

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА НА БИПОЛЯРНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

Целью выполнения лабораторной работы приобретение студентами навыков самостоятельного исследования характеристик усилительных каскадов, а также обучение работе с измерительными приборами.

Порядок работы с цифровым запоминающим осциллографом серии UTD2025

Внешний вид передней панели осциллографа изображен на рис.1.



Рис. 1. Внешний вид передней панели осциллографа

Управление осциллографом объединяет следующие группы (рис.1):

а) группа функциональных клавиш (F1-F5). Эти клавиши управляют соответствующими строками меню на экране осциллографа (правый столбец на экране);

б) группа кнопок функционального меню. Группа содержит следующие кнопки:

- MEASURE (Измерение);
- CURSOR (Курсорные измерения);
- ACQUIRE (Настройка метода выборки);

- DISPLAY (Настройка дисплея);
- STORAGE (Сохранение и выход);
- UTILITY (Вызов меню настроек альтернативных системных функций);
- RUN/STOP (Запуск/Остановка);
- AUTO (Измерения в автоматическом режиме настроек).

в) группа VERTICAL – управление вертикальной разверткой. Группа содержит:

- регулятор POSITION (изменение вертикального положения изображения сигнала);
- регулятор SCALE (Изменение масштаба изображения сигнала по вертикали);
- MATH (Математическая обработка сигнала).

г) группа HORIZONTAL – управление горизонтальной разверткой. Группа содержит:

- регулятор POSITION (изменение горизонтального положения изображения сигнала);
- регулятор SCALE (Изменение масштаба изображения сигнала по горизонтали);
- HORI MENU (Меню управления горизонтальной разверткой).

Управление вертикальной и горизонтальной развертками осуществляется для одного из каналов. Выбор активного канала осуществляется кнопками CH1 и CH2. Индикация активности канала осуществляется подсвечиванием соответствующих кнопок CH1 и/или CH2. Если активированы оба канала, то управление осуществляется по каналу CH1.

д) группа TRIGGER (Запуск). Используется для управления синхронизации запуска отображения сигнала на экране.

Между группами HORIZONTAL и TRIGGER располагается кнопка SET TO ZERO (сброс в ноль), при нажатии которой входной сигнал отключается от входа CH1 или CH2 и обнуляется;

е) группа входных разъемов. В группе имеется два разъема для подключения щупов каналов CH1, CH2 и разъем EXT TRIG для подключения сигнала внешней синхронизации.

Последовательность работы с осциллографом:

1. Подсоедините пассивные измерительные шнуры к входам CH1 и CH2.

2. Включите питание осциллографа. На экране осциллографа появятся две горизонтальные прямые (синяя соответствует каналу CH1, желтая – каналу CH2).

3. Проконтролируйте, чтобы на передней панели осциллографа были подсвечены кнопки активизации каналов CH1 и CH2. Если один или оба канала не активизированы, нажмите соответствующие кнопки CH1 и/или CH2.

3. Подсоедините измерительные шнуры к контрольным точкам схемы. На экране осциллографа появятся два изображения измеряемых напряжений (синее соответствует каналу CH1, желтое – каналу CH2).

4. Нажмите кнопку AUTO для автоматического форматирования изображений. Если формат изображения не отвечает вашим требованиям, измените масштаб изображений. Смещение изображения по вертикали осуществляется регулятором VERTICAL POSITION, по горизонтали – регулятором HORIZONTAL POSITION. Изменение масштаба изображения по вертикали осуществляется регулятором SCALE (VOLT/DIV), по горизонтали – регулятором SCALE (SEC/DIV). Масштаб изображения отображается в нижней строке на экране осциллографа (в информационной строке дисплея).

Коэффициент отклонения по вертикали VOLTS/DIV (вольт/деление) можно регулировать в режиме грубой настройки или в режиме точной настройки. В режиме грубой настройки COARSE TUNE, значение VOLTS/DIV изменяется в пределах 2 мВ/дел – 10 В/дел. Регулировка происходит по шагам 1-2-5. В режиме точной настройки FINE TUNE коэффициент отклонения меняется меньшими шагами в пределах текущего диапазона.

