ЭЛЕКТРОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

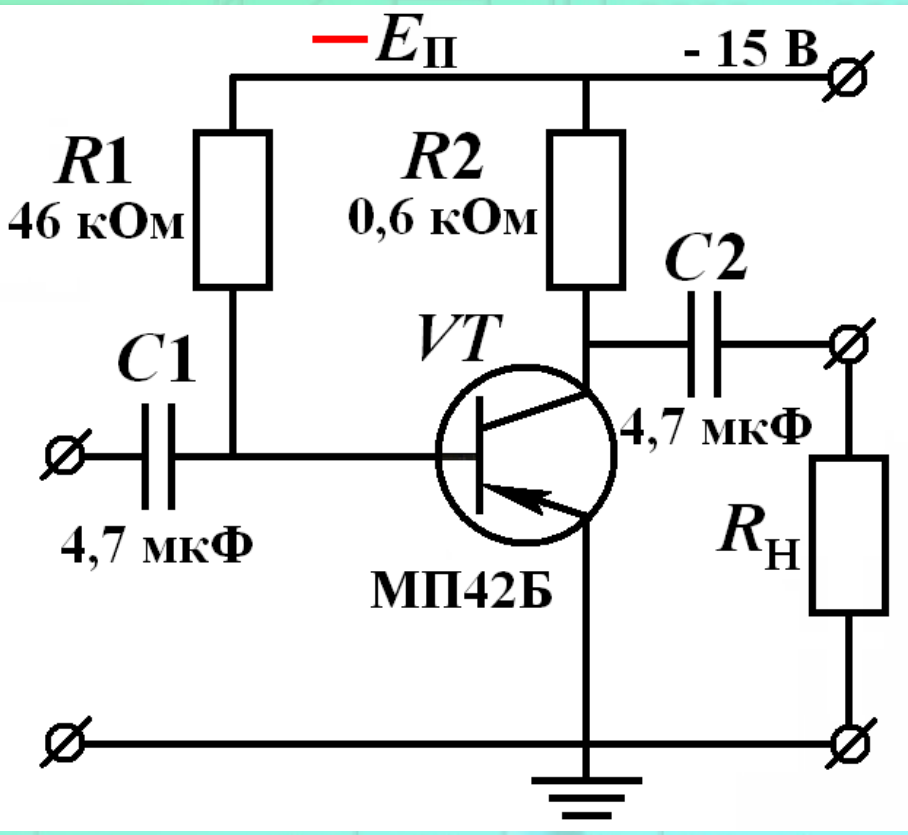
Oleg Stukach

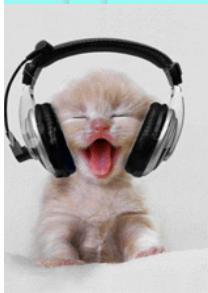
TPU, 30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

E-mail: tomsk@ieee.org

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

- Общая схема усилителя
- Энергетические характеристики
- Частотные характеристики
- Обратная связь в усилительных устройствах
- Усилители импульсных сигналов
- Схемотехника усилителей





УСИЛИТЕЛЬ - ЭТО

устройство для преобразования энергии источника питания в энергию сигнала в нагрузке (выходного сигнала) под воздействием маломощного управляющего (входного) сигнала

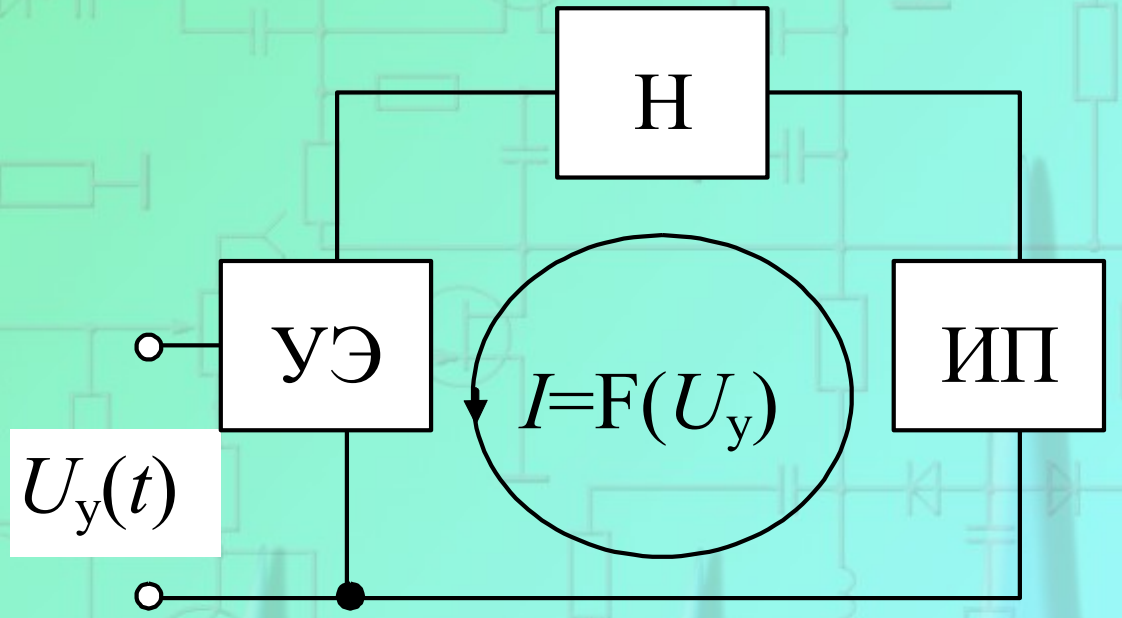
Из курсовой работы студента ТУСУРа

1 ВВЕДЕНИЕ

С момента появления человека появилась необходимость в создании усилителей. Человеку разумному необходимо было переносить тяжести / например куски убитого мамонта / Первым усилителем, вероятно, было сложение сил двух и более людей. Потом появился рычаг, как более прогрессивный метод усиления. С появлением радио появилась необходимость усиливать радиосигналы. Ни один из ранее извесных способов усиления неподходил и человеку пришлось изобретать новый вид усилителя — электронный.

Обобщенная структурная схема усилителя

Усилитель - устройство для преобразования энергии источника питания в энергию сигнала в нагрузке (выходного сигнала) под воздействием маломощного управляющего (входного) сигнала



Энергетические характеристики усилителя

- максимальная мощность (напряжение, ток) выходного сигнала при заданной нагрузке
- коэффициент усиления входного сигнала по мощности

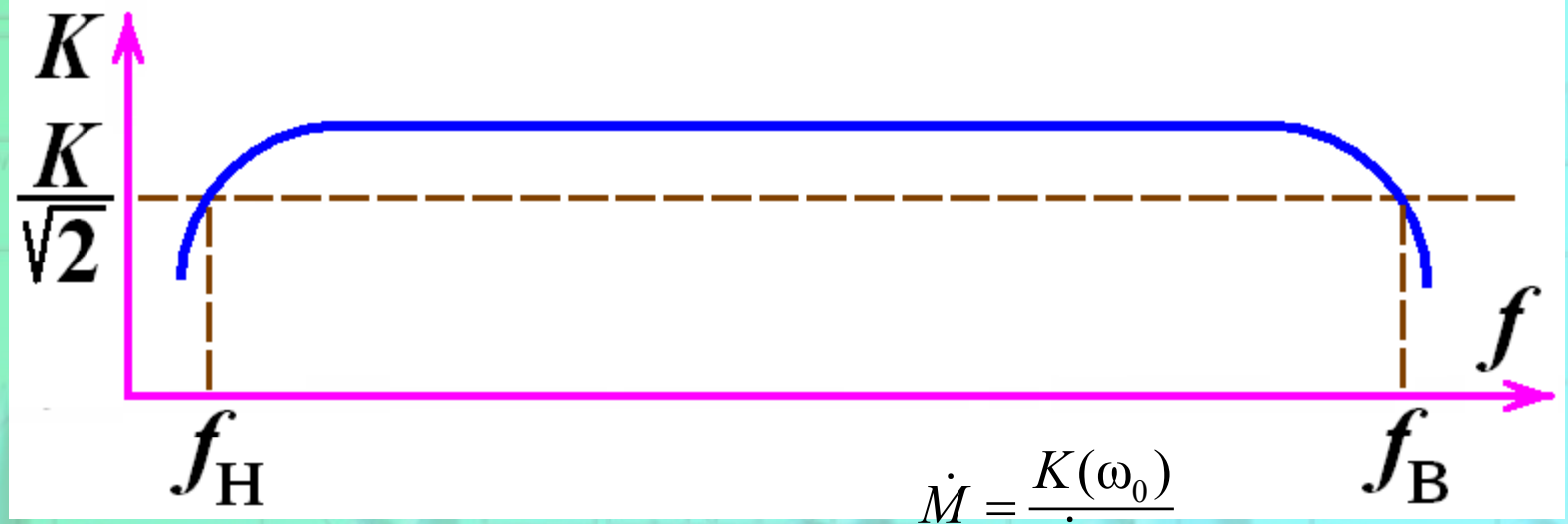
$$K_{\text{Р}} = \frac{P_{\text{Н}}}{P_{\text{у}}} \qquad K_U = \frac{U_{\text{Н}}}{U_{\text{у}}} \qquad K_I = \frac{I_{\text{Н}}}{I_{\text{у}}}$$

