

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных вычислительных машин

Отчёт по лабораторной работе №2
Тема: «Исследование характеристик полевого транзистора»

Выполнил:
студент группы 150501 Смоленский Н.О.

Проверил:
к.т.н., доцент Селезнев И.Л.

Минск 2023

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить работу полевых транзисторов.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Среда выполнения:

- базовый лабораторный стенд
- лабораторный модуль Lab5A для исследования характеристик полевого транзистора типа КП303В.

Список задач лабораторной работы:

1. Получение передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим истоком;
2. Получение зависимости сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток;
3. Получение семейства выходных характеристик полевого транзистора в схеме в общем истоком;
4. Исследование работы транзисторного каскада с общим истоком.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Униполярными, или полевыми, транзисторами называются полупроводниковые приборы, в которых регулирование тока производится изменением проводимости проводящего канала с помощью электрического поля, перпендикулярного направлению тока. Оба названия этих транзисторов достаточно точно отражают их основные особенности: прохождение тока в канале обусловлено только одним типом зарядов, и управление током канала осуществляется при помощи электрического поля.

Электроды, подключенные к каналу, называются стоком (С) и истоком (И), а управляющий электрод называется затвором (З). Напряжение управления, которое создает поле в канале, прикладывается между затвором и истоком. В зависимости от выполнения затвора униполярные транзисторы делятся на две группы: с управляющим р-п-переходом и с изолированным затвором.

Устройство полевого транзистора с изолированным затвором (ПТИЗ) приведено на рисунке 3.1.

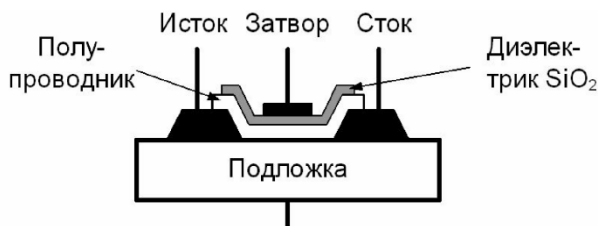


Рисунок 3.1 - Устройство полевого транзистора с изолированным затвором

В полевых транзисторах с изолированным затвором электрод затвора изолирован от полупроводникового канала с помощью слоя диэлектрика из двуокиси кремния SiO_2 . Поэтому полевой транзистор с такой структурой называют МОП-транзистором (металл-окисел-полупроводник). Электроды стока и истока располагаются по обе стороны затвора и имеют контакт с полупроводниковым каналом. Ток утечки затвора пренебрежимо мал даже при повышенных температурах. Полупроводниковый канал может быть обеднен носителями зарядов или обогащен ими. При обедненном канале электрическое поле затвора повышает его проводимость, поэтому канал называется индуцированным. Если канал обогащен носителями зарядов, то он называется встроенным. Электрическое поле затвора в этом, случае приводит к обеднению канала носителями зарядов.

Проводимость канала может быть электронной или дырочной. Если канал имеет электронную проводимость, то он называется n-каналом. Каналы с дырочной проводимостью называются p-каналами. В результате полевые транзисторы с изолированным затвором могут быть четырех типов: с каналом n- или p-типов, каждый из которых может иметь индуцированный или встроенный канал.

Условные изображения этих типов транзисторов приведены на рисунке 3.2.

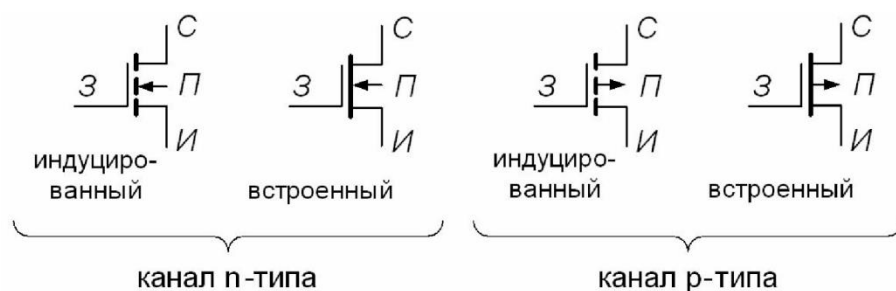


Рисунок 3.2 - Условное графическое изображение полевых транзисторов с изолированным затвором

Графическое обозначение транзисторов содержит информацию о его устройстве. Штриховая линия обозначает индуцированный канал, а сплошная — встроенный. Подложка (П) изображается как электрод со стрелкой, направление которой указывает тип проводимости канала. Если корпус транзистора выполнен из металла, то подложка имеет с ним электрический контакт. На электрических схемах подложка обычно соединяется с общим проводом. Затвор изображается вертикальной линией, параллельной каналу. Вывод затвора обращен к электроду истока.