Если изображение не стационарное («бежит» по экрану), то следует его с помощью регулятора TRIGGER LEVEL (Уровень запуска).

ВНИМАНИЕ! Масштабы изображений по вертикали регулируются для каналов CH1 и CH2 отдельно. Для регулировки канала CH1 следует отключить канал CH2 кнопкой активизации канала CH2. Для регулировки канала CH2 следует отключить канал CH1 кнопкой активизации канала CH1.

ВНИМАНИЕ! При проведении измерений необходимо учитывать, в каком режиме «Развязки» работает осциллограф. Переключение режимов развязки производится нажатием функциональной клавиши F1 при активизации меню измерений. Если входной сигнал содержит и переменную и постоянную

составляющие, то в режиме АС (Переменная) на экране будет отображаться только переменная составляющая. В режиме DC (Постоянная) – и постоянная и переменная составляющие. В режиме «Земля» соответствующий вход осциллографа отключается (автоматически) и на экране отображается сигнал, напряжение которого равно нулю.

5. Проведите измерения. Измерения можно проводить как по изображению сигнала с учетом масштабов по вертикали и горизонтали, так и с использованием цифровых показателей, которые высвечиваются в правой колонке меню на экране. Для активизации цифровых измерений следует нажать кнопку MEASURE (Измерение) и активизировать нужную строку колонки на экране с помощью функциональных клавиш F1-F5.

Исследование режима покоя усилительного каскада с общим эмиттером.

Электрическая схема усилителя в режиме покоя (постоянного тока) приведена на рис. 2.

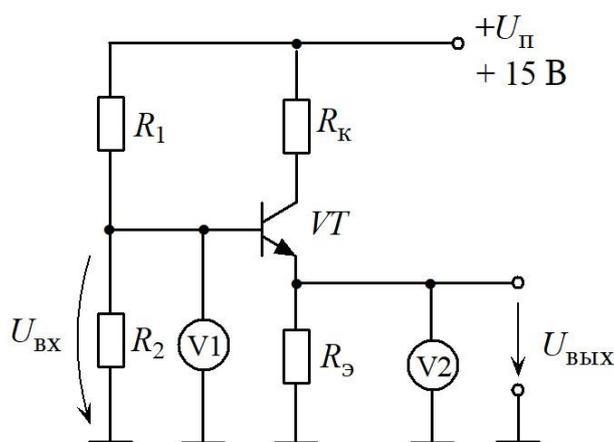


Рис. 2. Схема усилителя с общим эмиттером (электрическая схема) в режиме покоя

Номинальные значения резисторов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

R_1	$R_К$	$R_Э$	R_2
10 кОм	4.7 кОм	220 Ом	100 Ом

Монтаж экспериментальной установки

Поместите миниблоки на наборное поле так, как показано на рис.3. Размещение миниблоков можно изменить, но при этом необходимо учитывать линии соединений гнезд разъемов на рабочем поле станда.

