

Лабораторная работа № 05 ДО
ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ И УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД
С ОБЩИМ ИСТОКОМ

Теоретическая справка

Усилительный каскад на полевом транзисторе, включенном по схеме с общим истоком

Рассмотрим усилитель, в котором полевой транзистор с индуцированным каналом n - типа включен по схеме с общим истоком, а для стабилизации рабочей точки используется отрицательная обратная связь по току (рис. 1,а или рис 1,б).

Конденсаторы C_{p1} и C_{p2} являются разделительными: C_{p1} препятствует связи по постоянному току источника входного сигнала и усилителя, а C_{p2} служит для разделения по постоянному току стоковой цепи и нагрузки. Емкости C_{p1} и C_{p2} выбирают такими, что на частоте переменной составляющей их влиянием можно было пренебречь. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель напряжения, определяющий положение рабочей точки.

На выходе схемы включен резистор нагрузки R_H , с которого снимается усиленный сигнал.

Резистор $R_{и}$ и конденсатор $C_{и}$ образуют цепь отрицательной обратной связи. Конденсатор $C_{и}$ в цепи истока шунтирует резистор $R_{и}$ в диапазоне средних частот. Ёмкость конденсатора выбирают такой, чтобы на нижней границе полосы пропускания усилителя $X_{сн} \ll R_{и}$.

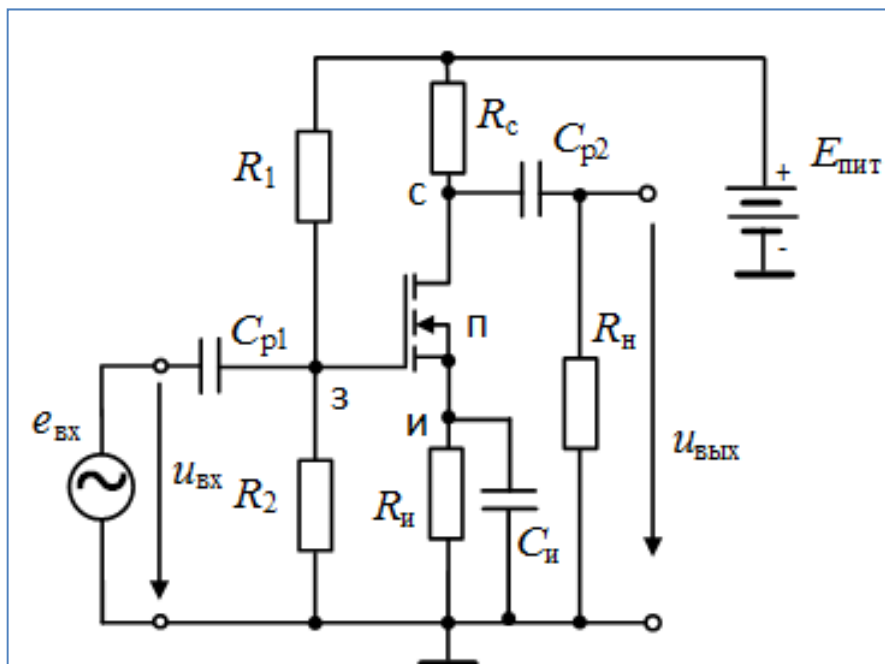


Рис. 1,а. Исходная схема

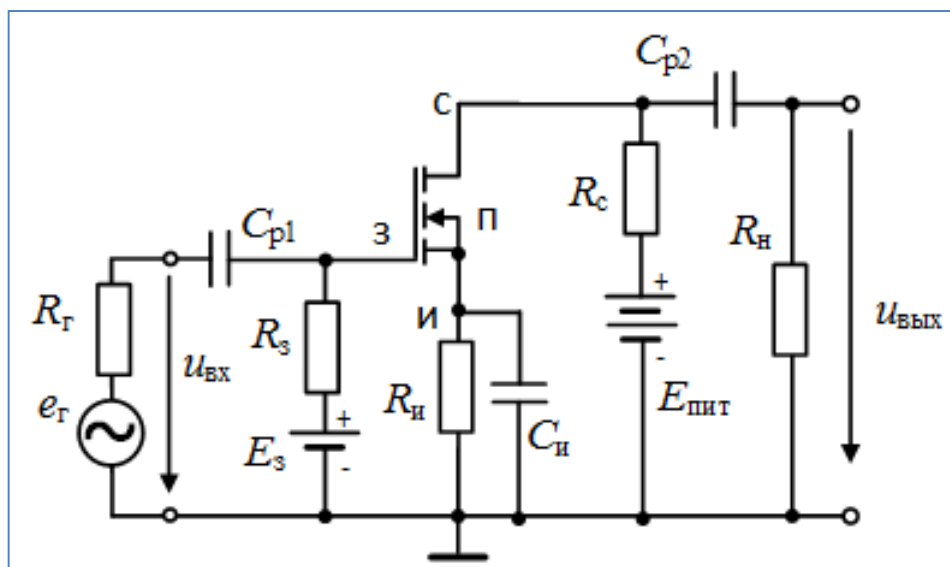


Рис. 1,б. Упрощенная схема $E_3 = E_{\text{ПИТ}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Поскольку в схеме действуют источники переменного (источник сигнала на входе) и постоянного напряжения, для расчета используем метод наложения.

