

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»

Факультет цифровых технологий и химического инжиниринга

Кафедра процессов и аппаратов химической технологии

**РЕФЕРАТ НА ТЕМУ:**

**«Схемы усиления при соединении транзистора с общей базой, общим  
эмиттером и общим коллектором»**

Заведующий кафедрой ПАХТ,  
д.т.н.,

**Равичев Л.В.**

Руководитель работы  
к.т.н.,

**Навроцкая Л.В.**

**СТУДЕНТ группы КС-36**

**Золотухин А.А.**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
1.1. Транзисторы.....	5
1.1.1. Схема транзистора.....	5
1.1.2. Принцип действия транзистора.....	6
1.2. Схемы включения транзисторов.....	8
1.2.1. Схема включения с общей базой «ОБ».....	8
1.2.2. Схема включения с общим эмиттером «ОЭ».....	9
1.2.3. Схема включения с общим коллектором «ОК».....	10
ВЫВОДЫ.....	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: С развитием технологий и увеличением потребности в миниатюризации электроники, транзисторы остаются ключевыми компонентами в современных электрических схемах. Понимание различных схем усиления, таких как общая база, общий эмиттер и общий коллектор, является необходимым для проектирования эффективных электронных устройств. Эти схемы определяют характеристики усилителей, их возможности и области применения, что делает изучение их принципов и особенностей актуальным для студентов и специалистов в области электроники и электротехники.

Цель данного реферата: изучить различные схемы усиления при соединении транзистора с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором, а также проанализировать их характеристики и области применения.

Для выполнения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- Изучить основные принципы работы транзисторов и их классификацию;
- Рассмотреть схемы включения транзисторов: с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором;
- Проанализировать коэффициенты усиления по току, напряжению и мощности для каждой из схем;
- Определить области применения каждой схемы усиления и их преимущества и недостатки.

# 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1. Транзисторы

Транзистором называют полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления тока, напряжения или мощности, генерирования колебаний и т.п. Обычно усилению подвергаются одновременно два параметра: напряжение и мощность или ток и мощность.

Транзисторы по виду управляющего воздействия разделяются на два типа: биполярные и полевые. В биполярных транзисторах управление производится с помощью входного тока, а в полевых с помощью электрического поля, создаваемого управляющим электродом [1].

### 1.1.1. Схема транзистора

Транзистор представляет собой двухпереходный прибор (рисунок 1.1.1.1). Переходы образуются на границах тех трех слоев, из которых состоит транзистор. Контакты с внешними электродами – омические.

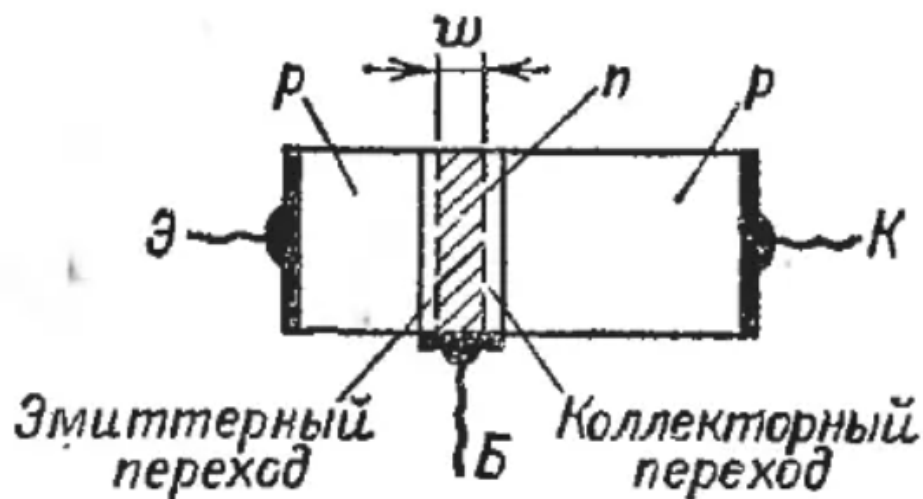


Рисунок 1.1.1.1 - Упрощенная структура транзистора

В зависимости от типа проводимости крайних слоев различают транзисторы  $p-n-p$  и  $n-p-n$  со взаимно противоположными рабочими полярности. Условные обозначения обоих типов транзисторов, рабочие

полярности напряжений и направления токов показаны на рисунке 1.1.1.2.