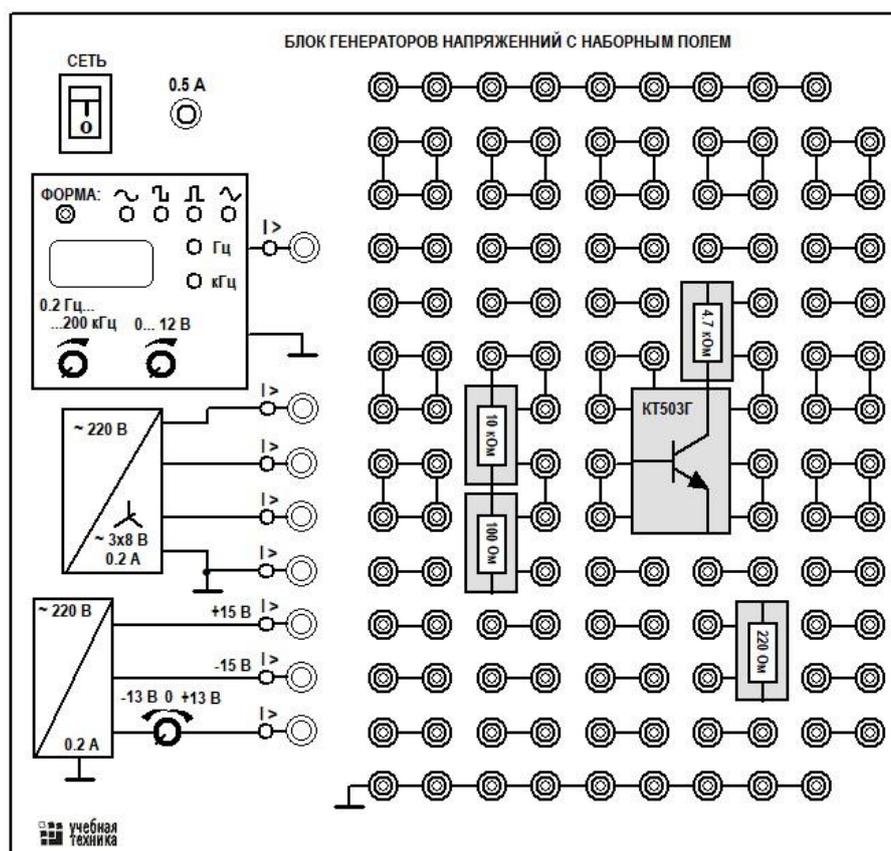


Рис. 3. Монтажная схема установки миниблоков

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

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

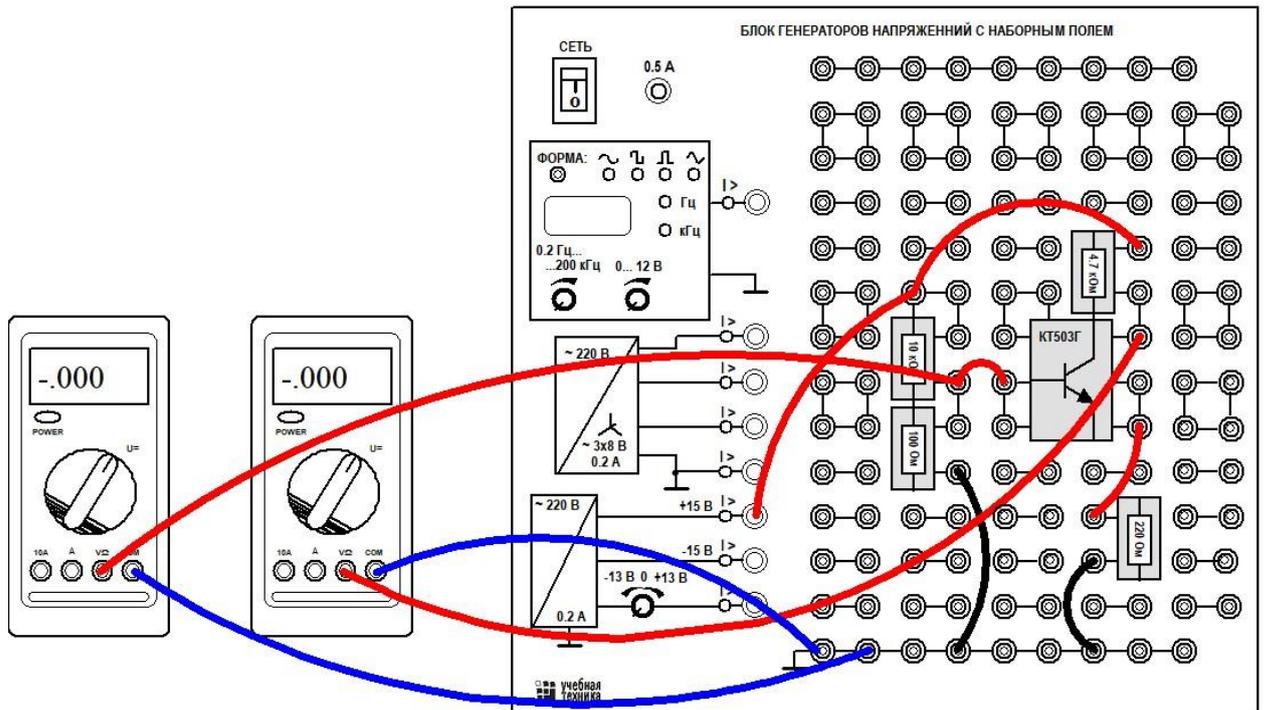


Рис. 4. Монтажная схема экспериментальной установки

ВНИМАНИЕ! Перед подключением измерительных приборов (мультиметров) убедитесь, что переключатель режимов мультиметров установлен в положение, соответствующее измерению постоянного напряжения «U=».

