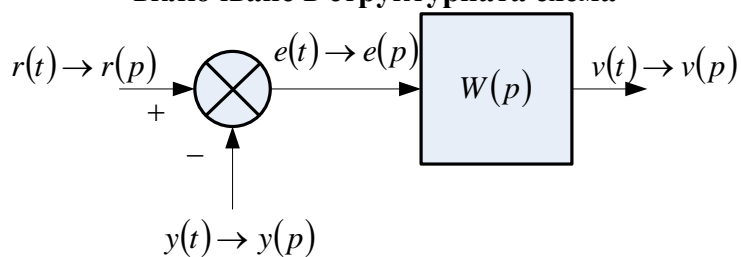
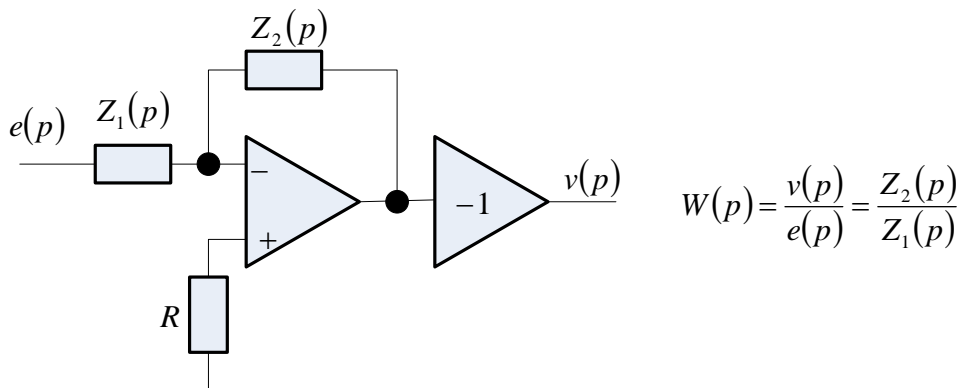


**Реализация на аналогови регулатори
включване в структурната схема**

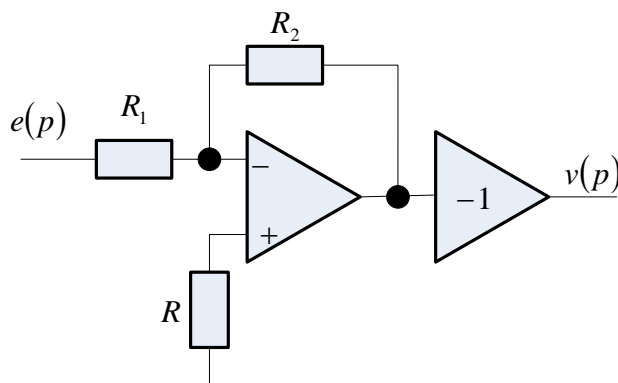


обща схема



пропорционален регулатор – P

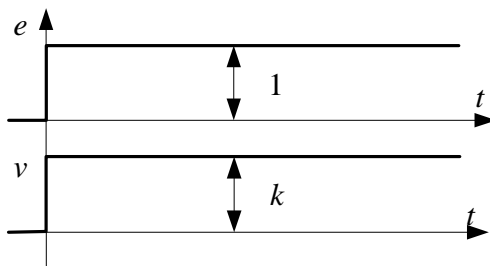
принципна схема:



диференциално уравнение: $v(t) = k \cdot e(t)$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = k$

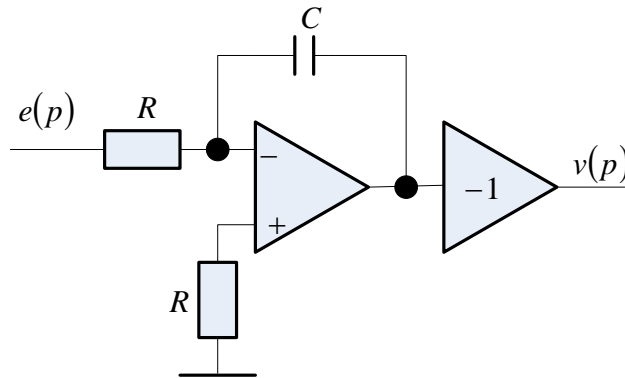
преходна характеристика:



