

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## “Специальные вопросы схемотехники”

### (РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ НА ФИЗИЧЕСКИХ МАКЕТАХ В ДИСТАНЦИОННОМ РЕЖИМЕ)

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МАКЕТА

Лицевая часть макета показана на рис.1. и включает ряд электронных узлов и схем, используемых в современной аналоговой и аналого-цифровой электронике и изучаемых студентами СПбГУТ в дисциплинах “Электроника и схемотехника”, “Схемотехника”.

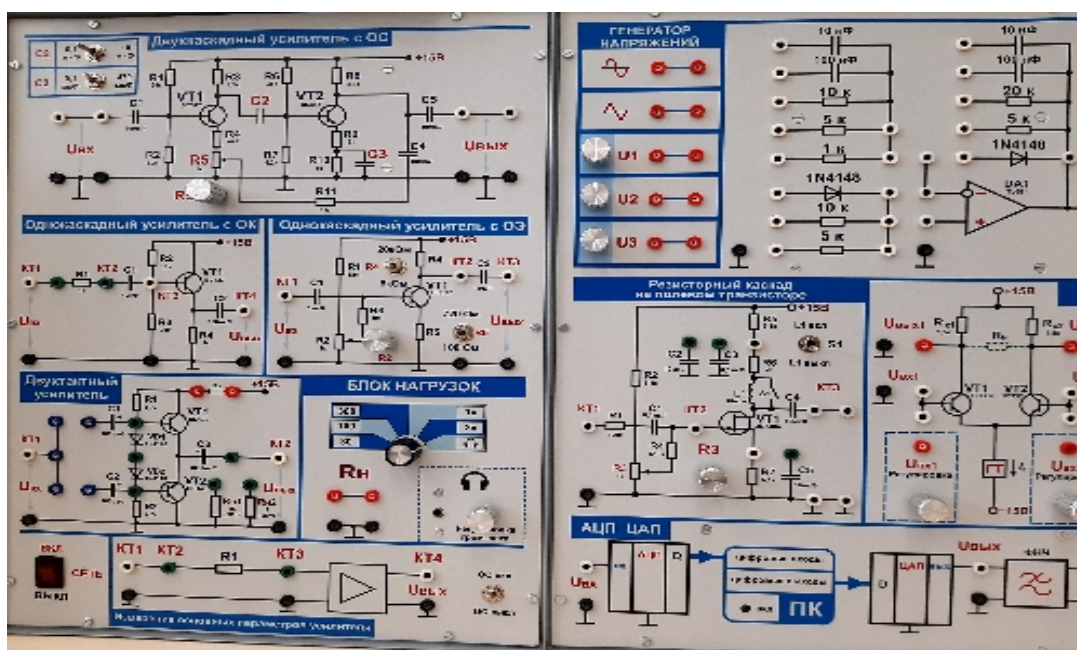


Рис.1 Лицевая панель стенда

Макет содержит транзисторные усилительные каскады с общим эмиттером (ОЭ) и с общим коллектором (ОК), с изучения свойств которых обычно начинаются данные дисциплины. Усилительный каскад с общим истоком (ОИ) позволяет измерить основные характеристики схемы на полевых транзисторах и изучить влияние на них отрицательной обратной связи (ООС) и высокочастотной коррекции. Схема двухкаскадного усилителя на биполярных транзисторах с общей (ООС) дает возможность экспериментально исследовать свойства многокаскадных усилителей по увеличению и стабилизации общего коэффициента усиления схемы. Схема интегрального операционного усилителя (ОУ) с набором различных электронных компонентов, включаемых в цепь ООС и на вход ОУ, позволяют изучать свойства масштабирующего усилителя, интегратора, дифференциатора. Макет также включает схемы аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового (ЦАП) преобразователей, с помощью которых

студенты могут наглядно изучать преобразование аналогового сигнала в цифровой код и обратное преобразование с последующей фильтрацией.

Студенты могут исследовать данные схемы экспериментально в обычном режиме, т.е. находясь в лабораториях кафедры (ауд. 521/2 и 526/2), подключив к стенду цифровой измерительный прибор *Velleman* и компьютер, а также использовать традиционные измерительные приборы (генераторы, осциллографы, вольтметры).

