

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Лабораторная работа №2
«Исследование характеристик полевого транзистора»

Выполнили

ст. группы 350503
Губаревич А. В.
Ганецкий В. В.

Проверил

Горченко А. С.

Минск 2025

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Для процесса выполнения данной лабораторной работы поставлены следующие цели:

- получение передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим истоком;
- получение зависимости сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток;
- получение семейства выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком;
- исследование работы транзисторного каскада с общим истоком.

2 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

2.1 Получение передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим истоком

2.1.1 Установим напряжение питания стока E_C , равным 5 В. Получим график зависимости выходного тока I_C транзистора от входного напряжения $U_{зи}$, изображённый на рисунке 2.1.

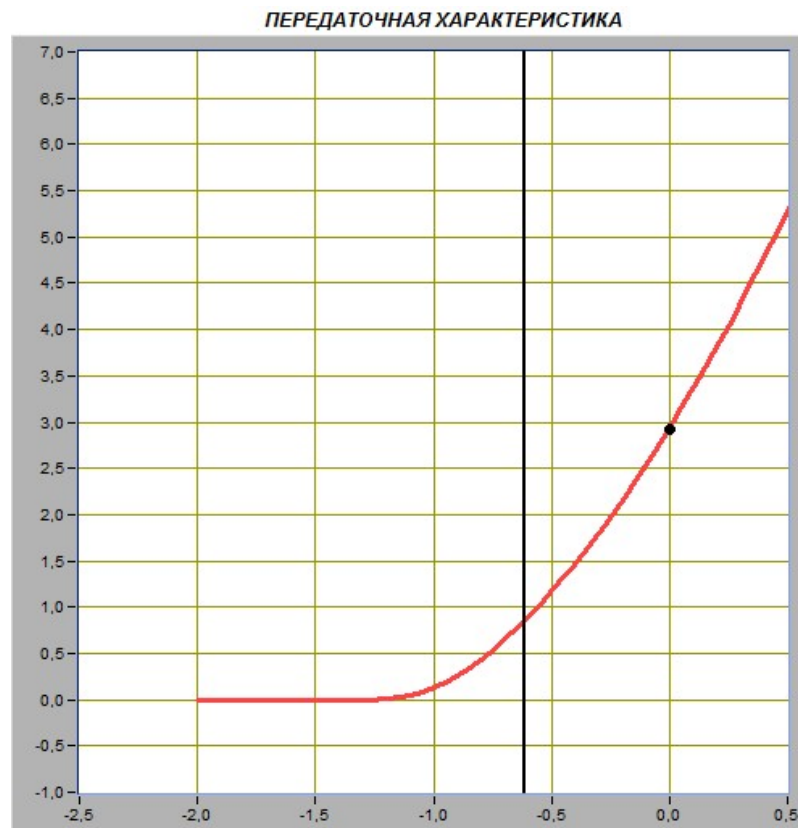


Рисунок 2.1 – График зависимости выходного тока I_C транзистора от входного напряжения $U_{зи}$

2.1.2 Изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 , установили значение тока стока I_C примерно 0,01 мА и напряжение коллектор-эмиттер $U_{КЭ}$. Нашли значение напряжения отсечки затвор-исток $U_{зи.отс} = -1,18$ В

2.1.3 Изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 , установили значение напряжения затвор-исток $U_{зи}$ равным 0 В. Нашли значение тока стока $I_{C.нач} = 2,89$ мА.

2.1.4 По формуле $k = I_{C.нач} / (U_{зи.отс})^2$, вычислим значение коэффициента, учитывающего конструктивные и технологические параметры транзистора:

$$k = 2,07 \frac{\text{мА}}{\text{В}^2}.$$

2.1.5 Изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_z , установим значение напряжения затвор-исток $U_{зи}$ сначала равным $U_{зи.1} = -0,1 \text{ В}$, а затем равным $U_{зи.2} = +0,1 \text{ В}$. Получим значения тока стока $I_{c.1} = 2,49 \text{ мА}$ и $I_{c.2} = 3,29 \text{ мА}$ для этих точек передаточной характеристики.

