

Глава 6

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И РЕГУЛЯТОРЫ

6.1. Объект регулирования

Технический агрегат (аппарат), в котором осуществляется автоматическое регулирование, называется объектом регулирования.

Объекты автоматизации можно классифицировать в зависимости от регулируемой величины (температуры, давления, расхода и т.п.); и по характеру материальных и энергетических внутренних связей в них (механические, гидравлические, тепловые, диффузионные, химические и др.). Различают также объекты с одной и несколькими регулирующими величинами. Однако такая классификация не отражает статистических и динамических свойств объектов. В зависимости от динамических свойств различают объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Объектами с сосредоточенными параметрами называют такие, в которых в состоянии равновесия регулируемые величины практически имеют одинаковые значения по всему объему объекта. Примерами могут служить тепловые объекты, в которых температура жидкости определенного объема одинакова во всех точках, и объекты типа емкостей, в которых регулируемой величиной является давление газа и т.д.

Объектами с распределенными параметрами называют такие, в которых значение регулируемых величин в различных точках объекта неодинаково (например, давление вещества в трубопроводе, температура продукта в трубчатом нагревателе).

Большинство реальных промышленных объектов – сложные нелинейные системы с распределенными параметрами и несколькими взаимосвязанными регулируемыми величинами. При исследовании этих объектов или объектов регулирования не представляется возможным учесть все свойства, явления и процессы, происходящие в них. Учитываются только факторы, которые решающим образом влияют на протекание технологического процесса.

Технологические процессы, протекающие в объектах, можно представить в виде таких операций, как поступательное или вращательное движение, нагревание и охлаждение вещества в определенном объеме, перемешивание веществ, заполнение или опорожнение сосуда и т.д. Такие процессы, как правило, характеризуются одной выходной $y_{\text{вых}}$ и одной входной $x_{\text{вх}}$ величинами, имеют одну степень свободы и могут быть описаны обобщенным уравнением вида:

$$A = (dy_{\text{вых}} / dt) \Delta Q, \quad (6.1)$$

где A – показатель, характеризующий динамические свойства объекта и определяющий характер изменения $x_{\text{вых}}$ во времени; Q – материальное или энергетическое воздействие на объект.

В состоянии равновесия, как известно, воздействие на объект отсутствует, т.е. $Q = 0$. При A , отличном от нуля, $x_{\text{вых}}$ также должен быть равен нулю. С появлением $u_{\text{вых}}$ в объекте возникает переходный процесс, в котором $u_{\text{вых}}$ изменяется во времени. Характер этого изменения определяется решением дифференциального уравнения (6.1).

Основными параметрами объектов регулирования являются емкость и коэффициент емкости, самовыравнивание, запаздывание, время разгона и скорость разгона.

Емкостью регулирующего объекта называется запас накопленной энергии объектов или накопленного в объекте вещества. Одинаковые возмущения по-разному сказываются на изменении регулируемой величины. Чем больше емкость объекта регулирования, тем медленнее при прочих равных условиях будет изменяться регулируемая величина при возмущениях, и наоборот, чем меньше емкость объекта регулирования, тем он чувствительнее к этим возмущениям, т.е. объекты с большей емкостью более устойчивы.

Коэффициент емкости – то количество энергии или вещества (пара, газа, жидкости), которое необходимо подвести к объекту или отвести от объекта для того, чтобы изменить регулируемую величину на единицу измерения. Например, при регулировании уровня коэффициент емкости есть то количество жидкости в кубических метрах, которое необходимо добавить, чтобы уровень изменился на 1 м (размерность $\text{м}^3/\text{м}$ или м^2).

Чем больше коэффициент емкости, тем больше емкость объекта, тем медленнее изменяется регулируемая величина, т.е. меньше его чувствительность к возмущениям, и наоборот.

Самовыравнивание объекта регулируемого процесса – это свойство регулируемого объекта, когда после возникновения возмущения объект стремится вновь прийти в состояние равновесия без внешнего вмешательства.

Объекты без самовыравнивания характеризуются тем, что при нарушении равновесия за счет отклонений регулируемой величины равновесие не восстанавливается.

Способность объекта к самовыравниванию характеризуется степенью или коэффициентом самовыравнивания. Степень самовыравнивания численно равна отношению величины возмущающего воздействия к отклонению регулируемой величины, вызванному этим воздействием. Самовыравнивание способствует устойчивости регулируемого объекта и облегчает работу регулятора.

Запаздывание процесса в объекте – изменение регулируемой величины с момента возмущающего действия происходит не сразу, а через некоторое время. Это время называется запаздыванием процесса в объекте. Запаздывание может быть передаточное и переходное.

