

Регуляторы

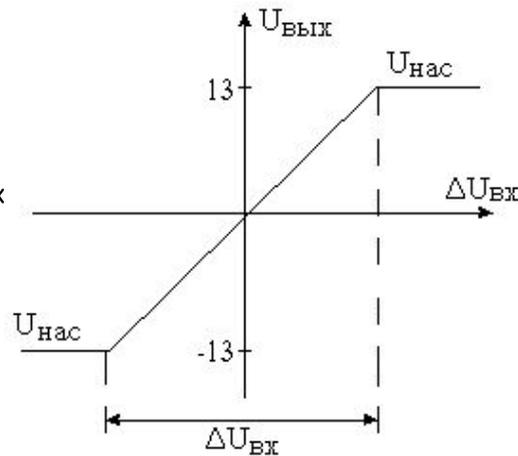
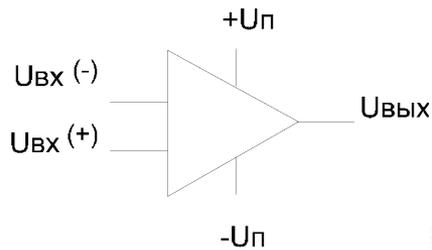
1. Для суммирования сигналов
2. Для формирования желаемых характеристик в статике и динамике

Операционные усилители

Основные правила.
включения.

1. $\Delta U_{ВХ} = 0$

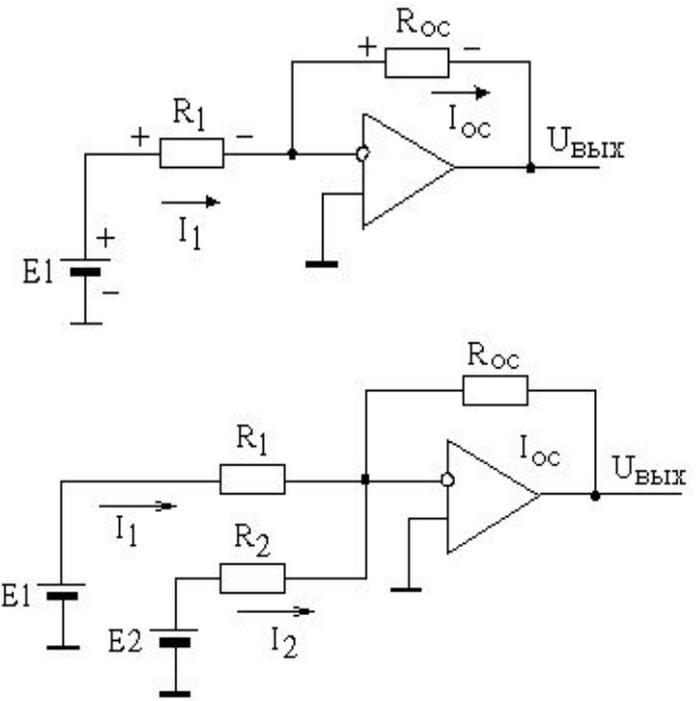
2. $I_{ВХ} = 0$



$$U_{ВЫХ} = -\frac{R_{oc}}{R_1} \cdot E_1$$

Основные схемы

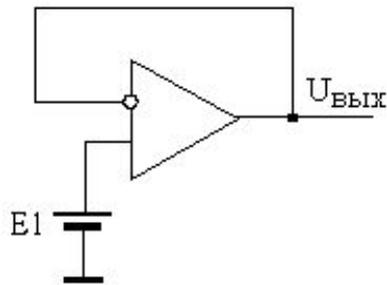
А). С



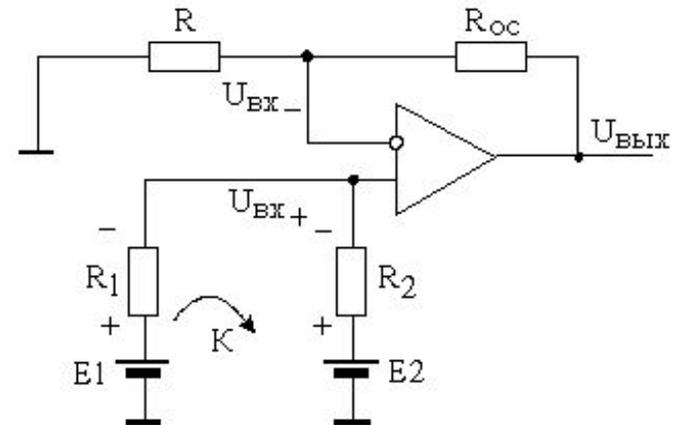
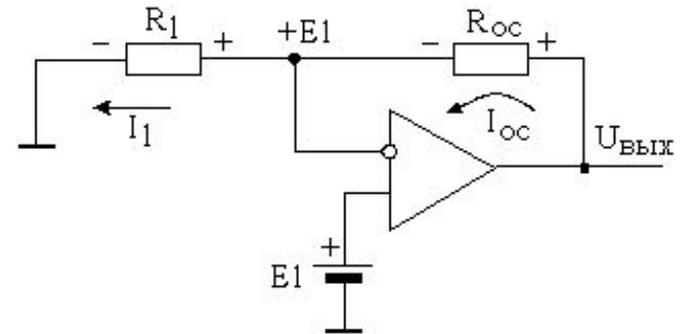
Операционные усилители

Основные схемы включения.