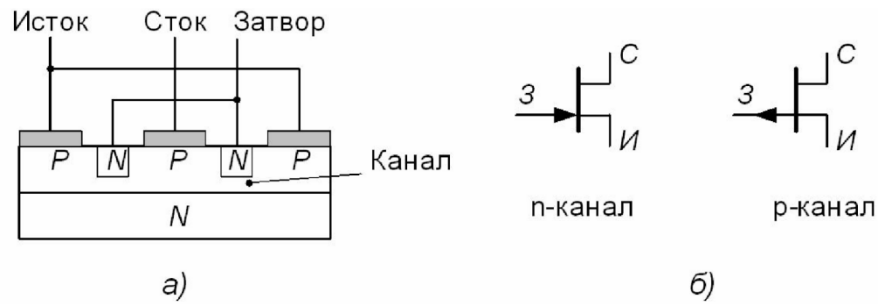


Рисунок 3.3 - Устройство полевого транзистора с управляющим р-п-переходом

Устройство полевого транзистора с управляющим р-п-переходом (ПТУП) приведено на рисунке 3.3а. В таком транзисторе затвор выполнен в виде обратно смещенного р-п-перехода. Изменение обратного напряжения на затворе позволяет регулировать ток в канале. На рисунке 3.3а показан полевой транзистор с каналом р-типа и затвором, выполненным из областей п-типа. Увеличение обратного напряжения на затворе приводит к снижению проводимости канала, поэтому полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом работают только на обеднение канала носителями зарядов. Условное изображение полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом приведено на рисунке 3.3б.

Поскольку ПТУП могут работать только с обеднением канала, то наличие встроенного канала показано на этом изображении сплошной линией, которая имеет контакты с электродами стока и истока. Направление стрелки на выводе затвора указывает тип проводимости канала.

Входное сопротивление полевых транзисторов составляет десятки – сотни МОм. При этом входной ток очень мал и практически не зависит от напряжения $U_{ЗИ}$ между затвором и истоком, поэтому для полевых транзисторов входная характеристика, т.е. зависимость I_3 от $U_{ЗИ}$ при фиксированном значении $U_{СИ}$, практического значения не имеет и при расчетах используют только передаточные и выходные вольтамперные характеристики (ВАХ).

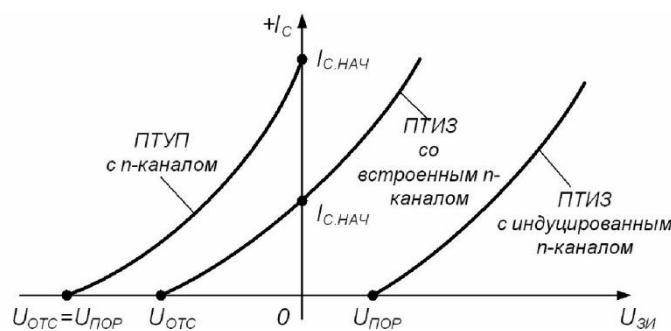


Рисунок 3.4 - Типовые передаточные характеристики п-канальных полевых транзисторов

Типовые передаточные характеристики n-канальных полевых транзисторов приведены на рисунке 3.4. Как видно, ток стока для n-канальных транзисторов имеет положительный знак, что соответствует положительному напряжению на стоке.

ПТУП при нулевом напряжении на затворе имеют максимальное значение тока, которое называется начальным $I_{НАЧ}$. При увеличении запирающего напряжения ток стока уменьшается и при напряжении отсечки $U_{ОТС}$ становится близким к нулю.

Характеристики ПТИЗ с индуцированным каналом таковы, что при нулевом напряжении на затворе ток стока транзистора нулевой. Появление тока стока в таких транзисторах происходит при напряжении на затворе больше порогового значения $U_{ПОР}$. Увеличение напряжения на затворе приводит к увеличению тока стока.

Характеристики ПТИЗ со встроенным каналом при нулевом напряжении на затворе имеют начальное значение тока $I_{С,НАЧ}$. Такие транзисторы могут работать как в режиме обогащения, так и в режиме обеднения. При увеличении напряжения на затворе канал обогащается и ток стока растет, а при уменьшении напряжения на затворе канал обедняется и ток стока снижается.

Для полевых транзисторов с р-каналом передаточные характеристики имеют такой же вид, только располагаются в нижней половине графика и имеют отрицательное значение тока и отрицательное напряжение на стоке.

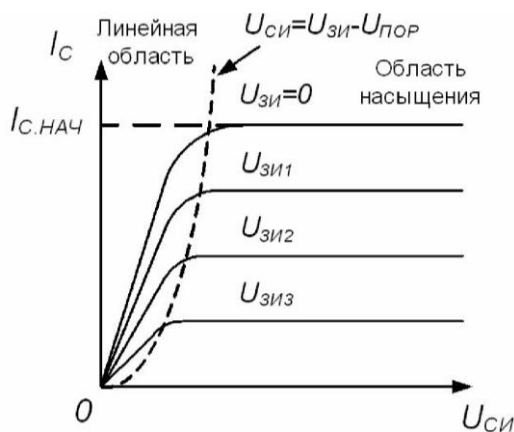


Рисунок 3.5 - Выходные характеристики полевого транзистора с управляющим р-п-переходом

Типовые выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом и каналом n-типа приведены на рисунке 3.5. Характеристики других типов транзисторов имеют аналогичный вид. На этих ВАХ можно выделить две области: линейную и насыщения. В линейной области вольтамперные характеристики вплоть до точки перегиба представляют собой прямые линии, наклон которых зависят от напряжения

на затворе. В области насыщения ВАХ идут практически горизонтально, что позволяет говорить о независимости тока стока I_C от напряжения на стоке $U_{СИ}$. Особенности этих характеристик обуславливают применение полевых транзисторов.

В линейной области полевой транзистор используется как сопротивление, управляемое напряжением на затворе, а в области насыщения – как усилительный элемент.

