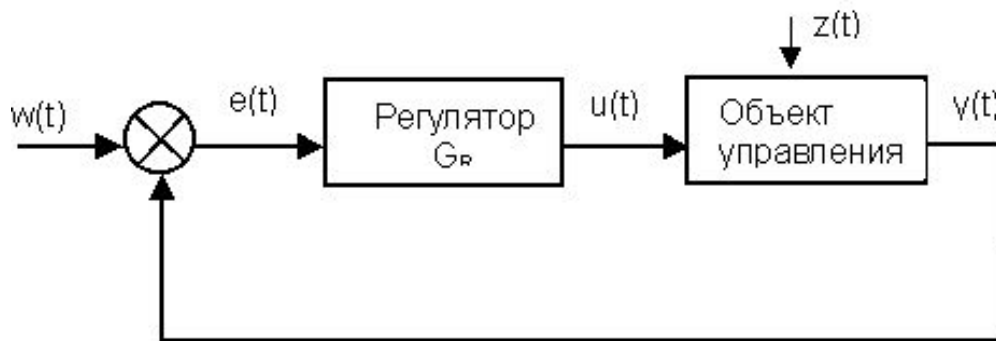


Автоматизированные системы управления

Основные законы регулирования

- *Закон регулирования* – это математическая зависимость, с помощью которой определяется регулирующее воздействие $u(t)$ по сигналу рассогласования $e(t)$.



$$\Delta u(t) = f[e(t)]$$

Основные законы регулирования

По характеру изменения регулирующего воздействия различают **линейные** и **нелинейные** законы регулирования. В технике автоматического регулирования нашли применение следующие непрерывные линейные законы регулирования:

- пропорциональный (П);
- интегральный (И);
- пропорционально-интегральный (ПИ);
- пропорционально-дифференциальный (ПД);
- пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД).

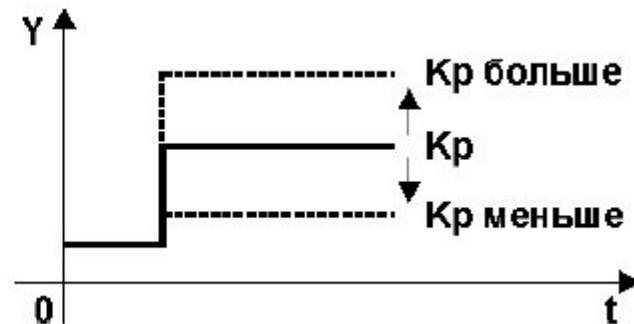
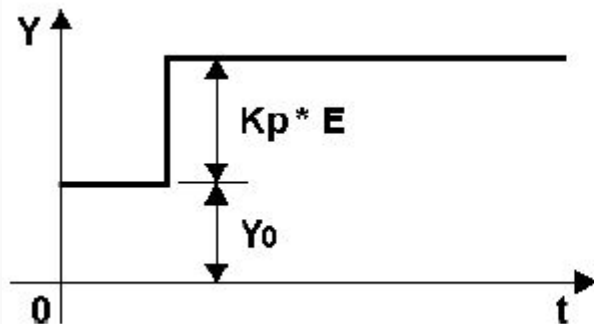
Реализующие названные законы регулирования АР называют соответственно П-, И-, ПИ-, ПД- и ПИД-регуляторами.

Основные законы регулирования

Пропорциональный закон регулирования

$$y = k_p \cdot \varepsilon$$

Постоянную k_p называют *коэффициентом передачи регулятора*



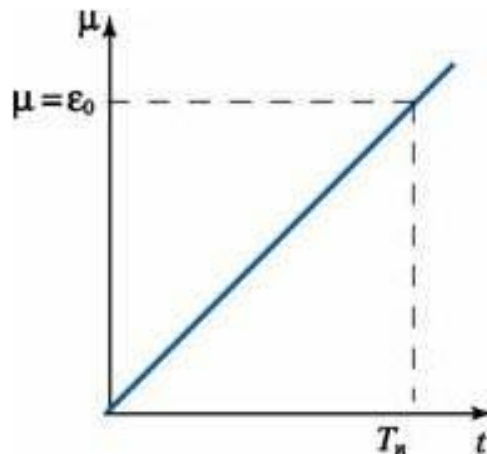
Рабочая точка Y_0 определяется как значение выходного сигнала, при котором рассогласование регулируемой величины равно нулю.

