

Законы автоматического регулирования

регулирования

Законом регулирования называют функциональную связь между регулирующим воздействием и отклонением регулируемого параметра от заданного значения:

$$u(t) = f \Delta y(t) ,$$

где $u(t)$ - регулирующее воздействие ;

$\Delta y(t)$ – рассогласование.

Закон регулирования - это основная характеристика регулятора, определяющая способ формирования регулирующего воздействия.

Выбор закона регулирования производится в зависимости от свойств объекта, условий его работы и требуемых показателей качества регулирования.

Законы автоматического регулирования

В практике автоматического регулирования используются следующие законы регулирования:

- Позиционные (2-х и 3-х) **(Поз)**
- Пропорциональный **(П)**
- Интегральный **(И)**
- Пропорционально-интегральный **(ПИ)**
- Пропорционально-дифференциальный **(ПД)**
- Пропорционально-интегрально-дифференциальный **(ПИД)**

Законы автоматического регулирования

Позиционное регулирование

При **позиционном** регулировании регулятор в зависимости от текущего значения регулируемого параметра переключает регулирующее воздействие с одного **фиксированного уровня** на другой.

В практике используют **двух-** и **трехпозиционное** регулирование, при которых таких **уровней**, соответственно, **два** или **три**.

Законы автоматического регулирования

Двухпозиционное регулирование

Математическая формулировка идеального (без зоны нечувствительности) двухпозиционного закона регулирования имеет вид:

$$u(\tau) = U_1 \quad \text{при} \quad \Delta y(\tau) \leq 0$$

$$u(\tau) = U_2 \quad \text{при} \quad \Delta y(\tau) > 0$$

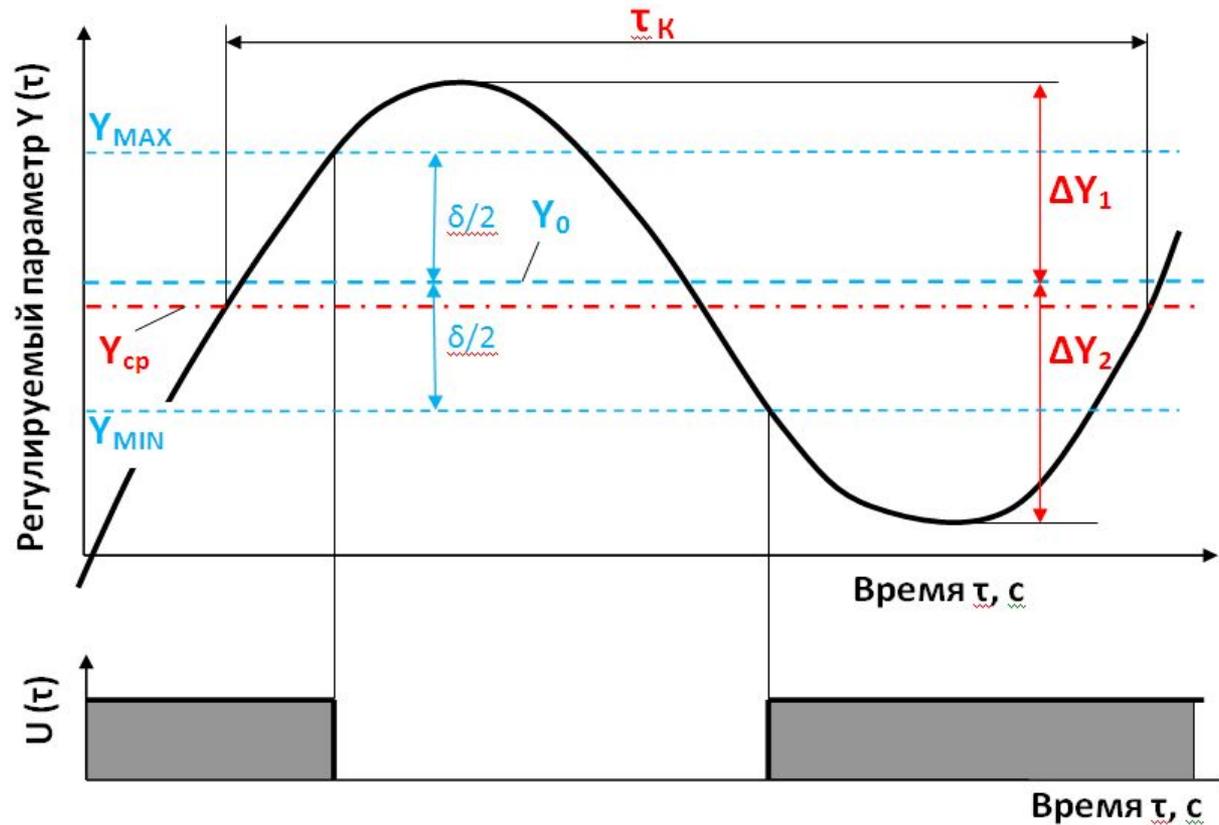
Например, $\left. \begin{array}{l} U_1 = 1 \\ U_2 = 0 \end{array} \right\}$ т.е. «Вкл / Выкл»