Передаточное (транспортное) запаздывание – это время τ_0 , в течение которого регулируемая величина, несмотря на происшедшие возмущения, все же не изменяется.

При изменении нагрузки f с момента t_0 регулируемая величина остается постоянной и лишь через некоторое время с момента t_1 начнет реагировать на это возмущение.

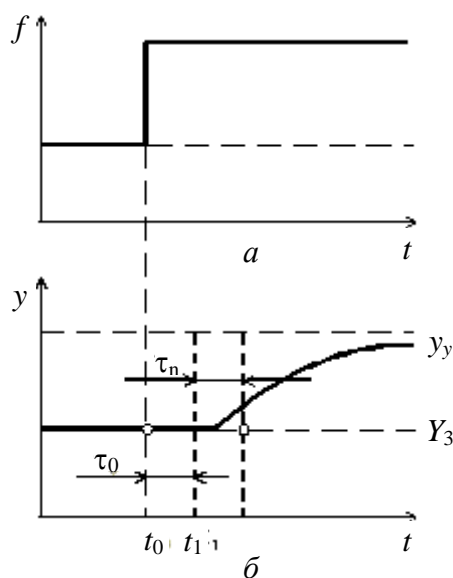


Рис. 6.1. График передаточного (а) и переходного запаздывания (б)

Передаточное запаздывание зависит от нагрузки объекта. Чем больше нагрузка, тем меньше передаточное запаздывание, так как при большой нагрузке регулируемая среда движется быстрее, а поэтому чувствительный элемент начнет реагировать на возмущение раньше, т.е. время запаздывания будет меньше. Передаточное запаздывание также зависит от емкости объекта: чем больше емкость, тем больше время передаточного запаздывания. Чем меньше время передаточного запаздывания, тем более благоприятные условия создаются для автоматического регулирования. Для уменьшения времени передаточного запаздывания регулирующий орган необходимо располагать возможно ближе к объекту, чтобы емкость между регулирующим органом и объектом регулирования была наименьшей.

Переходным (емкостным) запаздыванием процесса регулирования называется запаздывание, зависящее от тепловых, гидравлических и других сопротивлений между емкостями объекта, и определяется как промежуток времени от момента возникновения до начала изменения регулируемой ве-

личины в результате преодоления указанных межъемкостных сопротивлений.

Переходное запаздывание также может быть определено графически, как это показано на рис. 6.1, б, вычислено как отрезок времени $\tau_{\text{п}}$ от начала изменения регулируемой величины до момента, соответствующего точке пересечения касательной с осью времени, проведенной из точки максимального перегиба кривой изменения регулируемой величины. Переходное запаздывание отрицательно сказывается на качестве регулирования. Сумма времени передаточного и переходного запаздываний называется *временем полного запаздывания*:

$$\tau = \tau_0 + \tau_{\text{п}}. \quad (6.2)$$

Запаздывание, которым обладает регулятор, относится к переходному запаздыванию.

Запаздывание регулятора – суммарное время запаздывания измерительной и регулирующей системы, т.е. время с момента возникновения изменения регулируемой величины в месте установки чувствительного элемента регулятора до момента начала действия регулирующего органа.

Запаздывание чувствительных элементов регулятора определяется временем, которое необходимо чувствительному элементу для обнаружения происшедшего в объекте изменения величины поля возмущения.

Запаздывание в передаче импульса по трубопроводу зависит от времени, необходимого для заполнения (или опорожнения) всего объема импульсной линии. Сущность отрицательного влияния запаздывания заключается в том, что перемещение регулирующего органа не совпадает по времени с теми командными воздействиями, которые производит регулятор в процессе изменения регулируемой величины. Запаздывание существенно изменит динамическую ошибку, т.е. выбег регулируемой величины. Динамическая ошибка при прочих равных условиях будет тем больше, чем больше запаздывание.

Временем разгона объекта T_0 является время, в течение которого регулируемая величина изменяется от нуля до заданного значения при мгновенном 100%-ном возмущении со стороны регулирующего агента (от нуля до максимума) при условии, что скорость изменения величины в течение этого времени останется постоянной, а нагрузка отсутствует. Время разгона объекта T_a может быть определено как время, в течение которого при максимальной нагрузке и прекращении поступления регулируемой среды регулируемая величина изменится от номинального значения до нуля при условии, что скорость изменения ее в течение этого времени остается постоянной. Чем больше емкость, тем будет больше время разгона (рис. 6.2). Значение регулируемой величины y_n , к которому оно стремится после воз-

мушения, называется *потенциальным возмущением*. Время разгона объекта T_a связано с постоянной времени разгона объекта T_0 соотношением $T_a = \eta T_0$, где $\eta < 1$ – коэффициент нагрузки объекта, равный отношению нагрузки при рассматриваемом режиме к максимальной нагрузке объекта.