Б). Без инверсии

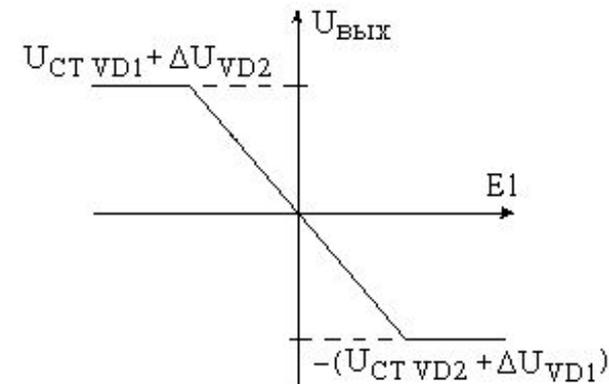
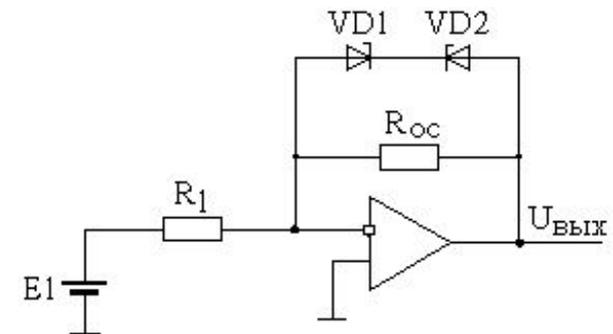
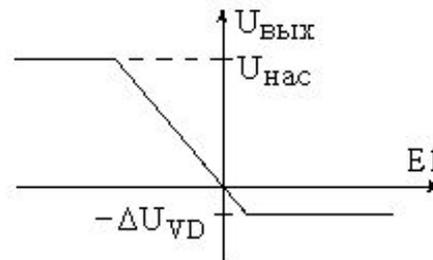
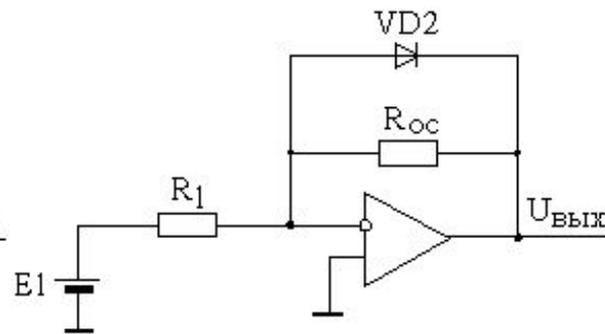
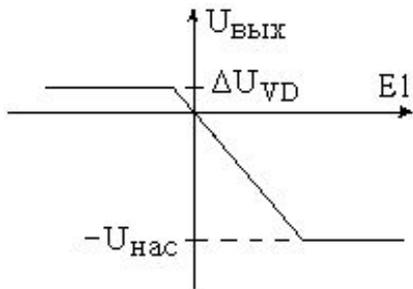
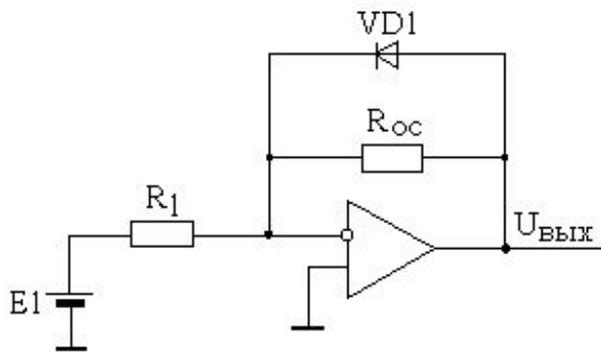


$$U_{\text{ВХ}} = \frac{E_1 + E_2}{2} \left(\frac{R_{\text{oc}}}{R} + 1 \right)$$