Проведите измерения $U_{\text{вх}}$ (вольтметр V1 рис. 2.2) и $U_{\text{вых}}$ (вольтметр V2 рис. 2.2) при различных значениях сопротивления резистора R_2 .

Резистор R_2 подбирайте из набора миниблоков, изменяя сопротивление R_2 от 47 Ом до 10 кОм. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

R_2	100 Ом						10 кОм
$U_{\text{вх}}$							
$U_{\text{вых}}$							

По результатам измерений постройте передаточную характеристику усилителя $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$. По передаточной характеристике (таблица 2) определите сопротивление резистора R_2 таким образом, чтобы напряжение на

базе транзистора было равно примерно $U_{\text{вх}} = 0.1U_{\text{п}}$. Зафиксируйте значение $R_2 = R_{2 \text{ раб}}$ в отчете.

Исследование частотной характеристики усилительного каскада с общим эмиттером.

Электрическая схема усилительного каскада приведена на рис. 5. Точки (1) и (2) на схеме – места подключения щупов осциллографа каналов СН1 и СН2 соответственно. Канал СН1 – отображение входного напряжения, канал СН2 – выходного.

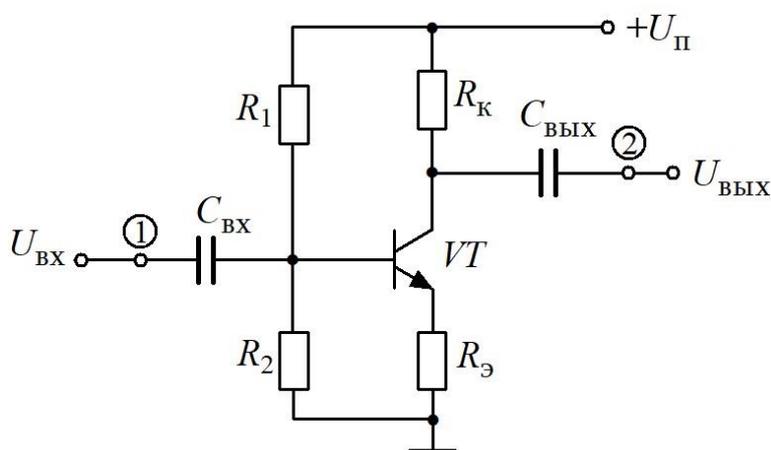


Рис. 5. Усилительный каскад

Номинальные значения сопротивления резисторов, приведены в таблице 3.

Таблица 3

R_1	$R_к$	$R_э$	$R_{2 \text{ раб}}$	$C_{\text{вх}}$	$C_{\text{вх}}$
10 кОм	4.7 кОм	220 Ом		4.7 мкФ	4.7 мкФ

Номинал резистора R_2 соответствует значению $R_2 = R_{2 \text{ раб}}$, определенному в предыдущем пункте

Монтаж экспериментальной установки

Поместите миниблоки на наборное поле так, как показано на рис. 6. Размещение миниблоков можно изменить, но при этом необходимо учитывать линии соединений гнезд разъемов на рабочем поле станда.