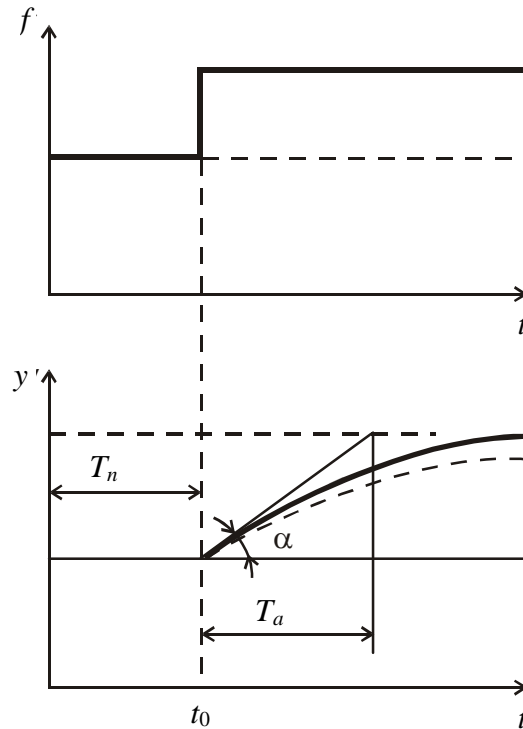


Рис. 6.2. Кривая разгона объекта с самовыравниванием:
 f – возмущение; t – время; y – регулируемая величина

Время разгона в общем случае определяется уравнением

$$T_a = (\Delta f dt) / dy, \quad (6.3)$$

где Δf – относительная величина возмущения; dy – относительное изменение регулируемой величины; dt – изменение времени.

Иногда вместо понятия "время разгона" употребляют понятие "скорость разгона". Под скоростью разгона подразумевают величину, обратную времени разгона, имеющую размерность 1/с, 1/мин.

Практически скорость изменения регулируемой величины прямо пропорциональна величине возмущающего воздействия:

$$dt / dy = \varepsilon \Delta y, \quad (6.4)$$

где ε – скорость разгона или коэффициент пропорциональности (отношение чувствительности к возмущению); Δy – скорость реагирования регулируемой величины на возмущение.

Чем больше в данный момент возмущающее воздействие, тем быстрее изменяется регулируемая величина, т.е. тем больше будет скорость этого изменения. Если при установившемся режиме объекта отключить регулятор и резко возмутить процесс, то в зависимости от вышеуказанных свойств объекта получим запись изменения регулируемой величины по времени. Эта кривая записи является переходной функцией или кривой разгона объекта и характеризует динамические свойства объекта.

После анализа и обработки кривой разгона можно определить запаздывание объекта τ_0, τ_n, τ ; скорость реагирования регулируемой величины на возмущение; степень самовыравнивания p ; изменение регулируемой величины после возмущения f ; постоянную времени объекта T_0 и влияние изменения нагрузки f на поведение регулируемой величины (рис. 6.3).

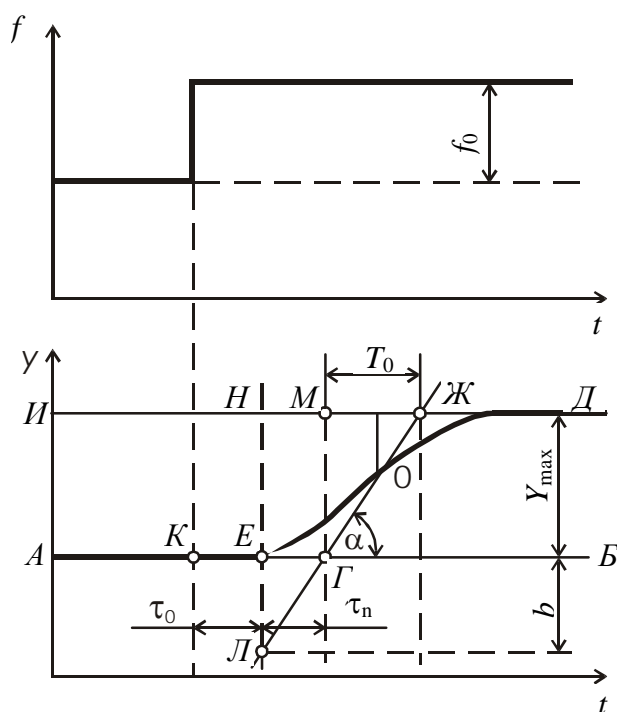


Рис. 6.3. Кривая разгона для определения динамических свойств объекта

Для определения времени передаточного запаздывания предварительно отмечают время возмущения и момент начала изменения регулируемой величины. Отрезок KE в масштабе есть передаточное запаздывание τ_0 .