2.1.6 Вычислим и значение крутизны передаточной характеристики полевого транзистора в окрестности точки $U_{зи} = 0$ по формуле:

$$S = \frac{(I_{c.2} - I_{c.1})}{(U_{зи.2} - U_{зи.1})} = \frac{(3,29 \text{ мА} - 2,49 \text{ мА})}{(0,1 \text{ В} + 0,1 \text{ В})} = 4 \frac{\text{мА}}{\text{В}}.$$

2.2 Получение зависимости сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток

2.2.1 Установим значение напряжения питания стока E_c , равным 5 В . Получим график зависимости сопротивления канала R_k полевого транзистора от напряжения затвор-исток $U_{зи}$

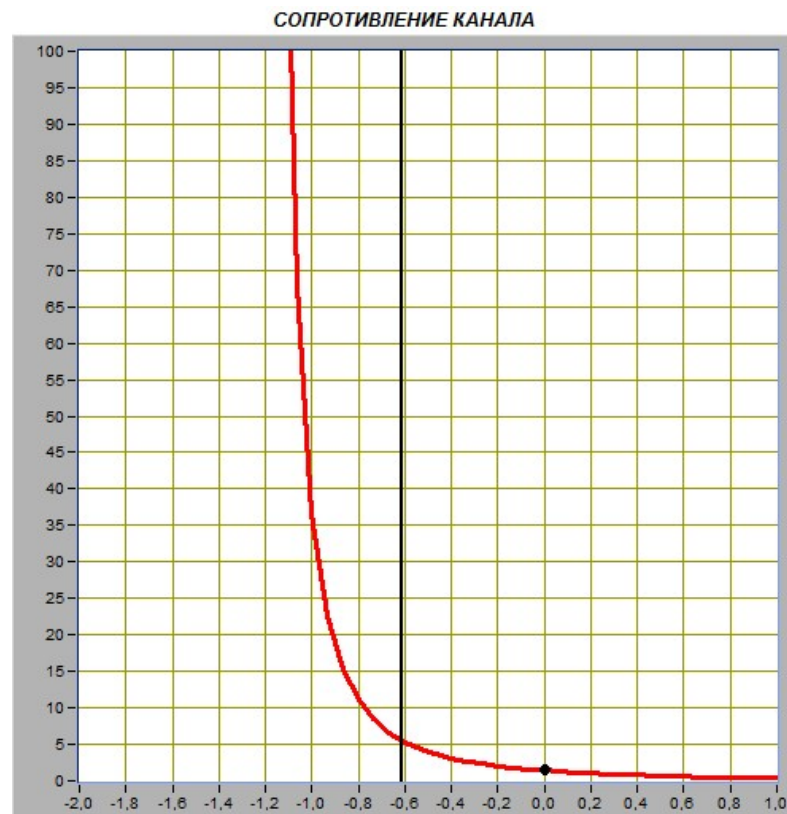


Рисунок 2.2 – График зависимости сопротивления канала R_k полевого транзистора от напряжения затвор-исток $U_{зи}$

2.2.3 Изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 , установим значение тока стока I_c примерно равным 0,01 мА. Получим значение сопротивления $R_{к.макс} = 379,4$ кОм, соответствующее напряжению $U_{зи.отс}$ (закрытое состояние транзистора).

2.2.4 Изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 , установим значение напряжения затвор-исток равным 0 В. Получим значение сопротивления $R_{к.мин} = 1,4$ кОм, соответствующее напряжению $U_{зи} = 0$ (открытое состояние транзистора).

2.3 Получение семейства выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком

2.3.1 Полученные семейства выходных характеристик представлены на рисунке 2.3.