- коэффициент полезного действия $\eta = \dfrac{P_{\text{Н}}}{P_U}$

Информационные характеристики

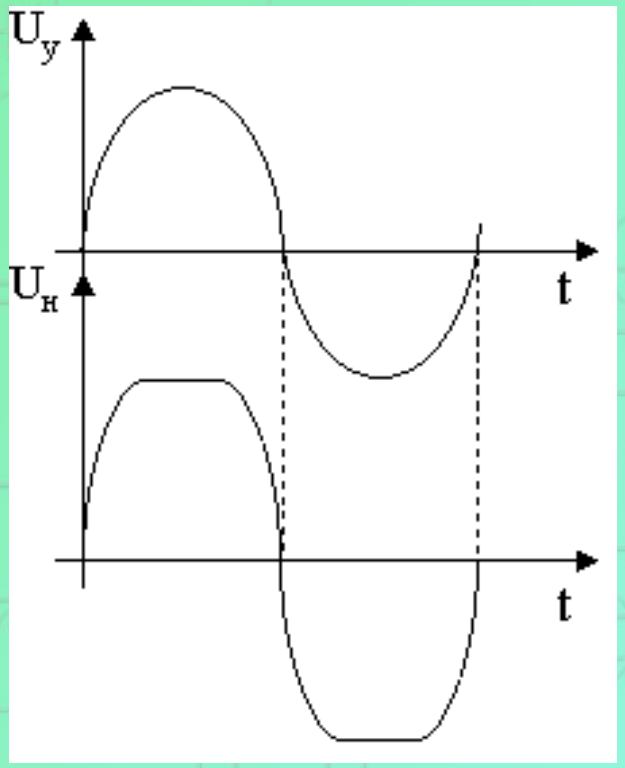
- диапазон частот усиливаемых сигналов
- точность воспроизведения формы входного сигнала

АЧХ



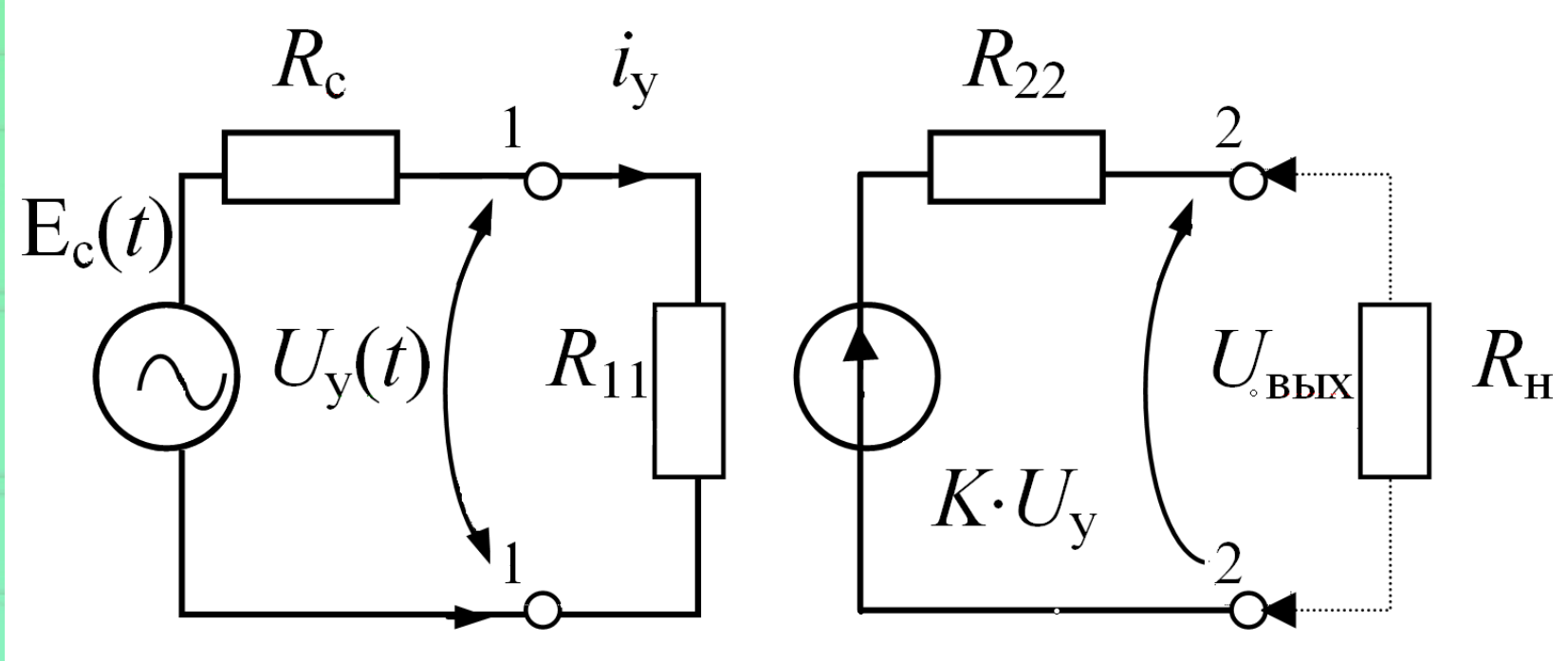
$$\dot{M} = \frac{K(\omega_0)}{\dot{K}(\omega)}$$

Нелинейность усилителя



$$K_Г = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \ldots + U_n^2}}{U_1}$$