Линейная область. В линейной области ток стока полевого транзистора определяется уравнением:

$$i_c = 2k[(U_{пор} - U_{зи})U_{си} - \frac{I_K}{I_B}], \quad (3.1)$$

где k — постоянный коэффициент, зависящий от конструкции транзистора, $U_{пор}$ — пороговое напряжение (или напряжение отсечки), $U_{зи}$ — напряжение между затвором и истоком, $U_{си}$ — напряжение между стоком и истоком.

На начальном участке линейной области, учитывая малую величину напряжения на стоке ($U_{СИ} \approx 0$) можно воспользоваться упрощенным выражением:

$$i_c \approx 2k(U_{пор} - U_{зи})U_{си}. \quad (3.2)$$

Выражение (3.2) позволяет определить сопротивление канала в линейной области:

$$R_K = \frac{U_{си}}{i_c} = \frac{1}{2k(U_{пор} - U_{зи})}. \quad (3.3)$$

Из выражения (5.3) следует, что при $U_{зи} = 0$ сопротивление канала будет минимальным $R_{K.min} = 1/(2kU_{пор})$. Если напряжение на затворе стремится к пороговому значению $U_{зи} \rightarrow U_{пор}$, то сопротивление канала возрастает до бесконечности: $R_K \rightarrow \infty$. График зависимости сопротивления канала от управляющего напряжения на затворе приведен на рисунке 3.6.

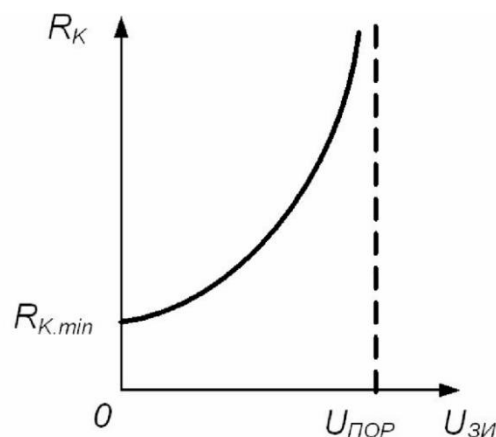


Рисунок 5.6 - Зависимость сопротивления канала полевого транзистора от напряжения на затворе

Основное применение полевых транзисторов в линейной области определяется их способностью изменять сопротивление при изменении напряжения на затворе. Это сопротивление для мощных полевых транзисторов с изолированным затвором достигает долей Ома (0,5...2,0 Ом), что позволяет использовать их в качестве замкнутого ключа с весьма малым собственным сопротивлением канала. С другой стороны, если напряжение на затворе сделать равным пороговому значению (или больше его), то сопротивление канала транзистора увеличивается, что соответствует разомкнутому ключу с весьма малой собственной проводимостью. Таким образом, полевой транзистор можно использовать как ключ, управляемый напряжением на затворе.

Область насыщения. В области насыщения ток стока полевого транзистора определяется уравнением:

$$i_c = k(U_{пор} - U_{зи})^2, \quad (3.4)$$

из которого следует его независимость от напряжения на стоке. Практически такая зависимость есть, но в большинстве случаев она слабо выражена. Из уравнения (3.4) можно найти начальный ток стока при условии, что $U_{зи}=0$:

$$I_{с.нач} = kU_{пор}^2. \quad (3.5)$$

Из выражения (3.5) следует, что значение коэффициента k можно определить экспериментально, измерив начальный ток стока $I_{нач}$ и пороговое напряжение $U_{пор}$ (или напряжение отсечки $U_{отс}$).

Полевые транзисторы, в области насыщения используются в основном как усилительные приборы и их усилительные свойства определяются крутизной вольтамперной характеристики:

$$S = \left| \frac{di_c}{du_{зи}} \right| = 2k(U_{пор} - U_{зи}). \quad (3.6)$$

Из уравнения (3.6) следует, что максимальное значение крутизна имеет при $U_{зи}=0$. С увеличением напряжения на затворе крутизна уменьшается и при $U_{зи}=U_{п}$ становится равной нулю.

Используя максимальное значение крутизны $S_{max}=2kU_{пор}$, уравнение (3.6) можно записать в виде:

$$S = S_{max} \left(1 - \frac{U_{зи}}{U_{пор}} \right). \quad (3.7)$$

Усилительный каскад на полевом транзисторе. При построении усилителя на полевых транзисторах наибольшее распространение получила схема каскада с общим истоком. При этом в ней, как правило применяются

либо полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом, либо МДП-транзисторы со встроенным каналом.

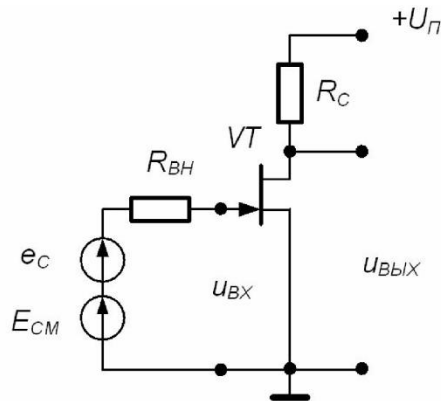


Рисунок 3.7 - Типовая схема усилительного каскада на полевом транзисторе

На рисунке 3.7 приведена типовая схема каскада на полевом транзисторе с управляющим р-п-переходом и каналом п-типа.