Ограничение выходного сигнала ОУ

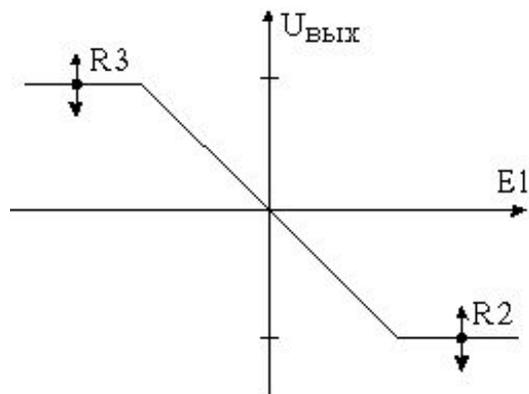
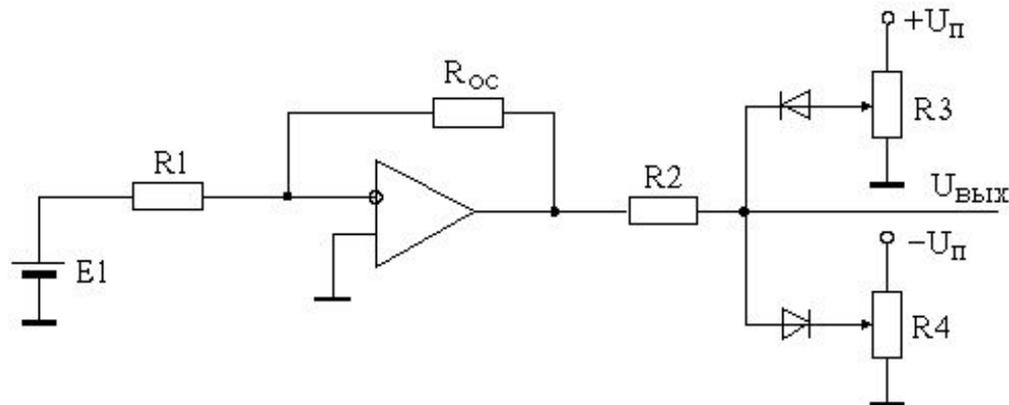
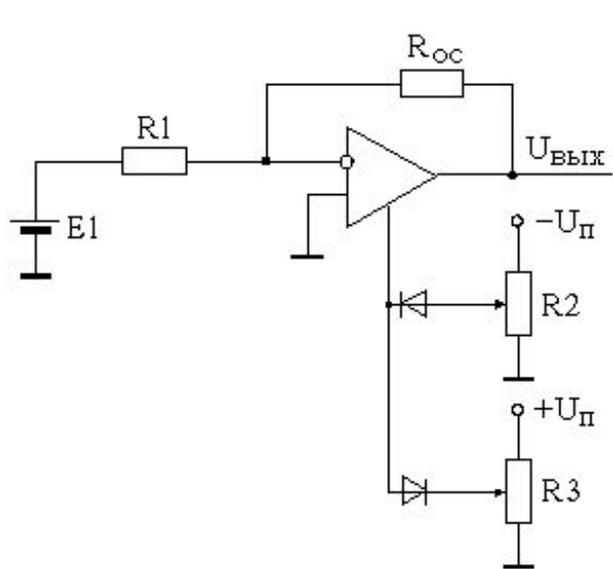
1. Нерегулируемое ограничение



Ограничение выходного сигнала ОУ

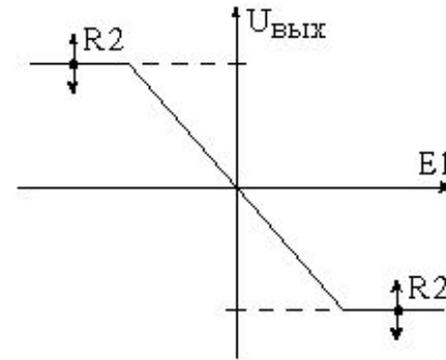
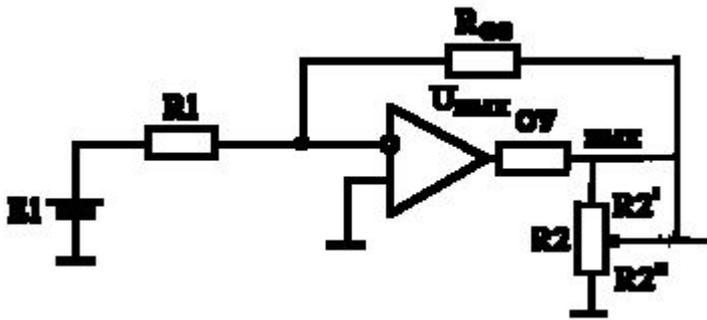
Б). В специальных ОУ.

В). Балластным R.



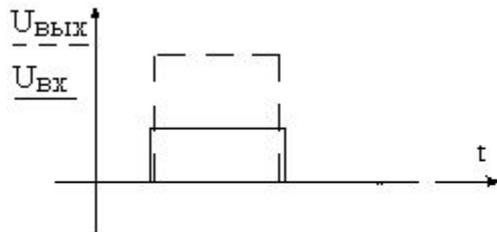
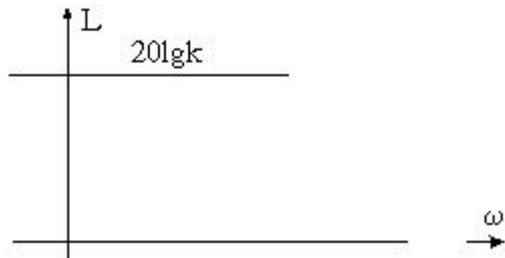
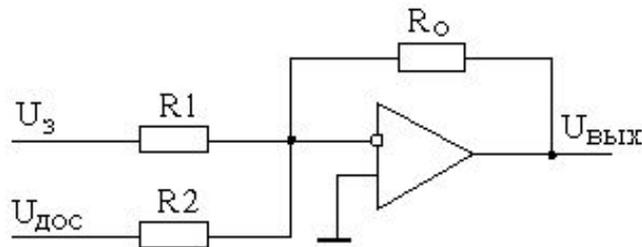
Ограничение выходного сигнала ОУ