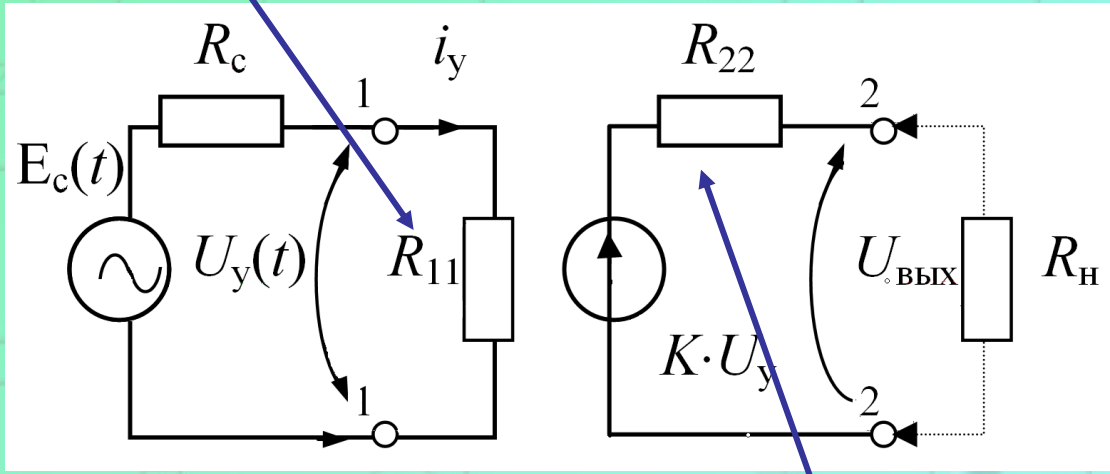
Линеаризованная модель усилителя



$$K = \left.\frac{U_{вых}}{U_y}\right|_{R_Н=\infty}$$

Входное сопротивление

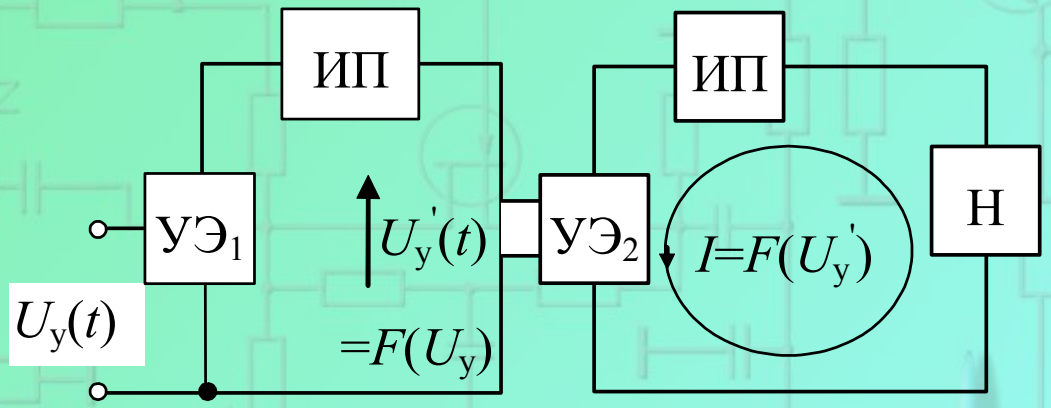
- $R11 >> Rc$, $Uy \rightarrow Ec(t)$ – усилитель напряжения
- $R11 << Rc$, $Uy \rightarrow Ic(t) \cdot R11$- усилитель тока



- Если $R22 \rightarrow 0$, то усилитель приобретает свойства *идеального управляемого источника ЭДС*
- Если $R22 \rightarrow \infty$, то усилитель приобретает *свойства идеального управляемого источника тока*

