

**Внимание !**

**Тишина !**

**Усилители.**

- 1. Назначение и классификация.**
- 2. Параметры и характеристики.**
- 3. Режимы работы.**
- 4. Принцип работы.**

# **1. Назначение и классификация**

**Полупроводниковые приборы  
нашли наиболее широкое  
применение в электронных  
усилителях.**

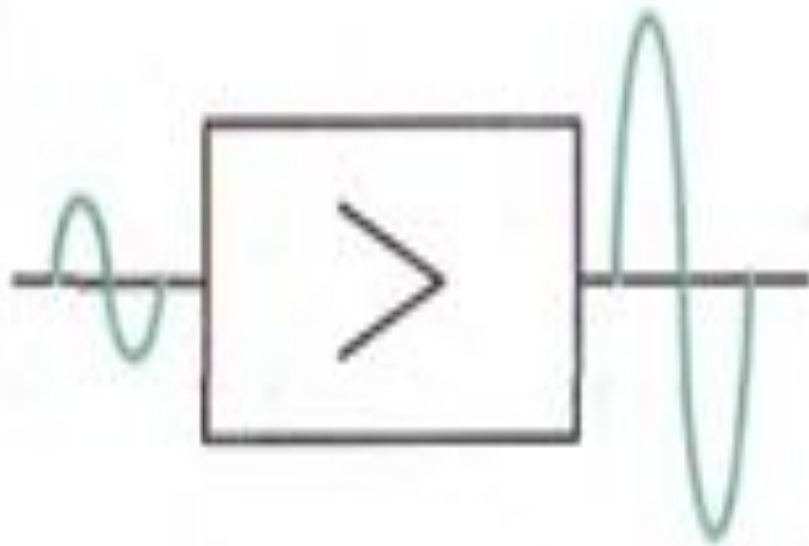
**Под усилителем будем понимать  
устройство, усиливающее  
мощность электрических сигналов  
за счет энергии источника  
электропитания.**

**По роду работы усилители подразделяются:**  
**на линейные (пропорциональные), у которых сигнал на выходе пропорционален входному сигналу (рис. 1, а);**  
**релейные, у которых форма сигнала на выходе отличается от формы входного сигнала, при этом выходной сигнал появляется лишь при достижении входным сигналом заданного уровня (рис. 1, б).**

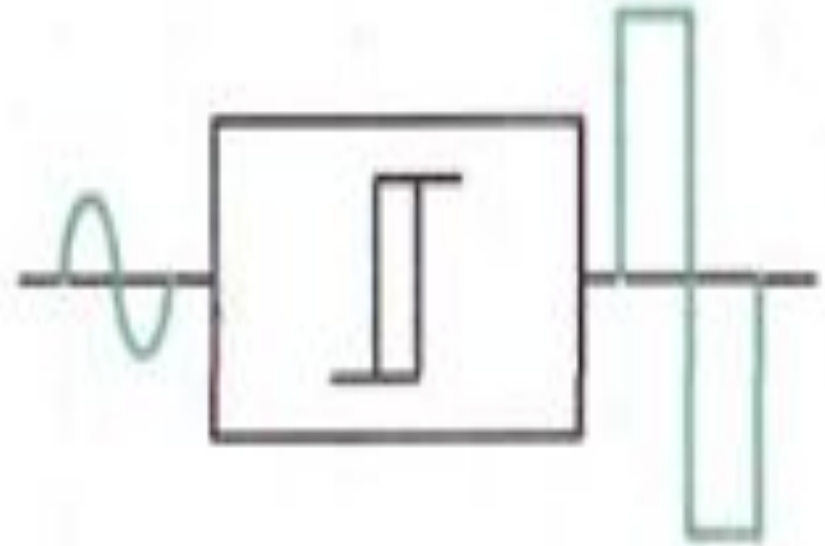
**В зависимости от назначения различают:**

- **усилители тока;**
- **усилители напряжения;**
- **усилители мощности.**

**Рис. 1. Усилители: а — линейный; б — релейный.**



а



б

**По характеру спектра сигналов усилители подразделяются следующим образом:**

- **усилители постоянного тока (УПТ) — усиливают постоянные электрические сигналы, а также переменные - частотой от долей герца до нескольких килогерц;**
- **низкой частоты (УНЧ) —от 10Гц-20кГц;**
- **широкополосные (ШУ) — от единиц герца до десятков мегагерц;**
- **избирательные (ИУ) — усиливают электрические сигналы только одной частоты.**

# **Связь, осуществляемая между каскадами усилителя, может быть:**

- **гальваническая — применяется в УПТ (только с помощью резисторов);**
- **реостатно-емкостная (РС-связь) — применяется в УНЧ и ШУ;**
- **трансформаторная — применяется в УНЧ и ИУ.**



