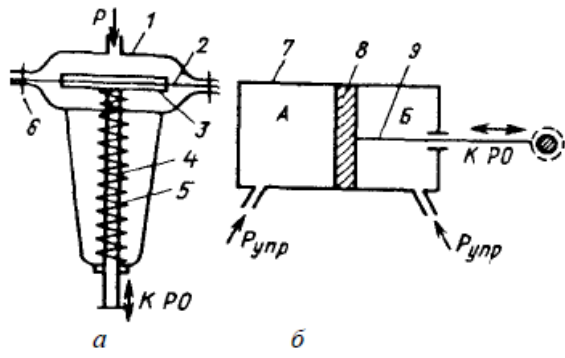


Рисунок 6.1 – Схема мембранного (а) и поршневого (б) ИМ.