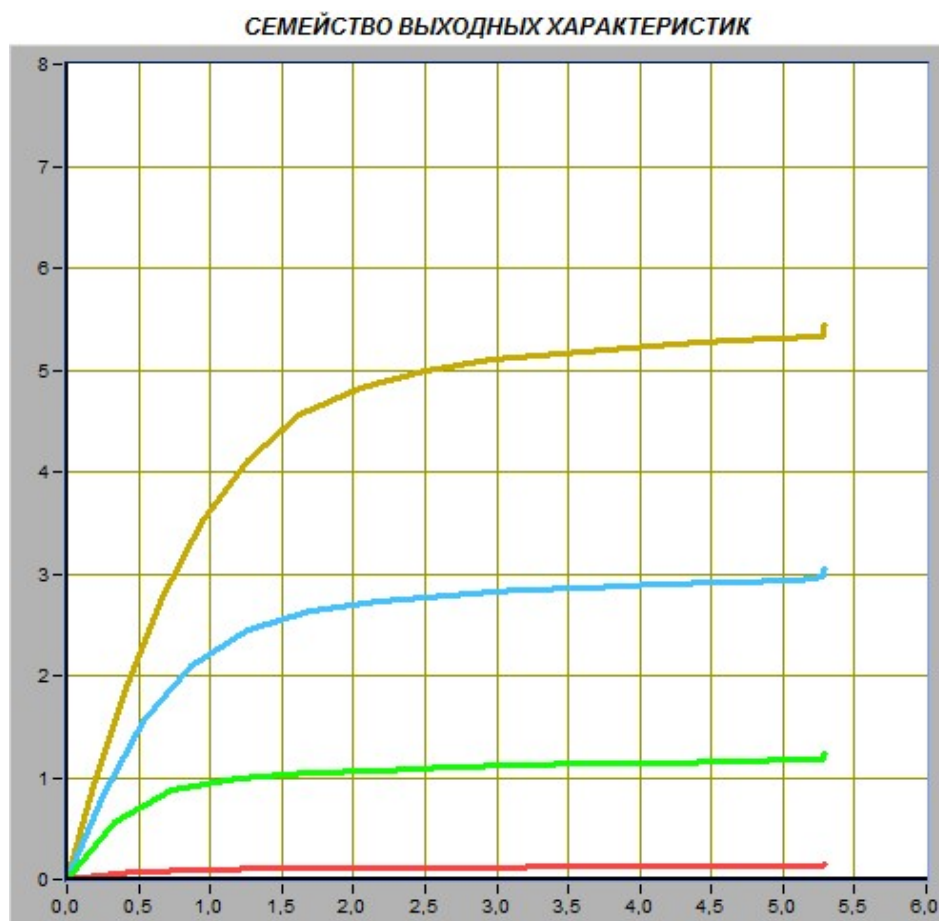


Рисунок 2.3 – Семейство выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком

2.3.2 При фиксированном напряжении сток-исток, равном $U_{си} = 5 \text{ В}$, определим ток стока I_c , соответствующий значениям напряжения на затворе, при которых снимались выходные характеристики.

Полученные результаты представлены в таблице 2.1.

Таблица 4.1 – Значения I_c при $U_{си} = 5 \text{ В}$

Цвет зависимости	I_c , мА
Синий	0,01
Красный	0,13
Зеленый	1,15
Голубой	2,92
Желтый	5,31

2.3.3 Определим крутизну передаточной характеристики транзистора S при изменении напряжения затвор-исток в диапазоне от -1 В до 0 В по формуле:

$$S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}} = 4,16 \frac{\text{мА}}{\text{В}}$$

2.3.4 Выберем сопротивление в цепи стока равным $R_c = 300 \text{ Ом}$, а величину напряжения источника ЭДС стока $E_c = 5 \text{ В}$, и построим на графике выходных характеристик транзистора линию нагрузки (см. рисунок 2.4) по двум точкам: точка $E_c = 5 \text{ В}$ на оси абсцисс и точка $I_c = \frac{E_c}{R_c}$ на оси ординат.