Г). В преобразователях БТУ, ЭПУ – часть напряжения насыщения



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

1. П- регулятор



Выражение для уравнения передаточной характеристики:

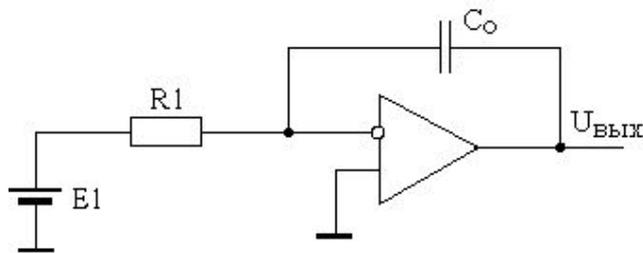
$$W(p) = \frac{Z_o(p)}{Z_{вх}(p)} = \frac{R_o}{R_1} = k$$

$$Z_o(p) = R_o$$

$$Z_{вх}(p) = R_1$$

Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

2. И – регулятор

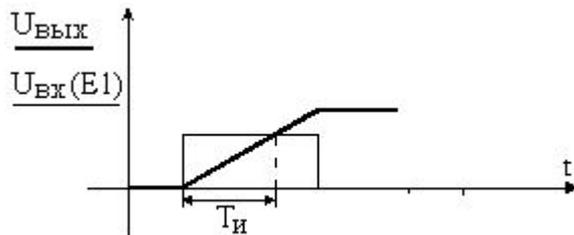
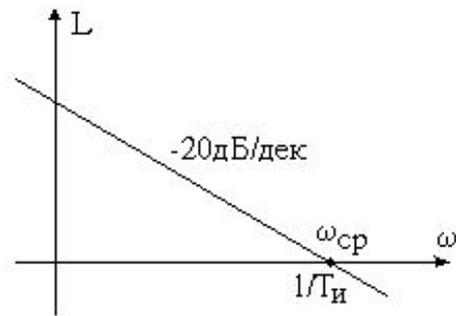


Выражение для уравнения передаточной характеристики:

$$Z_o(p) = \frac{1}{p \cdot C_o}$$

$$Z_{вх}(p) = R_1$$

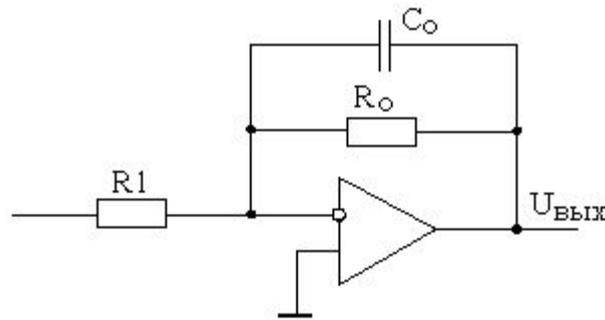
$$W(p) = \frac{Z_o(p)}{Z_{вх}(p)} = \frac{\frac{1}{p \cdot C_o}}{R_1} = \frac{1}{C_o \cdot R_1 \cdot p} = \frac{1}{T_u \cdot p}$$



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

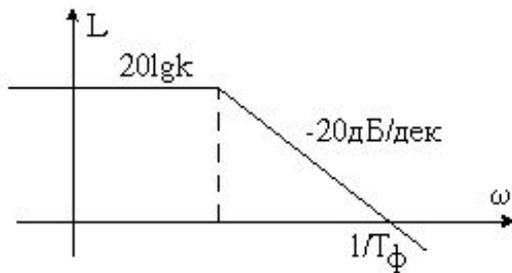
3. А – регулятор (фильтр)

Выражение для уравнения
передаточной характеристики:



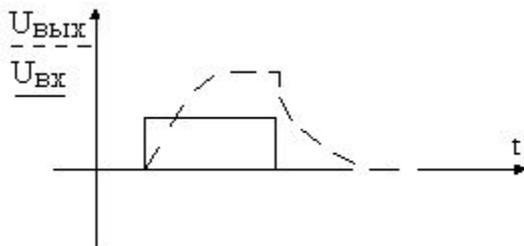
$$Z_o(p) = \frac{R_o \cdot \frac{1}{p \cdot C_o}}{R_o + \frac{1}{p \cdot C_o}}$$

