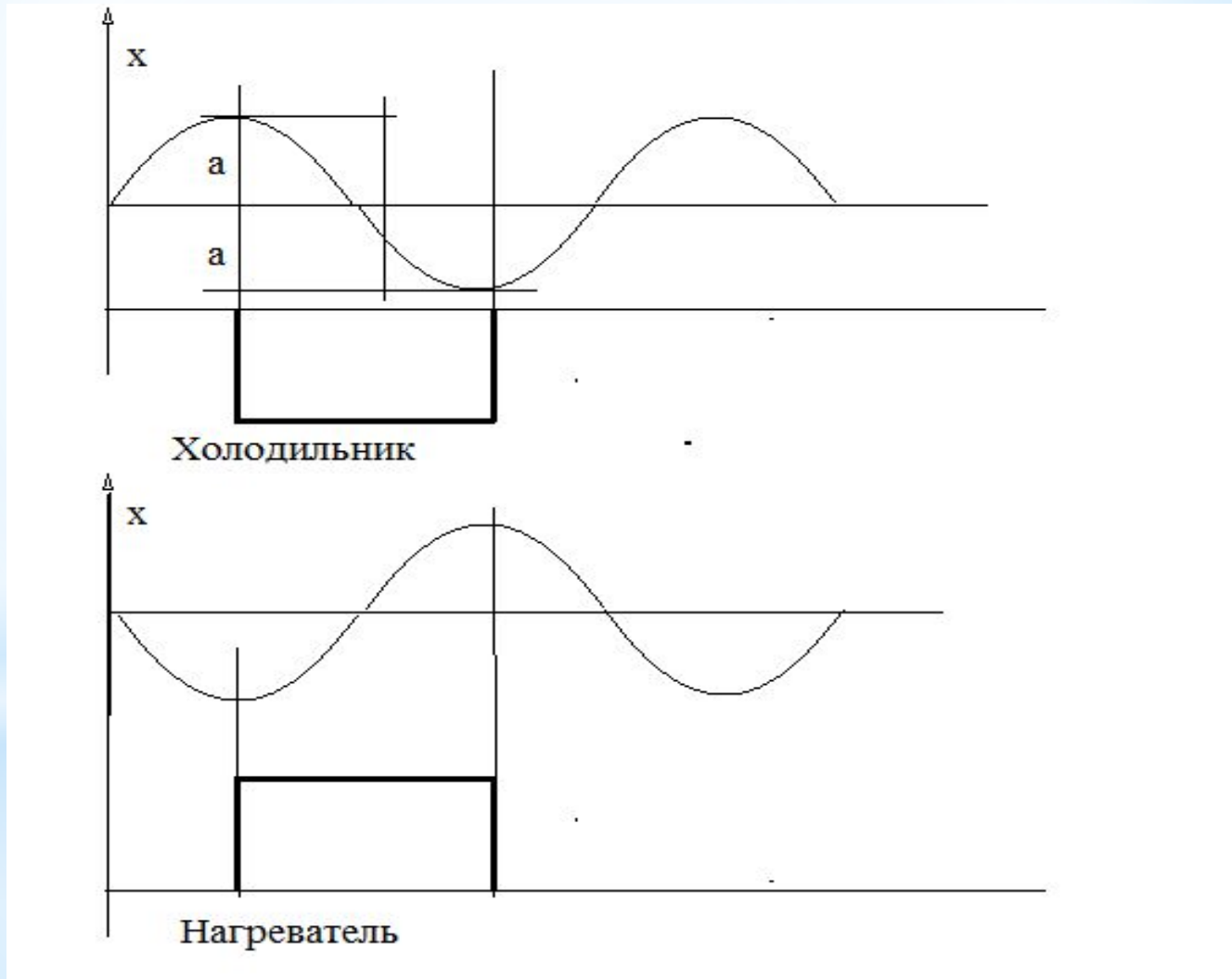


Лекция 8

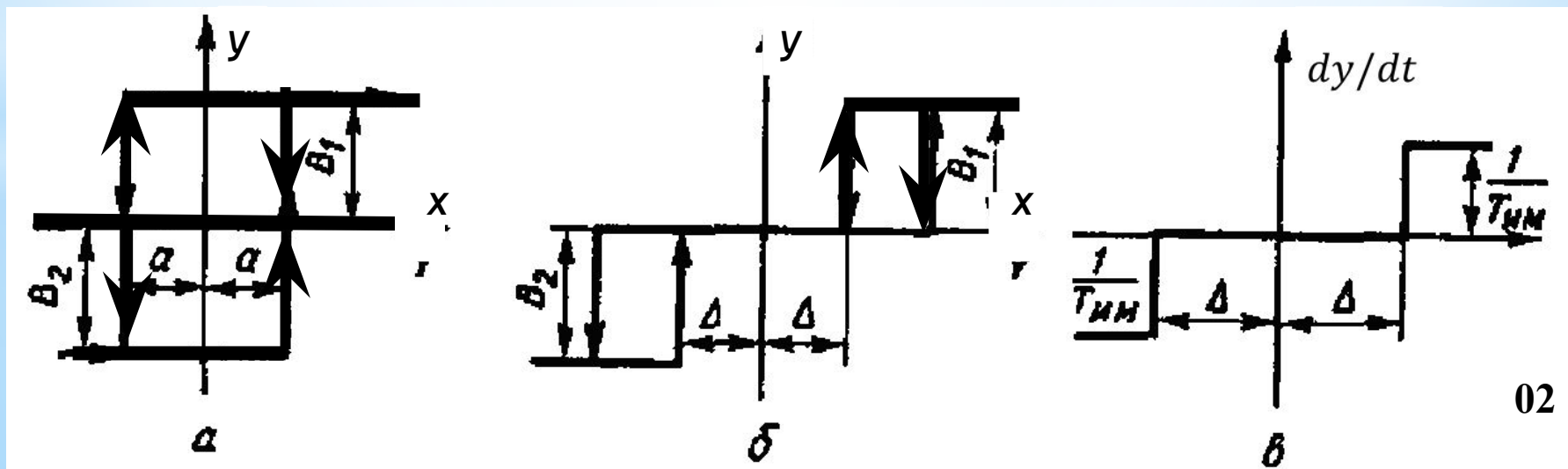
Типовые законы автоматического регулирования

Основные типы регуляторов – **позиционные** и **непрерывного действия** (инерционные).

1. Позиционный (релейный) регулятор вырабатывает сигнал, который перемещает РО в одно из фиксированных положений (позиций).



Этих положений может быть два, три и более, соответственно различают двух-, трех- и многопозиционные регуляторы.



Величина $2a$ определяет зону *неоднозначности* регулятора.

При увеличении *входной величины* x (она же – выходная величина объекта) относительно заданного значения на a *выходная величина* y (*регулирующее воздействие*) скачком достигнет своего максимального значения V_1 .

При уменьшении x на то же значение a выходная величина также скачком достигнет значения V_2 .

Т.о., двухпозиционные регуляторы имеют два параметра настройки: *зона неоднозначности* $2a$ и *регулирующее воздействие* B .

Регулирование имеет *автоколебательный характер* изменения регулируемой величины y .

Трехпозиционные регуляторы (рис. 1, б) в отличие от двухпозиционных кроме двух устойчивых положений — «больше» V_1 и «меньше» V_2 — обеспечивают еще и третье — «норма».

Органы настройки трехпозиционного регулятора позволяют устанавливать зону нечувствительности 2Δ и значение регулирующего воздействия V .

Преимущества трехпозиционного регулирования перед двухпозиционным заключаются в отсутствии автоколебаний при изменении $-\Delta < y < +\Delta$ и малом значении амплитуды колебаний регулируемой величины.

Трехпозиционные регуляторы могут работать также и с ИМ, обеспечивающими постоянную скорость перемещения РО. В соответствии со статической характеристикой скорость перемещения РО dy/dt изменяется скачкообразно, достигая значения $1/T_{им}$, где $T_{им}$ — время полного хода ИМ (рис. 1, в).

Эти регуляторы кроме зоны *нечувствительности* имеют также и зону *неоднозначности*.

