

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИПОЛЯРНОГО И ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРОВ

Целью выполнения лабораторной работы является ознакомление с устройством и принципом действия биполярных и полевых транзисторов, экспериментальное определение их статических характеристик.

Исследование характеристик биполярного транзистора

Схема для исследования входной и выходной характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, изображена на рис. 1.

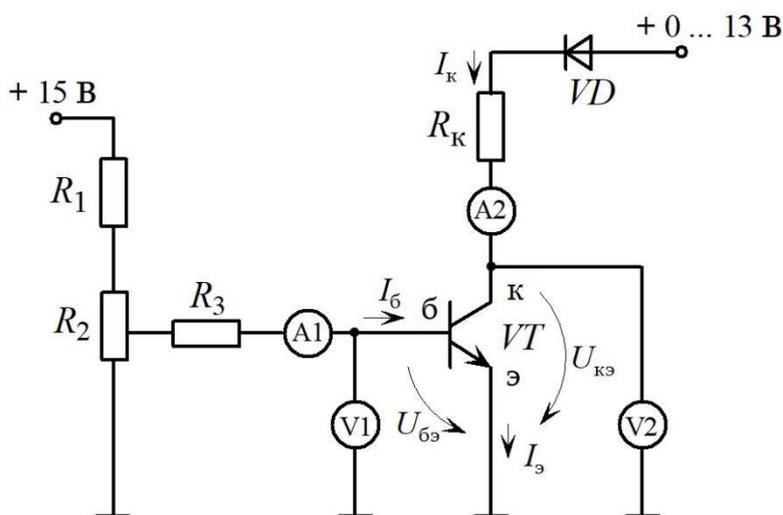


Рис. 1. Биполярный транзистор, включенный по схеме с общим эмиттером

Номиналы элементов: *n-p-n* транзистор *VT* – КТ503Г; резистор $R_1 = 2.2 \text{ кОм}$; переменный резистор $R_2 = 0 - 1 \text{ кОм}$; резистор $R_3 = 47 \text{ кОм}$; резистор $R_k = 470 \text{ Ом}$; диод *VD* – Д226.

Резистивный переменный делитель напряжения R_1, R_2 с регулируемым коэффициентом деления позволяет менять напряжение, подаваемое на базу транзистора *VT* для снятия характеристик транзистора. Резистор R_3 ограничивает базовый ток. Резистор R_k ограничивает коллекторный ток, предотвращая выход транзистора из строя в случае, если транзистор полностью откроется (в режиме насыщения $u_{кэ} = 0$) и его сопротивление между

коллектором и эмиттером будет близким к нулю. Диод VD исключает подачу отрицательного напряжения на коллектор $n-p-n$ транзистора.

Для представленной схемы необходимо снять и построить зависимость тока базы транзистора от напряжения база-эмиттер $i_b = f(U_{бэ})$ (входная характеристика) и зависимость коллекторного тока от напряжения коллектор-эмиттер $i_k = f(u_{кэ})$ (выходная характеристика).

Измерения нужно проводить с помощью мультиметров, включенных в режиме измерения напряжения (рис.2, а) и в режиме измерения тока (рис.2, б) с учетом полярности включения.

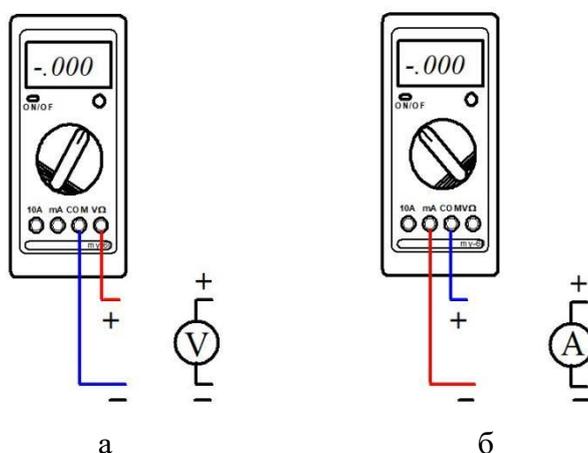


Рис. 2. Мультиметры: а – в режиме вольтметра; б - в режиме амперметра

Монтаж экспериментальной установки

Поместите миниблоки на наборное поле так, как показано на рис.3.