Для определения переменных составляющих, как правило, используются аналитические методы расчета, основанные на использовании эквивалентных схем. Если амплитуда переменных составляющих значительно меньше постоянных составляющих токов и напряжений, то используется *малосигнальная эквивалентная схема*, например, в *y-параметрах* (рис. 2).

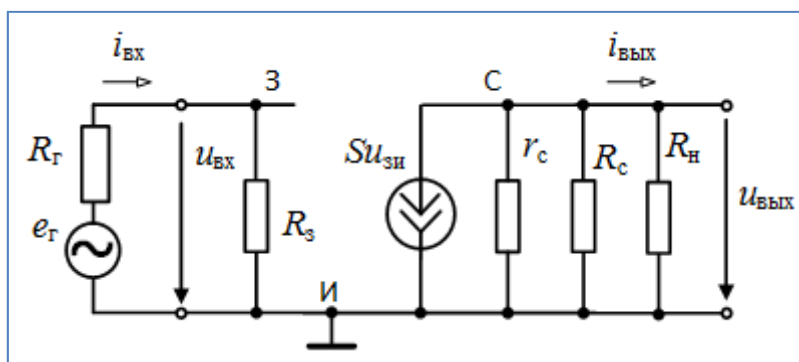
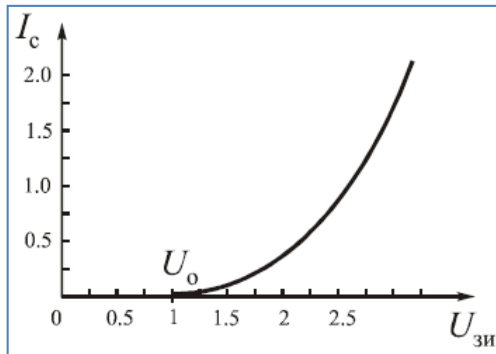


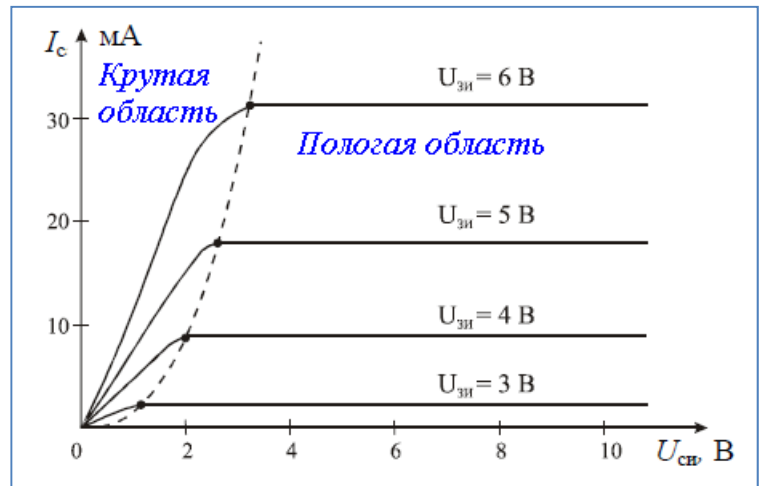
Рис. 2. Малосигнальная схема замещения

Характеристики транзистора с индуцированным каналом

Стоко - затворная характеристика транзистора - зависимость тока стока I_c от напряжения затвор-исток $U_{зи}$ при постоянном напряжении сток-исток $I_c = f(U_{зи})|_{U_{си}=const}$ (рис. 3,а) и **выходные характеристики** - зависимость тока стока I_c от напряжения сток-исток $U_{си}$ при постоянном напряжении затвор-исток $I_c = f(U_{си})|_{U_{зи}=const}$ (рис. 3,б).



а)



б)

Рис. 3. Характеристики полевого транзистора с индуцированным каналом n -типа

Для крутой области $U_{си} \leq U_{зи} - U_0 = U_{нас}$ $I_c = b[2(U_{зи} - U_0)U_{си} - U_{си}^2]$.