2. Законы регулирования непрерывного действия

2.1. Пропорциональный закон регулирования

Пропорциональный закон регулирования описывается уравнением

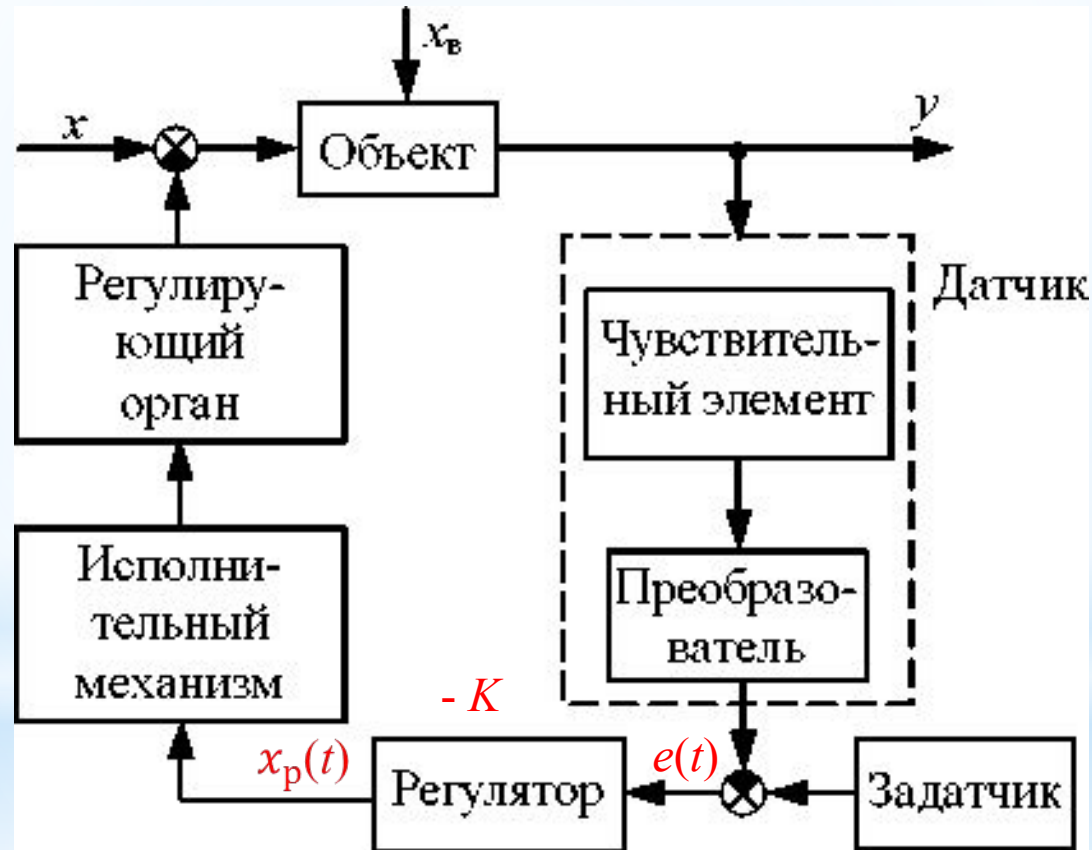
$$x_p(t) = -Ke(t)$$

где K – параметр настройки. **Знак (-)** отражает тот факт, что регулятор включается в систему по принципу отрицательной обратной связи.

Пропорциональным регулятором может служить обычное усилительное звено с изменяемым коэффициентом усиления, **включенное в отрицательную обратную связь по отношению к объекту.** В связи с этим динамические характеристики П-регулятора совпадают с характеристиками усилительного звена и имеют передаточную функцию

$$W(p) = K .$$

Устройство, которое воспринимает разность между текущим и заданным значениями регулируемой величины и преобразует ее в воздействие на исполнительный орган в соответствии с законом регулирования, называют автоматическим регулятором.



С помощью П-регулятора можно управлять любым устойчивым объектом, однако он дает относительно медленные переходные процессы и ненулевую статическую ошибку. Для того, чтобы эта ошибка отсутствовала необходимо, чтобы $K \rightarrow \infty$.

Следовательно, наличие *статической ошибки* регулирования является органическим недостатком АСР с пропорциональным регулятором. Но, они успешно используются в устойчивых системах управления, как водонапорная башня.

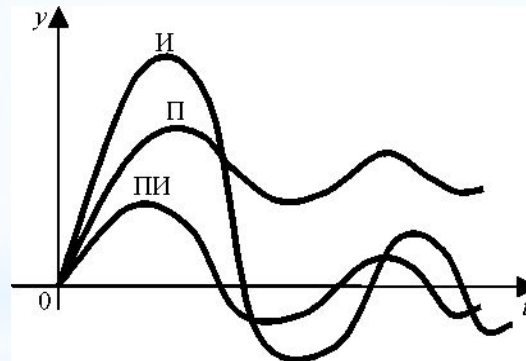


рис. 1. Переходные процессы в АСР с П, И и ПИ законами регулирования

2.2. Интегральный закон регулирования

Интегральный закон регулирования описывается уравнением

$$x_p(t) = -K_I \int_0^t e(t) dt$$

или

$$\frac{dx_p}{dt} = -K_I e(t)$$

где K_I – *параметр настройки* регулятора.

Интегральным регулятором может служить интегрирующее звено с переменным *передаточным коэффициентом*, включенное в отрицательную обратную связь к объекту. передаточная функция И-регулятора имеет вид:

$$W(s) = \frac{K_I}{p}$$

Главным достоинством интегрального регулятора является **отсутствие статической ошибки** регулирования.

2.3. Пропорционально-интегральный закон регулирования

Пропорционально-интегральный закон регулирования описывается уравнением

$$x_p(t) = Ke(t) + K_I \int_0^t Ke(t) dt,$$

передаточная функция

$$W(p) = K + \frac{K_I}{p}$$

и представляет собой **параллельное соединение пропорциональной и интегральной** составляющих.

Пропорционально-интегральный регулятор сочетает в себе достоинства П- и И-законов регулирования, а именно: **пропорциональная составляющая** обеспечивает **достаточное быстродействие регулятора**, а **интегральная составляющая** ликвидирует **статическую ошибку** регулирования.