Законы автоматического

регулирования

Двухпозиционное регулирование

При работе **двухпозиционного регулятора** регулируемый параметр находится в состоянии постоянных незатухающих колебаний.



Законы автоматического регулирования

Двухпозиционное регулирование

Параметры настройки двухпозиционного регулятора:

- **уставка** y_0 (заданное значение регулируемого параметра)
- **уровни регулирующего воздействия**
 $U_{\text{МАКС}}$ (вкл.; 1), $U_{\text{МИН}}$ (выкл.; 0)
- **зона нечувствительности** δ (зона неоднозначности, дифференциал)

Законы автоматического регулирования Двухпозиционное регулирование

Качество двухпозиционного
регулирования характеризуется

периодом колебаний T_K

амплитудой A $A = (\Delta y_1 + \Delta y_2)/2$

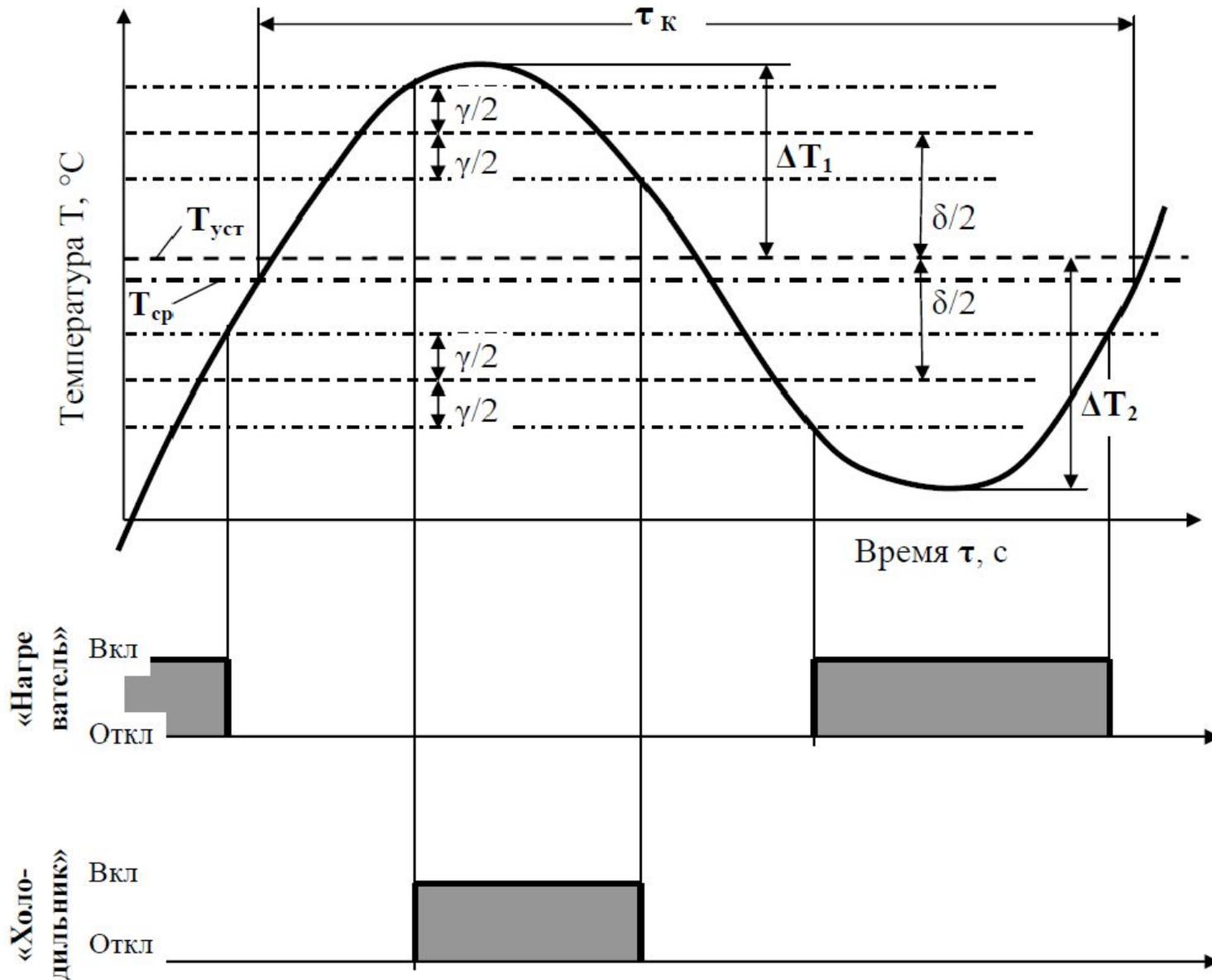
условной статической ошибкой
регулирования $\Delta y_{ст}$ $\Delta y_{ст} = y_{ср} - y_0$