Основные законы регулирования

Интегральный закон регулирования

$$y = \frac{1}{T} \int_0^t \varepsilon dt$$

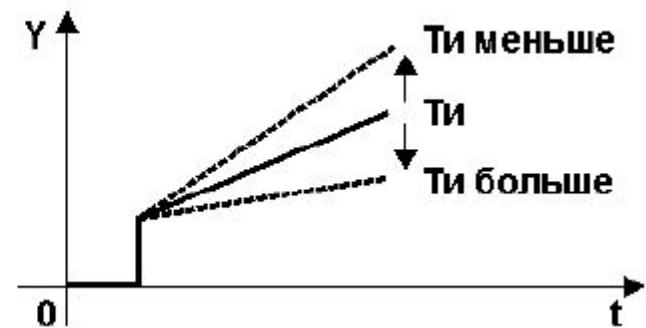
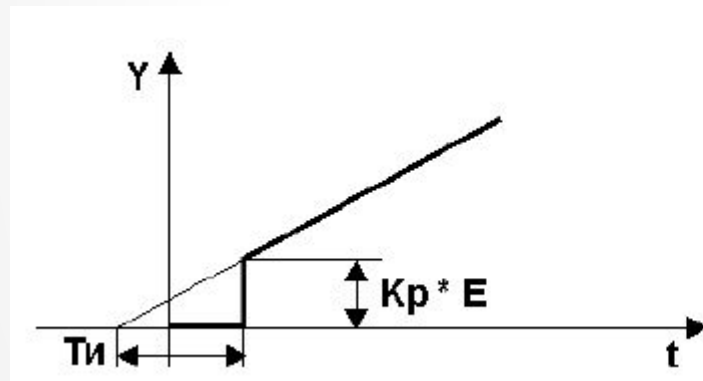
Постоянную T называют *постоянной времени интегрирования*.



Основные законы регулирования

Пропорционально-интегральный закон регулирования

$$y = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{T} \int_0^t \varepsilon dt \right)$$

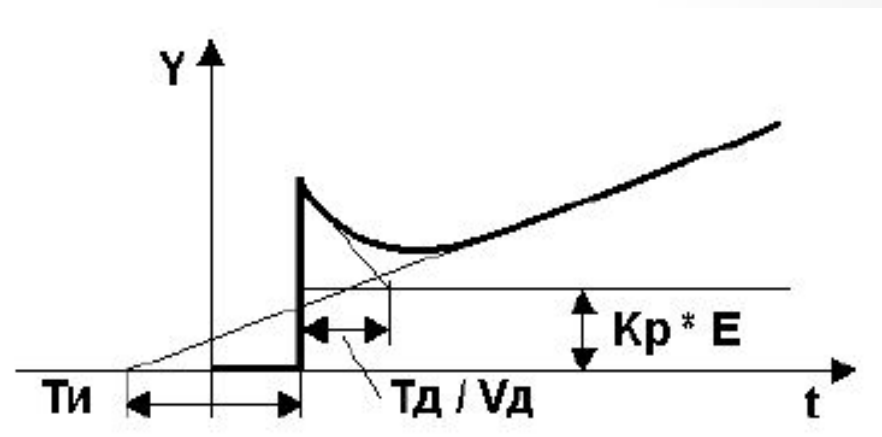
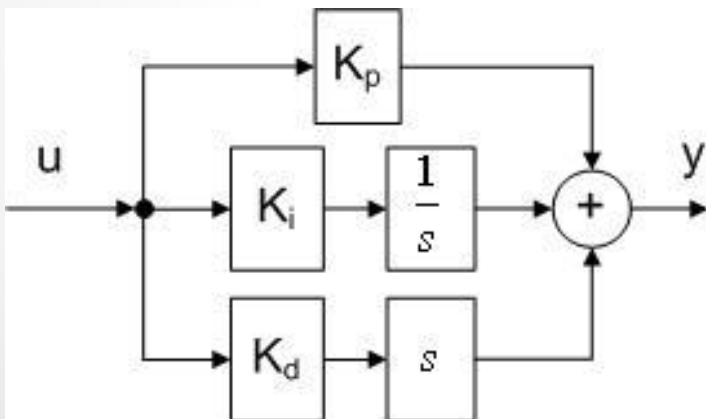


