

## Рекомендации по настройке регуляторов.

Работа регулятора определяется тремя параметрами: пропорциональным коэффициентом  $K_p$ , дифференциальным коэффициентом  $K_d$  и тактом регулирования  $T_{рег}$ .

**$K_p$**  определяет зависимость длительности импульса, подаваемого на регулирующий клапан от величины рассогласования между заданным значением температуры и реальным ее значением в данный момент:  $\tau_n = K_p \cdot (T_{зад} - T) \cdot 0.1c$ . Например, если заданная температура  $T_{зад} = 55^\circ C$ , текущая температура  $T = 50^\circ C$ , и  $K_p = 2.0$ , то длительность импульса получается  $2 \cdot (55 - 50) \cdot 0.1c = 1c$ .

Поскольку длительность импульсов, подаваемых на клапан, изменяется с дискретностью  $0.1c$ , то в данном примере при рассогласовании менее  $0.5^\circ C$  импульсы на клапан выдаваться не будут. Таким образом, величина  $K_p$  также определяет точность поддержания заданной температуры. То есть, при  $K_p = 1.0$  заданная температура будет поддерживаться с точностью  $\pm 1^\circ C$ , при  $K_p = 4.0$  –  $\pm 0.25^\circ C$  и т.д. По этой причине задание больших значений  $K_p$  ( $> 5.0$ ) нежелательно, так как при этом регулятор будет обрабатывать даже незначительные флуктуации температуры, что приведет к ускоренному износу привода и клапана.

**$K_d$**  определяет реакцию регулятора на *скорость* изменения температуры. Вклад дифференциальной составляющей в длительность управляющего импульса вычисляется следующим образом:  $\tau_d = K_d \cdot (T_{i-1} - T_i) \cdot 0.1c$ , где  $T_{i-1}$  и  $T_i$  – значения температуры на предыдущем и данном такте регулирования соответственно.

**Такт регулирования** задает время, через которое следуют управляющие импульсы. Длительность импульса на каждом такте определяется как  $\tau_n + \tau_d$ .  $T_{рег}$  может изменяться в пределах от  $1c$  до 128 минут.

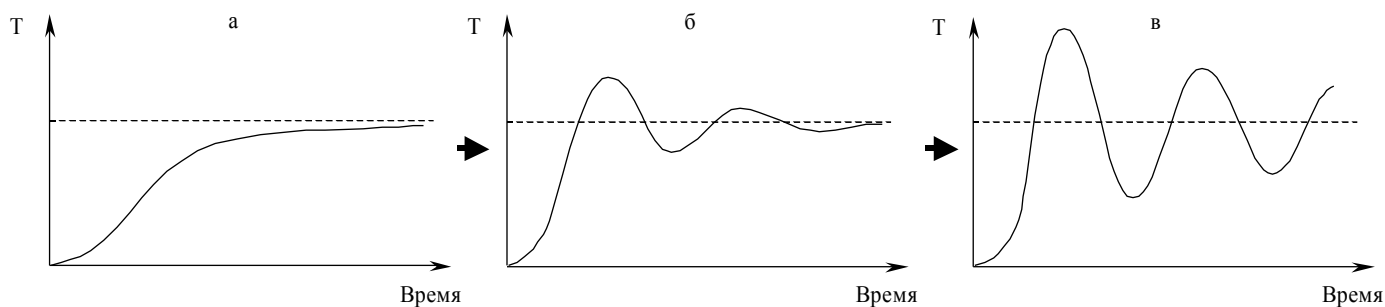
Изменение такта регулирования приводит к изменению влияния  $K_p$  на процесс регулирования. При уменьшении  $T_{рег}$  влияние  $K_p$  увеличивается, так как за тот же период времени выдается большее количество импульсов и наоборот. Таким образом, при необходимости увеличить пропорциональный коэффициент регулирования, если  $K_p$  уже достаточно велико (например, если используется медленный привод с очень большим временем полного хода), то вместо этого можно пропорционально уменьшить  $T_{рег}$ .