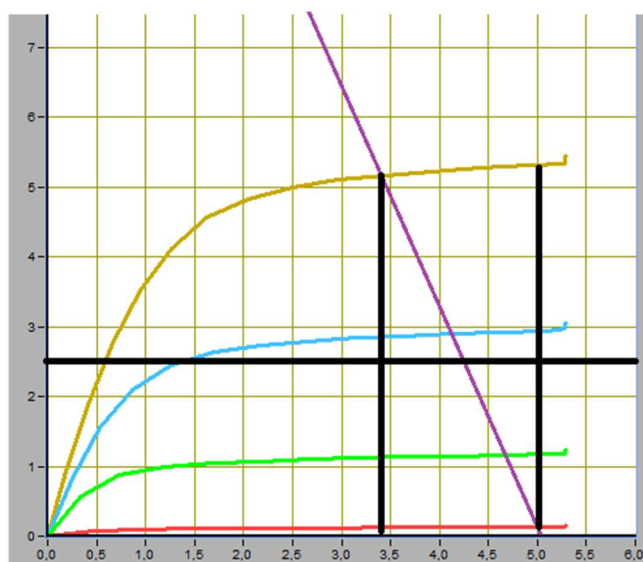


Рисунок 2.4 – Линия нагрузки на графике выходных характеристик полевого транзистора

2.3.5 Оценим границы активного режима транзисторного каскада, которые определяются координатами ($I_{с.макс}$, $U_{си.мин}$ и $I_{с.мин}$, $U_{си.макс}$) точек пересечения линии нагрузки с выходными характеристиками, полученными, соответственно, при значениях напряжения затвор-исток $-1,0$ В и $+0,5$ В:

$$I_{с.макс} = 5,12 \text{ мА};$$

$$I_{с.мин} = 0,11 \text{ мА};$$

$$U_{си.макс} = 5 \text{ В};$$

$$U_{си.мин} = 3,33 \text{ В}.$$

2.3.6 Вычислим ток стока I_c^* для средней точки активного режима, и определим по передаточной характеристике соответствующее значение напряжения затвор-исток $U_{зи}^*$:

$$I_c^* = \frac{I_{с.макс} + I_{с.мин}}{2} = \frac{5,12 \text{ мА} + 0,11 \text{ мА}}{2} = 2,615 \text{ мА};$$

$$U_{зи}^* = U_{зи.голубой} - \frac{I_{с.голубой} - I_c^*}{S} = 0 - \frac{2,92 \text{ мА} - 2,615 \text{ мА}}{4,16 \frac{\text{мА}}{\text{В}}} = -0,073 \text{ В}.$$

2.4 Исследование работы транзисторного каскада с общим истоком

2.4.1 Установим амплитуду напряжения источника входного гармонического напряжения $U_{вх.м} = 0$, и величину напряжения источника ЭДС стока $E_c = 5$ В.

На графике выходных характеристик транзистора появится изображение линии нагрузки.

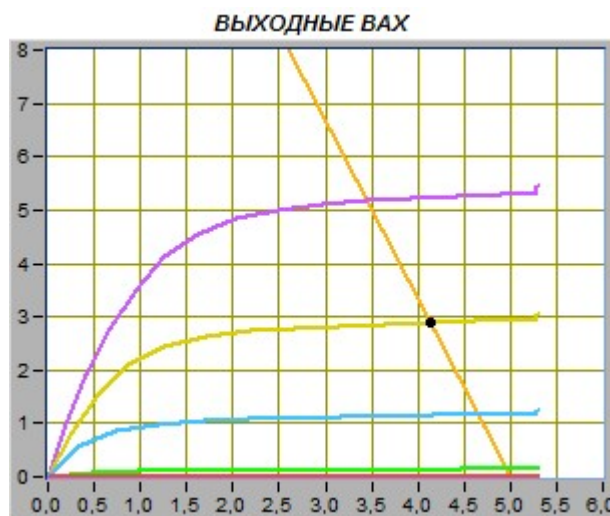


Рисунок 2.5 – Изображение линии нагрузки

2.4.2 Установим напряжение источника ЭДС затвора E_3 , равное значению $U_{зи}^*$, полученному в п. 2.3.6. Заполним таблицу 2.2 параметрами статического режима транзисторного усилителя с общим истоком.