Основные законы регулирования

- **Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования**

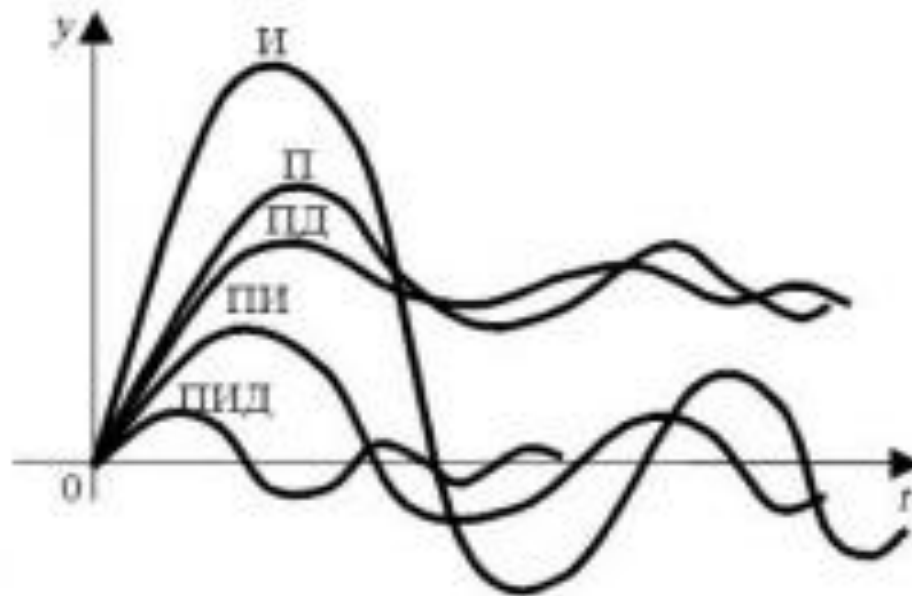
$$y = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{T_u} \int_0^t \varepsilon dt + T_\partial \frac{d\varepsilon}{dt} \right)$$

Постоянные T_u и T_∂ , соответственно, называют *постоянными времени интегрирования и дифференцирования.*



Основные законы регулирования

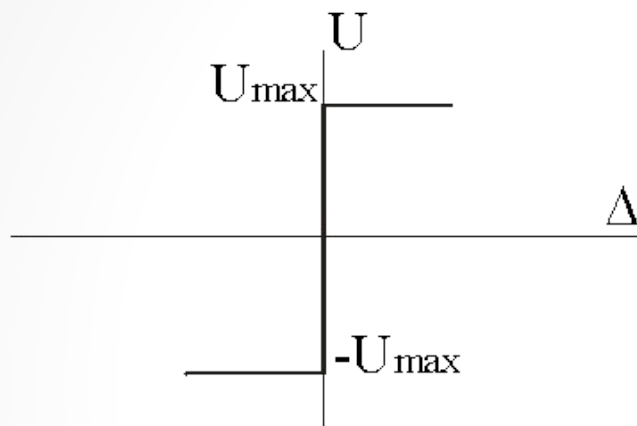
Переходные характеристики САУ



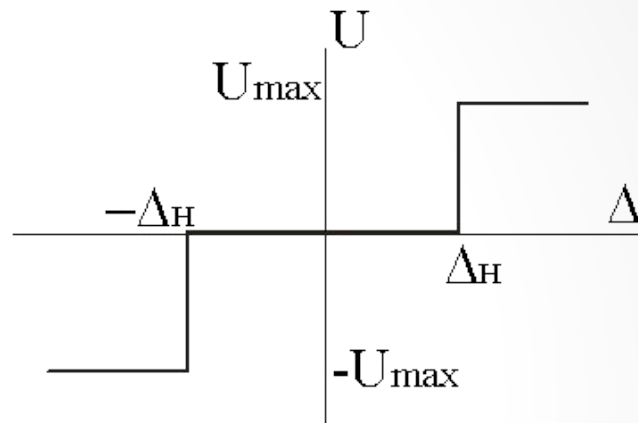
Выходное устройство непрерывного регулятора	Тип выходного устройства	Закон регулирования	Исполнительный механизм или устройство	Вид привода	Регулирующий орган
Аналоговый выход	ЦАП с выходом 0-5мА, 0-20мА, 4-20мА, 0-10В	П-, ПИ-, ПД-, ПИД- закон	Преобразователи и позиционные регуляторы электропневматические и гидравлические	Пневматические исполнительные приводы (с сжатым воздухом в качестве вспомогательной энергии) и электропневматические преобразователи сигналов или электропневматические позиционные регуляторы, электрические (частотные привода)	
Импульсный выход	Транзистор, реле, симистор	П-, ПИ-, ПД-, ПИД- закон	Контактные (реле) и бесконтактные (симисторные) пускатели	Электрические приводы (с редуктором), в т.ч. реверсивные	
ШИМ выход	Транзистор, реле, симистор	П-, ПИ-, ПД-, ПИД- закон	Контактные (реле) и бесконтактные (симисторные) пускатели		Термоэлектрический нагреватель (ТЭН) и др.