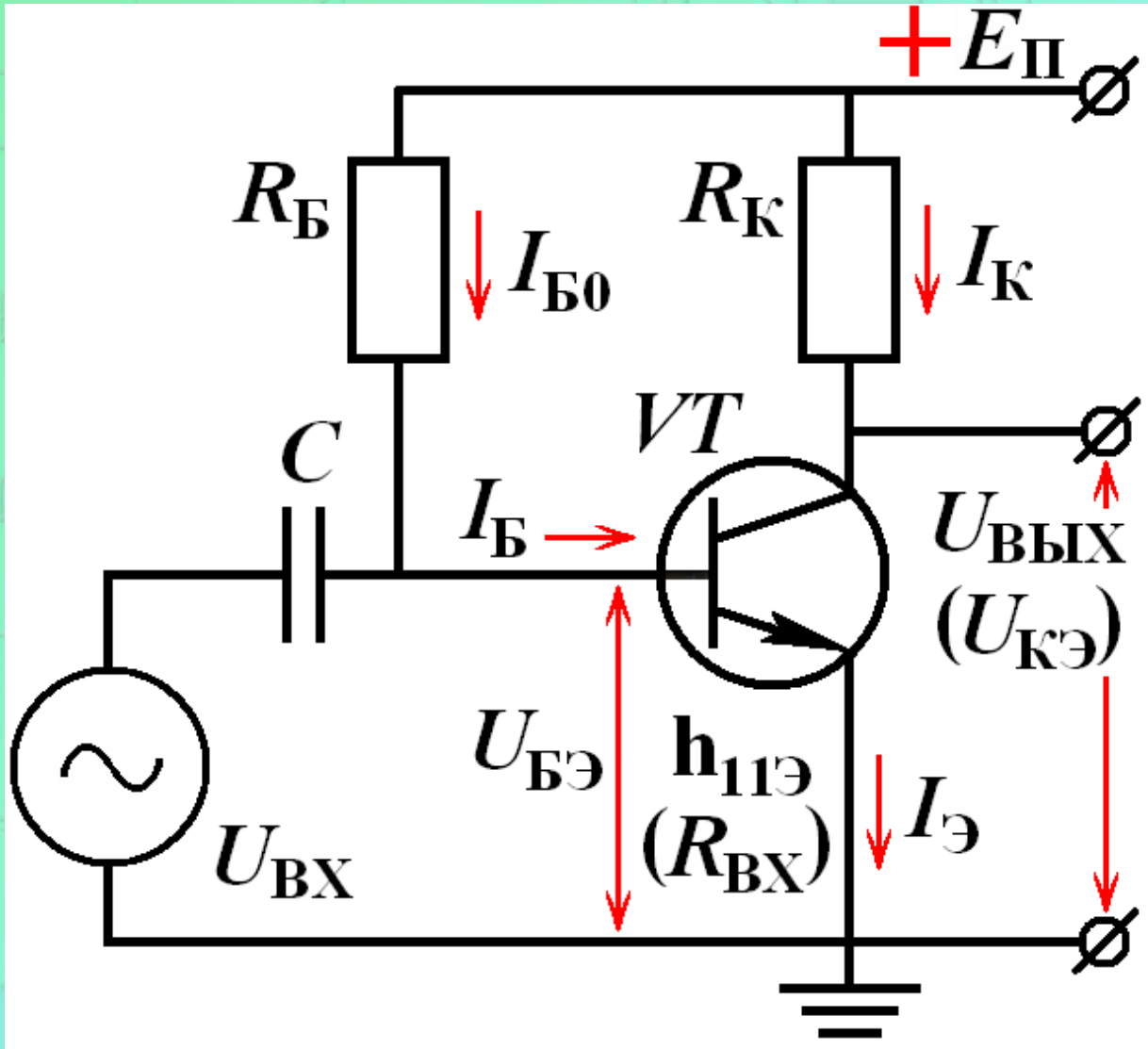
Выходное сопротивление

Двухкаскадный усилитель

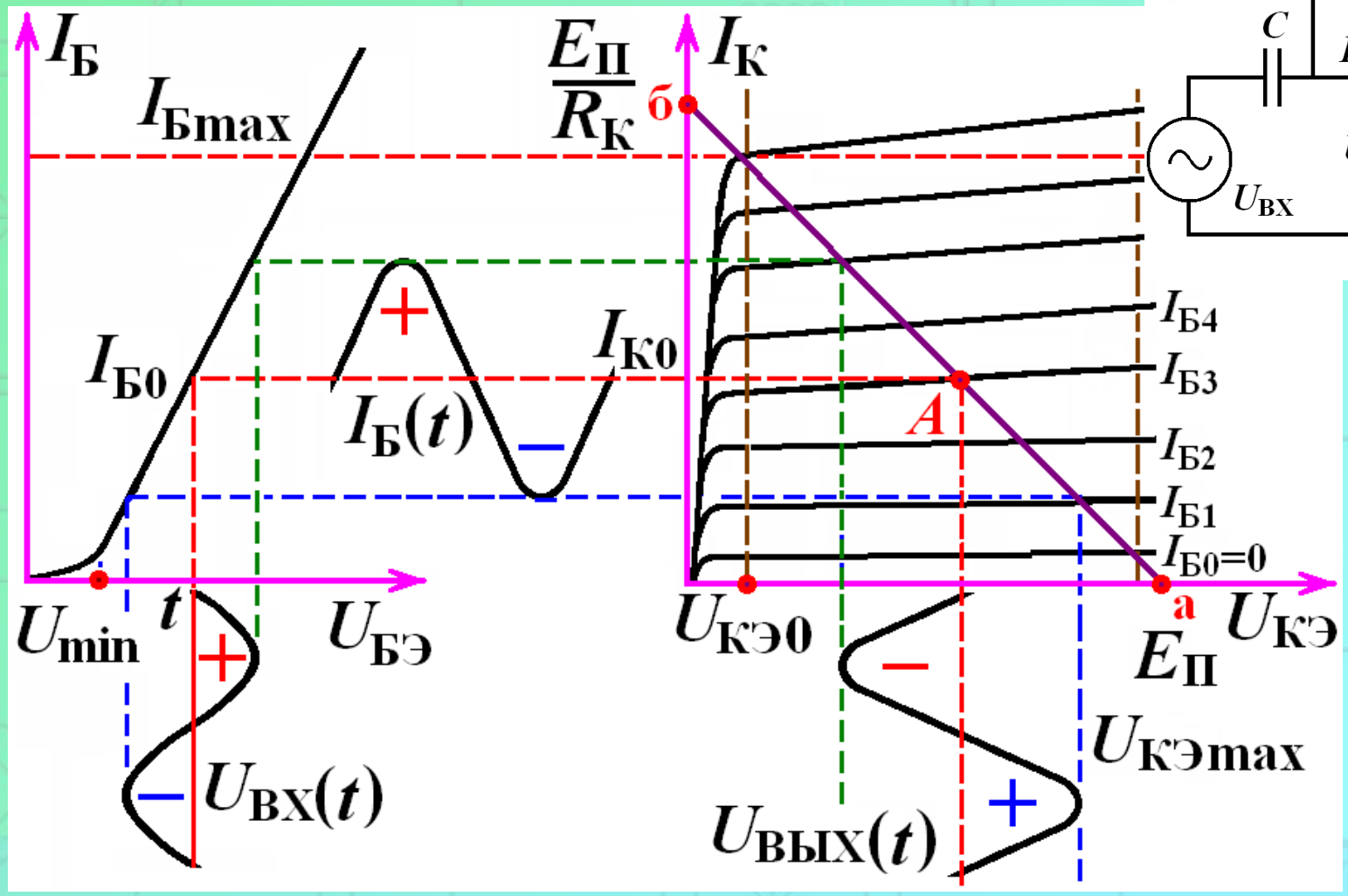


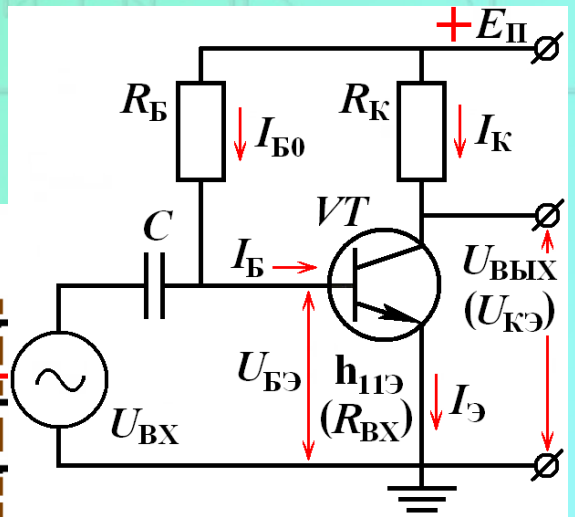
$K = K1 \cdot K2 \cdot \ldots \cdot Kn$

Усилительный каскад на транзисторе, включённом по схеме с общим эмиттером



Графическое представление





Коэффициент усиления по току:

$$\beta = \frac{I_{ВЫХ}}{I_{ВХ}}$$ или $h_{21Э}$ (десятки-сотни).

Входное сопротивление:

$$R_{ВХ} = \frac{U_{ВХ}}{I_{ВХ}}$$ или $h_{11Э}$ (сотни Ом – кОмы)

Выходное сопротивление:

$$R_{ВЫХ} = \frac{U_{ВЫХ}}{I_{ВЫХ}}$$ или $\frac{1}{h_{22Э}}$ (десятки-сотни Ом)

Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_U = \frac{I_{ВЫХ} \cdot R_К}{I_{ВХ} \cdot R_{ВХ}} = h_{21Э} \cdot \frac{R_К}{h_{11Э}};$$

Коэффициент усиления по мощности:

$$K_P = h_{21Э} \cdot K_U = h_{21Э}^2 \cdot \frac{R_К}{h_{11Э}};$$

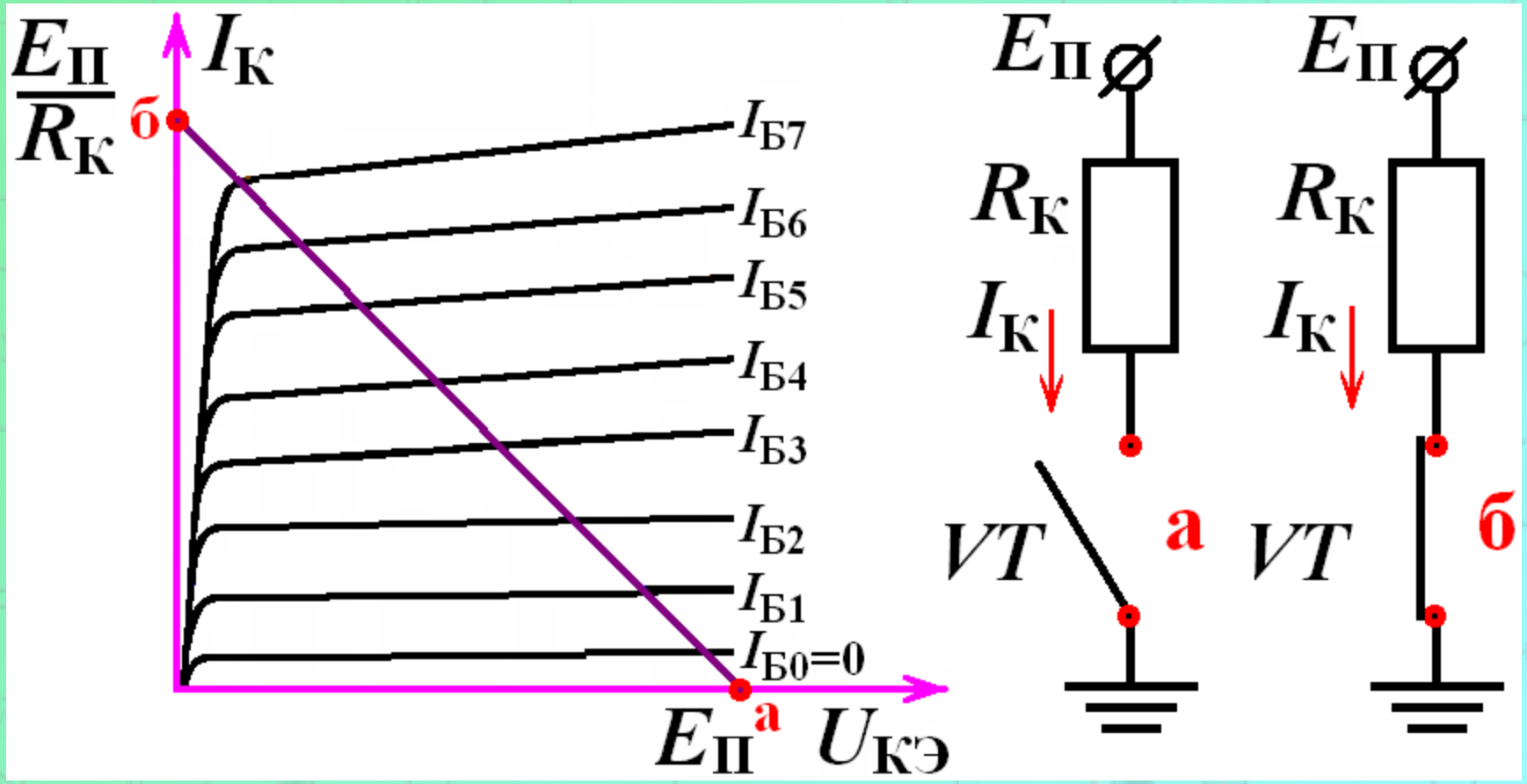
Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{P_{ВЫХ}}{P_К};$$