$$Z_{вх}(p) = R_1$$



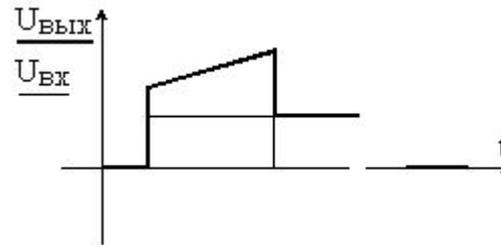
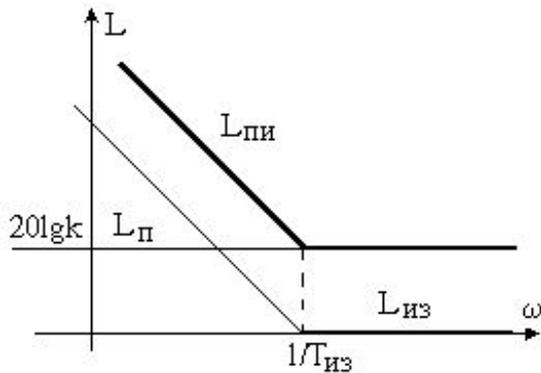
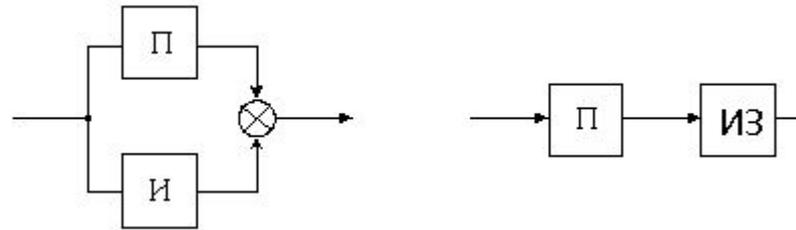
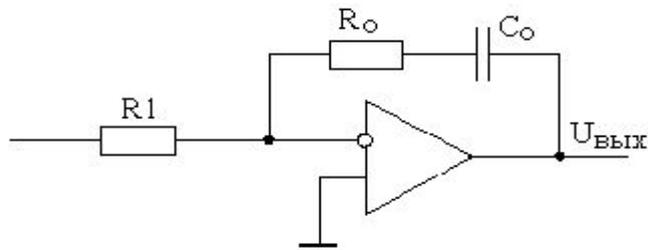
$$W(p) = \frac{Z_o(p)}{Z_{вх}(p)} = \frac{R_o \cdot \frac{1}{p \cdot C_o}}{R_1 \cdot (R_o + \frac{1}{p \cdot C_o})}$$

$$= \frac{R_o}{R_1} \cdot \frac{1}{R_o \cdot C_o \cdot p + 1} = k \cdot \frac{1}{T_\phi \cdot p + 1}$$



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

4. ПИ - регулятор



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

4. ПИ – регулятор. Вывод уравнения для выражения передаточной

$$Z_o(p) = R_o + \frac{1}{C_o \cdot p}; \text{ТИКИ}$$

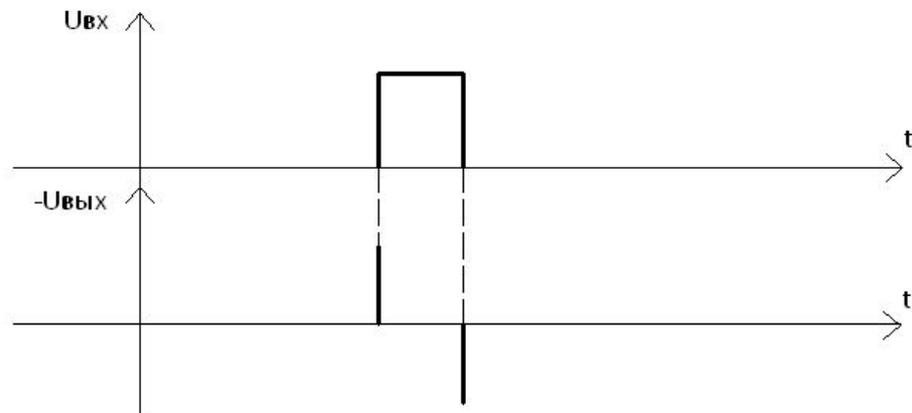
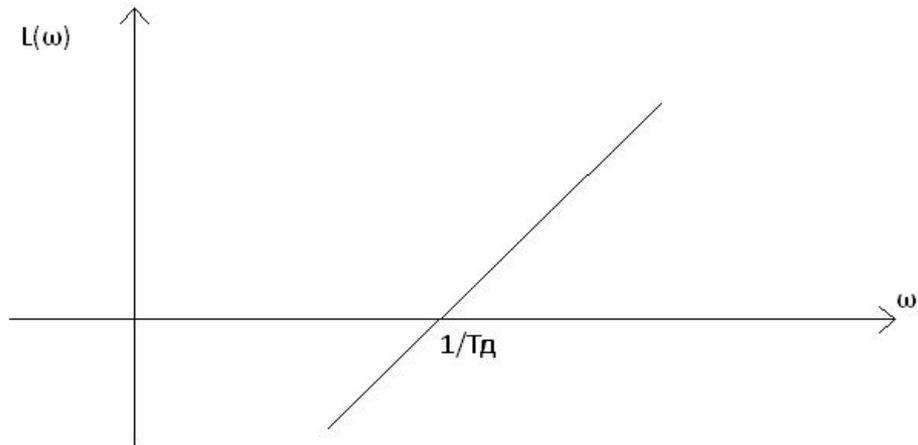
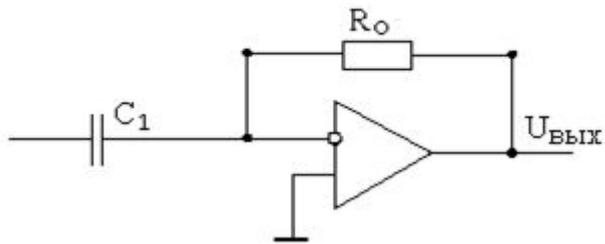
$$Z_{\text{ex}}(p) = R_1$$