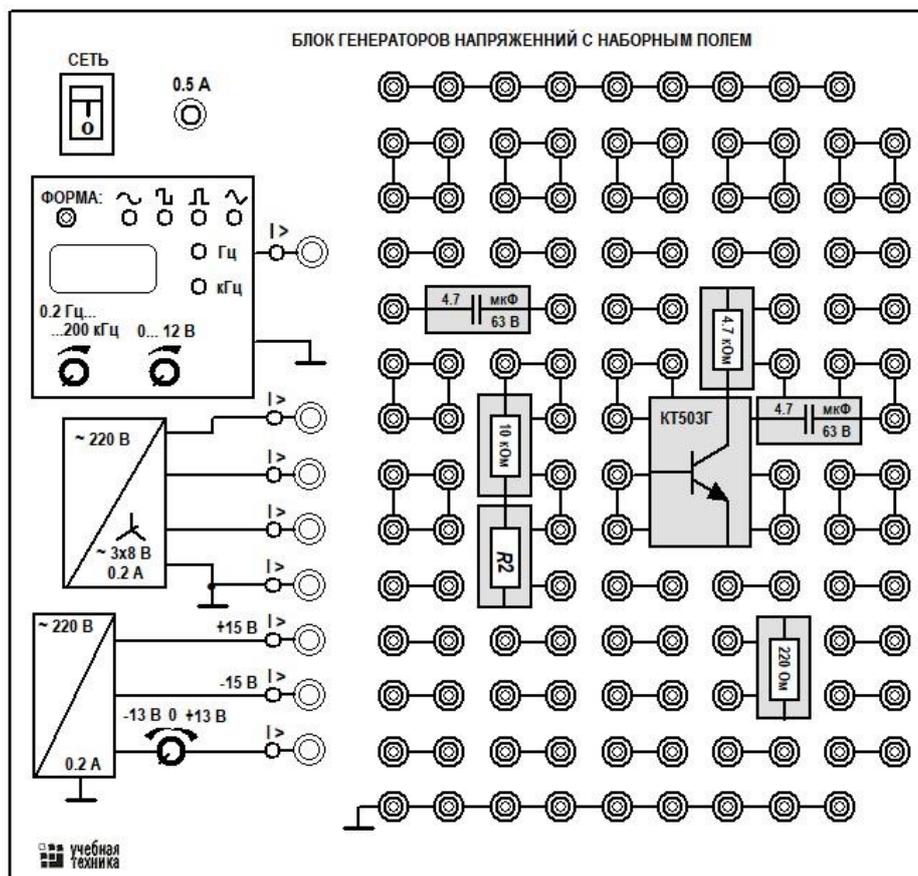


Рис. 6. Монтажная схема установки миниблоков

Соберите схему усилительного каскада. Подключите к схеме измерительные щупы осциллографа (рис.7).