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $k = \frac{R_2}{R_1}$

интегрален регулатор - I

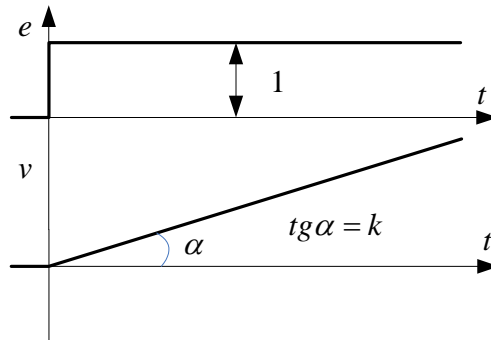
принципна схема:



диференциално уравнение: $\frac{dv(t)}{dt} = k \cdot e(t) \rightarrow v(t) = k \cdot \int e(t) \cdot dt$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = \frac{k}{p}$

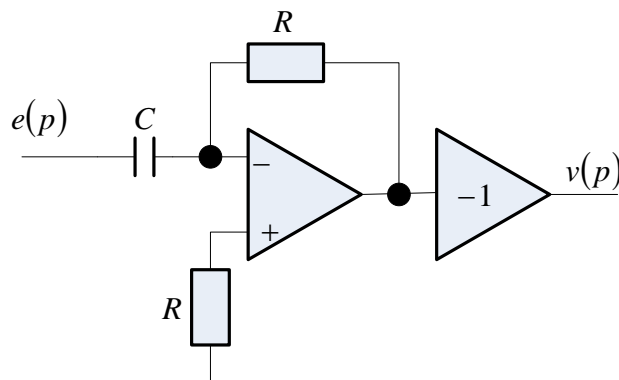
преходна характеристика:



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $k = \frac{1}{R \cdot C} = \frac{1}{T_I}$

диференциален регулатор - D

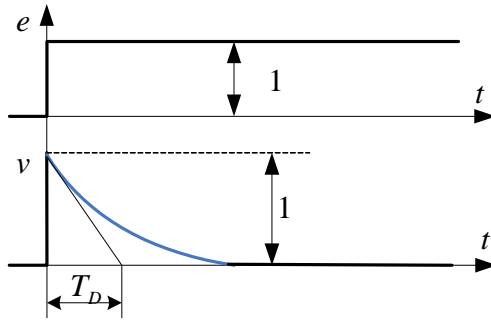
принципна схема:



диференциално уравнение: $v(t) = k \cdot \frac{de(t)}{dt}$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = k \cdot p$

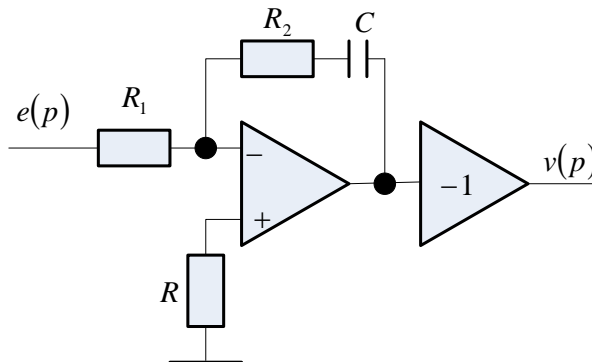
преходна характеристика:



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $k = R \cdot C = T_D$

пропорционално-интегрален регулатор – PI

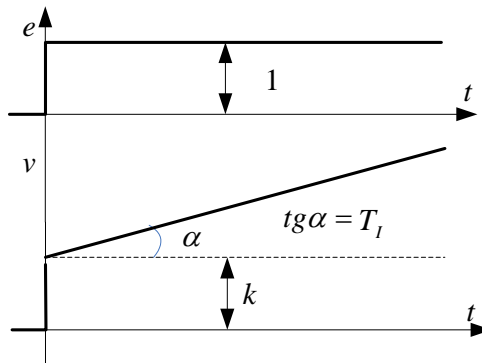
принципна схема:



диференциално уравнение: $\frac{dv(t)}{dt} = k \cdot \frac{de(t)}{dt} + T_I \cdot e(t) \rightarrow v(t) = k \cdot e(t) + T_I \cdot \int e(t) dt$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = k + \frac{1}{T_I \cdot p}$

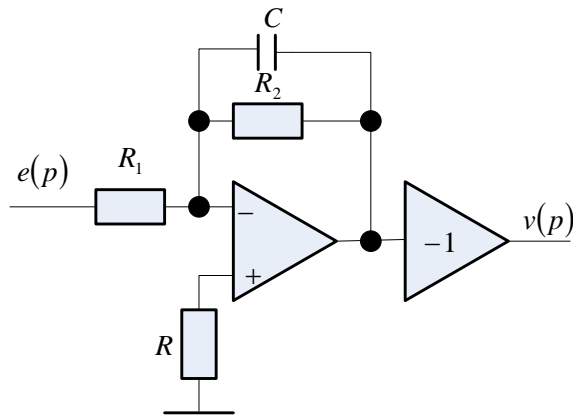
преходна характеристика:



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $k = \frac{R_2}{R_1}$; $T_I = R_1 \cdot C$

инерционно звено от първи ред

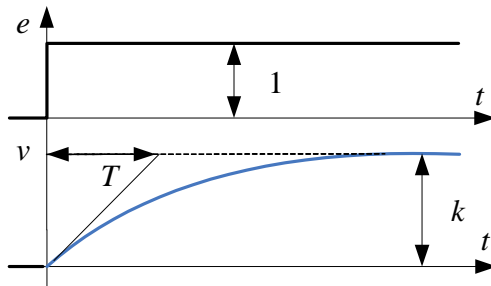
принципна схема:



диференциално уравнение: $T \cdot \frac{dv(t)}{dt} + v(t) = k \cdot e(t)$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = \frac{k}{T \cdot p + 1}$

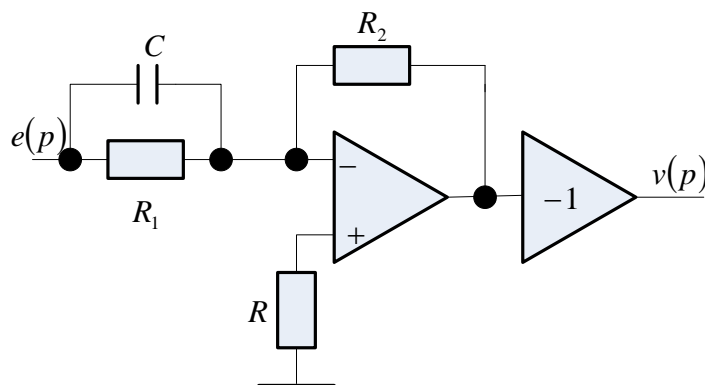
преходна характеристика:



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $k = \frac{R_2}{R_1}$; $T = R_2 \cdot C$

пропорционално-диференциален регулатор – PD

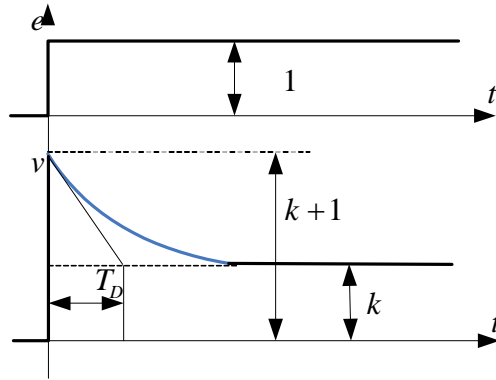
принципна схема:



диференциално уравнение: $v(t) = k \cdot e(t) + T_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = k + T_D \cdot p$

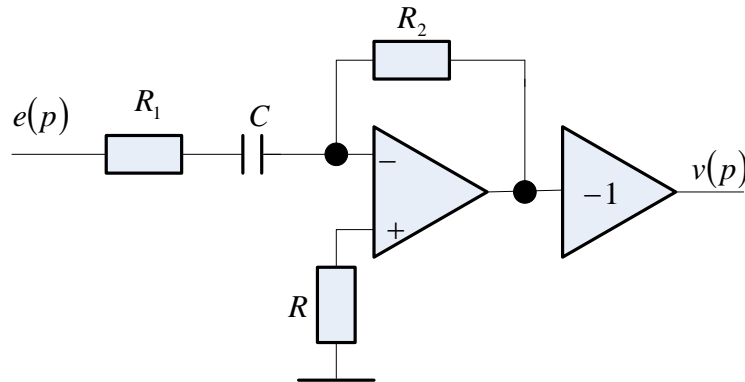
преходна характеристика:



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $k = \frac{R_2}{R_1}$; $T_D = R_2 \cdot C$

**последователно свързани D-регулатор и инерционно звено от първи ред с $\kappa=1$
реално диференциращо звено – D-регулатор**

принципна схема:

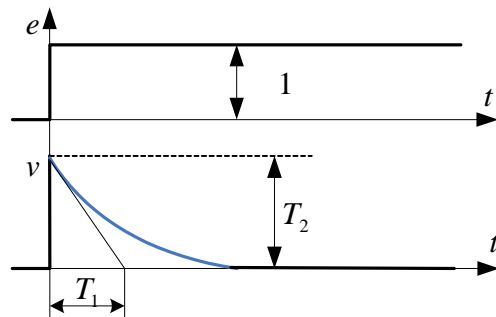


диференциално уравнение: $v(t) + T_1 \cdot \frac{dv(t)}{dt} = T_2 \cdot \frac{de(t)}{dt}$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = \frac{T_2 \cdot p}{T_1 \cdot p + 1}$