Для пологой области $U_{си} \geq U_{нас}$ $I_c = b(U_{зи} - U_0)^2$,

где $b = K_p/2$ - коэффициент пропорциональности (справочный материал).

Как усилительный элемент транзистор работает исключительно **в пологой области**.

По характеристикам можно определить параметры транзистора:

1) дифференциальное сопротивление сток -исток r_c характеризует наклон

выходной характеристики в пологой области $r_c = \left. \frac{dU_{си}}{dI_c} \right|_{U_{зи}=const} \approx \frac{\Delta U_{си}}{\Delta I_c} \Big|_{U_{зи}=const}$;

2) крутизна стоко - затворной характеристики $S = \left. \frac{dI_c}{dU_{зи}} \right|_{U_{си}=const} \approx \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}} \Big|_{U_{си}=const}$

Эти параметры используются в малосигнальной схеме замещения (рис. 2). Методика определения параметров по статическим характеристикам не отличается от методики определения параметров биполярного транзистора.

Дифференциальное сопротивление r_c очень большое (порядка МОм) и при расчетах переменных составляющих им часто пренебрегают.

Расчет по постоянному току

На рис. 4 представлена расчетная схема для постоянных составляющих токов и напряжений: источник входного сигнала короткозамкнут, разделительные конденсаторы и конденсатор в цепи обратной связи заменяются разомкнутыми участками. Использована упрощенная схема усилительного каскада.

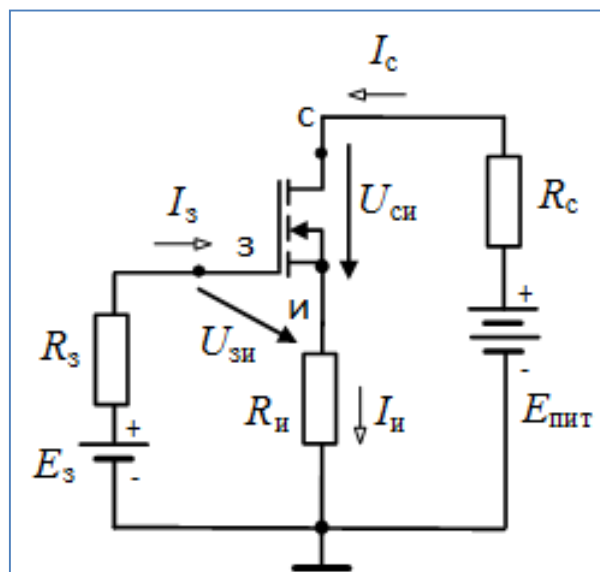


Рис. 4. Расчетная схема по постоянному току

$$E_3 = E_{\text{пит}} \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Полагаем для практических расчетов $I_3 = 0$, $I_э = I_с$.

Уравнения для расчета постоянных составляющих:

$$E_3 = U_{\text{зи}} + I_с R_э$$

$$E_{\text{пит}} = U_{\text{си}} + I_с (R_с + R_э)$$

для пологой области $U_{\text{си}} \geq U_{\text{нас}}$ $I_с = b(U_{\text{зи}} - U_0)^2$

Малосигнальную крутизну транзистора в рабочей точке можно определить через рабочий ток следующим образом:

$$S = \frac{2I_с}{U_{\text{зи}} - U_0}.$$

Основные параметры усилительного каскада

Основными параметрами усилительного каскада являются коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления. Определим эти параметры, используя малосигнальную схему замещения (рис. 2).

Коэффициент усиления по напряжению

$$K_u = \frac{u_{\text{ВЫХ}}}{u_{\text{ВХ}}},$$

$$u_{\text{ВЫХ}} = -i_c (r_c \parallel R_c \parallel R_H) = -S u_{\text{ЗИ}} (r_c \parallel R_c \parallel R_H) \approx -S u_{\text{ЗИ}} (R_c \parallel R_H)$$

$$u_{\text{ВХ}} = u_{\text{ЗИ}}$$

$$K_u = \frac{u_{\text{ВЫХ}}}{u_{\text{ВХ}}} = -S (R_c \parallel R_H)$$

$$\text{Входное сопротивление } R_{\text{ВХ}} = \frac{u_{\text{ВХ}}}{i_{\text{ВХ}}} = R_{\text{з}} = R_1 \parallel R_2$$

$$\text{Выходное сопротивление } R_{\text{ВЫХ}} = \frac{u_{\text{ВЫХ}}}{i_{\text{ВЫХ}}} = R_c$$

Замечание: максимальный коэффициент усиления ПТ составляет примерно десятую часть максимального коэффициента усиления БТ при одинаковой схеме включения; при этом усилительный каскад с ОИ имеет большое входное сопротивление и высокую температурную стабильность.