Другая возможность – дистанционные измерения параметров и характеристик схем с помощью универсального цифрового измерительного прибора *Velleman*, выполняющего функции генератора сигналов, осциллографа, анализатора спектров и измерителя амплитудно-частотных характеристик. Подключение измерительного прибора *Velleman* к макету и анализ результатов измерений на дисплее компьютера показано на рис.2.

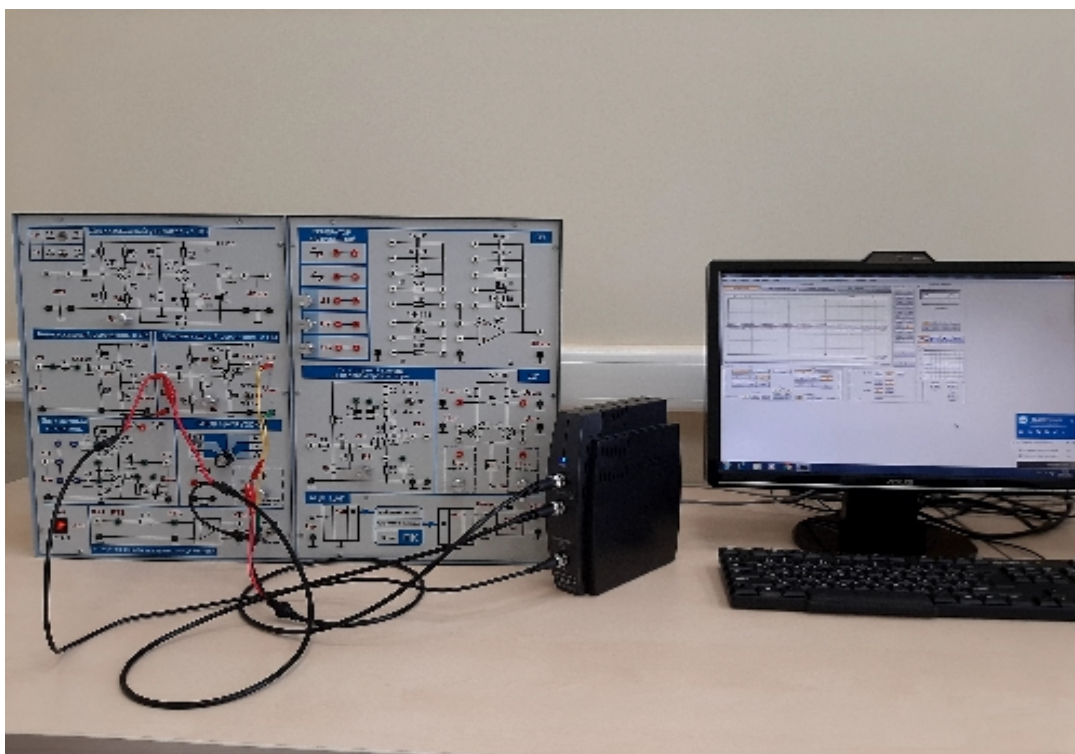


Рис.2 Общий вид подключения прибора к макету

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ

**Цель работы:** научиться дистанционно выполнять измерения характеристик схемы с общим эмиттером во временной и в частотной областях; применять методику измерения АЧХ коэффициента усиления каскада с ОЭ по напряжению в широком диапазоне частот с помощью современных цифровых измерительных приборов.

Для дистанционного выполнения работы необходимо в свой компьютер загрузить бесплатную версию программы *TeamViewer* (ID:864073963 пароль: c3n93q).

### Порядок выполнения работы:

1. Проверить подключение прибора *Velleman* компьютеру, кабеля его генератора и 2-го канала осциллографа ко входу и 1-го канала к выходу усилительного каскада с ОЭ (рис.3). Подключить кабели общего провода генератора и осциллографа (зеленый и красный наконечники внизу рис.3) к земляным шинам макета.