Таблица 4.2 – Параметры статического режима транзистора с общим истоком

$U_{зи}, \text{В}$	$I_c, \text{мА}$	$U_{си}, \text{В}$
-0,07	2,6	4,22

2.4.3 Плавно увеличивая амплитуду входного сигнала $U_{вх.м}$ получим максимальный неискаженный выходной сигнал (см. рисунок 2.6).

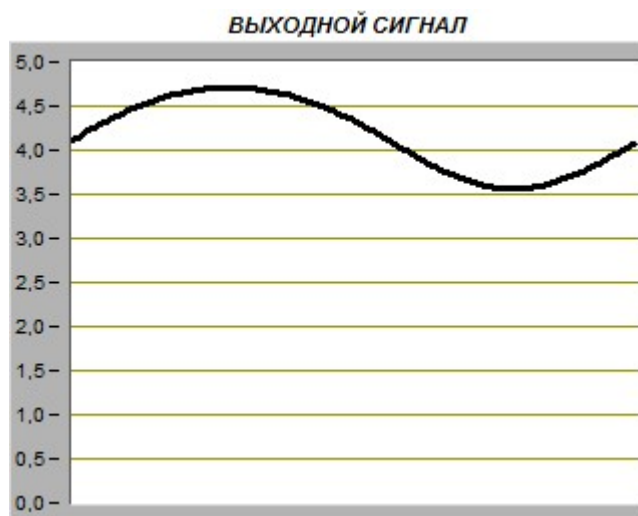


Рисунок 2.6 – Максимальный неискаженный выходной сигнал транзистора

2.4.4 Измерим значения амплитуд входного $U_{вх}$ и выходного $U_{вых}$ сигналов. Для этого определим по осциллограммам входного и выходного сигналов максимальные и минимальные мгновенные значения указанных напряжений. Для определения амплитуды сигналов будем использовать формулу $U_m = \frac{U_{max} + U_{min}}{2}$:

$$U_{вх} = \frac{0,429 \text{ В} + 0,572 \text{ В}}{2} = 0,5 \text{ В}$$

$$U_{вых} = \frac{4,71 \text{ В} - 3,55 \text{ В}}{2} = 0,58 \text{ В}$$

2.4.5 Используя полученные значения амплитуды входного и выходного сигналов, определим коэффициент усиления транзисторного каскада по формуле:

$$K_y = \frac{0,58 \text{ В}}{0,5 \text{ В}} = 1,16.$$

2.4.6 Вычислим коэффициент усиления транзисторного каскада по формуле $K_y = S \cdot R_c$, где S – значение крутизны, полученное в п. 2.3.3:

$$K_y = S \cdot R_c = 4,16 \frac{\text{мА}}{\text{В}} \cdot 300 \text{ Ом} = 1,24.$$

Сравнив измеренное (п. 2.4.5) и рассчитанное значения коэффициента усиления, видно, что они имеют незначительные отличия. Это объясняется погрешностями измерений.

2.4.7 Исследуем, как влияет положение рабочей точки на работу транзисторного каскада с общим истоком. Для этого, регулируя напряжение источника ЭДС затвора E_3 , изменим значение напряжения затвор-исток примерно на 30% от величины $U_{зи}^*$, полученной в п. 2.3.6, сначала в сторону увеличения (рисунок 2.7), а затем в сторону уменьшения (рисунок 2.8).