## 2. Параметры и характеристики.

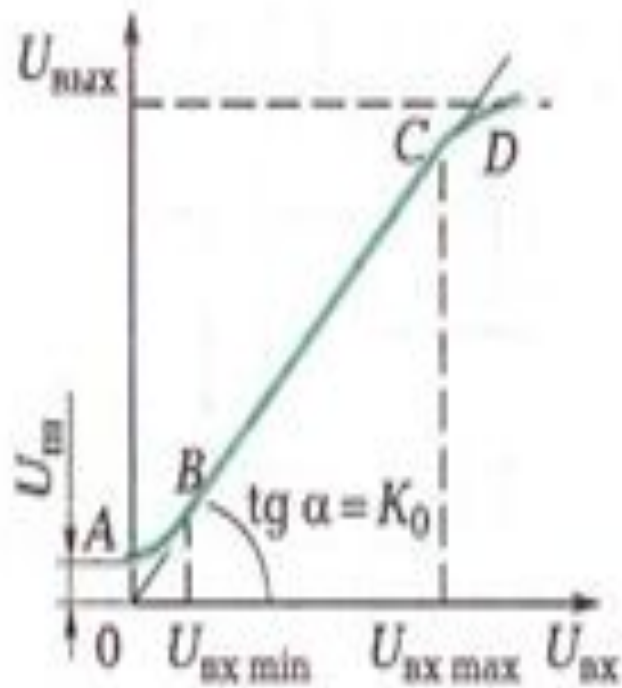
Одним из основных параметров, характеризующих усилительные свойства усилителя, является **коэффициент усиления**.

Различают коэффициент усиления по напряжению  $K_u = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ , т.е. отношение переменной составляющей напряжения на выходе к переменной составляющей напряжения на входе, коэффициенты усиления по току  $K_j$ , и мощности  $K_p$  — отношения выходных и входных токов и мощностей.

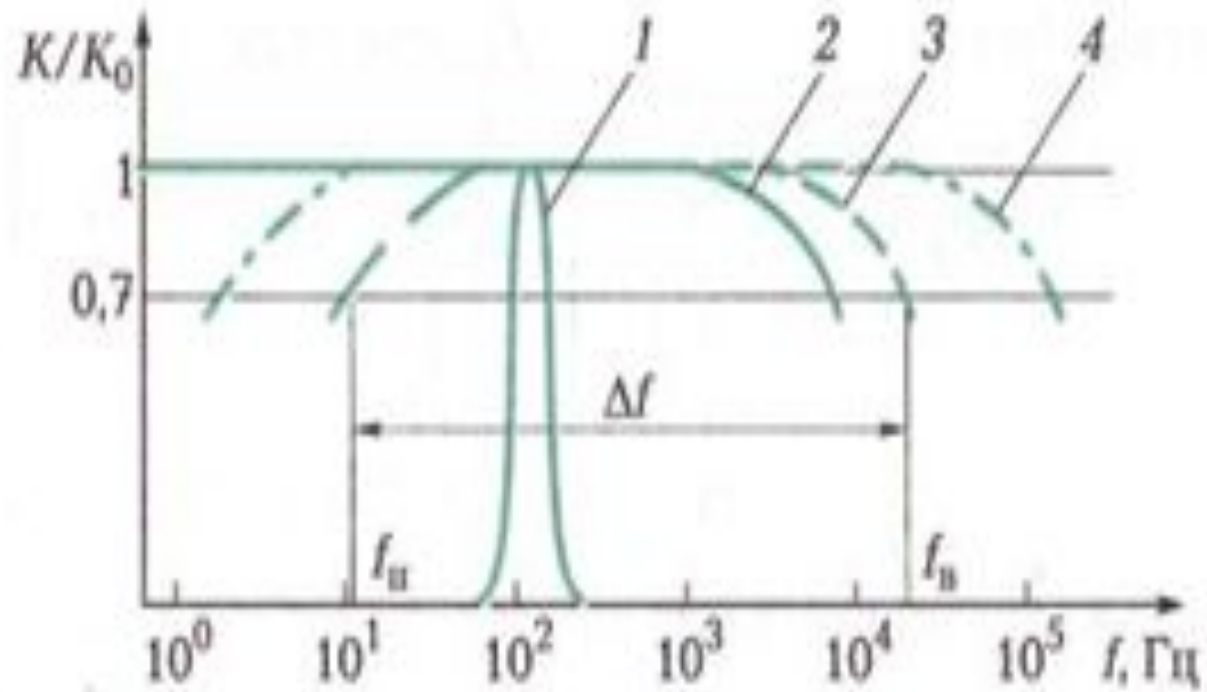
Коэффициент усиления многокаскадных усилителей равен произведению коэффициентов усиления каждого из каскадов:  $K = \prod (K_n)$ .