$$P_{ВЫХ} = U_К \cdot I_К;$$

$$P_К = U_{КЭ0} \cdot I_{К0}.$$

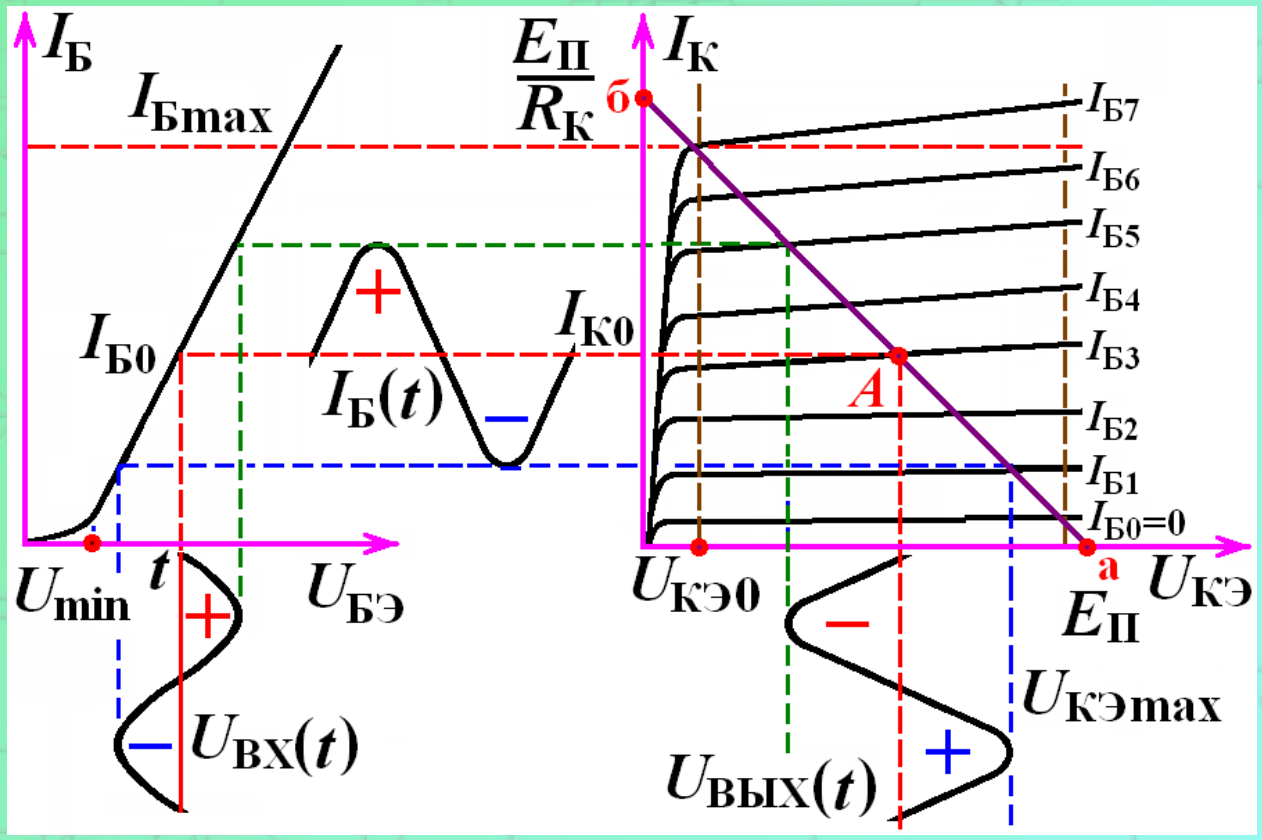
полная потребляемая мощность схемы

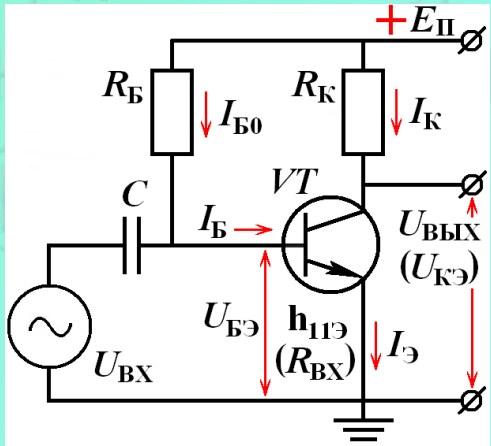


Построение нагрузочной прямой по предельным точкам:

а – транзистор открыт; б – транзистор закрыт

Графическое представление





$$I_К = \frac{E_П - U_{КЭ}}{R_К};$$

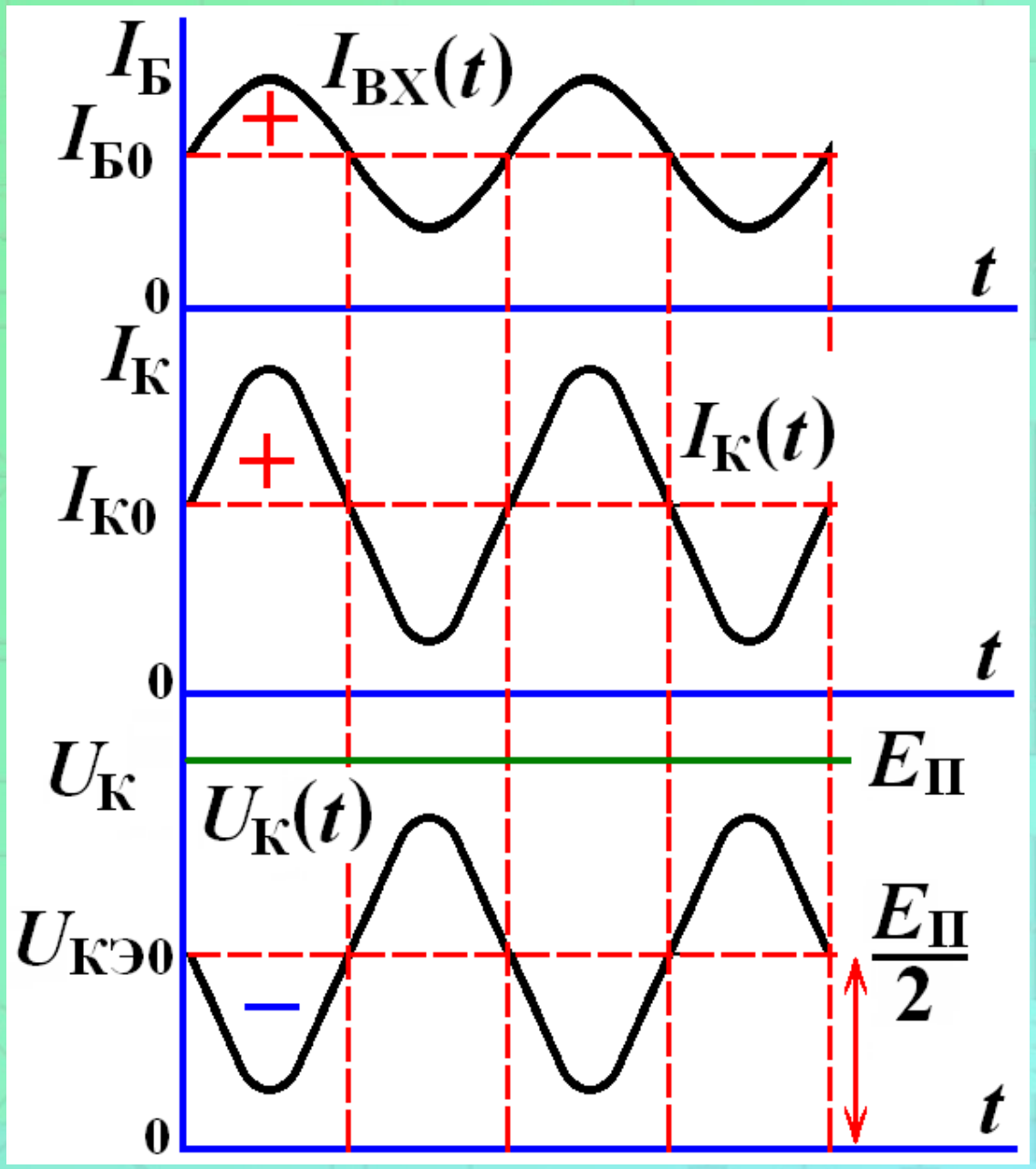
Точка б:

$$U_{КЭ} = 0; \quad I_К = \frac{E_П}{R_К};$$

Точка а:

$$I_К = 0;$$

$$U_{КЭ} = E_П.$$



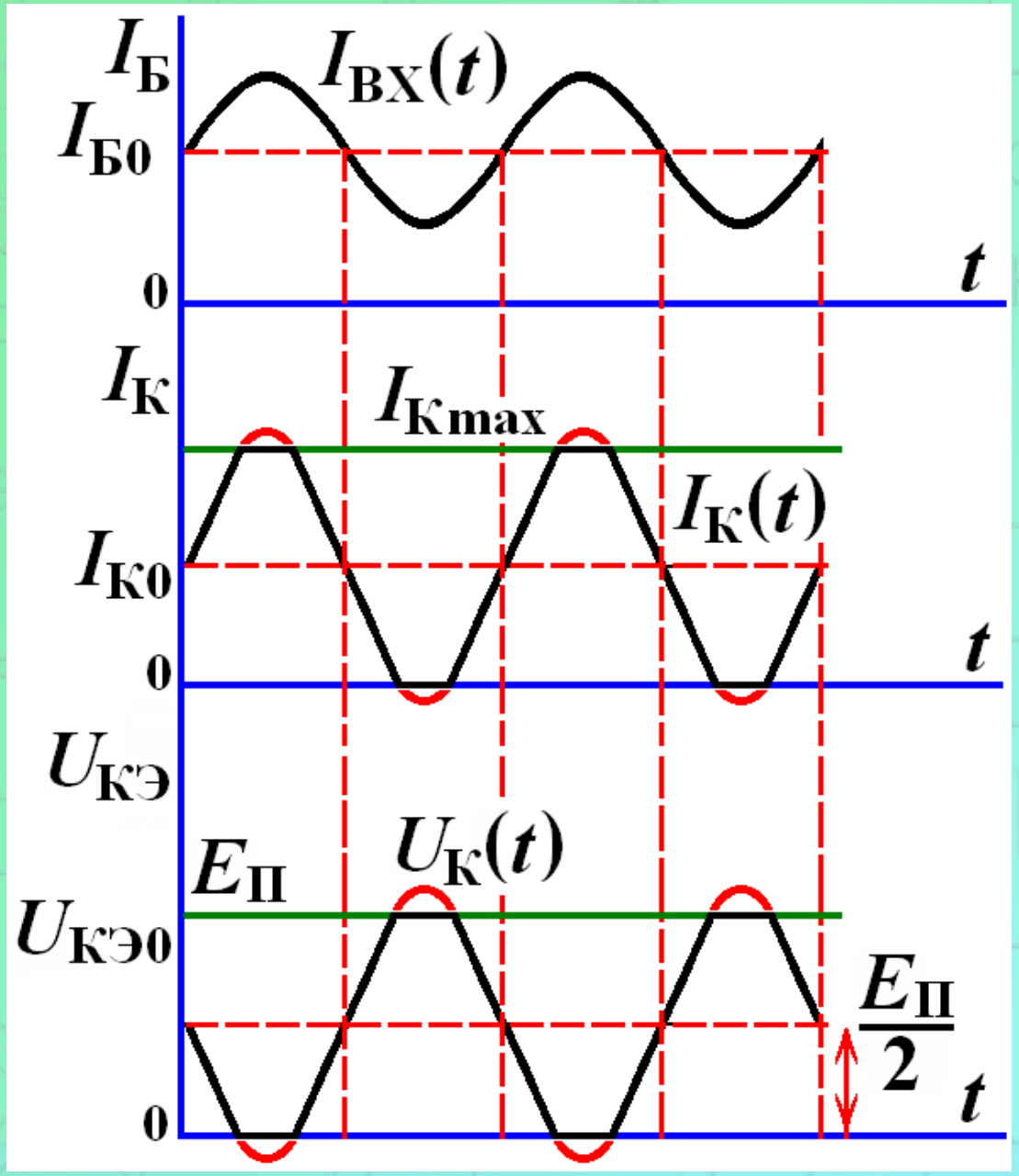
$$U_{ВЫХ} = -K_U \cdot U_{ВХ};$$

$$U_{КЭ0} \approx \frac{E_П}{2};$$

$$U_К(t) \le \frac{E_П}{2};$$

$$U_{ВЫХ}(t) = U_К(t);$$

K_U – коэффициент усиления по напряжению



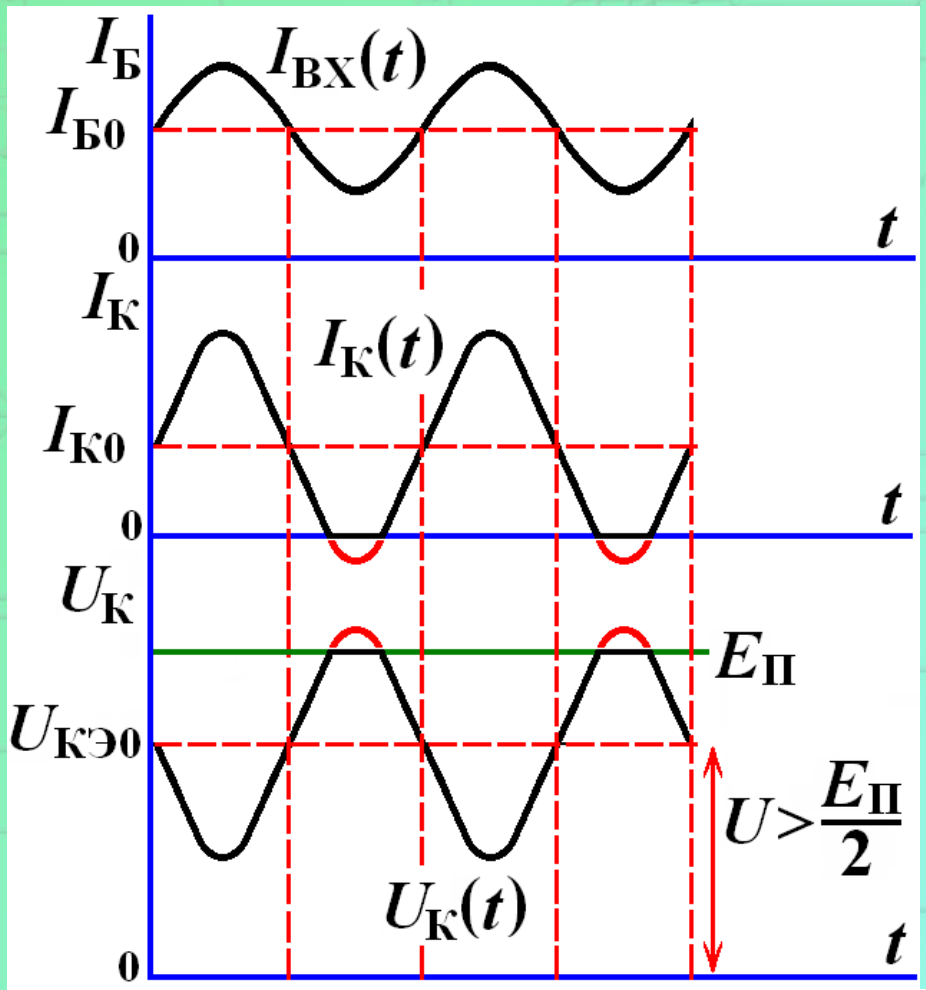
$$I_{Б\max} = \frac{I_{К\max}}{h_{21Э}};$$