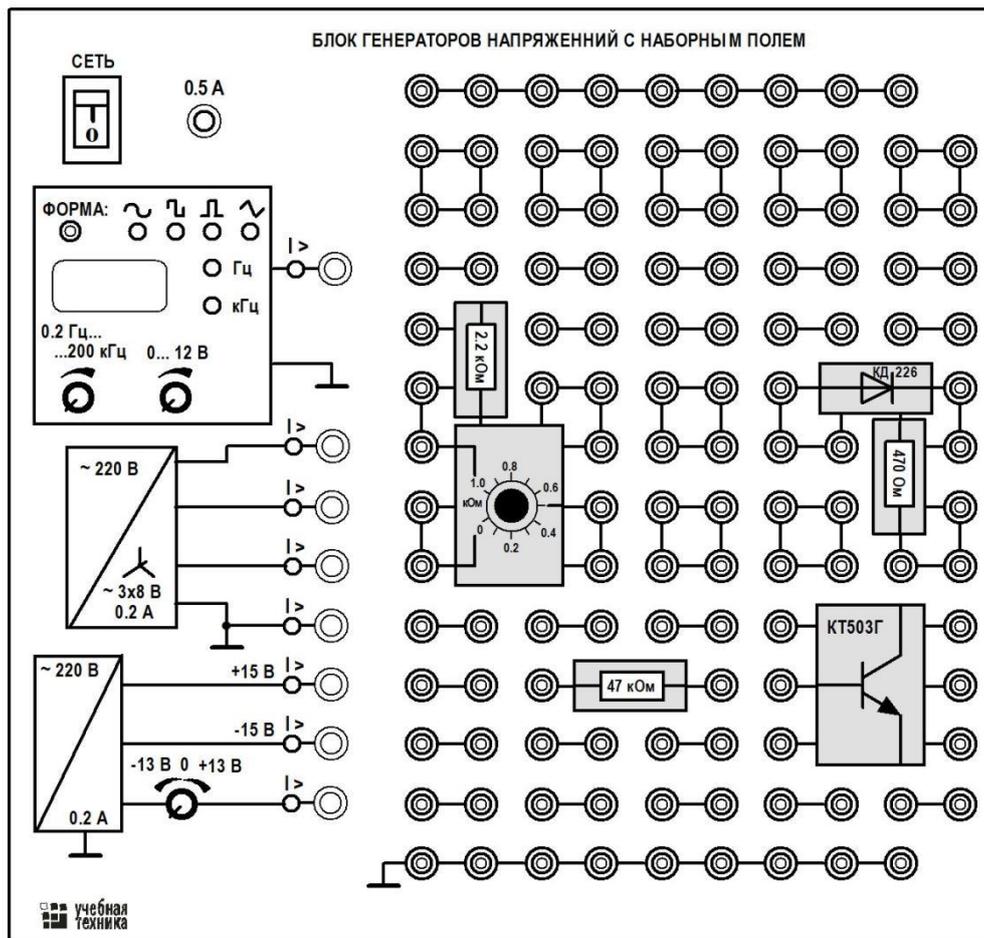


Рис. 3. Монтажная схема установки миниблоков

Соберите схему включения транзистора с общим эмиттером (рис. 4). Включите в схему измерительные приборы так, как показано на рис. 4.

ВНИМАНИЕ! Перед подключением измерительных приборов убедитесь, что переключатель режимов мультиметров установлен на значения постоянного тока – при измерении тока «A=», при измерении напряжения «V=».

ВНИМАНИЕ! Монтаж схемы проводите при выключенном тумблере «СЕТЬ» на блоке генераторов.

