

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

$$U(n) = U(n-1) + K_p(E(n) - E(n-1)) + K_i^{discret} E(n) + K_d^{discret} (E(n) - 2E(n-1) + E(n-2))$$

$E(n) = T(n) - T_0(n)$  – невязка, рассогласование системы.

$K_p, K_i, K_d$ —коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора соответственно.

$n$  — номер выборки.

$U(n-1)$  — предыдущее воздействие.

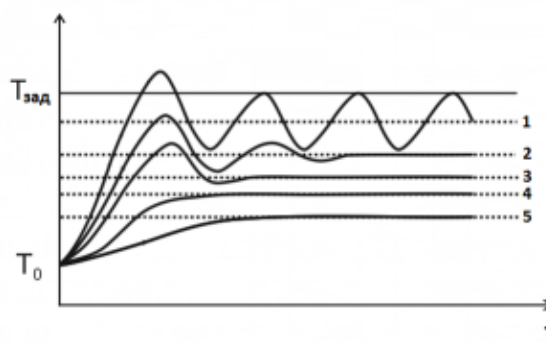
Рассмотрим воздействие каждой из 3-х составляющих отдельно.

Исходя из формулы, можно понять, что  $P$  составляющая будет иметь большое влияние в системе с быстрым изменением невязки. Чем больше текущая невязка отличается от прошлой, тем больше влияние  $P$  на формирование воздействия. В первый момент времени когда предыдущей невязки еще нет, то есть  $E(n-1)=0$ ,  $P$  составляющая будет вырождаться к виду  $P=K_p \cdot E(n)$  и соответственно будет формировать первый толчок в системе.

$I$  составляющая зависит от текущей невязки, и предназначена для убиения остаточного рассогласования в системе.

$D$  составляющая должна сгладить выбросы регулятора, особенно с учетом его запаздывания при реакции на управляющее воздействие. (поскольку в данном случае регулировки времени выборки нет, и время выборки жесткое, то запаздывание в системе будет всегда, к тому же это в многом зависит от конкретной системы).

**Сначала настраивается  $K_p$  при этом  $K_i=0$  и  $K_d=0$**



### Ограничения:

**Пропорциональный регулятор всегда будет удерживать температуру ниже заданной (чем меньше  $K_p$  тем больше будет рассогласование в системе ).**

**Очень важно понимать физические ограничения регулятора, поскольку у нас используется ШИМ управление, с скважностью от 0 до 255, то колебания будут наблюдаться всегда, поскольку у нас ограничен размер шага регулировки, но в установившемся режиме колебания будут не значительны.**

$T_{зад}$  — заданная температура (уставка)

Здесь нужно понимать допускается ли в системе, перерегулирование и какая скорость выхода на уставку необходима.

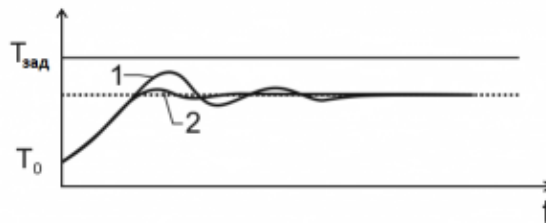
1 – коэффициент  $K_p$  слишком велико в системе наблюдаются колебания.

3 – коэффициент  $K_p$  близок к оптимальному, если допускается перерегулирование.

4 – коэффициент  $K_p$  близок к оптимальному, если не допускается перерегулирование.

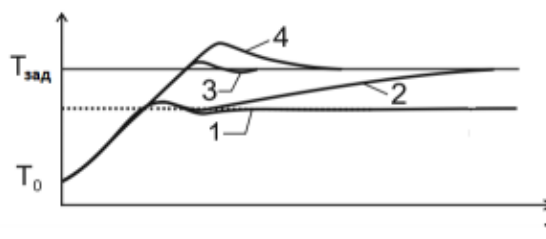
5 – коэффициент  $K_p$  слишком мал, выход на уставку затянут.

После настройки  $K_p$  при использовании  $K_d$ , будем настраивать его при этом  $K_i = 0$ , если  $K_d$  использоваться не будет, переходим к настройке  $K_i$ .



$K_d$  постепенно увеличивается, для того чтобы получить переходную характеристику вида 2.

После настройки  $K_d$  переходим к настройке  $K_i$ .



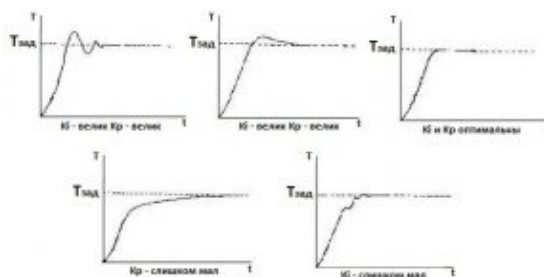
После настройки  $K_p$  и  $K_d$  получается характеристика 1, при этом видно что удерживаемая температура ниже заданной. Для минимизации конечной невязки применяется И составляющая.

2 – коэффициент  $K_i$  слишком мал, выход на уставку затянут.

3 – коэффициент  $K_i$  близок к оптимальному.

4 – коэффициент  $K_i$  слишком велик, в системе наблюдается перерегулирование.

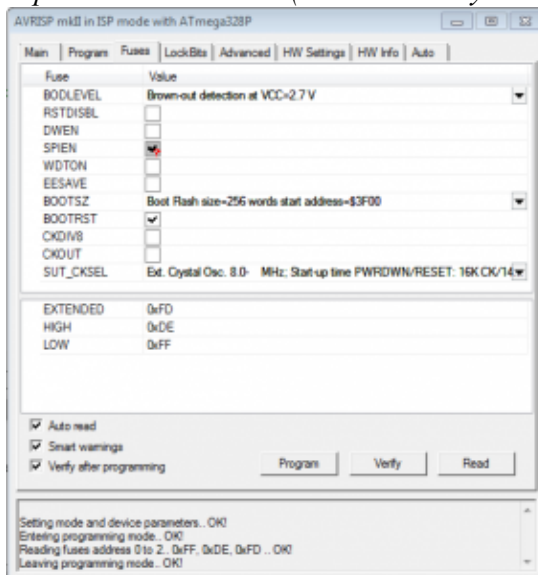
**И в конце несколько картинок с разными вариантами настройки ПИД:**



**ВАЖНО:** В данном случае графики приведены для режима нагрев, все рассуждения применимы к режиму охлаждения, при этом графики следует отобразить зеркально по вертикали относительно линии  $T_{зад}$ .

**В новой версии предполагается добавить:**

1. Передачу данных по USART (возможность удаленно мониторить ПИД + настраивать уставку)
2. Сделать настраиваемое кол-во шагов.
3. Сделать настраиваемый шаг по времени (от 1 мин до 60 мин)
4. Использовать таймер/счетчик 0x03FF (повысит точность регулирования в 4 раза)
5. Сделать старт/стоп по нажатию кнопок "UP"/"DOWN" на главном экране
6. Ввести функцию "автостарт" при подаче питания (отдельным пунктом меню)



Прошивка + еепром для дисплеев с русскими символами [pid\\_v\\_1\\_1\\_ru.rar](#) [6,7 Kb] (скачиваний: 250)

Прошивка + еепром для дисплеев с английскими символами [pid\\_v\\_1\\_1\\_en.rar](#) [6,54 Kb] (скачиваний: 319)

[Вернуться](#)

К:7

2

Tweet

Я рекомендую 22

- 60
- 1