$$W(p) = \frac{Z_o(p)}{Z_{\text{ex}}(p)} = \frac{R_o + \frac{1}{C_o \cdot p}}{R_1} =$$

$$\frac{R_o}{R_1} + \frac{1}{R_1 \cdot C_o \cdot p} = k + \frac{1}{T_u \cdot p} = \frac{R_o \cdot C_o \cdot p + 1}{R_1 \cdot C_o \cdot p}$$
$$= \frac{T_{uz} \cdot p + 1}{T_u \cdot p}$$

Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

5. Д – регулятор



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

5. Д – регулятор. Вывод уравнения для
выражения передаточной

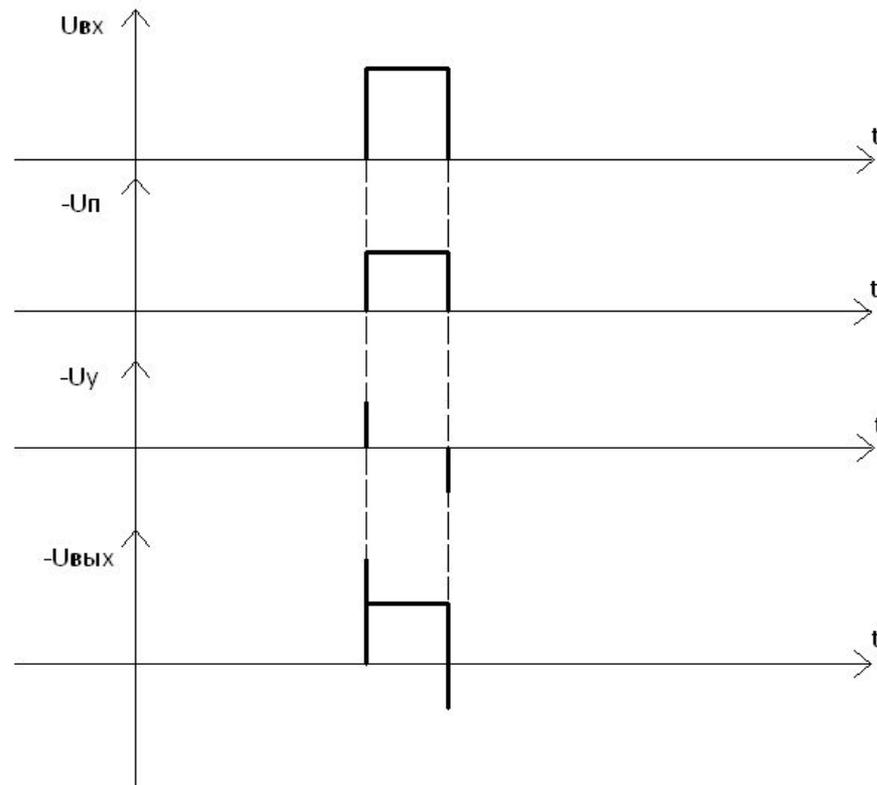
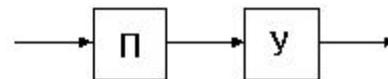
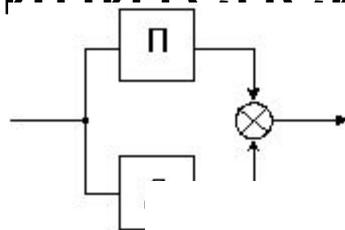
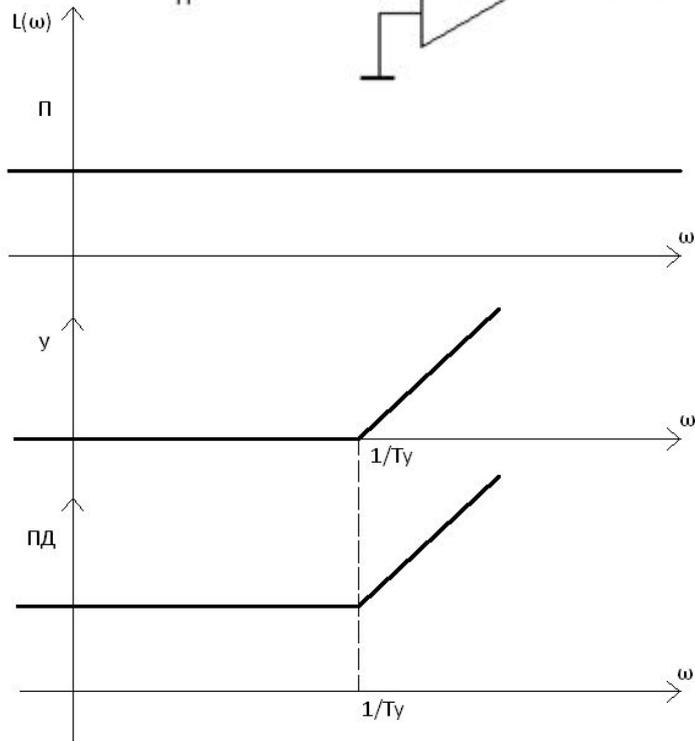
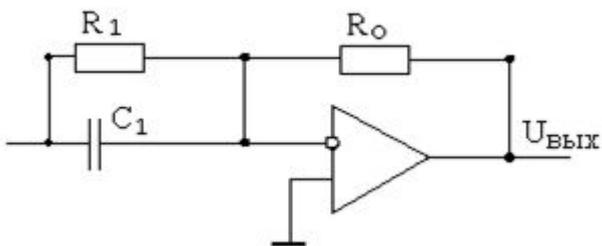
характеристики