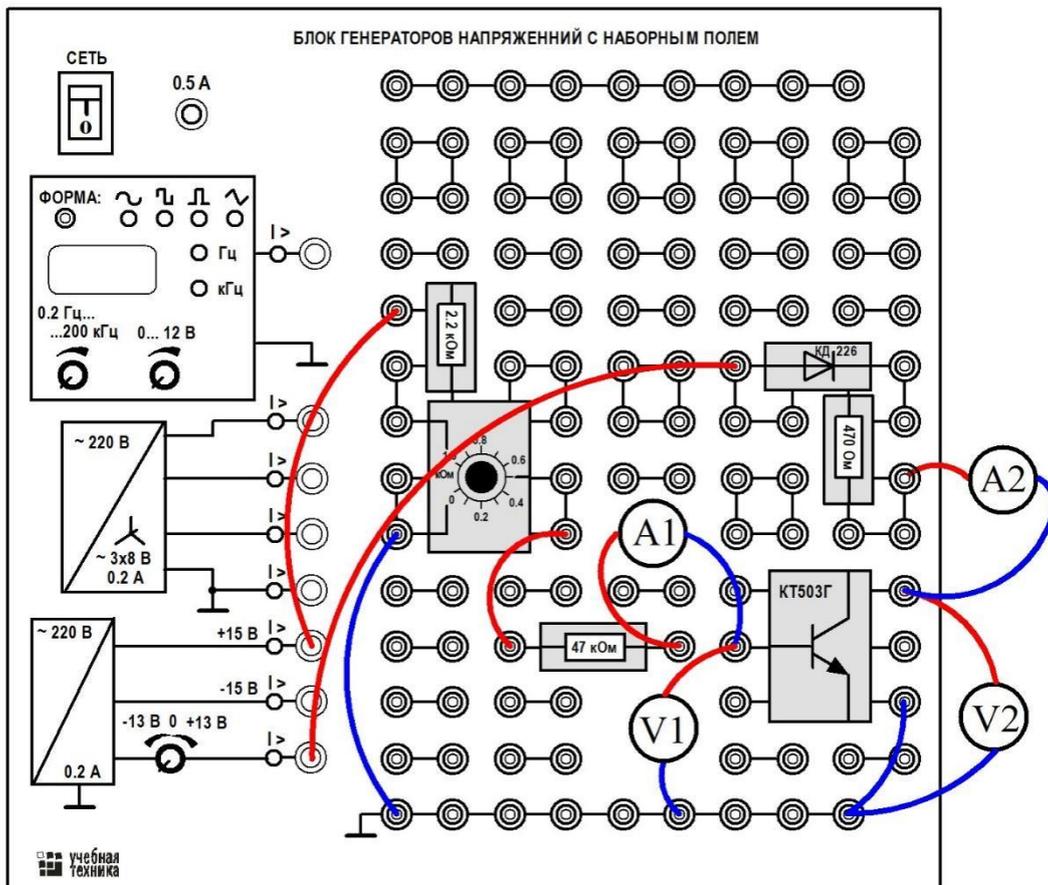


Рис. 4. Монтажная схема экспериментальной установки

Выходная цепь биполярного транзистора (цепь коллектора) подключается к источнику постоянного напряжения $E_k = 13$ В. Источник $E_k = 13$ В является регулируемым в диапазоне от -13 В до +13 В. Во избежание подачи отрицательного напряжения на коллектор $n-p-n$ транзистора, в коллекторную цепь введен диод VD (рис. 2.1). Регулятор напряжения источника E_k переведите в крайнее положение по часовой стрелке, что соответствует +13 В. Напряжение источника E_k контролируйте с помощью вольтметра $V2$. При контроле учитывается напряжение на открытом диоде VD (рис. 2.1), поэтому показания вольтметра $V2$ будут ниже 13 В примерно на 0.8 В.

Резистор R_1 и переменный резистор R_2 (потенциометр), установленные в базовую цепь транзистора, образуют регулируемый резистивный делитель. Смещение движка потенциометра позволяет изменять напряжение, подаваемое на базу транзистора.

Исследование входных характеристик биполярного транзистора

Для снятия входной характеристики транзистора, подайте на коллектор постоянное напряжение и, изменяя напряжение на базе, зафиксируйте значения базового тока.