В начале процесса регулирования основную роль играет пропорциональная составляющая, так как интегральная составляющая зависит не только от абсолютного значения, но и от времени. С увеличением времени возрастает роль интегральной составляющей, обеспечивающей устранение статической ошибки.

Подбором параметров настройки K и K_I можно изменять удельный вес каждой составляющей. В частности, при $K_I = 0$ получается П-регулятор, а при $K = 0$ – И-регулятор.

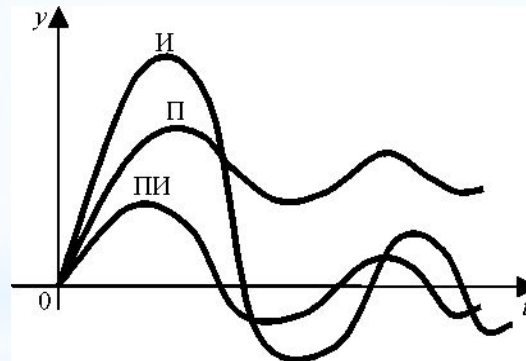


рис. 1. Переходные процессы в АСР с П, И и ПИ законами регулирования

2.4. Дифференциальный закон регулирования

Дифференциальный закон регулирования описывается уравнением

$$x_p(t) = -K_D \frac{de(t)}{dt}$$

где K_D – параметр настройки, которое является уравнением идеального дифференцирующего звена.

Передаточная функция

$$W(p) = -K_D p.$$

Дифференциальный регулятор **не применяется для регулирования**, так как при **любом постоянном значении регулируемой величины выходной сигнал такого регулятора равен нулю**. На практике дифференциальный закон может быть реализован лишь приближенно в определенном интервале частот.

Дифференциальная составляющая вводится в закон регулирования для того, чтобы увеличить быстродействие регулятора, так как в этом случае регулятор реагирует не на абсолютное значение регулируемой величины, а на скорость ее изменения.

Дифференциальная составляющая участвует только в сложных законах регулирования для улучшения качества переходного процесса.

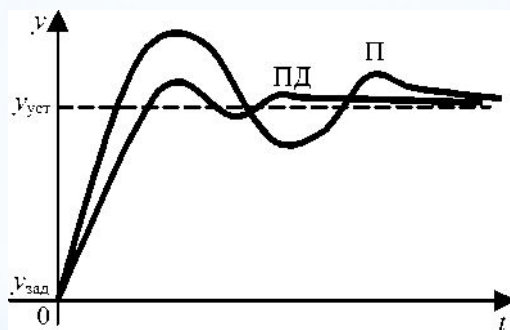


рис. 2. Переходные процессы в АСР с П и ПД законами регулирования

2.5. Пропорционально-дифференциальный закон регулирования

Пропорционально-дифференциальный закон регулирования описывается уравнением

$$x_p(t) = (Ke(t) + K_D \frac{de(t)}{dt}).$$

Этот регулятор по существу состоит из **двух параллельно включенных составляющих**: пропорциональной и дифференцирующей.

Передаточная функция

$$W(p) = -(K + K_D p).$$

В установившихся режимах регулятор ведет себя как обычный П-регулятор. Величина статической ошибки остается такой же, как и в случае применения П-регулятора.

2.6. Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования

Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования описывается уравнением

$$x_p(t) = -(Ke(t) + K_I \int_0^t Ke(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}).$$

Передаточная функция

$$W(p) = -(K + \frac{K_I}{p} + K_D p).$$

ПИД-регулятор сочетает в себе достоинства всех трех простейших законов регулирования: высокое быстродействие благодаря наличию импульса по производной от $e(t)$ и отсутствие статической ошибки.

Необходимо отметить, что применение регуляторов с дифференциальными составляющими, несмотря на их достоинства, не всегда целесообразно, а иногда и недопустимо.

Так, для объектов с большим запаздыванием по каналу регулирования бесполезно вводить воздействие по производной от регулируемой величины, так как этот импульс будет поступать в регулятор по истечении времени чистого запаздывания после прихода возмущения, за которое в объекте могут накопиться большие отклонения. Более того, в таких случаях ПД- или ПИД-регулятор может "раскачать" объект и система потеряет устойчивость.

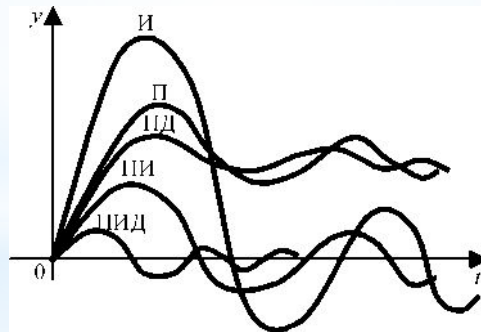


рис. 3. переходные процессы в АСР с различными законами регулирования