Для определения времени переходного запаздывания проводят линию AB начального значения величины, находят точку максимальной скорости ее изменения (точка перегиба O , после которой кривая изменяется менее резко); через точку O проводят касательную до пересечения ее с линией AB , полученный отрезок EG во времени есть время переходного запазды-

вания. На основании найденных значений и определяем время полного запаздывания:

$$\tau = \tau_0 + \tau_{\text{п}}. \quad (6.5)$$

Для определения времени разгона или постоянной времени T_0 проводят линию *ИД* (новое установившееся значение регулируемой величины), проводят касательную до пересечения ее с линией *ИД* до точки *Ж*, проводят вертикальную линию от точки *Г* до точки *М*; полученный отрезок *МЖ* во времени есть время разгона данной кривой или постоянная времени T_0 . Она характеризует общую продолжительность процесса самовыравнивания и характер изменения величины во времени.

Зная T_0 , можно построить дополнительную кривую изменения величины в этом процессе и судить по ней о времени, в течение которого закончится процесс регулирования. По величине изменения возмущающего воздействия f определяют коэффициент самовыравнивания:

$$E = f_0/e_{\text{max}}. \quad (6.6)$$

По коэффициенту самовыравнивания находят коэффициент усиления объекта K_0 ($K_0 = 1/\varepsilon$), который показывает, насколько существенно изменится регулируемая величина при изменении положения регулирующего органа. Для определения скорости разгона ε проводят через точку *Е* вертикальную линию, продолжают касательную до пересечения с этой вертикальной линией и проводят линию через точку *Л* параллельно линии *АВ*; полученный отрезок *б* есть скорость разгона, т.е. максимальная скорость изменения регулируемой величины в процессе самовыравнивания для одностороннего объекта. Тангенс угла наклона касательной выражает скорость изменения регулируемой величины:

$$V = \varepsilon / \tau t_0. \quad (6.7)$$

На основании полученных данных, т.е. значений $\tau_0, \tau_{\text{п}}$ и ε , можно судить о динамических свойствах объекта, на основании которых следует производить выбор регулятора, определять параметры настроенных элементов, обеспечивающих устойчивость и качество процесса регулирования. Кривые разгона снимаются не менее трех раз при нескольких режимах работы объекта.

6.2. Промышленные регуляторы

Сложным вопросом синтеза и анализа АСР является обеспечение такой совокупности объекта и регулятора, при которой АСР в целом обеспечивала бы необходимую устойчивость и качество регулирования. При этом внимательному изучению подлежит само устройство регулирования –

регулятор, его виды, свойства, законы регулирования, которые он отрабатывает, область применения в различных АСР и т.п. Этим обосновывается актуальность рассматриваемых вопросов. Важность и значимость изучаемого материала для работника пожарной охраны подтверждает то обстоятельство, что грамотно спроектированная АСР, правильно, с учетом свойств объекта, подобранный регулятор повышает пожарную безопасность технологического процесса.

Подобно системам автоматического регулирования в целом автоматические регуляторы могут классифицироваться по различным признакам:

1. В зависимости от характера регулируемой величины различают регуляторы температуры, давления, расхода, скорости вращения, уровня и т.д.

2. По роду используемой энергии: пневматические, электрические, гидравлические.

3. В зависимости от используемого принципа регуляторы делятся на регуляторы, работающие по отклонению (ошибке), регуляторы, работающие по возмущению, и комбинированные регуляторы.

4. В зависимости от способа воздействия чувствительного элемента на регулирующий орган регуляторы могут быть прямого и косвенного действия.

Регуляторами прямого действия называются регуляторы, в которых регулирующий орган перемещается непосредственно чувствительным элементом системы. Дополнительные источники энергии в таких системах отсутствуют.

Регулятором косвенного действия называют регулятор, в состав которого входят устройства, позволяющие усилить управляющий сигнал по мощности.

5. В зависимости от вида задания регуляторы подразделяют на стабилизирующие, программные, следящие (рис. 6.4).