- 1) Поверните движок потенциометра по часовой стрелке до упора. Убедитесь, что регулятор напряжения, подаваемого на коллекторную цепь транзистора, находится в крайнем положении по часовой стрелке.
- 2) Включите питание стенда. Включите тумблер «СЕТЬ» на блоке генераторов. Включите блоки мультиметров и сами мультиметры.
- 3) Меняя положение потенциометра, установите значение напряжения $U_{бэ}$ равным 0.1 В, контролируйте значение $U_{бэ}$ вольтметром V1.
- 4) Проведите измерение тока базы I_b , соответствующее напряжению база-эмиттер $U_{бэ} = 0.1$ В, с помощью амперметра A1. Значения I_b и $U_{бэ}$ занесите в таблицу 1.

Таблица 1.

$U_{кэ} = 13$ В						
$U_{бэ},$ В	0.1					0.6
$I_b,$ мкА						

- 5) Изменяя значения $U_{бэ}$ от 0.1 В до 0.6 В и измеряя ток I_b , заполните таблицу 1.
- 6) Постройте входную характеристику биполярного транзистора $i_b = f(U_{бэ})$ при $U_{кэ} = 13$ В.
- 7) Установите напряжение $U_{кэ} = 10$ В, повернув ручку регулируемого источника напряжения, контролируя значение $U_{кэ}$ вольтметром V2.
- 8) Повторите пункты 3-5, заполните таблицу 2.

Таблица 2.

$U_{кэ} = 10$ В						
$U_{бэ},$ В	0.1					0.6
$I_b,$ мкА						

- 9) Постройте входную характеристику биполярного транзистора при $U_{кэ} = 10$ В в той же системе координат, что и для $U_{кэ} = 13$ В.

- 8) Постройте выходную характеристику биполярного транзистора $i_k = f(U_{кэ})$ при $I_б = 0.1$ мкА в той же системе координат, что и для $I_б = 0$ мкА.