Свойства усилители также оцениваются: **амплитудной характеристикой** ( $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ ), которая снимается на средней частоте (рис. 2, а). Точка А соответствует  $U_{\text{вх}} = 0$ , т.е. на выходе  $U_{\text{вых}} = U_{\text{ш}}$  (напряжение шума), точка В соответствует  $U_{\text{вх min}}$ , отрезок ВС соответствует линейному диапазону работы усилителя и определяет  $K_0$  — коэффициент усиления на средней частоте, точка D соответствует максимальному напряжению, при котором нелинейные искажения не превышают заданного уровня (например, 5%);

**Рис. 2. Характеристики усилителя:**  
**а — амплитудная; б — частотные для ИУ**  
**(кривая 1). УПТ (2), УНЧ (3) и ШУ (4)**



а



б

**частотной характеристикой** —  $K/K_0 = \Psi\{f\}$ .

которая снимается в линейном диапазоне при неизменном входном сигнале и обычно изображается в логарифмическом масштабе (рис. 2, б). Частотная характеристика показывает, что постоянным отношение  $K/K_0$  остается только в определенной области частот. Диапазон между верхними и нижними частотами  $f_v$  и  $f_n$  определяет полосу пропускания усилителя  $\Delta f = f_v - f_n$ , которая находится на уровне 0,7 от максимального отношения  $K/K_0$ .

### 3. Режимы работы.

В зависимости от амплитуды входного сигнала и положения рабочей точки  $P$  (точки покоя) на нагрузочной прямой  $AB$  (рис. 3. а) усилитель может работать:

в линейном режиме (класс  $A$ ) — точка  $P$  в средней части нагрузочной прямой и  $2 \cdot I_{вхmax} \leq (I_{бм} - I_{бо})$  - Это основной режим для усилителей напряжения. КПД в этом режиме около 25%;

режиме класса  $B$ , когда точка  $P$  в нижней части нагрузочной прямой (совпадает с точкой  $B$ ), а  $I_{вхmax} \leq (I_{бм} - I_{бо})$  - КПД в этом режиме около 70%. Данный режим используется в двухтактных усилителях мощности;

ключевом режиме (класс D), когда  
 $I_{вхmax} \gg (I_{бм} - I_{бо})$

Выходной сигнал имеет  
прямоугольную форму, КПД —  
около 95%.