6. По закону регулирования (т.е. в зависимости от изменения выходной величины регулятора от изменения его входной величины) автоматические регуляторы непрерывного действия делятся на следующие:

пропорциональные или статические регуляторы (П-регуляторы);
интегральные или астатические регуляторы (И-регуляторы);
пропорционально-интегральные или изомные регуляторы (ПИ-регуляторы);

пропорционально-дифференциальные регуляторы или пропорциональные регуляторы с предварением (ПД-регуляторы);

пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы или изомные регуляторы с предварением (ПИД-регуляторы).

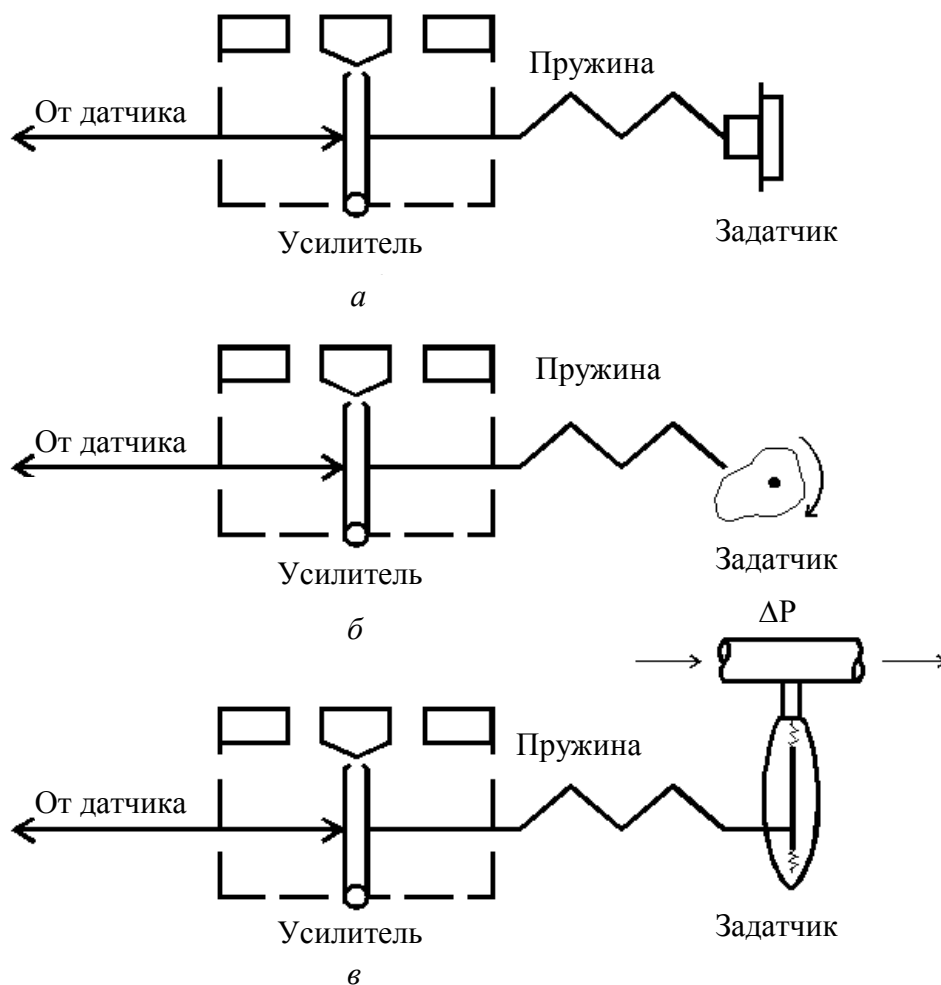


Рис. 6.4. Типы регуляторов по виду задания:
a – стабилизирующий; *б* – программный; *в* – следящий

П-регуляторы. Регулирующее воздействие μ этих регуляторов пропорционально отклонению регулируемого параметра от его заданного значения. Закон П-регулятора:

$$\mu = k\varphi, \quad (6.8)$$

где k – коэффициент передачи регулятора; φ – регулируемая величина.

Коэффициент передачи регулятора или коэффициент пропорциональности является параметром настройки П-регулятора и может устанавливаться в широких пределах. При наличии жесткой зависимости между изменениями входной и выходной величин регулятора повышается устойчивость системы регулирования, но одновременно появляется остаточное отклонение значения параметра в пределах статической неравномерности регулятора при изменении нагрузки объекта.