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

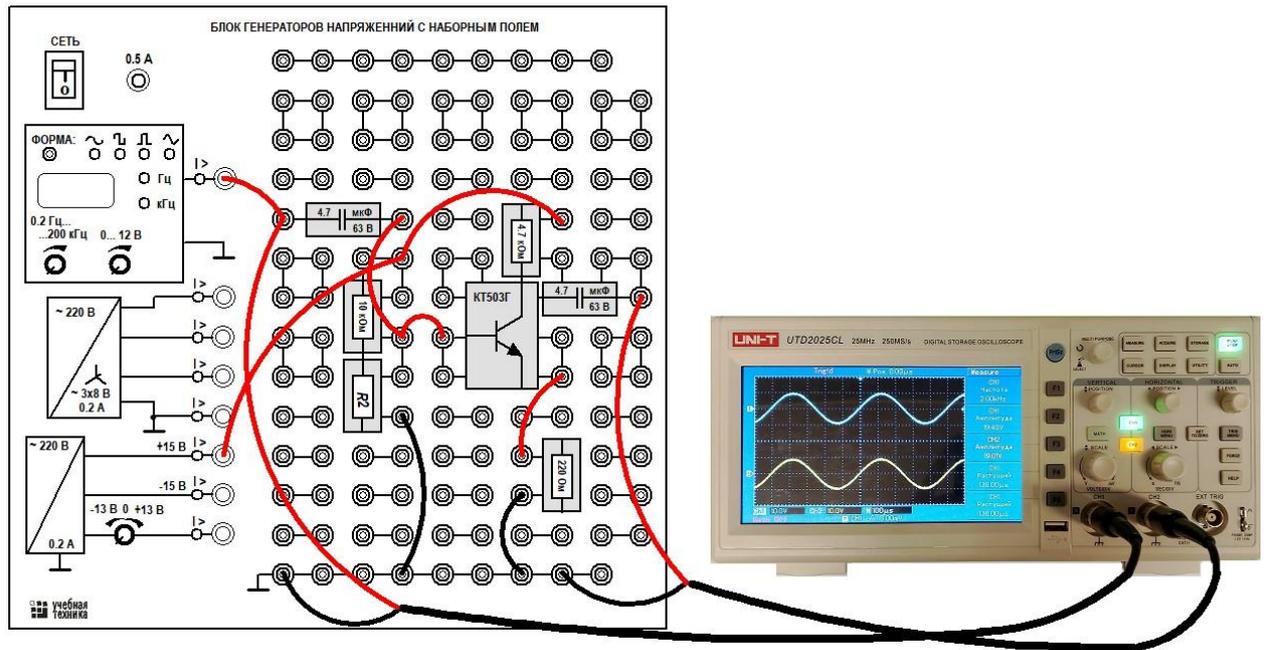


Рис. 7. Монтажная схема экспериментальной установки

Установите частоту входного напряжения $f_{\text{вх}} = 1 \text{ кГц}$.

Установите амплитуду входного сигнала на уровне, при котором на выходе усилительного каскада график напряжения имеет вид синусоиды (без нелинейных искажений).

Уменьшая частоту входного сигнала, контролируйте амплитуду выходного напряжения. Зафиксируйте частоту, при которой амплитуда $U_{\text{вых}}$ будет заметно снижаться ($f_{\text{н}}$).

Повышая частоту входного сигнала, контролируйте амплитуду выходного напряжения. Зафиксируйте частоту, при которой амплитуда $U_{\text{вых}}$ будет заметно снижаться ($f_{\text{в}}$).

Проведите измерения $U_{\text{вых}}$ (канал CH2 осциллографа), изменяя частоту входного напряжения в диапазоне от $f_{\text{вх}} = f_{\text{н}} - \Delta f$ (Δf – граничная частота, при которой форма синусоидального сигнала не искажается) до $f_{\text{вх}} = f_{\text{в}} + \Delta f$ (Δf – граничная частота, при которой форма синусоидального сигнала не искажается). Результаты измерения занесите в таблицу 4.

$f_{\text{вх}}$								
$U_{\text{вых}}$								

Установите частоту входного напряжения $f_{\text{вх}} = 1$ кГц. Зарисуйте осциллограмму в отчет.

По результатам измерений постройте амплитудно-частотную характеристику усилителя $U_{\text{вых}} = f(f_{\text{вх}})$.

Определите полосу пропускания усилительного каскада.

Исследование частотной характеристики усилительного каскада с общим эмиттером с ООС по частоте.

Электрическая схема усилительного каскада с ООС по частоте приведена на рис. 8. Точки (1) и (2) на схеме – места подключения щупов осциллографа каналов СН1 и СН2 соответственно. Канал СН1 – отображение входного напряжения, канал СН2 – выходного.

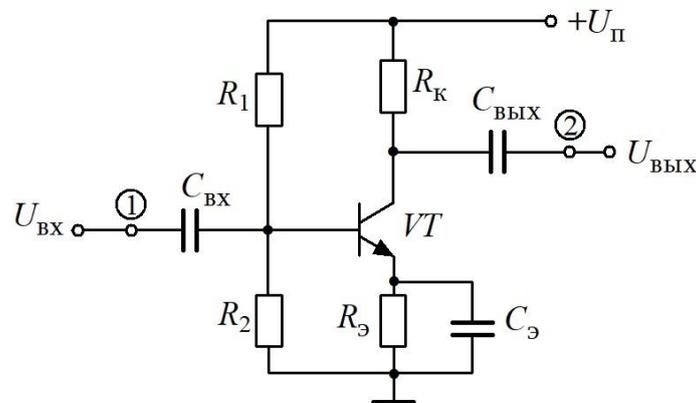


Рис. 8. Усилительный каскад

Номинальные значения резисторов, приведены в таблице 3.

R_1	R_k	R_3	$R_{2 \text{ раб}}$	$C_{вх}$	$C_{вх}$	C_3
10 кОм	4.7 кОм	220 Ом		4.7 мкФ	4.7 мкФ	1 мкФ

Номинал резистора R_2 соответствует значению $R_2 = R_{2 \text{ раб}}$, определенному в предыдущих пунктах.