$$Z_o(p) = R_o \quad Z_{ex}(p) = \frac{1}{C_1 \cdot p}$$

$$W(p) = \frac{Z_o(p)}{Z_{ex}(p)} = \frac{R_o}{\frac{1}{C_1 \cdot p}} = R_o \cdot C_1 \cdot p = T_\delta \cdot p$$

Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

6. ПП



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

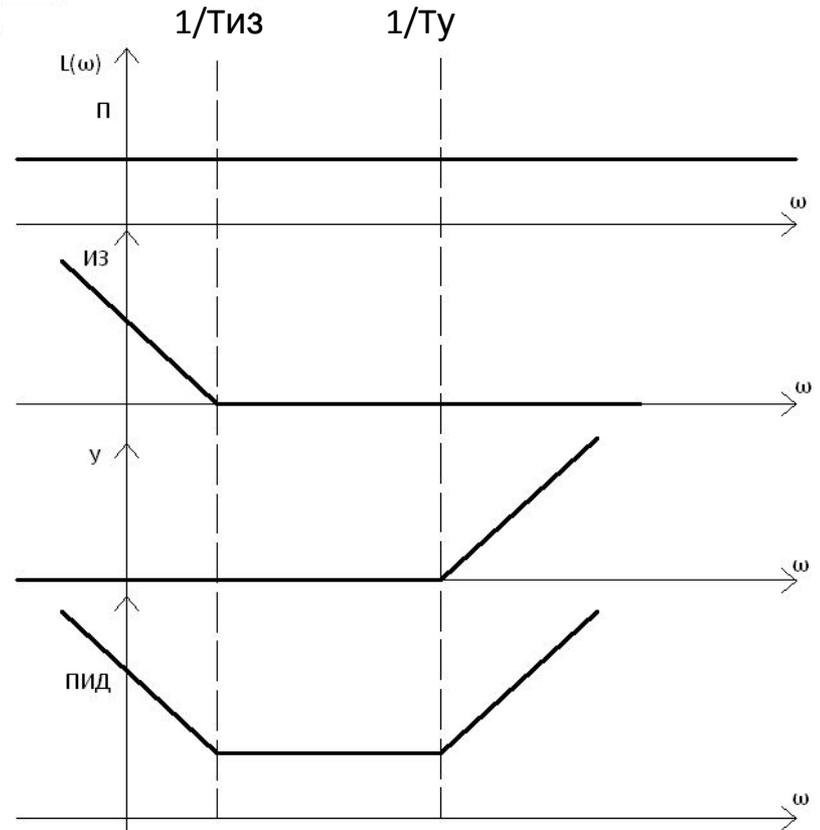
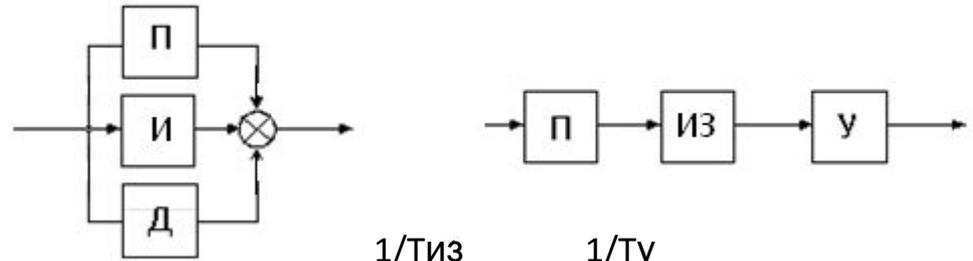
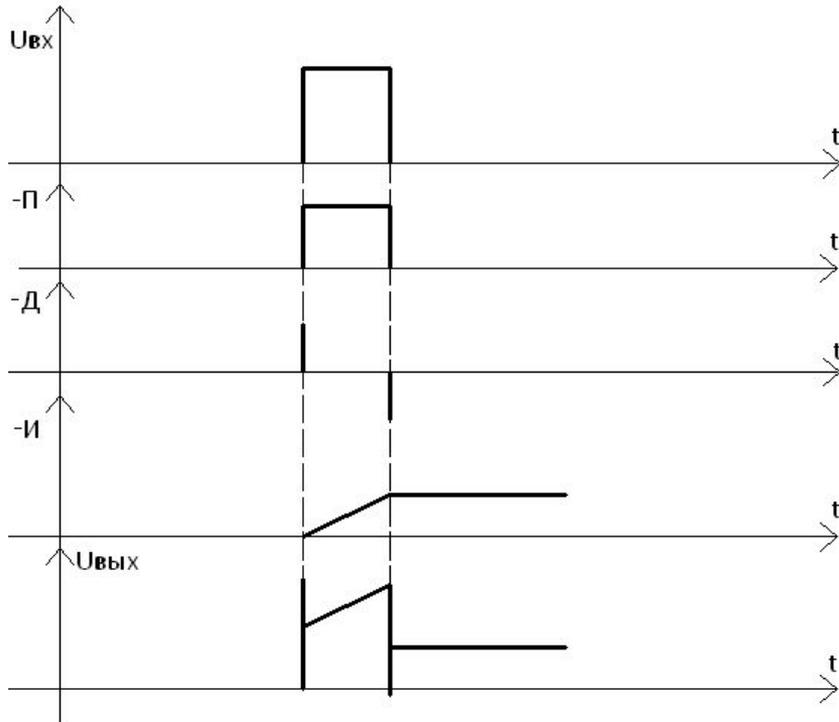
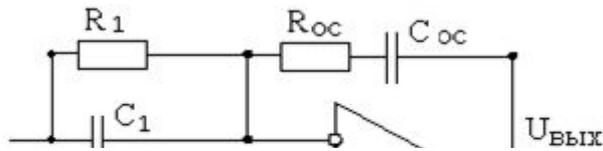
6. ПД – регулятор Вывод уравнения для
выражения передаточной
характеристики