На дифференциальный коэффициент регулирования изменение  $T_{рег}$  оказывает незначительное влияние, поскольку с уменьшением  $T_{рег}$  и увеличением числа импульсов пропорционально уменьшается и изменение регулируемой температуры  $(T_{i-1} - T_i)$  за каждый такт. При очень малых  $T_{рег}$  дифференциальная составляющая  $\tau_d$  становится столь мала, что из-за дискретности задания длительности импульсов ( $0.1c$ ) перестает оказывать какое-либо влияние на процесс регулирования.

Перед началом настройки регулятора следует задать начальные значения параметров:  $K_p = 1.0$ ,  $K_d = 0.0$ . Значение такта регулирования определяется параметрами объекта. Например, если осуществляется регулирование температуры воды, подогреваемой пластинчатым бойлером, и температура которой измеряется быстродействующим накладным термометром, то  $T_{рег}$  может быть небольшим –  $10..20c$ . Если же бойлер – трубчатый, а термометр – погружной в гильзе, то задавать  $T_{рег}$  менее  $30c$  не имеет смысла. А при регулировании температуры обратной воды  $T_{рег}$  может измеряться минутами.

После установки параметров регулятор надо перевести в режим автоматического регулирования и проконтролировать, как система обрабатывает изменение уставки на  $3..5^\circ C$  в ту или иную сторону.

Если переходной процесс носит вялотекущий характер (Рис. 1а), то следует либо увеличить  $K_p$ , либо (если  $K_p$  уже достаточно большой) уменьшить  $T_{рег}$ . Если переходной процесс носит ярко выраженный колебательный характер с медленно затухающими (или не затухающими вовсе) колебаниями вокруг заданного значения (Рис. 1в), то  $K_p$  следует уменьшить, либо (если  $K_p$  уже равен  $1.0$ ) увеличить  $T_{рег}$ .

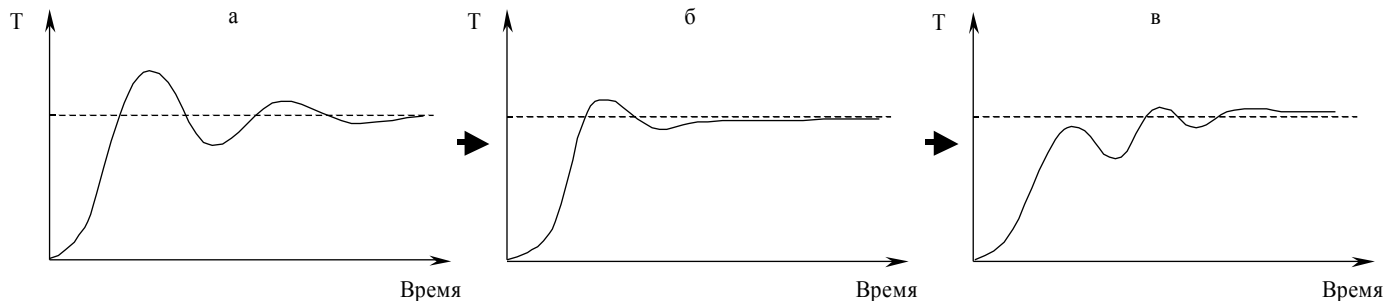


Изменение характера переходного процесса при увеличении  $K_p$

**Рис. 1**

На данном этапе оптимальным является вид переходного процесса, изображенный на Рис. 1б, причем  $T_{рег}$  должен быть таким, чтобы за один полупериод колебаний на клапан подавалось не менее 4-5 управляющих импульсов. Слишком частые импульсы будут приводить к ускоренному износу привода и клапана. Слишком редкие импульсы (1-2 за полупериод) приведут к тому, что при добавлении дифференциального коэффициента колебательность системы может только усилиться.

После того, как  $K_p$  и  $T_{рег}$  настроены, нужно постепенно увеличивать  $K_d$ , добиваясь снижения колебательности переходного процесса. Функция дифференциальной составляющей состоит в упреждающем «торможении» переходного процесса при приближении к заданному значению. При завышенном значении  $K_d$  торможение может оказаться столь сильным, что будет «отбрасывать» систему назад при любом изменении регулируемой температуры и, вместо гашения колебаний, провоцировать их (Рис. 2в). Вид переходного процесса при правильно подобранных  $K_p$ ,  $K_d$  и  $T_{рег}$  показан на Рис. 2б.



Изменение характера переходного процесса при увеличении  $K_d$

**Рис. 2**