Монтаж экспериментальной установки

Поместите миниблоки на наборное поле так, как показано на рис. 9. Размещение миниблоков можно изменить, но при этом необходимо учитывать линии соединений гнезд разъемов на рабочем поле стенда. Подключите к схеме осциллограф (рис. 9).

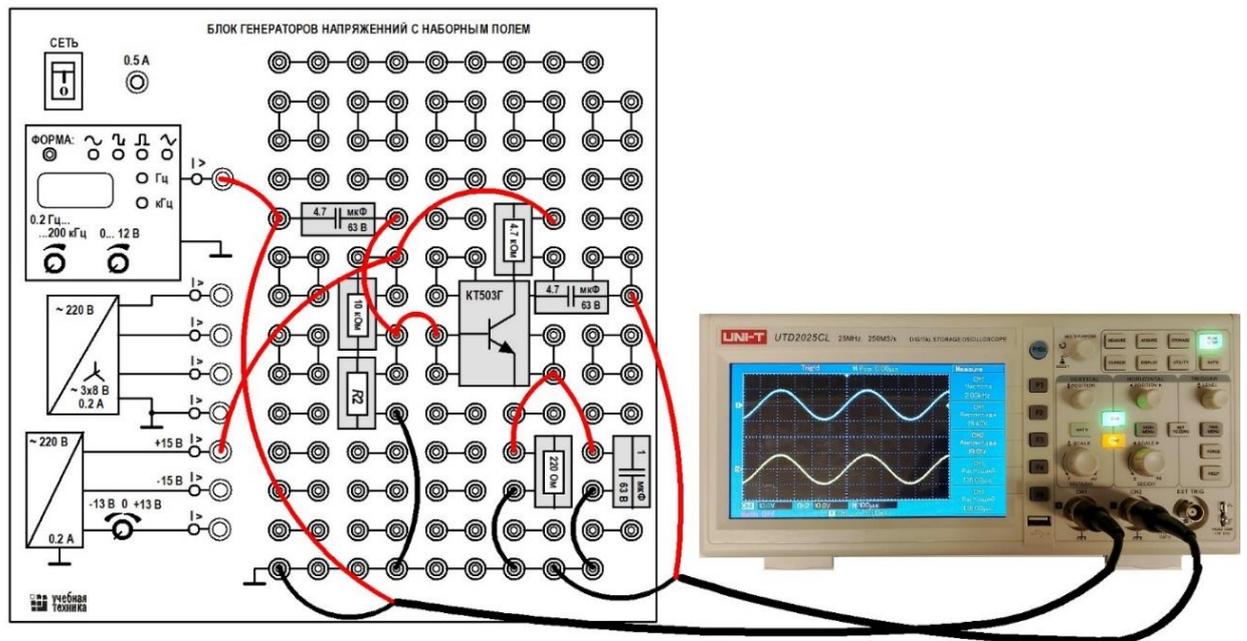


Рис. 9. Монтажная схема установки

Установите частоту входного напряжения $f_{вх} = 1$ кГц. Зарисуйте осциллограмму в отчете.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется электронным усилителем?
2. По каким признакам можно классифицировать усилители?
3. Перечислите основные характеристики и параметры усилителей.
4. Объясните назначение элементов усилительного каскада с общим эмиттером.
5. Что такое режим покоя усилительного каскада?
6. Какие элементы усилительного каскада с общим эмиттером влияют на положение рабочей точки на ВАХ?
7. Что является причиной появления нелинейных искажений усиливаемого электрического сигнала?
8. Что такое отрицательная обратная связь и зачем она используется в усилительном каскаде?
9. Каким образом в каскаде с общим эмиттером работает ООС по температуре?
10. Каким образом в каскаде с общим эмиттером работает ООС по частоте?
11. Объясните, почему при включении в эмиттерную цепь конденсатора C_3 увеличивается коэффициент усиления?
12. Объясните назначение разделительных конденсаторов $C_{вх}$ и $C_{вых}$ в усилительном каскаде?
13. Какие элементы усилительного каскада с общим эмиттером влияют на величину коэффициента усиления по напряжению?
14. Какова фаза выходного напряжения каскада с общим эмиттером по сравнению с фазой входного сигнала?