$$Z_o(p) = R_o \quad Z_{\text{вх}}(p) = \frac{\frac{R_1}{C_1 \cdot p}}{R_1 + \frac{1}{C_1 \cdot p}} = \frac{R_1}{R_1 C_1 p + 1}$$

$$\begin{aligned} W(p) &= \frac{Z_o(p)}{Z_{\text{вх}}(p)} = \frac{R_o}{\frac{R_1}{R_1 C_1 p + 1}} = \frac{R_o}{R_1} \cdot (R_1 C_1 p + 1) \\ &= k \cdot (T_y \cdot p + 1) = \frac{R_o R_1 C_1 p + R_o}{R_1} \\ &= R_o C_1 p + \frac{R_o}{R_1} = T_\partial \cdot p + k \end{aligned}$$

Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

7. ПИД регулятор



Математическое преобразование выходного сигнала операционных усилителей

7. ПИД – регулятор. Передаточная функция

$$\begin{aligned}
 Z_o(p) &= R_o + \frac{1}{C_o \cdot p} = \frac{R_o C_o p + 1}{C_o \cdot p} \\
 Z_{ex}(p) &= \frac{\frac{R_1}{C_1 \cdot p}}{R_1 + \frac{1}{C_1 \cdot p}} = \frac{R_1}{R_1 C_1 p + 1} \\
 W(p) &= \frac{Z_o(p)}{Z_{ex}(p)} = \frac{\frac{R_o \cdot C_o \cdot p + 1}{C_o \cdot p}}{\frac{R_1}{R_1 \cdot C_1 \cdot p + 1}} = \frac{(R_o \cdot C_o \cdot p + 1) \cdot (R_1 \cdot C_1 \cdot p + 1)}{R_1 \cdot C_o \cdot p} \\
 &= \frac{R_o}{R_1} \cdot \frac{(R_1 \cdot C_o \cdot p + 1) \cdot (R_1 \cdot C_1 \cdot p + 1)}{R_1 \cdot C_o \cdot p} \\
 &= k \cdot \frac{(T_{uz} \cdot p + 1) \cdot (T_y \cdot p + 1)}{T_{uz} \cdot p} \\
 &= \frac{R_1 \cdot C_1 \cdot R_o \cdot C_o \cdot p^2 + (R_1 \cdot C_1 + R_o \cdot C_o) \cdot p + 1}{R_1 \cdot C_o \cdot p} \\
 &= C_1 \cdot R_o \cdot p + \frac{1}{C_o \cdot R_1 \cdot p} + \frac{C_o \cdot R_o + C_1 \cdot R_1}{C_1 \cdot R_o} \\
 &= k + \frac{1}{T_H \cdot p} + T_D \cdot p
 \end{aligned}$$

Передаточные функции

1. $W(p) = K \text{ П}$
2. $W(p) = 1/T_i * p \text{ И}$
3. $W(p) = K/(T_f * p + 1) \text{ А}$
4. $W(p) = K(T_{из} * p + 1)/T_{из} * p = K + 1/T_i * p \text{ ПИ}$
5. $W(p) = T_d * p \text{ Д}$
6. $W(p) = K(T_y * p + 1) = K + T_d * p \text{ ПД}$
7. $W(p) = K(T_{из} * p + 1)(T_y * p + 1)/T_{из} * p =$
 $= K * + 1/T_i * P + T_d * p \text{ ПИД}$