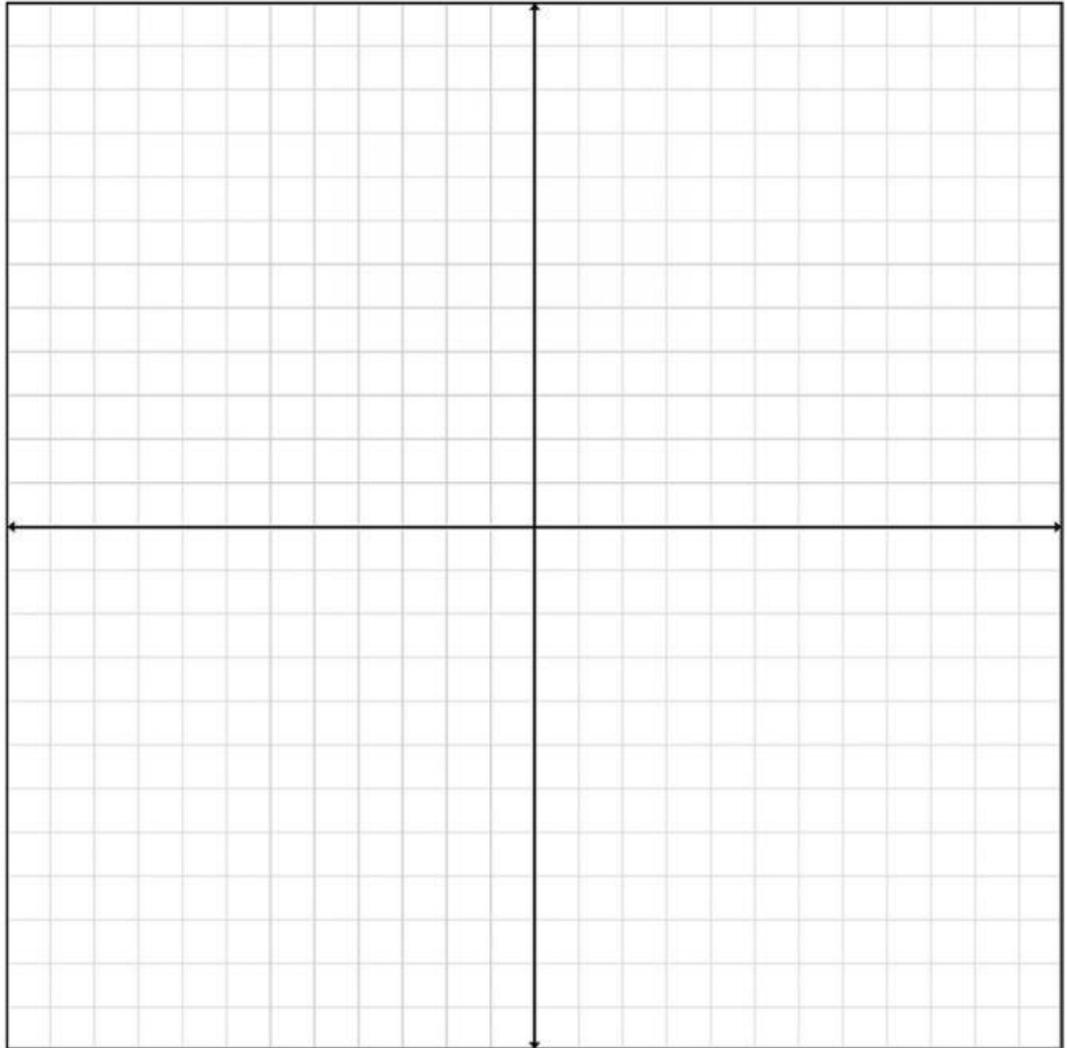


Рис.5. Входная и выходная характеристики биполярного транзистора.

Исследование характеристик полевого транзистора с изолированным затвором с индуцированным p -каналом

Схема для исследования выходной характеристики полевого транзистора с изолированным затвором, включенного по схеме с общим истоком, изображена на рис.6.

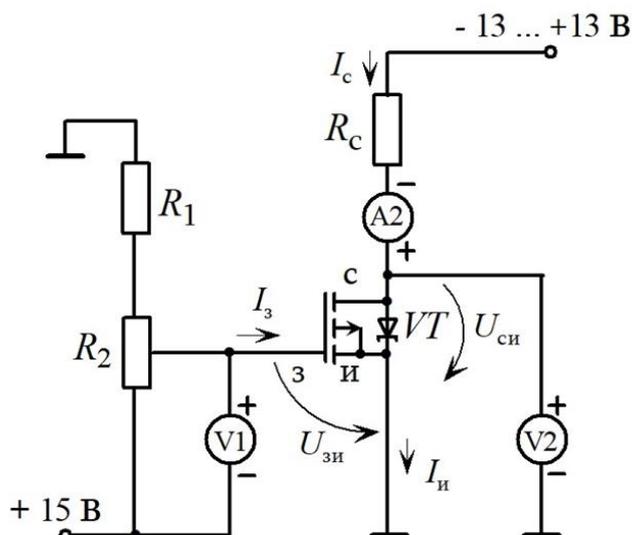


Рис. 6. Полевой транзистор с изолированным затвором, включенный по схеме с общим истоком

Номиналы элементов: ПТ с изолированным затвором с p -каналом VT – IRFD9024; резистор $R_1 = 4.7$ кОм; переменный резистор $R_2 = 0 - 1$ кОм; резистор $R_c = 220$ Ом.

Резистивный переменный делитель напряжения R_1, R_2 с регулируемым коэффициентом деления позволяет менять напряжение, подаваемое на затвор транзистора VT для снятия характеристик транзистора. Резистор R_c ограничивает ток канала, предотвращая выход из строя транзистора в случае, если транзистор полностью откроется.

Для представленной схемы необходимо снять и построить зависимость тока канала (I_c) от напряжения сток-исток ($U_{си}$): $I_c = f(U_{си})$ при $U_{зи} = const$.

Измерения нужно проводить с помощью мультиметров, включенных в режиме измерения напряжения (рис. 2.2, а) и в режиме измерения тока (рис. 2.2, б) с учетом полярности включения.

Монтаж экспериментальной установки

Поместите миниблоки на наборное поле так, как показано на рис. 7.