В этой схеме с помощью источника смещения E_{CM} устанавливается требуемый режим работы каскада. Наиболее часто эта схема используется при построении входных каскадов усилителей. Объясняется это следующими преимуществами полевого транзистора перед биполярным:

- большее входное сопротивление полевого транзистора упрощает его согласование с высокоомным источником сигнала;
- как правило, полевой транзистор имеет весьма малый коэффициент шума, что делает его более предпочтительным при усилении слабых сигналов;
- полевой транзистор имеет большую собственную температурную стабильность режима покоя.

Вместе с тем каскады на полевых транзисторах обычно обеспечивают меньший коэффициент усиления по напряжению, по сравнению с каскадами на биполярных транзисторах.

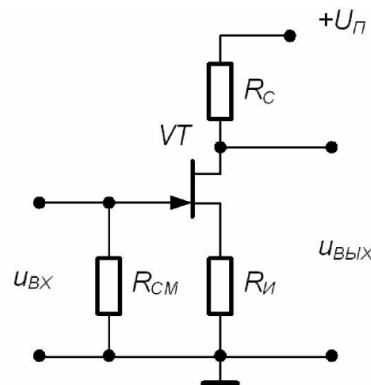


Рисунок 3.8 - Задание режима покоя в усилительном каскаде на полевом транзисторе с управляющим р-п-переходом

Как уже было отмечено, полевой транзистор с управляющим переходом может работать только с обеднением канала в режиме обеднения канала, т.е. полярности напряжений, приложенные к его стоку и затвору, должны быть противоположными. Поэтому для задания режима по постоянному току на практике широко используется введение в каскад последовательной отрицательной обратной связи (ООС) по току нагрузки. Схема такого каскада приведена на рисунке 3.8. Ее особенность заключается в том, что параллельно входным выводам усилительного каскада подключен резистор R_{CM} . Этот резистор обеспечивает гальваническую связь затвора с общей шиной, что необходимо для замыкания цепи смещения, а также стабилизирует входное сопротивление каскада. Сопротивление резистора R_{CM} выбирается меньше собственного входного сопротивления транзистора (обычно $R_{CM} < 1 \text{ МОм}$). Так как собственный входной ток полевого транзистора стремится к нулю, то падение напряжения на R_{CM} от протекания тока смещения также стремится к нулю и напряжение смещения практически равно падению напряжения на включенном в цепь истока резисторе R_H .

В рассматриваемой схеме резистор R_H выполняет двойную роль. Во-первых, он обеспечивает начальное смещение рабочей точки каскада и, во-вторых, вводит в него последовательную отрицательную обратную связь по току нагрузки, что приводит к уменьшению коэффициента усиления каскада и стабилизирует его рабочую точку.

4 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

4.1 Получение передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим истоком

Необходимо установить лабораторный модуль Lab5A на макетную плату, загрузить и запустить программу Lab-5.vi. Для определения передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим истоком, подключить схему, изображенную на рисунке 4.1.

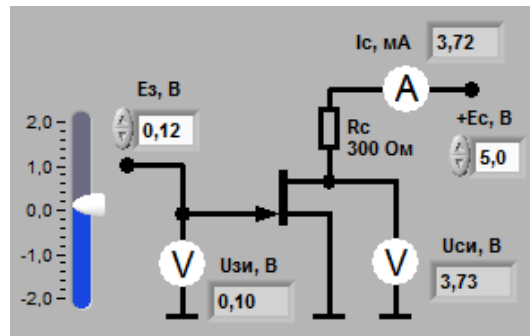


Рисунок 4.1 – Схема подключения ПТ для получения передаточной характеристики в схеме с общим истоком

Необходимо установить с помощью цифрового элемента управления, находящегося на передней панели ВП, напряжение питания стока E_C равным 5 В. Далее нажать на панели ВП кнопку «Измерение» и скопировать изображение графика зависимости выходного тока I_C транзистора от входного напряжения $U_{ЗИ}$. Полученный график изображен на рисунке 4.2.

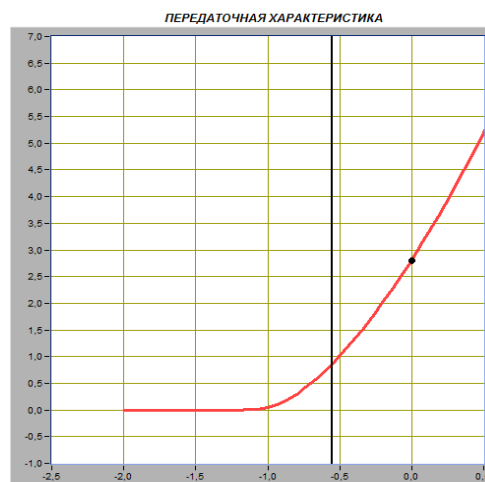


Рисунок 4.2 - График зависимости выходного тока I_C транзистора от входного напряжения $U_{ЗИ}$

Далее необходимо, изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 с помощью ползункового регулятора, расположенного на панели ВП,