преходна характеристика:

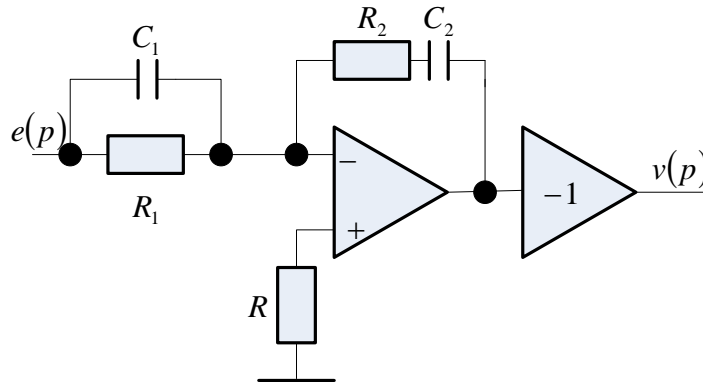
$$v(t) = L^{-1} \left[\frac{T_2 \cdot p}{p \cdot (T_1 \cdot p + 1)} \right] = L^{-1} \left[\frac{T_2}{T_1 \cdot p + 1} \right] = T_2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}$$



връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата: $T_1 = R_1 \cdot C$; $T_2 = R_2 \cdot C$

пропорционално-интегрален регулатор – PID

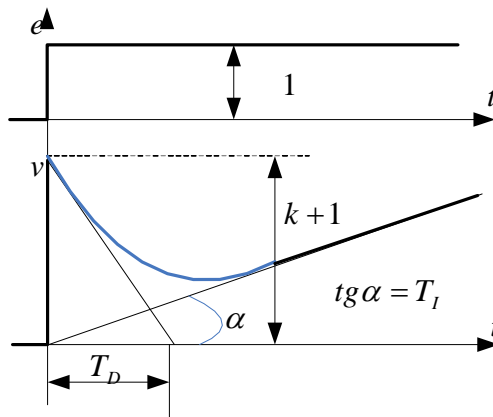
принципна схема:



диференциално уравнение: $v(t) = k \cdot e(t) + T_D \cdot \frac{de(t)}{dt} + T_I \cdot \int e(t) dt$

предавателна функция: $W(p) = \frac{v(p)}{e(p)} = k + T_D \cdot p + \frac{1}{T_I \cdot p}$

преходна характеристика:



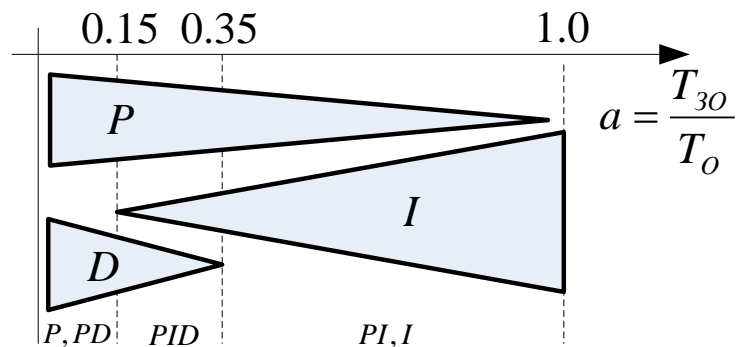
връзка на параметрите на регулатора с елементите от схемата:

$$k = \frac{R_2}{R_1} + \frac{C_1}{C_2}; T_D = R_2 \cdot C_1; T_I = R_1 \cdot C_2$$

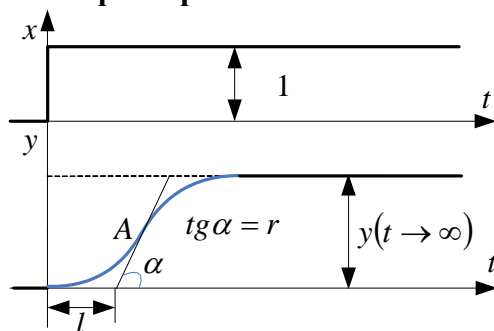
Избор на вида на регулатора

$a < 0.2$ – релеен
 $a = \frac{T_{30}}{T_0} \rightarrow 0.2 < a < 1$ – аналогов (непрекъснат)
 $a > 1$ – цифров (дискретен)