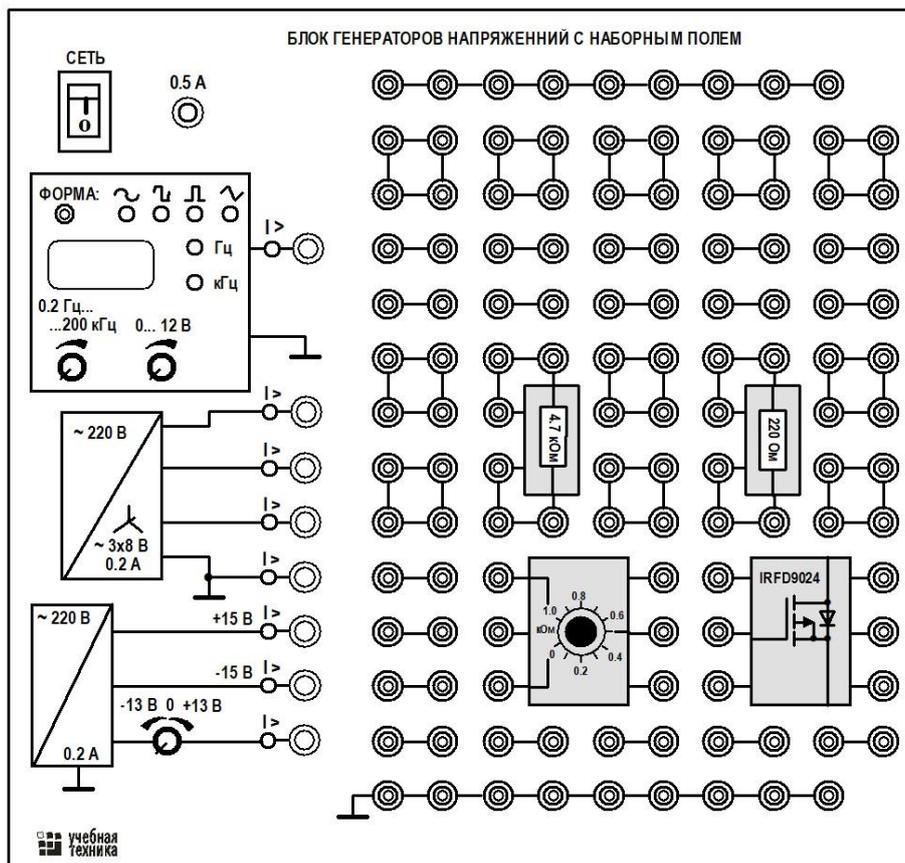


Рис. 7. Монтажная схема установки миниблоков

Соберите схему включения полевого транзистора с общим истоком (рис. 8). Включите в схему измерительные приборы так, как показано на рис. 8.

ВНИМАНИЕ! Перед подключением измерительных приборов убедитесь, что переключатель режимов мультиметров установлен на значения постоянного тока – при измерении тока «A=», при измерении напряжения «V=».

ВНИМАНИЕ! Монтаж схемы проводите при выключенном тумблере «СЕТЬ» на блоке генераторов.