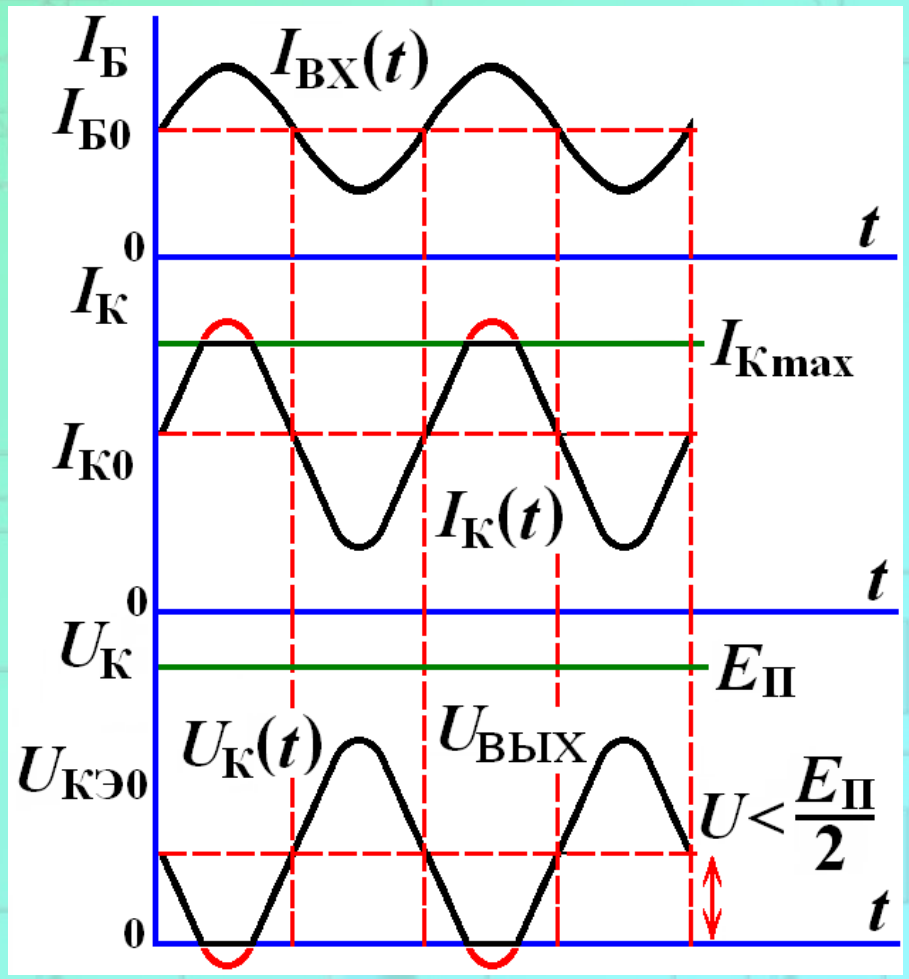
$$I_{К\max} = \frac{E_П}{R_К};$$

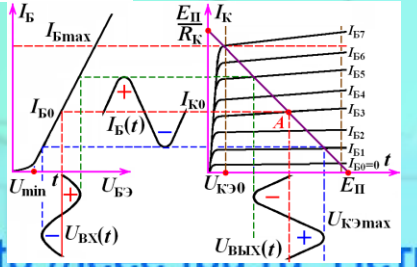
$$I_{К0} \approx \frac{I_{К\max}}{2};$$

$$I_{К\min} \approx 10 \cdot I_{КБ0}.$$

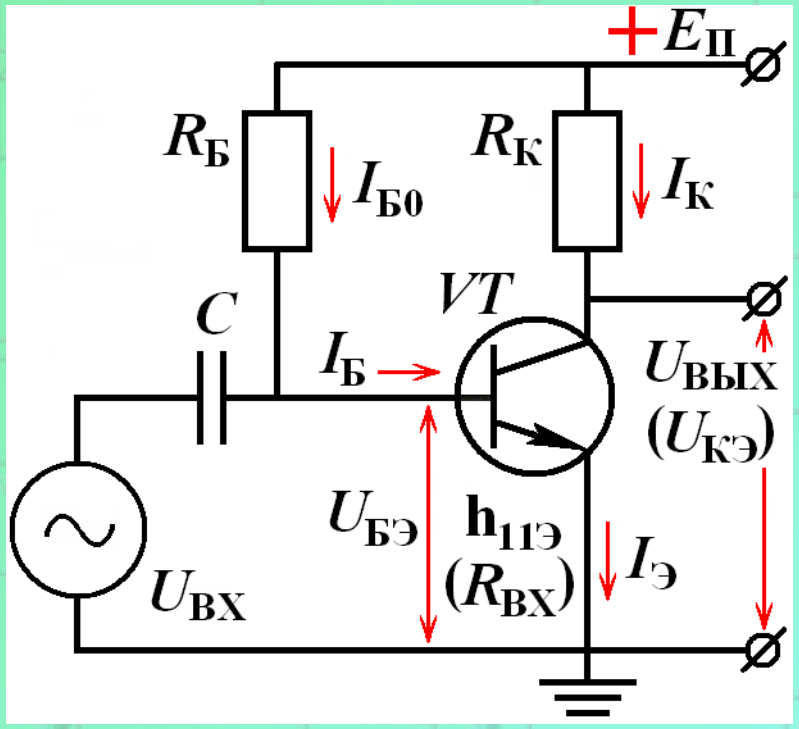
Искажение формы сигнала

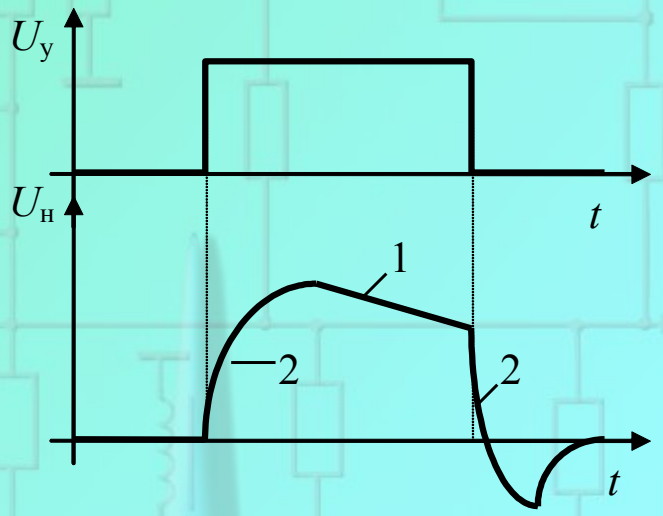






Импульсный усилитель





Элементы связи усилительных устройств

Подключение входного сигнала к управляющим зажимам усилителя и нагрузки к выходным зажимам осуществляется с помощью специальных элементов связи.

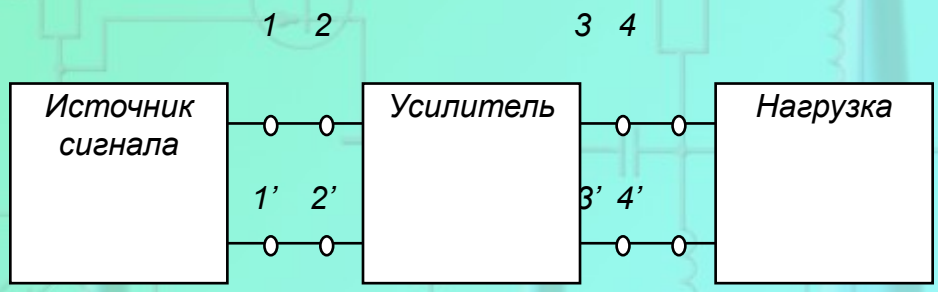
К этим элементам предъявляются следующие требования: минимальные потери энергии сигнала, минимальные вносимые искажения сигнала, минимальные вес и габариты, технологическая совместимость-с остальными элементами усилителя. Кроме того, очевидным является требование, чтобы подключение источника сигнала и нагрузка через элементы связи не приводили к изменению расчетного режима покоя

Виды связи

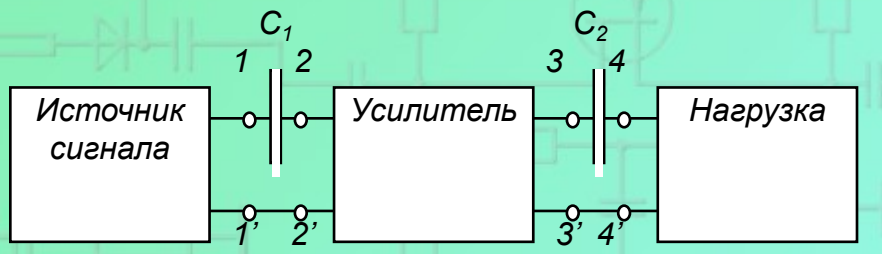
- Гальваническая (непосредственная)
- Емкостная
- Трансформаторная
- Оптическая

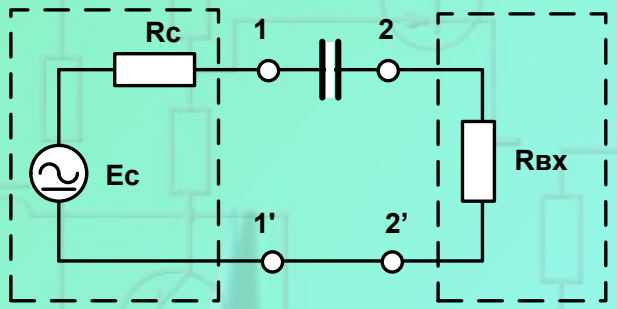
Гальваническая связь

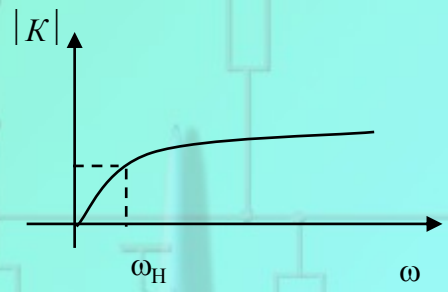
- Реализация гальванической связи часто требует дополнительных источников питания, специальных каскадов сдвига уровня