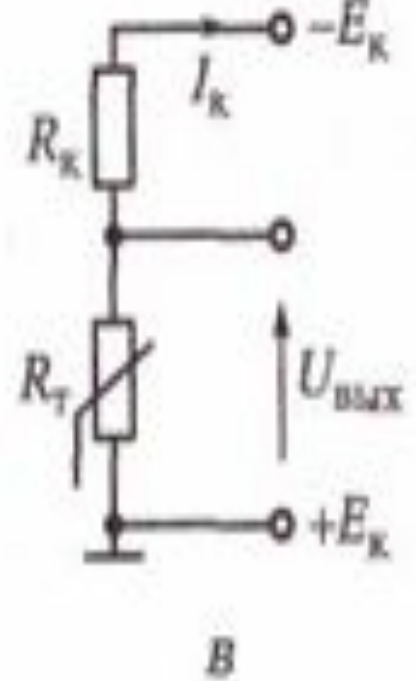
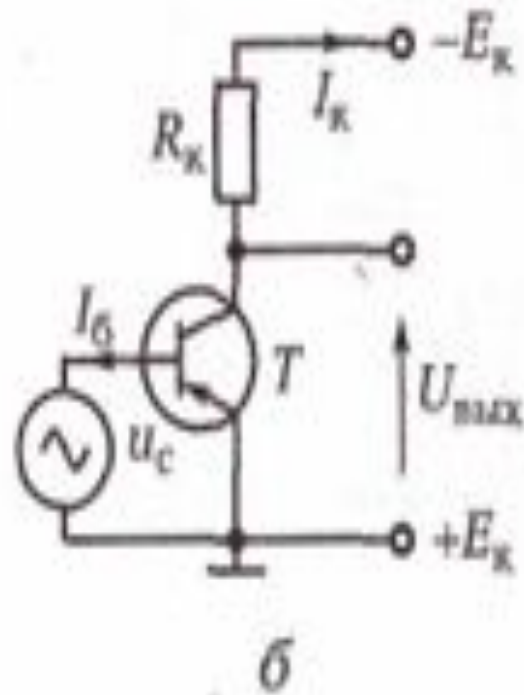
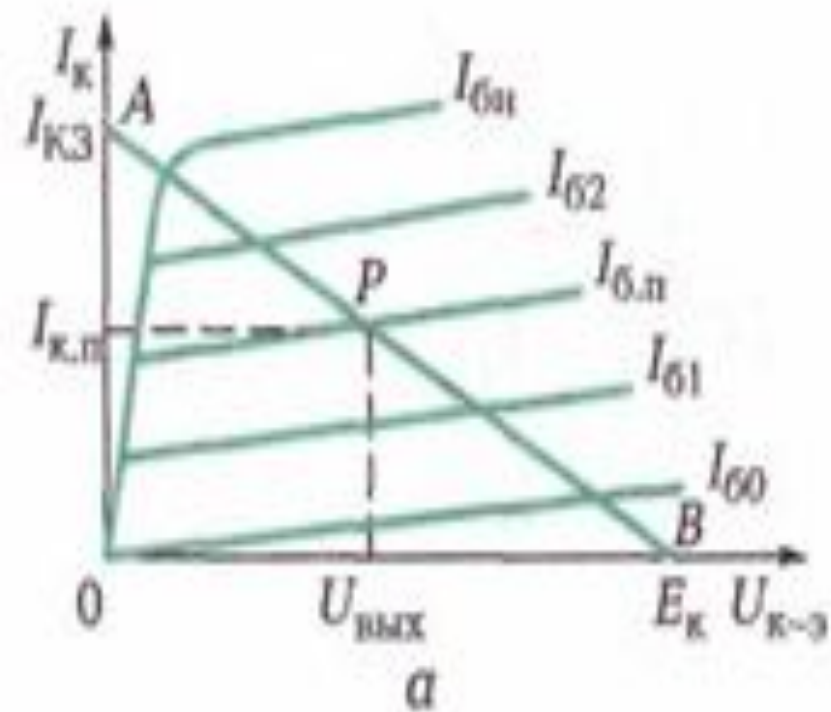
Данный режим используется в  
импульсных устройствах  
автоматики

## 4. Принцип работы.

Основными элементами полупроводникового усилителя (рис. 3. б) являются:

- транзистор  $T$ — активный элемент с управляемой ВАХ. способный усиливать сигналы  $U_c$ ;
- нагрузка  $R_n$ , включаемая последовательно с активным элементом;
- источник питания  $E_k$  (как правило, постоянного тока).

**Рис. 3. Принцип работы усилителя: а — ВАХ транзистора и нагрузки; б — электрическая схема усилителя; в — схема замещения**





**На рис. 3. в приведена эквивалентная схема замещения усилителя, в которой транзистор  $T$  представлен резистором с нелинейным сопротивлением  $R_t$ .**

Анализ схемы (рис. 3) можно выполнить, используя реальную ВАХ транзистора и опрокинутую ВАХ резистора. Последняя строится по двум точкам: холостого хода (ХХ)  $I_k = 0$ .  $U_{вых} = E_k(t.B)$  и короткого замыкания (КЗ)  $I_k = I_{kз} = E_k/R_k$ ,  $U_{вых} = 0$  (т-А)

Пусть в исходном состоянии  $I_b = I_{bp}$  (см. рис. 3, а). Тогда  $I_k = I_{kp}$  и  $U_{вых} = E_k - I_{kp} * R_k$ . Увеличение  $I_b$  приводит к увеличению тока коллектора  $I_k$ , а соответственно к увеличению  $U_{R_k} = I_k * R_k$  и уменьшению  $U_{вых} = E_k - I_k * R_k$ . Уменьшение  $I_b$  ведет к уменьшению  $I_k$  и соответственно к увеличению  $U_{вых}$ . **Таким образом,  $U_{вых}$  и  $U_{вх}$  изменяются в противофазе.**