установить значение тока стока I_C примерно равным 0,01 мА и получить значение напряжения отсечки затвор-исток $U_{зи.отс}$:

$$U_{зи.отс} = -1,1 \text{ В при } I_C = 0,01 \text{ мА.}$$

Далее нужно, изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 с помощью ползункового регулятора, расположенного на панели ВП, установить значение напряжения затвор-исток $U_{зи}$ равным 0 В и получить начальное значение тока стока $I_{C.нач}$:

$$I_{C.нач} = 2,8 \text{ мА при } U_{зи} = 0 \text{ В.}$$

Следует вычислить значение коэффициента k , учитывающего конструктивные и технологические параметры транзистора:

$$k = I_{C.нач} / (U_{зи.отс})^2 = 2,8 * 10^{-3} / (-1,1)^2$$

Далее необходимо, изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 с помощью ползункового регулятора, расположенного на панели ВП, установить значение напряжения затвор-исток $U_{зи}$ сначала равным $U_{зи.1} = -0,1 \text{ В}$, а затем равным $U_{зи.2} = +0,1 \text{ В}$ и получить значения тока стока $I_{C.1}$ и $I_{C.2}$:

$$\begin{aligned} I_{C.1} &= 2,38 \text{ мА при } U_{зи.1} = -0,1 \text{ В} \\ I_{C.2} &= 3,21 \text{ мА при } U_{зи.2} = 0,1 \text{ В} \end{aligned}$$

Значение крутизны передаточной характеристики полевого транзистора в окрестности точки $U_{зи} = 0$:

$$S = (I_{C.2} - I_{C.1}) / (U_{зи.2} - U_{зи.1}) = (3,21 - 2,38) * 10^{-3} / (0,1 + 0,1) = 4,15 * 10^{-3}$$

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

Для получения зависимости сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток необходимо подключить схему, изображенную на рисунке 4.3.

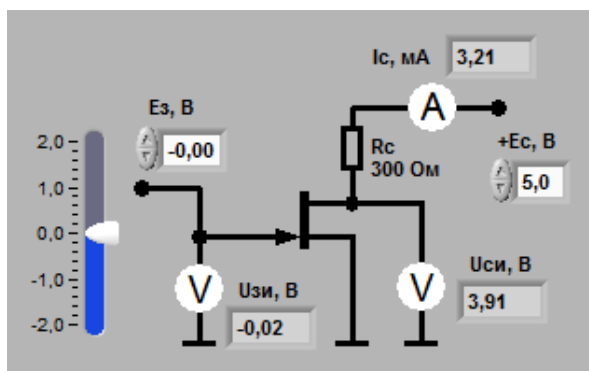


Рисунок 4.3 – Схема подключения ПТ для получения зависимости канала от напряжения затвор-исток

Далее необходимо с помощью цифрового элемента управления, находящегося на передней панели ВП, установить значение напряжения питания стока E_c , равным 5 В. Далее нажать на панели ВП кнопку «Измерение» и скопировать изображение графика зависимости сопротивления канала R_K полевого транзистора от напряжения затвор-исток $U_{зи}$. Полученный график изображен на рисунке 4.4.

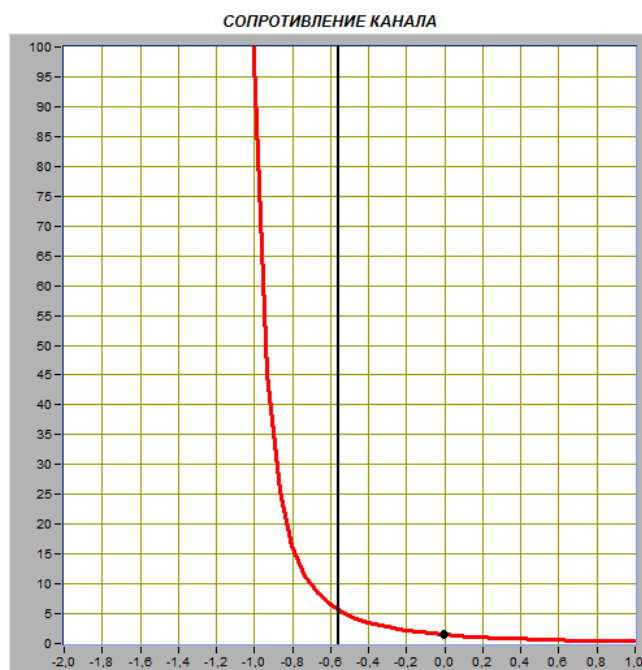


Рисунок 4.4 – График зависимости сопротивления канала R_K полевого транзистора от напряжения затвор-исток $U_{зи}$

Далее нужно, изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_z с помощью ползункового регулятора, расположенного на панели ВП, установить значение тока стока I_c примерно равным 0,01 мА и получить значение сопротивления $R_{K, \text{макс}}$, соответствующее напряжению $U_{зи, \text{отс}}$ (закрытое состояние транзистора):

$$R_{K.макс} = 836,2 \text{ кОм при } I_C = 0,01 \text{ мА.}$$

Далее следует, изменяя напряжение источника ЭДС затвора E_3 с помощью ползункового регулятора, расположенного на панели ВП, установить значение напряжения затвор-исток $U_{ЗИ}$ равным 0 В и получить значение сопротивления $R_{K.мин}$, соответствующее напряжению $U_{ЗИ}=0$ (открытое состояние транзистора):

$$R_{K.мин} = 1,5 \text{ кОм при } U_{ЗИ} = 0 \text{ В}$$

4.3 Получение семейства выходных характеристик ПТ в схеме с общим истоком

Для получения семейства выходных характеристик необходимо подключить схему, изображенную на рисунке 4.5.