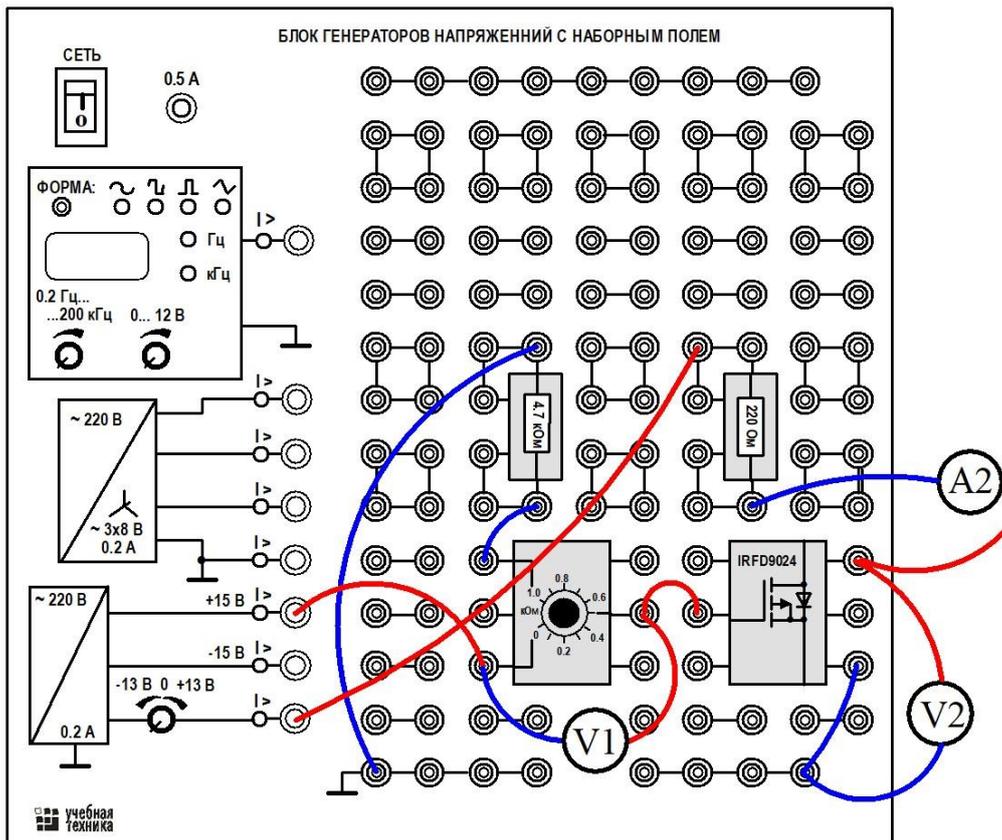


Рис. 8. Монтажная схема экспериментальной установки

Выходная цепь транзистора (цепь канала) подключается к источнику постоянного регулируемого в диапазоне от -13 В до $+13\text{ В}$ напряжения (E_k). Регулятор напряжения источника E_k переведите в крайнее положение против часовой стрелки, что соответствует -13 В . Напряжение сток-исток контролируйте с помощью вольтметра $V2$.

Резистор R_1 и переменный резистор R_2 (потенциометр), установленные в цепь затвора полевого транзистора, образуют регулируемый резистивный делитель. Смещение движка потенциометра позволяет изменять напряжение, подаваемое на затвор транзистора.

Исследование выходных характеристик полевого транзистора

Для снятия выходной характеристики полевого транзистора, подайте на затвор транзистора постоянное напряжение и, изменяя напряжение на стоке, зафиксируйте значения тока канала.

- 1) Включите питание стенда. Включите тумблер «СЕТЬ» на блоке генераторов. Включите блоки мультиметров и сами мультиметры.

- 2) Подайте на затвор транзистора напряжение $U_{зи} \cong 0$, для чего поверните движок потенциометра до положения, когда вольтметр V1 покажет значение, близкое к нулю. Зафиксируйте значение напряжения $U_{зи}$ в таблице 5.
- 3) Меняя напряжение регулируемого источника постоянного напряжения (меняя $U_{си}$) в диапазоне от -13 В до +13 В, измерьте ток канала (I_c) с помощью амперметра А1. Значения $U_{си}$ и I_c зафиксируйте в таблице 5.

Таблица 5.

$U_{зи} =$ В						
$U_{си}, В$	-10		...			+10
$I_c, мА$						

- 4) Постройте выходные характеристики транзистора $i_c = f(U_{си})$ при $U_з \cong 0$ В.