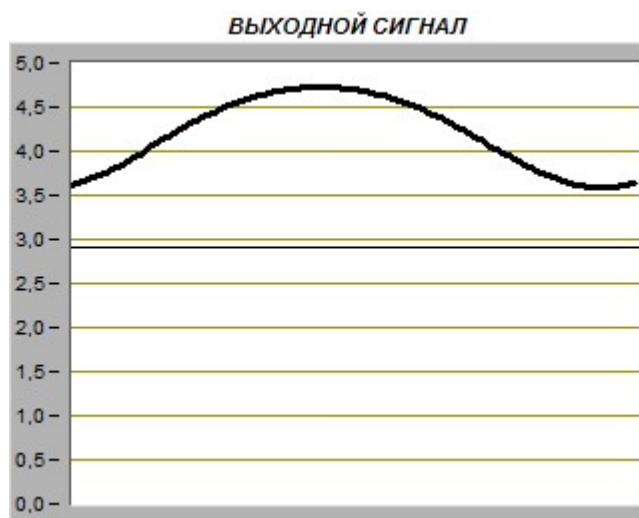


Рисунок 2.7 – Изображение выходного сигнала при увеличении E_3 на 30%

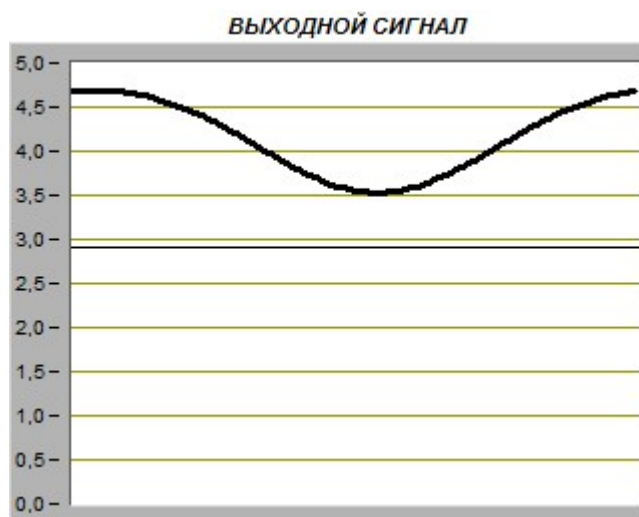


Рисунок 2.8 – Изображение выходного сигнала при уменьшении E_z на 30%

При увеличении и уменьшении значения E_z примерно на 30% от величины $U_{зи}^*$ различий практически нет, так как мы оперируем с относительно малыми числами. Таких незначительных изменений не хватает, чтобы исказить график выходного сигнала.

3 ВЫВОД

В данной лабораторной работе были изучены принципы работы полевого транзистора, получены передаточная характеристика транзистора в схеме с общим истоком, зависимости сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток, семейства выходных характеристик транзистора в схеме с общим истоком, была определена крутизна передаточной характеристики, построена линия нагрузки и установлена рабочая точка.

По итогу расчетов был найден коэффициент усиления транзисторного каскада, и, помимо этого, было проверено поведение выходного сигнала при изменении напряжения источника ЭДС затвора.

При отрицательном напряжении затвор-исток канал полевого транзистора сужается, сопротивление возрастает, ток уменьшается. При нулевом напряжении затвор-исток канал открыт, сопротивление минимально, ток максимален. Таким образом, сопротивление канала полевого транзистора резко возрастает при переходе от открытого к закрытому состоянию, что подтверждает его способность управлять током стока с помощью напряжения на затворе. Полученное значение крутизны позволяет оценить усилительные свойства транзисторного каскада. Пересечения линии нагрузки с выходными характеристиками определяют рабочую область каскада.

Уменьшение и увеличение напряжения затвор-исток на 30% не привело к искажению выходного сигнала, так как транзистор продолжал работать в линейной области. Таким образом, схема устойчива к небольшим изменениям управляющего напряжения. Схема с общим истоком даёт значительное усиление по мощности, благодаря большому входному сопротивлению и усилению по напряжению.