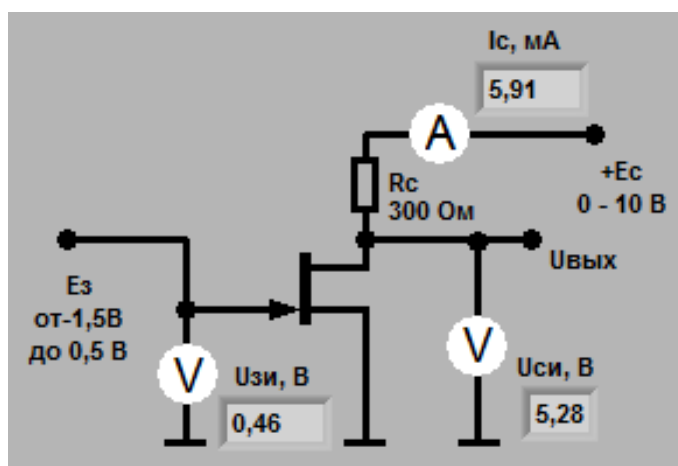


Рисунок 4.5 – Схема подключения ПТ с общим истоком для получения семейства выходных характеристик

Необходимо нажать на панели ВП кнопку «Измерение» и скопировать изображение графиков зависимостей тока стока I_C от напряжения сток-исток $U_{СИ}$, полученные при плавном изменении напряжения на стоке транзистора от 0 до 10 В и фиксированных значениях напряжения источника ЭДС затвора $U_{ЗИ} = -1,5 \text{ В}, -1 \text{ В}, -0,5 \text{ В}, 0 \text{ В}; +0,5 \text{ В}$. После для каждой кривой нужно отметить соответствующие значения напряжения затвор-исток. Полученное семейство выходных характеристик изображено на рисунке 4.6.

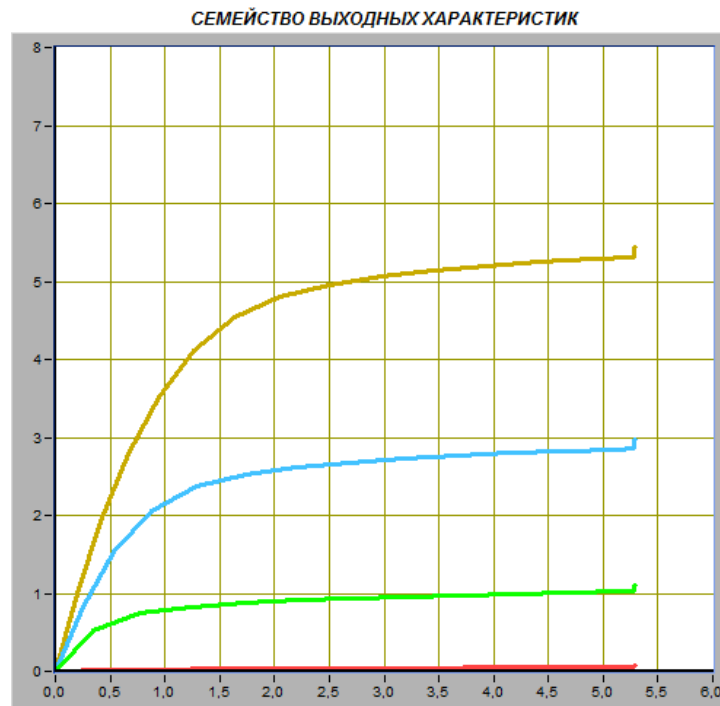


Рисунок 4.6 – Семейство выходных характеристик ПТ в схеме с общим истоком

Далее при фиксированном напряжении сток-исток, равном $U_{СИ} = 5 \text{ В}$, необходимо определить ток стока I_C , соответствующий значениям напряжения на затворе, при которых снимались выходные характеристики.

Для этого с помощью расположенного на панели ВП ползункового регулятора «Х» нужно установить вертикальную визирную линию напротив деления «5 В» горизонтальной оси графика выходных характеристик. Затем с помощью горизонтальной визирной линии, перемещаемой ползунковым регулятором «У», получить значения тока стока в точках пересечения выходных характеристик с вертикальным визиром. Полученные значения приведены ниже:

$$U_{ЗИ1} = -1,5 \text{ В}, I_{C1} = 0,01 \text{ мА},$$

$$U_{ЗИ2} = -1,0 \text{ В}, I_{C2} = 0,05 \text{ мА},$$

$$U_{ЗИ3} = -0,5 \text{ В}, I_{C1} = 1,02 \text{ мА},$$

$$U_{ЗИ4} = 0,0 \text{ В}, I_{C1} = 2,84 \text{ мА},$$

$$U_{ЗИ5} = 0,5 \text{ В}, I_{C1} = 5,3 \text{ мА}.$$

Расчет крутизны передаточной характеристики транзистора S при изменении напряжения затвор-исток в диапазоне от $-0,5 \text{ В}$ до $0,5 \text{ В}$ представлен ниже:

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{ЗИ}} = \frac{1,02 - 5,3}{-1,0 - 0} = 4,28 * 10^{-3}$$

Далее необходимо выбрать сопротивление в цепи стока равным $R_C = 300 \text{ Ом}$, а величину напряжения источника ЭДС стока $E_C = 5 \text{ В}$ и построить на графике выходных характеристик транзистора линию нагрузки по двум точкам: точка $E_C = 5 \text{ В}$ на оси абсцисс и точка $I_C = E_C/R_C$ на оси ординат. Построенная линия изображена на рисунке 4.7.