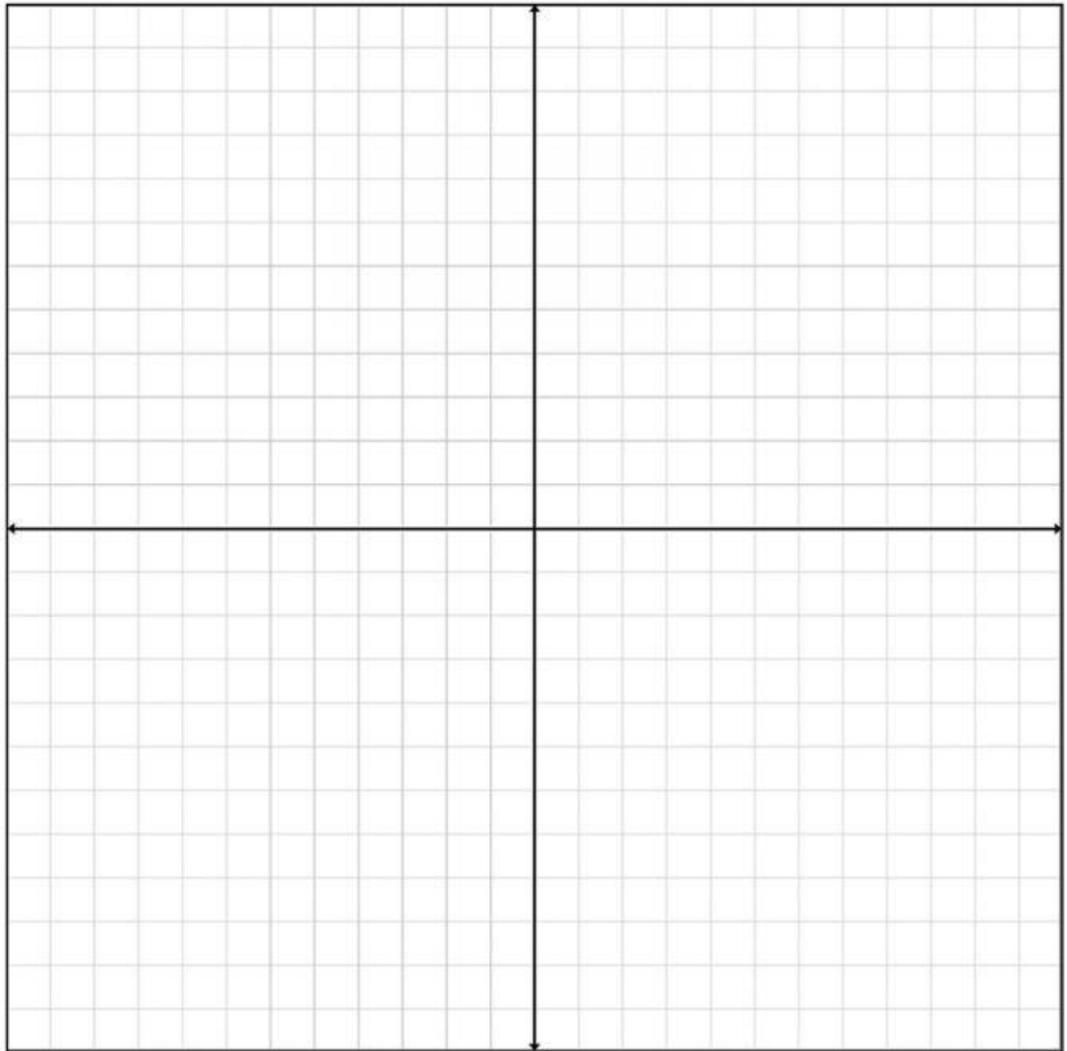


Рис.9. Выходная характеристика полевого транзистора с изолированным затвором с индуцированным каналом р-типа

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой полупроводниковый элемент называется биполярным транзистором.
2. Перечислите основные схемы включения биполярного транзистора. Какая схема применяется в усилителях электрических сигналов?
3. Перечислите основные режимы работы биполярного транзистора.
4. Опишите принцип действия биполярного транзистора в усилительном режиме.
5. Что такое входная и выходная характеристики биполярного транзистора? Какой ветви ВАХ $p-n$ -перехода соответствуют входная и выходная характеристики биполярного транзистора?
6. Укажите основные режимы работы биполярного транзистора на его выходных характеристиках.
7. Какими преимуществами обладают полевые транзисторы по сравнению с биполярными?
9. На какие два типа по особенностям конструкции и принципу действия делятся полевые транзисторы?
10. Что такое MOSFET транзисторы? В чем принципиальное отличие транзисторов со встроенным каналом от транзисторов с индуцированным каналом?
11. Опишите принцип действия полевого транзистора с управляющим $p-n$ -переходом.
12. Почему для полевого транзистора не рассматривается входная характеристика?
13. Что такое выходная и стоко-затворная характеристика полевого транзистора?
14. Назовите основные режимы работы полевых транзисторов.