Основные законы регулирования

Нелинейные законы регулирования: *релейные* –
двухпозиционные и трехпозиционные



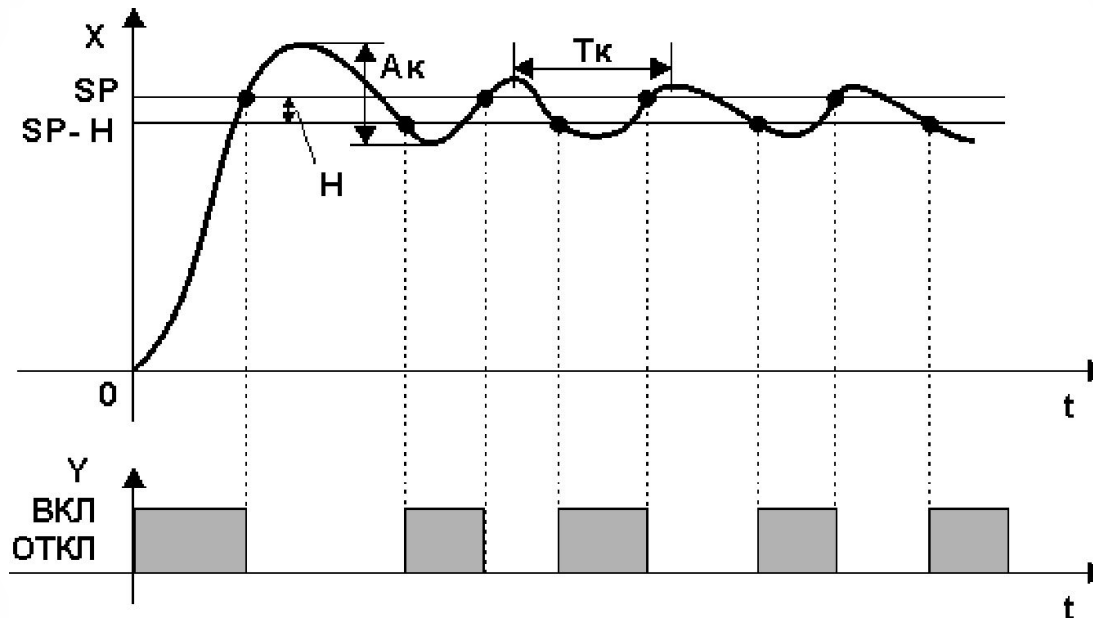
$$U = \begin{cases} -U_{\max}, & \text{при } \Delta < 0 \\ U_{\max}, & \text{при } \Delta > 0 \end{cases}$$



$$U = \begin{cases} -U_{\max}, & \text{при } \Delta < -\Delta_H \\ 0, & \text{при } -\Delta_H < \Delta < \Delta_H \\ U_{\max}, & \text{при } \Delta > \Delta_H \end{cases}$$