$$I_C = \frac{E_C}{R_C} = \frac{5}{300} = 16,67 \text{ мА.}$$

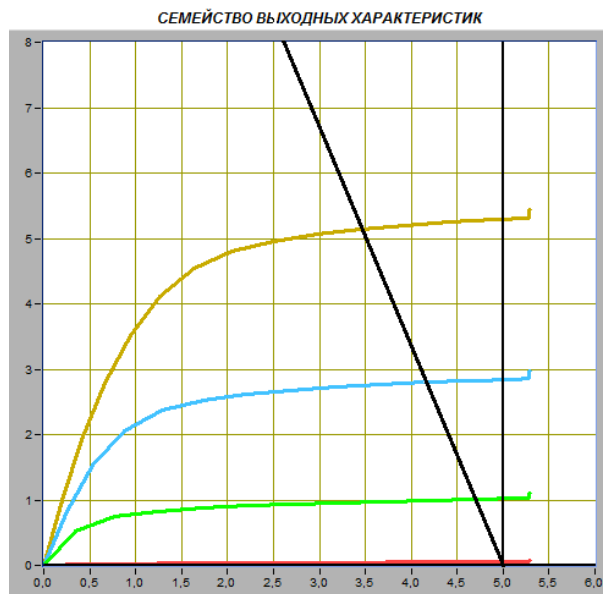


Рисунок 4.7 – Семейство выходных характеристик ПТ в схеме с общим истоком с линией нагрузки

Необходимо оценить границы активного режима транзисторного каскада, которые определяются координатами ($I_{C.макс}$, $U_{СИ.мин}$, $I_{C.мин}$, $U_{СИ.макс}$) точек пересечения линии нагрузки с выходными характеристиками, полученными, соответственно, при значениях напряжения затвор-исток $-1,0 \text{ В}$ и $+0,5 \text{ В}$. Полученные значения приведены ниже:

$$U_{ЗИ} = -1,0 \text{ В: } U_{СИ \max} = 5 \text{ В, } I_{C \min} = 0,01 \text{ мА}$$

$$U_{ЗИ} = +0,5 \text{ В: } U_{СИ \min} = 3,4 \text{ В, } I_{C \max} = 5,15 \text{ мА}$$

Далее нужно вычислить ток стока $I_C^* = (I_{C.макс} + I_{C.мин})/2$ для средней точки активного режима и определить по передаточной характеристике соответствующее значение напряжения затвор-исток $U_{ЗИ}^*$. Полученные значения представлены ниже:

$$I_C^* = \frac{I_{C.макс} + I_{C.мин}}{2} = 2,58 \text{ мА}$$

$$U_{3и}^* = U_{3и4} - \frac{I_{C4} - I_C^*}{S} = -0,061 \text{ В}$$

4.4 Исследование работы транзисторного каскада с общим истоком

Для исследования работы транзисторного каскада с общим истоком необходимо подключить схему, изображенную на рисунке 4.8.

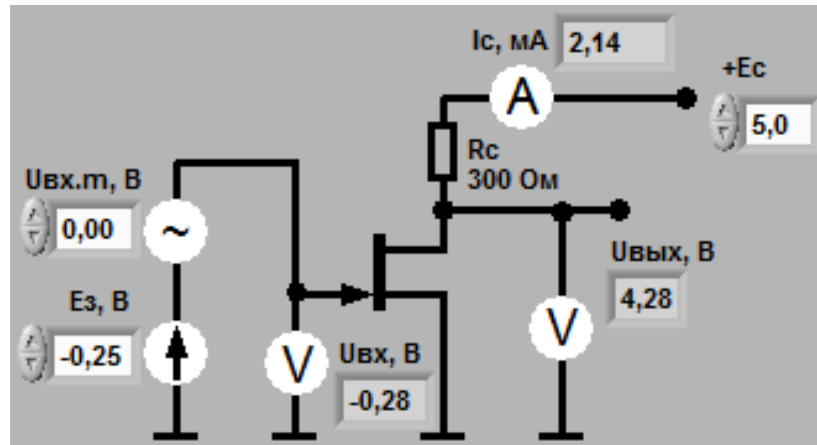


Рисунок 4.8 – Схема подключения ПТ для исследования работы транзисторного каскада с общим истоком

Далее необходимо установить с помощью органов управления ВП амплитуду напряжения источника входного гармонического напряжения $u_{ВХ.г} = 0$, и величину напряжения источника ЭДС стока $E_c = 5 \text{ В}$, нажать кнопку «Измерение» и получить на графике выходных характеристик транзистора изображение линии нагрузки.

Сравнив полученное изображение линии нагрузки с построенным в пункте 4.3 (рисунок 4.7), можно сделать вывод, что построение было выполнено верно.

Далее нужно установить напряжение источника ЭДС затвора E_3 , равное значению $U_{3и}^* = -0,061 \text{ В}$, полученному в пункте 4.3 и измерить параметры статического режима транзисторного усилителя с общим истоком. Полученные значения записаны в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Параметры статического режима транзисторного усилителя

$U_{3и}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$	$U_{си}, \text{ В}$
-0,1	2,52	4,25

Плавнo увеличивая амплитуду входного сигнала $u_{BX.m}$, необходимо получить на графическом индикаторе ВП максимальный неискаженный выходной сигнал. Изображение выходного сигнала приведено на рисунке 4.9.