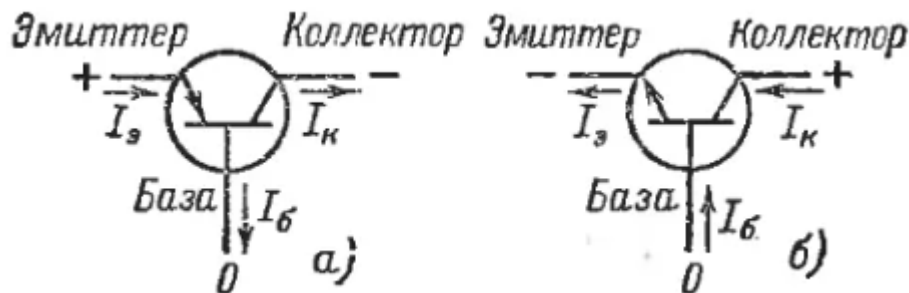


Рисунок 1.1.1.2 - Условные обозначения транзисторов (а - транзистор  $p-n-p$ ; б - транзистор  $n-p-n$ )

Переход, работающий в прямом направлении, называется эмиттерным, а соответствующий крайний слой – *эмиттером*. Средний слой называется *базой*. Второй переход, нормально смещенный в обратном направлении, называется коллекторным, а соответствующий крайний слой – *коллектором* [2].

### 1.1.2. Принцип действия транзистора

Принцип действия транзистора типа  $p-n-p$ . Чтобы полупроводниковый триод работал как усилитель, его надо соединить с двумя внешними источниками тока  $E_э$  и  $E_к$ , при этом один переход включается в прямом эмиттерном направлении, а второй – в обратном коллекторном направлении.

Если вход транзистора соединить с источником  $E_э$ , то эмиттерный  $n-p$  переход откроется и через него в обоих направлениях пойдут основные носители зарядов: электроны из базы в эмиттер и дырки из эмиттера в базу через открытый  $pn_1$  переход (рисунок 1.1.2.1).

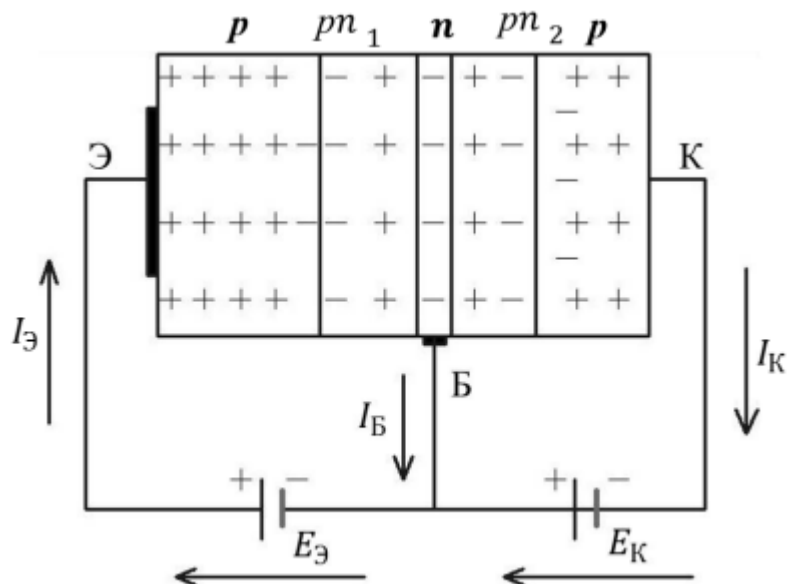


Рисунок 1.1.2.1 - Принцип действия транзистора типа  $p-n-p$

Поскольку дырки в базе являются неосновными носителями зарядов, а ширина базы меньше диффузионной длины пробега электрических зарядов, то они создадут диффузионный ток в направлении к коллекторному  $n-p$  переходу, вызывая резкое увеличение коллекторного тока.

Заряды дырок (из эмиттера через базу в коллектор) будут компенсированы в коллекторе электронами, приходящими из внешней цепи  $E_к$  и создающими в ней ток коллектора  $I_к$ .

Электроны (основные носители зарядов в базовой области), под действием электрического поля ЭДС  $E_э$ , пройдя через эмиттерный  $n-p$  переход, создадут ток базы  $I_б$ . Коэффициент передачи по току  $\alpha = \frac{I_к}{I_э}$  (при  $U = const$ ). Как правило,  $\alpha = 0,92 - 0,99$ .