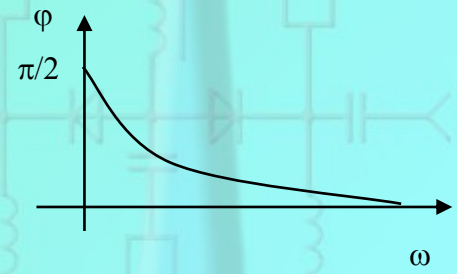


Емкостная связь

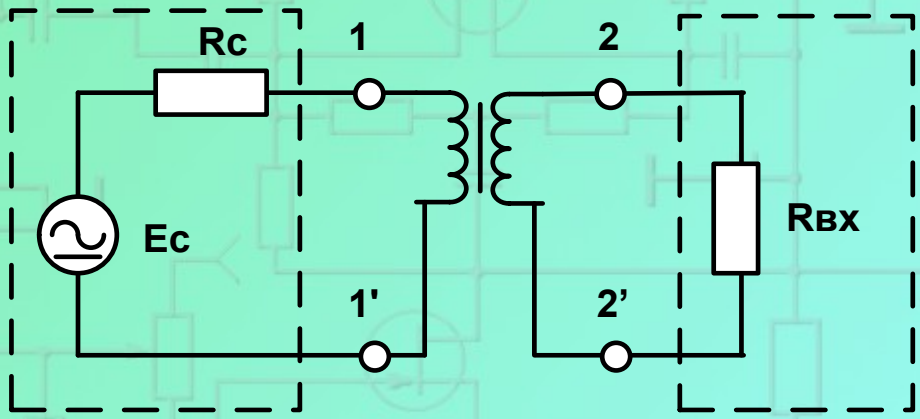


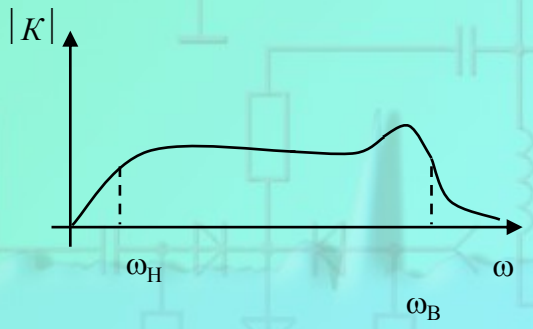




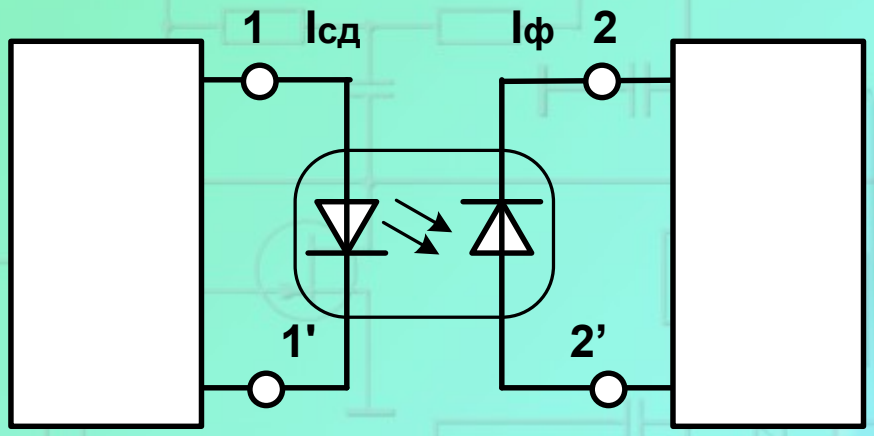


Трансформаторная связь



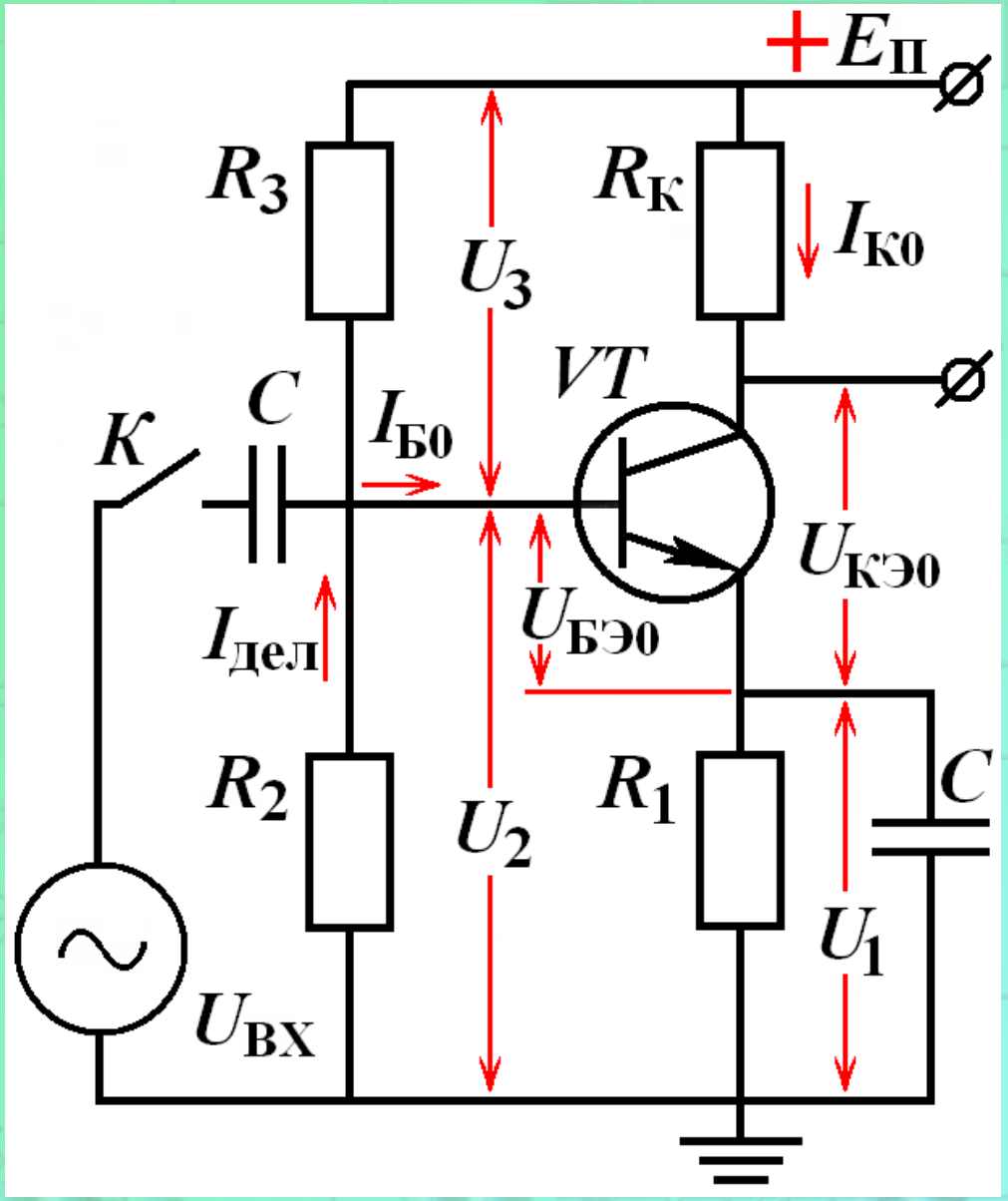


Оптическая связь



Принципы построения усилительных каскадов

- *Цепи задания и стабилизации режима покоя являются обязательными элементами любого усилителя.*
- *Начальный режим работы определяется видом входного сигнала – разнополярный, однополярный (положительный, отрицательный), необходимой амплитудой выходного сигнала, экономичностью (КПД), допустимыми искажениями.*



Стабилизация рабочей точки