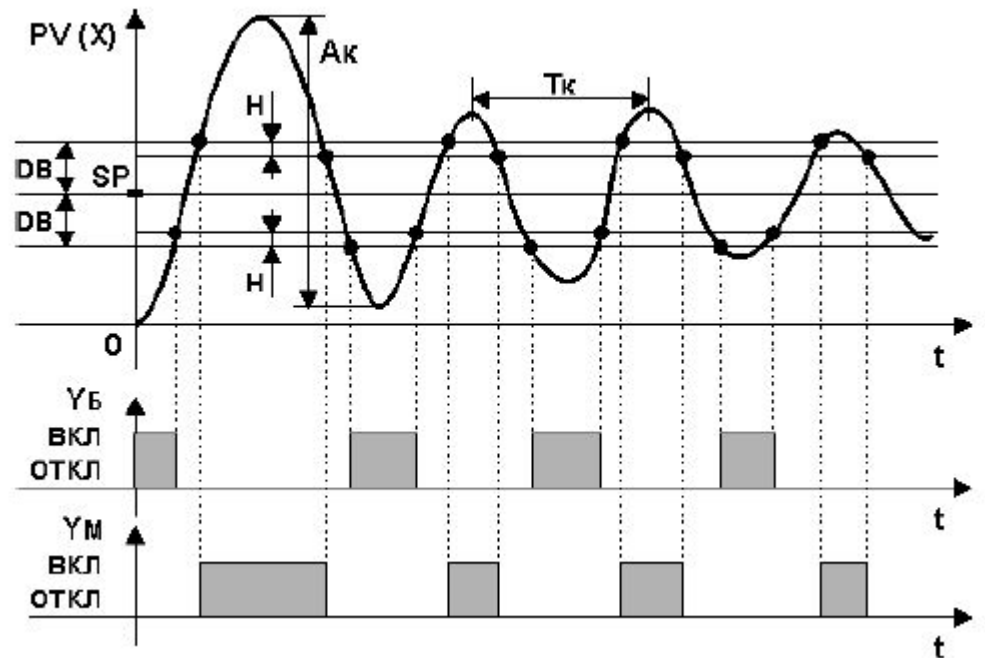
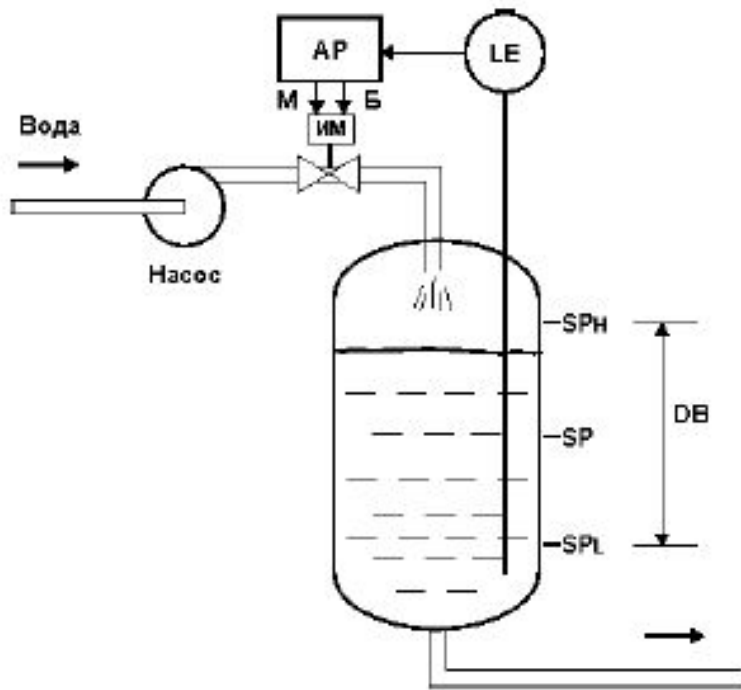
Основные законы регулирования

Нелинейные законы регулирования: *релейные* – двухпозиционные и трехпозиционные



Основные законы регулирования

Принцип работы трехпозиционного регулятора



Выбор типа регулятора

Необходимо знать:

1. Статические и динамические характеристики объекта управления.
2. Требования к качеству процесса регулирования.
3. Показатели качества регулирования для серийных регуляторов.
4. Характер возмущений, действующих на процесс регулирования.

Закон регулирования	П	ПИ	ПИД
t_p / τ	6.5	12	7

Выбор типа регулятора

ПИ-регулятор, который обладает следующими достоинствами:

1. Обеспечивает нулевую статическую ошибку регулирования.
2. Достаточно прост в настройке, т.к. настраиваются только два параметра, а именно коэффициент усиления и постоянная интегрирования. В таком регуляторе имеется возможность оптимизации, что обеспечивает управление с минимально возможной средне-квадратичной ошибкой регулирования.
3. Малая чувствительность к шумам в канале измерения (в отличие от ПИД-регулятора).

Выбор типа регулятора

$$\tau/T < 0.2,$$

релейный, непрерывный или цифровой регуляторы

$$0.2 < \tau/T < 1$$

непрерывный или цифровой, ПИ- или ПИД-регулятор.

$$\tau/T > 1$$

использовать многоконтурные системы управления

Выбор типа регулятора

Каскадная САР