В соответствии с первым законом Кирхгофа:

$$I_э = I_б + I_к = I_б + \alpha I_э,$$

$$\text{откуда } I_б = I_э(1 - \alpha) \text{ или } I_б = I_к \frac{1-\alpha}{\alpha} [3].$$

## 1.2. Схемы включения транзисторов

При анализе схем включения транзисторов можно рассматривать их без источников питания. Рассмотрим три возможных схемы включения транзисторов: (рисунок 1.2.1).

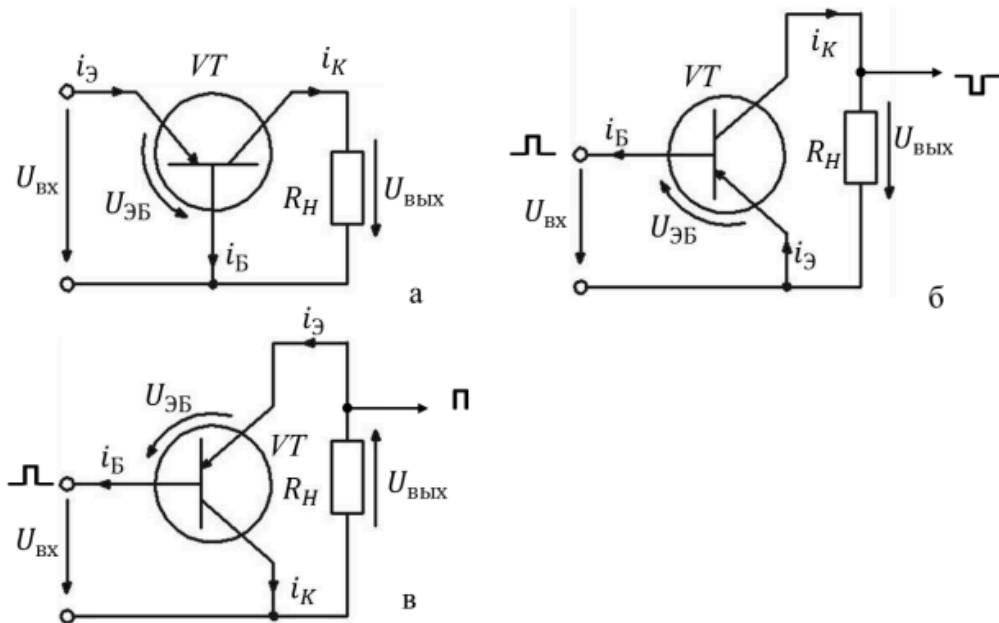


Рисунок 1.2.1 - Схемы включения транзисторов (а - с общей базой (ОБ); б - с общим эмиттером (ОЭ); в - с общим коллектором (ОК))

### 1.2.1. Схема включения с общей базой «ОБ»

Базовый электрод является общим для входной и выходной цепи (рисунок 1.2.1, а).

Коэффициент усиления по току:

$$K_i = \frac{I_{ВЫХ}}{I_{ВХ}} = \frac{i_K}{i_Э} = \alpha < 1.$$

Усиления по току не происходит ( $K_i < 1$ ).

Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_u = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = \frac{i_K R_H}{i_Э R_{ВХ}} = \frac{\alpha R_H}{R_{ЭБ}} > 1.$$

Определим  $R_{ВХ}$ :

$$R_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{эб}}}{i_{\text{э}}} = R_{\text{эб}} \approx \frac{20}{200} \text{ Ом}.$$

$$R_{\text{н}} \approx 10000 \text{ Ом, т.е. } R_{\text{н}} \gg R_{\text{эб}}.$$

Происходит усиление по напряжению ( $K_u > 1$ ).

Коэффициент усиления по мощности:

$$K_p = K_i \cdot K_u = \alpha^2 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{эб}}} > 1.$$

Происходит усиление по мощности ( $K_p > 1$ ).

### 1.2.2. Схема включения с общим эмиттером «ОЭ»

Является наиболее распространенной схемой (рисунок 1.2.1, б).

Коэффициент усиления по току:

$$K_i = \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} = \frac{i_{\text{к}}}{i_{\text{э}}} = \frac{\alpha}{1-\alpha} > 1.$$

Происходит усиление по току ( $K_i > 1$ ).

Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_u = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{i_{\text{к}} R_{\text{н}}}{i_{\text{э}} R_{\text{вх}}} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{эб}}} > 1.$$

Определим  $R_{\text{вх}}$ :

$$R_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{эб}}}{i_{\text{б}}} = \frac{U_{\text{эб}}}{i_{\text{э}}(1-\alpha)} = \frac{R_{\text{эб}}}{1-\alpha},$$

$$\text{т.к. } \frac{U_{\text{эб}}}{i_{\text{э}}} = R_{\text{эб}}.$$

Тогда

$$K_u = \frac{\alpha R_{\text{н}}}{1-\alpha} \cdot \frac{1-\alpha}{R_{\text{эб}}} = \frac{\alpha R_{\text{н}}}{R_{\text{эб}}} > 1.$$

Так как  $R_{\text{н}} \gg R_{\text{эб}}$ , то напряжение по схеме усиливается ( $K_u > 1$ ).



Коэффициент усиления по мощности:

$$K_p = K_i \cdot K_u = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} \frac{R_H}{R_{ЭБ}} > 1.$$

Происходит *усиление по мощности* ( $K_p > 1$ ).

Схема с «ОЭ» широко применяется в усилительных каскадах, т.к. усиливаются *ток, напряжение и мощность*.

Схема с общим эмиттером называется также «усилителем напряжения» или «*инвертором*». Если на его вход подать сигнал в виде прямоугольного импульса, то на выходе получим прямоугольный импульс, «повернутый» на  $180^\circ$ .

### 1.2.3. Схема включения с общим коллектором «ОК»

Схема приведена на рисунке 1.2.1, в.

Коэффициент усиления по току:

$$K_i = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = \frac{i_K}{i_{\text{Э}}} = \frac{1}{1-\alpha} > 1.$$

Происходит *усиление по току* ( $K_i > 1$ ).

Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_u = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{i_{\text{Э}} R_H}{i_{\text{Б}} R_{\text{ЭБ}}}.$$

Определим  $R_{\text{ВХ}}$  из 2-го закона Кирхгофа для замкнутой цепи:

$$0 = U_{\text{ВЫХ}} + U_{\text{ЭБ}} - U_{\text{ВХ}},$$

откуда

$$U_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВЫХ}} + U_{\text{ЭБ}} = i_{\text{Э}} R_H + i_{\text{Б}} R_{\text{ЭБ}} \approx i_{\text{Э}} R_H.$$

Так как  $R_{\text{ЭБ}} \ll R_H$ , то

$$R_{\text{BX}} = \frac{U_{\text{BX}}}{I_{\text{BX}}} = \frac{i_{\text{Э}} R_{\text{H}}}{i_{\text{Б}}}.$$

Тогда

$$K_u = \frac{i_{\text{Э}} R_{\text{H}} i_{\text{Б}}}{i_{\text{Б}} i_{\text{Э}} R_{\text{H}}} = 1.$$

*Напряжение по схеме не усиливается* ( $K_u = 1$ ) и работает как согласующий усилитель.

Коэффициент усиления по мощности:

$$K_p = K_i \cdot K_u = \frac{1}{1-\alpha} > 1.$$

Происходит *усиление по мощности* ( $K_p > 1$ ).

Схема, используемая как *согласующие усилители* с большим сопротивлением на входе, называется «**эмиттерным повторителем**» или «**усилителем мощности**». Если на его вход подать прямоугольный импульс, то на выходе получим импульс, повторяющий входной сигнал [3].

## **ВЫВОДЫ**

В результате проведенного исследования было установлено, что каждая схема подключения транзистора обладает своими уникальными характеристиками и областями применения. Схема с общей базой демонстрирует высокие значения усиления по напряжению, но не обеспечивает усиления по току, что ограничивает ее применение. Схема с общим эмиттером является наиболее распространенной благодаря высокой эффективности усиления тока и напряжения. Схема с общим коллектором, или эмиттерный повторитель, позволяет достичь высокой выходной мощности при низком выходном напряжении, что делает ее полезной для согласования уровней сигналов. Понимание этих схем и их параметров является важным для разработки современных электронных устройств и систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. Ю. Ситников, Ю. К. Ситников, О. Н. Шерстюков. Транзисторный усилительный каскад. Схема с общим коллектором. Учебное методическое пособие к лабораторной работе.. — Казань : Казан. ун-т, 2019. — 10 с.
2. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. — 4-е, перераб. и доп. изд. — М. : «Энергия», 1977. — 672 с.
3. Лекция 18. Транзисторы. Схемы их включения и коэффициенты усиления по току, напряжению и мощности // Процессы и аппараты. URL: <https://www.chemengrkhstu.ru/lectures.htm#electronics> (дата обращения: 25.12.24).