И-регуляторы. Регулирующее воздействие этих регуляторов пропорционально интегралу отклонения регулируемого параметра от заданного

значения по времени. Регулирующее воздействие И-регулятора тем больше, чем больше величина отклонения регулируемого параметра и чем длительнее это отклонение. У таких регуляторов регулирующее воздействие будет продолжаться до тех пор, пока регулируемый параметр не возвратится к заданному значению. Закон регулирования И-регулятора:

$$\mu = \frac{1}{T} \int_0^t \varphi dt, \quad (6.9)$$

где T – время, в течение которого исполнительный механизм регулятора переместит регулирующий орган из одного крайнего положения в другое при максимальной рассогласованности между текущим и заданным значениями регулируемого параметра.

При изменении нагрузки И-регулятор поддерживает параметр на заданном уровне в пределах зоны нечувствительности. При этом регулирующий орган может занимать различные положения. Однако вследствие замедленного возникновения регулирующего воздействия эти регуляторы обычно применяют только для регулирования параметров в объектах с большим самовыравниванием.

ПИ-регуляторы. Работу этих регуляторов можно рассматривать как совместное действие пропорциональных и интегральных регуляторов. Регулирующее воздействие ПИ-регуляторов пропорционально отклонению параметра от заданного значения к интегралу этого отклонения во времени. ПИ-регуляторы обладают лучшими динамическими свойствами по сравнению с И-регуляторами и не имеют статической неравномерности регулирования при изменении нагрузки объекта.

При отклонении параметра от заданного значения ПИ-регулятор в первый момент времени вырабатывает регулирующее воздействие, пропорциональное отклонению. Если регулирующий параметр не возвратится к заданному значению, ПИ-регулятор будет продолжать воздействовать на объект в том же направлении до тех пор, пока параметр не вернется к заданному значению. Закон регулирования ПИ-регулятора:

$$\mu = k\varphi + \frac{k}{T_{\text{и}}} \int_0^t \varphi dt, \quad (6.10)$$

где $T_{\text{и}}$ – время изодрома, т.е. время, в течение которого регулирующий орган переместится под действием механизма изодрома на такую же величину, как при предварительном действии пропорциональной составляющей; $k/T_{\text{и}}$ – коэффициент усиления.

Коэффициент передачи регулятора и время изодрома являются параметрами настройки ПИ-регулятора.

ПД-регуляторы. Регулирующее воздействие этих регуляторов пропорционально отклонению параметра от заданного значения и скорости этого отклонения. При отклонении параметра регулирующий орган перемещается с некоторым опережением, пропорциональным скорости изменения регулируемого параметра. С уменьшением скорости изменения параметра опережающее воздействие уменьшается и полностью прекращается в равновесном состоянии.

Воздействие по производной ПД-регулятора физически можно представить как временное автоматическое увеличение коэффициента передачи статической части регулятора при удалении параметра от равновесного состояния под действием возмущения. Закон регулирования ПД-регулятора:

$$\mu = k\varphi + T_{\text{п}} \frac{d\varphi}{dt}, \quad (6.11)$$

где $T_{\text{п}}$ – время дифференцирования или время предварения, характеризующее степень влияния воздействия по производной на регулирующее воздействие.

Коэффициент передачи регулятора k и время предварения $T_{\text{п}}$ являются параметрами настройки ПД-регулятора. Эти регуляторы позволяют существенно уменьшить амплитуду колебаний регулируемого параметра в переходном процессе и время регулирования. Поэтому они обычно устанавливаются на инерционных объектах со значительным запаздыванием.

ПИД-регуляторами называются такие регуляторы, для которых величина регулирующего воздействия пропорциональна отклонению регулируемого параметра от заданного значения, интегралу и скорости этого отклонения. Закон регулирования ПИД-регулятора:

$$\mu = k\varphi + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t \varphi dt + T_{\text{п}} \frac{d\varphi}{dt}. \quad (6.12)$$

Параметрами настройки ПИД-регулятора являются: коэффициент передачи регулятора k , время изодрома $T_{\text{и}}$ и время предварения $T_{\text{п}}$. ПИД-регуляторы устанавливаются на инерционных объектах со значительным запаздыванием, где недопустима статическая неравномерность.

При автоматизации производственных процессов часто встречаются объекты, статическая характеристика которых нелинейна, причем они имеют явно выраженный максимум или минимум значения регулируемой величины при некотором значении входной величины (рис. 6.5).

При автоматизации объектов с подобной характеристикой часто возникает задача поддержания регулируемой величины на экстремальном (максимальном или минимальном) уровне, исходя из требований наи-

большей экономической эффективности и безопасности процесса. Эту задачу в некоторых случаях можно решить обычными регуляторами, реализующими П, И, ПИ, ПД, ПИД законы регулирования и входящими в системы стабилизации, где заданное значение регулируемой величины равно ее экстремальному значению.