Ориентировъчен избор на аналогов регулатор

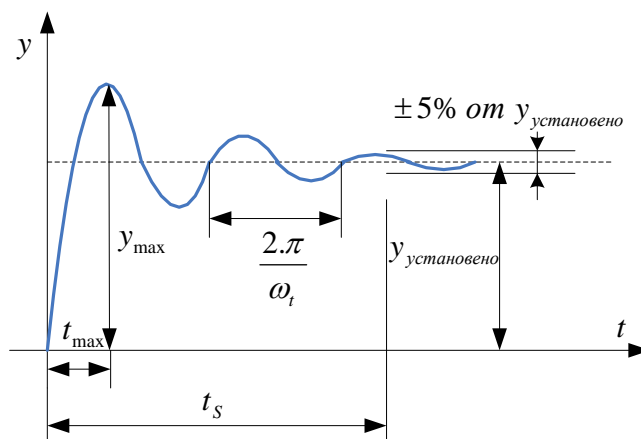


Настройка на регулятора по метода на Ziegler- Nichols от преходната характеристика на обекта



Регулатори	Константа k	Времеконстанта T_I	Времеконстанта T_D
P	$\frac{1}{r.l}$	-	-
PI	$\frac{0.9}{r.l}$	$3,3.l$	-
PID	$\frac{1,2}{r.l}$	$2.l$	$\frac{l}{2}$

Настройка на регулятора по желана характеристика на преходния процес



t_s - време на преходния процес;

$$\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\text{установено}}}{y_{\text{установено}}} \cdot 100 - \text{пререгулиране в \%};$$

t_{\max} - време до достигане на първия максимум;

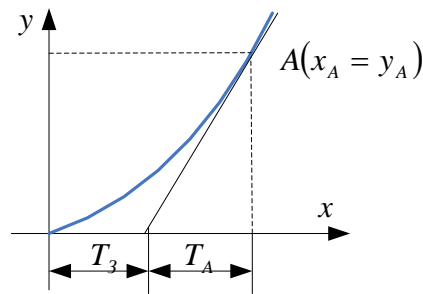
ω_t - честота на колебанията;

n_t - брой на колебанията за времето на преходния процес

За статични обекти

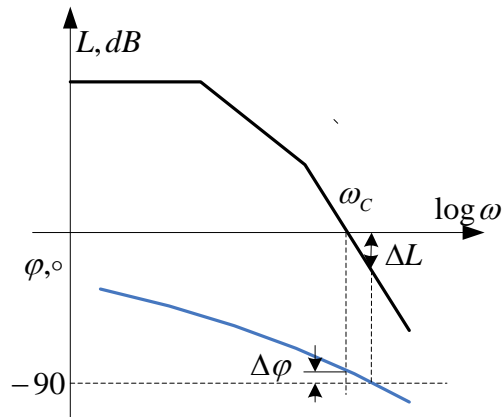
Регулатори	апериодичен	Колебателен със $\sigma = 20\%$
P	$k = \frac{0,3}{k_o \cdot a}$	$k = \frac{0,7}{k_o \cdot a}$
PI	$k = \frac{0,6}{k_o \cdot a}; T_I = 0,8.T_{30} + 0,5.T_o$	$k = \frac{0,7}{k_o \cdot a}; T_I = T_{30} + 0,3.T_o$
PID	$k = \frac{0,95}{k_o \cdot a}; T_I = 2,4.T_{30}; T_D = 0,4.T_{30}$	$k = \frac{1,4}{k_o \cdot a}; T_I = 1,3.T_{30}; T_D = 0,5.T_{30}$

За астатични обекти



Регулатори	апериодичен	Колебателен със $\sigma = 20\%$
P	$k = \frac{0,4}{T_3/T_A}$	$k = \frac{0,7}{T_3/T_A}$
PI	$k = \frac{0,4}{T_3/T_A}; T_I = 6.T_3$	$k = \frac{0,7}{T_3/T_A}; T_I = 3.T_3$
PID	$k = \frac{0,6}{T_3/T_A}; T_I = 5.T_3; T_D = 0,2.T_3$	$k = \frac{1,1}{T_3/T_A}; T_I = 2.T_3; T_D = 0,4.T_3$

Честотни оценки – по АЧХ и ФЧХ на отворената система



$$\omega_c \geq \frac{\pi \div 4 \cdot \pi}{t_s} \quad \text{обыкн. } 2\pi; \quad 30 \leq \Delta\varphi \leq 50; \quad 6dB \leq \Delta L \leq 10dB$$