Трехпозиционное регулирование

При **трехпозиционном** регулировании используют обычно **два выходных реле регулятора**. Три уровня воздействия на объект регулирования формируют путем включения одного или другого реле и выключением их обоих. Процесс трехпозиционного регулирования проходит таким образом, что **одно** из выходных реле управляет **«нагревателем»**, а **второе** - **«холодильником»**.

Трехпозиционное

регулирование



Трехпозиционное регулирование

Параметрами настройки
трехпозиционного регулятора
являются:

- **уставка** (на рисунке – $T_{уст}$);
- **уровни регулирующего воздействия**
($U_{МАКС}$ – включен нагреватель, $U_{СР}$ – все
выключено, $U_{МИН}$ – включен
холодильник);
- **зона нечувствительности δ** ;
- **гистерезис γ** .

Трёхпозиционное регулирование

Качество позиционного регулирования характеризуется **периодом колебаний T_K** , **амплитудой A** , и **условной статической ошибкой регулирования $\Delta T_{ст}$** .

Амплитуду колебаний можно определить как среднее арифметическое максимальных отклонений регулируемого параметра от уставки в большую и меньшую стороны:

$$A = (\Delta T_1 + \Delta T_2) / 2.$$

Условная статическая ошибка определяется как разность между фактическим средним значением регулируемого параметра и уставкой регулирования:

$$\Delta T_{ст} = T_{ср} - T_{уст}$$

законы автоматического

регулирования

Пропорциональный закон

регулирования

При **пропорциональном** законе регулирующее воздействие **$u(t)$** прямо пропорционально рассогласованию **$\Delta y(t)$** :

$$u(t) = K_p \cdot \Delta y(t)$$

где **K_p** – коэффициент передачи регулятора, является параметром его настройки.