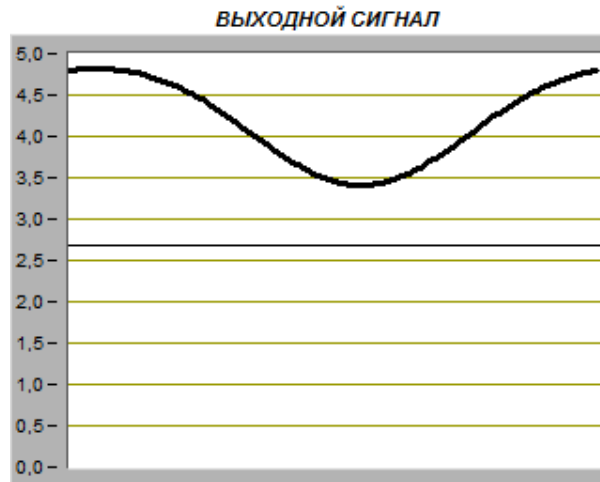


Рисунок 4.9 – Максимальный неискажённый выходной сигнал

Можно сделать вывод, что разность фаз между входным и выходным сигналами транзисторного каскада с общим истоком равна 0,242 В.

Далее с помощью ВП необходимо измерить значения амплитуд входного и выходного сигналов. Для этого, используя визирные линии графических индикаторов, определить по осциллограммам входного и выходного сигналов максимальные и минимальные мгновенные значения указанных напряжений (при отсчете использовать цифровые индикаторы, совмещенные с ползунковыми регуляторами ВП) Полученные значения представлены ниже:

$$u_{BX.max} = 0,549 \text{ В}, u_{BX.min} = -0,666 \text{ В},$$

$$u_{ВЫХ.max} = 4,83 \text{ В}, u_{ВЫХ.min} = 3,38 \text{ В}.$$

Полученные значения амплитуды входного и выходного сигналов:

$$U_{BX.m} = \frac{0,549 + 0,666}{2} = 0,6075 \text{ В},$$

$$U_{ВЫХ.m} = \frac{4,83 - 3,38}{2} = 0,725 \text{ В}.$$

Вычисленный коэффициент усиления транзисторного каскада:

$$K_y = \frac{U_{ВЫХ.m}}{U_{BX.m}} = \frac{0,725}{0,6075} = 1,19 ,$$

$$K_y = S * R_C = 4,28 * 10^{-3} * 300 = 1,284.$$

Полученные значения коэффициентов усиления незначительно различаются, что можно обусловить погрешностью измерений.

Далее необходимо рассмотреть 2 случая для исследования влияния положения рабочей точки на работу транзисторного каскада с общим истоком:

1. Увеличение значения напряжения затвор-исток $U_{зи}^*$ на 30% от величины, полученной в пункте 4.3. Изображение выходного сигнала приведено на рисунке 4.10.

Уменьшение значения напряжения затвор-исток $U_{зи}^*$ на 30% от величины, полученной в пункте 4.3. Изображение выходного сигнала приведено на рисунке 4.11.

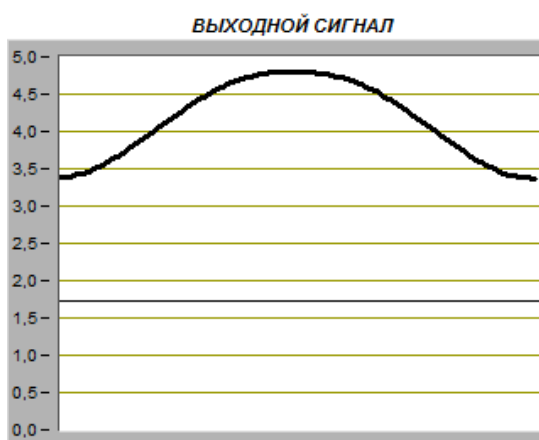


Рисунок 4.10 – Выходной сигнал после увеличения напряжения затвор-исток на 30%

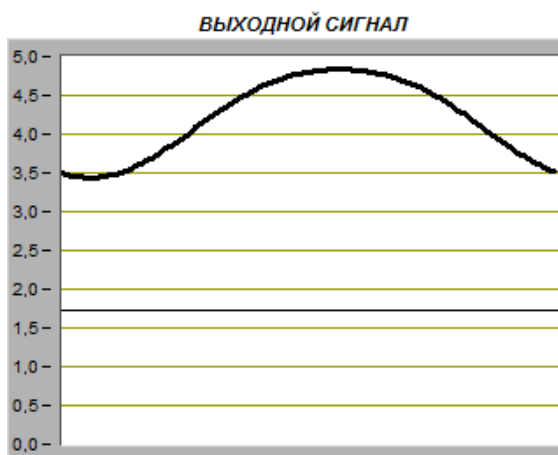


Рисунок 4.11 – Выходной сигнал после уменьшения напряжения затвор-исток на 30%

Выходные сигналы отличаются незначительно, т.к. в рассмотренном случае E_z слишком мало, чтобы отразить какие-либо изменения.

5 ВЫВОДЫ

В ходе выполнения лабораторной работы были получены передаточная характеристика и семейство выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком, получена зависимость сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор-исток. Также была изучена работа транзисторного каскада в схеме с общим истоком.