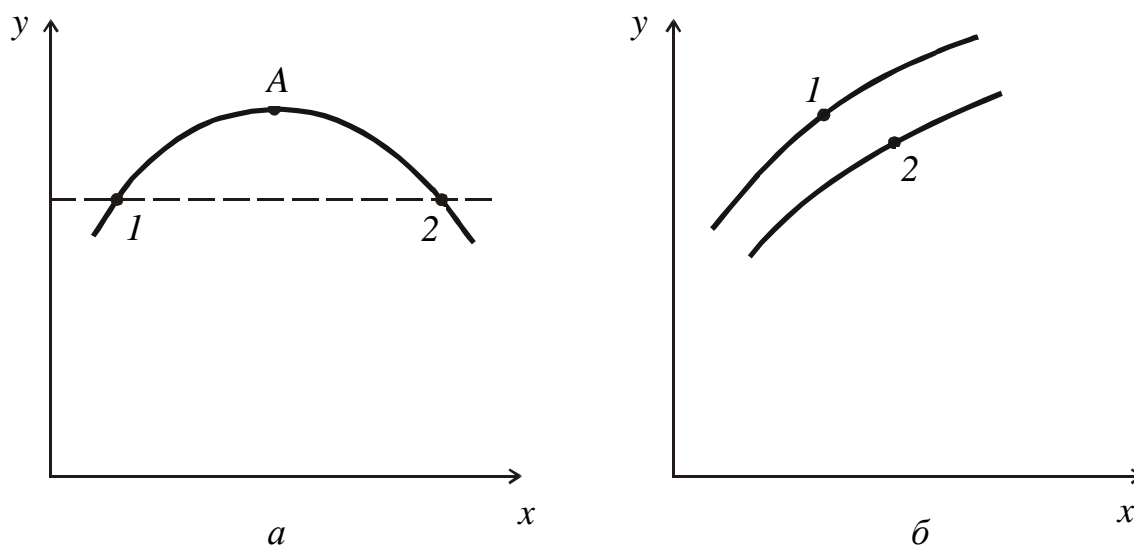


Рис. 6.5. Статическая характеристика объекта регулирования с экстремумом: *а* – с постоянной точкой (*A*) экстремума; *б* – с переменной точкой экстремума

Если же статическая характеристика является функцией не одной, а нескольких независимых переменных (входных величин), и каждой совокупности значений величин входа будут соответствовать различные значения максимума или минимума регулируемых величин, то указанные регуляторы не обеспечат решение поставленной перед ними задачи, так как экстремум будет меняться при соответствующих изменениях величин на входе возмущающих воздействий. В этом случае создаются системы экстремального регулирования, задачей которых является поиск таких положений регулирующих органов, при которых входные величины соответствуют экстремуму регулируемой величины.

6.3. Выбор регуляторов

Основной сложностью при выборе регуляторов является определение требуемой характеристики действия регулятора применительно к динамическим свойствам объекта. При отсутствии регулятора возмущение вынуждает регулируемую величину объекта изменяться по некоторой кривой, зависящей от свойств данного объекта. Максимальное отклонение регулируемой величины в этих условиях зависит от возмущения. Продолжительность отклонения определяется временем действия возмущения. Если

включить данный объект в систему регулирования, то можно уменьшить абсолютную величину отклонения и время, в течение которого отклонение будет продолжаться. Однако регуляторы с различными характеристиками действия дают разные результаты регулирования, что вызывает необходимость выбирать их соответственно свойствам объекта. При правильно выбранном регуляторе и при соответствующей его настройке степень затухания процесса регулирования должна быть примерно равна 0,75. При таком значении степени затухания кривая изменения регулируемой величины получается наиболее благоприятной.

При отсутствии сведений о динамических свойствах проектируемого объекта выбор регуляторов следует производить по аналогии с действующими объектами или же на основании предположений и соображений о свойствах данного объекта, учитывая при этом критерии по выбору регуляторов (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Критерии по выбору регуляторов

Регулятор	Критерий
Импульсный	$\frac{\tau}{T_0} > 0,5 - 1,0$
Релейный	$0 < \frac{\tau}{T_0} < 0,2$
Непрерывный	$\frac{\tau}{T_0} > 0$

Здесь τ – запаздывание процесса в объекте; T_0 – постоянная времени объекта.

Помимо названных критериев, необходимо также учитывать свойства объекта, для которых приемлемы следующие регуляторы.