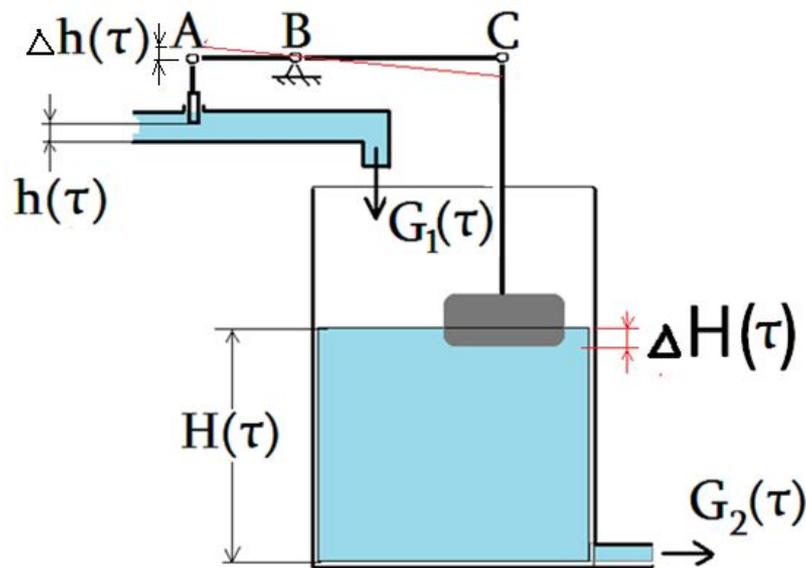
Законы автоматического регулирования

регулирования

Пропорциональный закон

регулирования

Примером реализации этого закона может служить работа поплавкового регулятора уровня прямого действия



$$\Delta G_1(\tau) = k \cdot \frac{AB}{BC} \cdot \Delta H(\tau)$$

$$u(\tau) = K_p \cdot \Delta y(\tau)$$

Законы автоматического регулирования Пропорциональный закон регулирования

Для работы пропорционального регулятора характерно:

- Наличие статической ошибки регулирования ($\Delta u_{ст} \neq 0$)
- Наиболее быстрая стабилизация регулируемого параметра, время регулирования меньше, чем у других регуляторов (τ_p - минимальное)

Законы автоматического регулирования

Интегральный закон регулирования

При **интегральном** законе регулирующее воздействие прямо пропорционально интегралу рассогласования по времени

$$u(\tau) = 1 / T_I \cdot \int \Delta y(\tau) d\tau$$

- где T_I – **постоянная времени интегрирования** (параметр настройки регулятора); часто величину $1 / T_I$ в формуле заменяют на K_P по аналогии с формулой пропорционального закона.

Законы автоматического регулирования

Интегральный закон регулирования

Для работы И-регулятора характерно :

- Отсутствие статической ошибки регулирования ($\Delta u_{ст} = 0$)
- **Время регулирования** больше, чем у всех других регуляторов (τ_p - максимальное)
- **Максимальное динамическое отклонение** Δu_1 больше, чем у всех других регуляторов

Законы автоматического регулирования

Пропорционально-интегральный закон регулирования

Пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования является комбинацией П- и И-законов:

$$u(\tau) = K_p \cdot [\Delta y(\tau) + 1 / T_I \cdot \int \Delta y(\tau) d\tau].$$

ПИ-регулятор имеет два параметра настройки:

K_p - коэффициент передачи регулятора;

T_I - время изодрома или время удвоения.

Обеспечивает более высокое качество регулирования, чем П- и И-регуляторы.

Законы автоматического регулирования

Пропорционально-интегральный закон регулирования

Для работы ПИ-регулятора характерно:

- Отсутствие статической ошибки регулирования ($\Delta y_{ст} = 0$)
- Время регулирования τ_p меньше, чем у интегрального
- Максимальное динамическое отклонение Δy_1 меньше, чем у пропорционального и интегрального

ЗАКОНЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО регулирования Пропорционально-интегрально- дифференциальный закон регулирования

Наиболее сложным законом регулирования является пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД), который описывается выражением

$$u(\tau) = K_p \cdot [\Delta y(\tau) + 1 / T_{\text{И}} \cdot \int \Delta y(\tau) d\tau + T_{\text{Д}} \cdot d(\Delta y(\tau)) / d\tau]$$

- где $T_{\text{Д}}$ – постоянная времени дифференцирования или время предварения

ЗАКОНЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО регулирования Пропорционально-интегрально- дифференциальный закон регулирования

ПИД-регулятор имеет три параметра
настройки:

K_P - коэффициент передачи регулятора;
 T_I - время изодрома или время удвоения;
 T_D - постоянная времени
дифференцирования.

Применяется на наиболее «трудных»
объектах и там, где требуется обеспечить
высокое качество регулирования.

законы автоматического регулирования

Пропорционально-интегрально- дифференциальный закон регулирования

Для работы ПИД-регулятора характерно:

- Отсутствие статической ошибки регулирования
($\Delta y_{ст} = 0$);
- Время регулирования τ_p меньше, чем у интегрального и ПИ;
- Максимальное динамическое отклонение Δy_1 меньше, чем при других законах.