Рис.3 Подключение генератора и каналов осциллографа прибора *Velleman* к схеме с ОЭ

2. Подать на вход усилителя гармонический сигнал с частотой 5000 Гц и с удвоенной амплитудой (Peak-to-Peak) 0,2 В. Убедиться в отсутствии перегрузки усилителя (выходной сигнал также должен быть гармоническим). Снять осциллограммы входного и выходного сигналов с фиксацией их амплитуд и выполнить расчет коэффициента усиления на данной частоте.
3. Выполнить ручную измерения АЧХ коэффициента усиления по напряжению в широком диапазоне частот, подавая от генератора на вход схемы гармонический сигнал постоянной амплитуды (Peak-to-Peak 0,2 В) и изменяя частоту в диапазоне от 0,1 кГц до 1МГц. Контроль текущих изменений параметров входного и выходного сигналов можно осуществлять, активировав опцию View-Waveform Parameters. Результаты измерений внести в таблицу 1.
4. На миллиметровой бумаге или с помощью таблиц EXEL построить снятую зависимость коэффициента усиления  $K(f)$ , используя логарифмический масштаб частоты. По данной зависимости приблизительно оценить граничные частоты и рабочий диапазон усиливаемых частот по уровню минус 3 дБ.
5. Выполнить автоматизированные измерения АЧХ коэффициента усиления (с помощью модуля *CircuitAnalyzer*) в двух поддиапазонах :а) 10 Гц-10 кГц;

б) 10кГц-1МГц; Полученные зависимости зафиксировать и сравнить с аналогичной кривой, полученной вручную. Уточнить значения граничных частот рабочего диапазона.

**Таблица 1.**

<b><math>f, \text{кГц}</math></b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>	<b>5,0</b>	<b>10,0</b>	<b>50,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1000,0</b>
<b><math>2U_{\text{вх}},</math> <b><math>V</math></b></b>								
<b><math>2U_{\text{вых}},</math> <b><math>V</math></b></b>								
<b><math>K=20\lg(U_{\text{вых}}/</math> <b><math>U_{\text{вх}}),</math> <b><math>\text{дБ}</math></b></b></b>								

6. На вход усилителя подать напряжение прямоугольной формы вида меандр (скважность равна двум) с частотой 5 кГц, зафиксировать полученные осциллограммы для входного и выходного напряжений во временном масштабе, удобном для анализа фронтов и спадов импульсов. Измерить времена нарастания (RiseTime) и спада (FallTime) фронта импульсов входного и выходного напряжений, данные внести в таблицу 2. По найденному значению времени нарастания выходного напряжения оценить верхнюю граничную частоту полосы усиливаемых частот.

**Таблица 2**

Входной сигнал		Выходной сигнал	
$t_{\text{Rise}}$ , мкс	$t_{\text{Fall}}$ , мкс	$t_{\text{Rise}}$ , мкс	$t_{\text{Fall}}$ , мкс

7. В программе FASTMEAN составить компьютерную модель по сигналу для исследуемого усилителя и выполнить расчет АЧХ коэффициента усиления по напряжению. Сравнить полученную характеристику с АЧХ, измеренной на макете.

8. Подготовить отчет о проделанной работе.
9. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Пояснить назначение конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  в схеме каскада с ОЭ. В области каких частот оказывают влияние на АЧХ коэффициента усиления емкости этих конденсаторов?
2. Какой параметр транзистора оказывает наибольшее влияние на АЧХ коэффициента усиления схемы с ОЭ в области высоких частот? В чем состоит эффект Миллера?
3. Как влияет сопротивление нагрузки на коэффициент усиления схемы в области рабочих частот? Получите аналитическое выражение для коэффициента усиления схемы с ОЭ в диапазоне средних (рабочих) частот.
4. Какой элемент схемы с ОЭ создает отрицательную обратную связь? Какой вид ООС образует этот элемент? Как влияет этот элемент на коэффициент усиления по напряжению в диапазоне рабочих частот?
5. Что такое глубина ООС? Как влияет глубина ООС на характеристики качественные показатели усилителя? Оцените глубину ООС исследованного усилителя.
6. Как повлияет на величину коэффициента усиления по напряжению изменение коллекторной нагрузки (резистор  $R_4$ )?
7. Изобразите и обоснуйте эквивалентную схему усилительного каскада с ОЭ в области низких частот.
8. Изобразите и обоснуйте эквивалентную схему усилительного каскада с ОЭ в области средних (рабочих) частот.
9. Изобразите и обоснуйте эквивалентную схему усилительного каскада с ОЭ в области высоких частот.