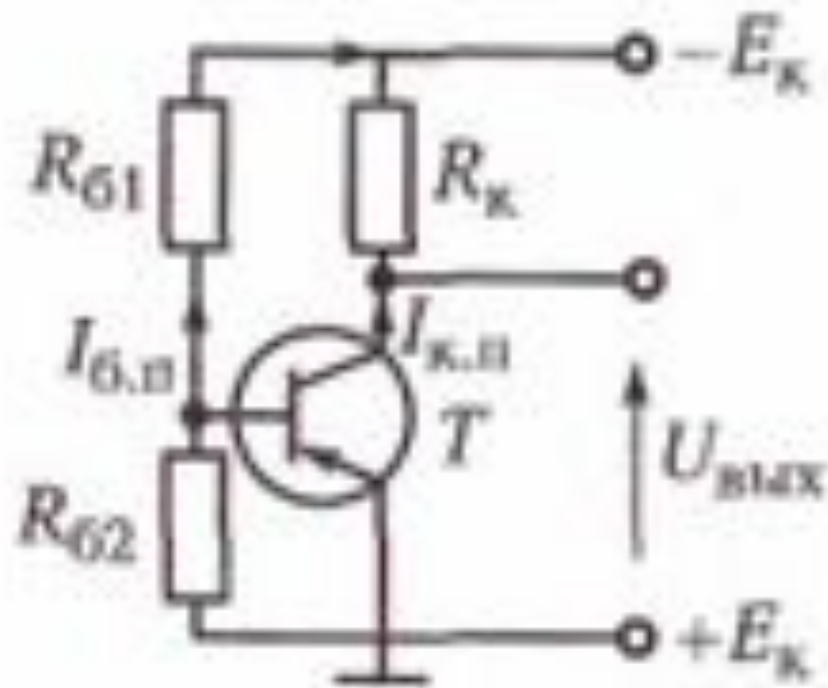
**Как же зафиксировать рабочую точку  $P$  на нагрузочной прямой?**

**Фиксация рабочей точки может быть выполнена двумя способами:**

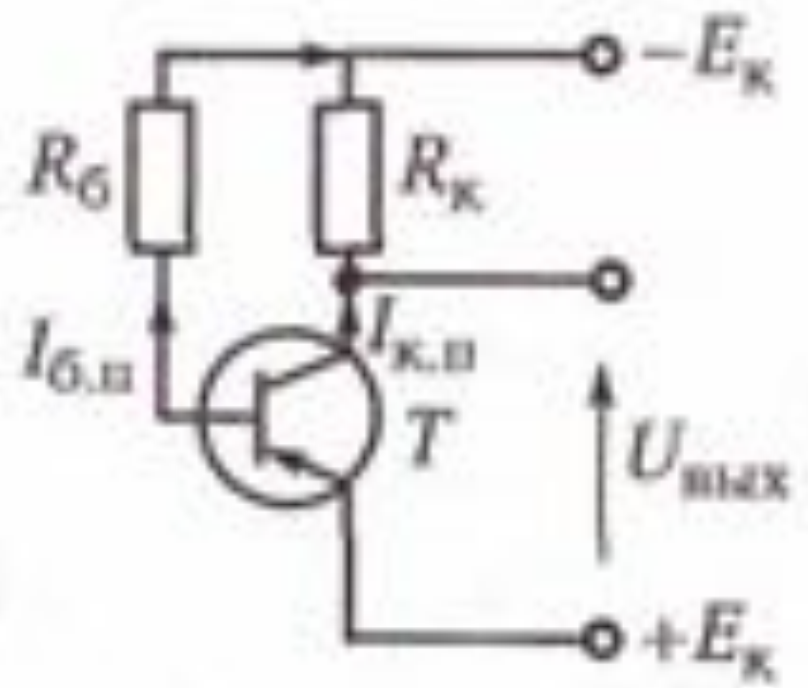
- с помощью базового делителя (рис. 4, а);
- с помощью тока базы (рис. 4, б).

Базовый делитель  $R_{б1}=R_{б2}$  включенный параллельно источнику  $E_k$ , обеспечивает протекание тока  $I_{бп}$ , что создает падение напряжения на резисторе  $R_{б2}$

**Рис. 4. Схемы фиксации рабочей точки:**  
**а — с помощью базового делителя; б — с помощью тока базы**



*а*



*б*

**В зависимости от соотношения сопротивлений  $R_{б1}$  и  $R_{б2}$  точка покоя  $P$  может быть расположена на нагрузочной прямой в любом месте между точками  $A$  и  $B$  (см. рис. 3, а).**

**Ток базы покоя  $I_{бп}$  обеспечивается также включением резистора  $R_{б}$  между базой транзистора и зажимом  $E_k$  (см. рис. 4, б).**

**Недостаток усилителя на транзисторах — существенная зависимость характеристик транзисторов от температуры.**

**Это требует применения специальных схем термостабилизации, основные из которых осуществляются за счет введения отрицательных обратных связей по постоянным составляющим тока и напряжения.**

**Все! Спасибо за  
внимание!**

# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что собой представляют усилители и как их классифицируют?
2. Назовите основные параметры и характеристики усилителя.
3. Назовите основные режимы работы усилителя.
4. Поясните принцип действия усилителя.
5. Изобразите схемы фиксации рабочей точки в усилителях.