Импульсные регуляторы могут применяться в объектах без большого запаздывания, обладающих средней емкостью при постоянной или плавно меняющейся нагрузке и при соблюдении условия:

$$\frac{\tau}{T_0} > 0,5 - 1,0.$$

Двухпозиционные регуляторы могут применяться в объектах без большого запаздывания, обладающих большой емкостью при постоянной или очень мало изменяющейся нагрузке, и при соблюдении условия:

$$0 < \frac{\tau}{T_0} < 0,2.$$

Эти регуляторы могут быть применимы для объектов с одной емко-

стью без свойств самовыравнивания.

И-регуляторы применяются в объектах с самовыравниванием, обладающих как малой, так и большой емкостью, с небольшим запаздыванием и при медленных изменениях нагрузки.

П-регуляторы применяются в объектах со средней емкостью, с небольшим запаздыванием и при небольших изменениях нагрузки. Пропорциональные регуляторы большей частью находят применение для одноконтурных и реже двухконтурных объектов.

ПИ-регуляторы применяются в объектах с любой емкостью с большим запаздыванием и большими, но медленно изменяющимися нагрузками. Эти регуляторы могут применяться для объектов многоконтурных.

ПД-регуляторы применяются в объектах со средней емкостью, при большом времени запаздывания и при малых нагрузках.

ПИД-регуляторы применяются в объектах с любой емкостью, с очень большим запаздыванием и при больших и резких изменениях нагрузки.

Для действующего объекта при наличии кривых разгона либо частотных характеристик или для вновь проектируемого объекта, для которого кривые разгона сняты с действующего аналогичного объекта, выбор регуляторов следует производить на основании расчетов. При известных K_0 , T_0 и системе регулирования (рис. 6.6) для объектов, динамические свойства которых описываются дифференциальным уравнением первого порядка, кривая разгона может быть рассчитана для объектов с самовыравниванием

$$T_0 y + y(t) = K_0 [\mu(t-\tau) + \lambda_0(t-\tau)], \quad (6.13)$$

для объектов без самовыравнивания

$$T_0 y(t) = K_0 [\mu(t-\tau) + \lambda_0(t-\tau)], \quad (6.14)$$

где μ – регулирующее воздействие; f – возмущение по нагрузке.

Характер переходного процесса, т.е. показатель качества регулирования, определяется динамическими свойствами объекта, выбранным законом регулирования и коэффициентами управления этого закона. На основании уравнений объекта и характеристики регуляторов выбирают соответствующий регулятор.

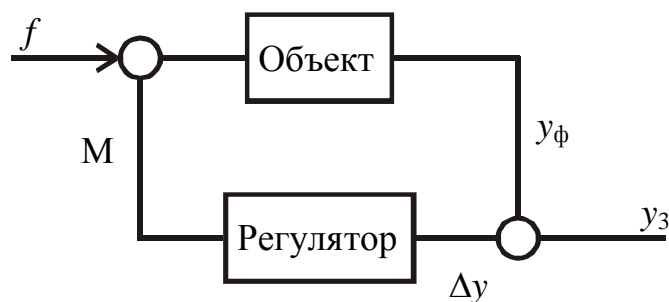


Рис. 6.6. Структурная схема

В соответствии с технологическими требованиями к системе регули-

рования необходимо выбрать такой закон регулирования, который в совокупности со свойствами регулируемого объекта обеспечили бы эти требования. Указанные технологические требования предъявляются к переходным процессам системы регулирования в зависимости от требований данного технологического процесса и его режима. Большинству технологических требований удовлетворяют три характерных переходных процесса, которые приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Характерные переходные процессы

Вид переходного процесса	Особенности процесса		Рекомендации по применению
	Положительные	Отрицательные	
Апериодические	Максимальное время регулирования, отсутствие перерегулирования. Минимальное регулирующее воздействие, степень затухания 1	Наибольшее динамическое отклонение регулируемой величины	Когда требуется исключить влияние регулирующего воздействия данной системы на другие регулируемые величины
С 20%-ным перерегулированием $y_2/y_1 = 0,2$	Большое регулирующее воздействие. Меньшее динамическое отклонение. Степень затухания 0,96	Большое время регулирования	Когда технологический режим допускает перерегулирование
С минимальной квадратичной площадью отклонения регулируемого параметра $y^2 dt$	Наименьшее динамическое отклонение	Наибольшее время регулирования	Когда не допускается по технологическому режиму большое отклонение регулируемой величины

На основании приведенных в табл. 6.2 данных показателями переходных процессов будут: для апериодического процесса y_1 и время переходного процесса t_0 , которое принимается от $y_1 \gg y = 0,05$, с 20%-ным перерегулированием y_1 и t_1/τ , где t_1 – время первого полупериода с минимальной интегральной квадратичной оценкой y и S/τ .