

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«5» _____ 2017



ЭЛЕКТРОНИКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для
студентов направления 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 31.12.2020 13:36:44
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

Курск 2017

УДК 504.064.38

Составитель Бурмака А.А.

Рецензент

Цыплаков Ю.В., начальник отдела НИИЦ(г.Курск)ФГУП«18 ЦНИИ» МО РФ

Электроника: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Бурмака, Курск, 2017. 17 с. с ил.

Содержат методические рекомендации к проведению лабораторных работ по дисциплине «Электроника». Приведены примеры решения типовых задач.

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 5.05.17 Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л.0,99. Уч.-изд.л.0,98. Тираж 50 экз. Заказ:851. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Оглавление

Лабораторная работа №1	4
Лабораторная работа №2	9
Лабораторная работа №3	14

Лабораторная работа №1

“Исследование пассивных 2-полосников и 4-полосников на базе полупроводниковых диодов”

1. Цель работы

1.1 Приобретение навыков по исследованию особенностей функционирования двухполосников и 4-полосников, построенных на основе полупроводниковых диодов, стабилитронов, светодиодов и фотодиодов.

1.2 Полупроводниковый диод представляет собой простейший прибор, основанный на свойствах р-п перехода. Переход в теле кристалла полупроводника образуется путем диффузии в него примесей, способных отдавать электроны (увеличивать концентрацию свободных электронов) или отбирать их (т.е. создавать подвижные вакансии для электронов в кристаллической решетке полупроводника – “дырки”). Эти примеси собственно называются донорными или акцепторными.

Схематично р-п переход показан на рис. 1а.

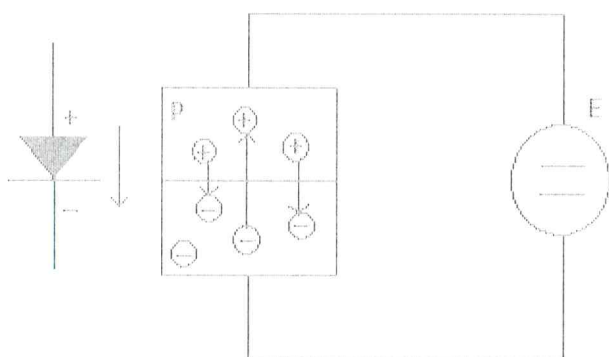


Рис. 1а

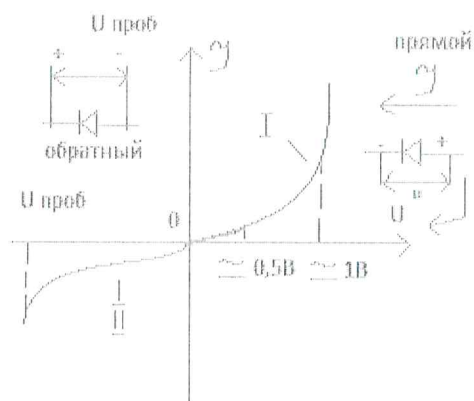


Рис. 1б

В полупроводнике типа р имеются свободные положительные заряды (дырки), которые ведут себя как положительно заряженные частицы. В полупроводнике типа n имеются свободные электроны, т.е. отрицательные заряды. На границе слоев за счет теплового движения часть “дырок” переходит из слоя р в слой n и наоборот. При этом появляется контактная разность потенциалов $\Delta\phi$ (т.е. диффузный потенциал, потенциальный барьер), препятствующий этому процессу: слой р возле перехода получает избыточный заряд, а слой n – избыточный положительный. Возникает динамическое равновесие.

Если теперь к р-п переходу приложить внешнее напряжение в прямом направлении (т.е. “плюс” к слою “р” а “минус” – к “n”), то это напряжение, скомпенсировав контактную разность потенциалов, создает прямой ток через переход. Когда напряжение приложено в обратном направлении, оно увеличивает потенциальный барьер, и проводимость перехода становится весьма малой.

Для прямой ветви р-п перехода (рис. 1б, ветвь I) также через диод $I = I_0 \cdot e^{u/\varphi}$,

Где I_0 – тепловой ток р-п перехода,

U – прямое падение напряжения на переходе;

$e = 2,72\dots$;

φ – температурный потенциал, равный примерно 25мВ при 20 °С.

При смене полярности напряжения прилагасмого к диоду (обратный случай) ток через р-п переход становится практически постоянным, равным i_0 и не зависимым от U .

2. Порядок выполнения работы

2.1. Собрать схему согласно рис. 2.

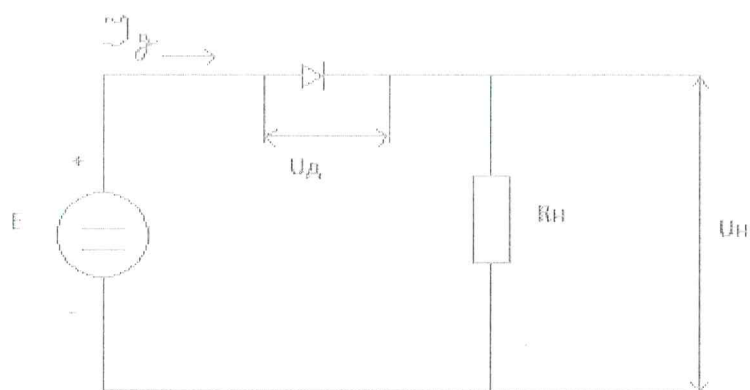


Рисунок 2.

R_n изменять от 1 кОм до 5,1 кОм (выбрать три разных варианта).

2.2. Для каждого из вариантов измерить величины и составить таблицу:

Величина R_n	I_d	U_d	U_n	E

Ответить на вопросы:

1) Чем объяснить малое изменение величины U_d для всех вариантов?

2) Во всех ли вариантах выполняется равенство:

$$E = U_d + U_n? -$$

Если “да”, то почему,

если “нет”, то почему?

2.3. Поменять полярность диода в схеме, повторить все измерения, ответить на вопросы 1) и 2).

2.4. Собрать схему согласно рис.3.

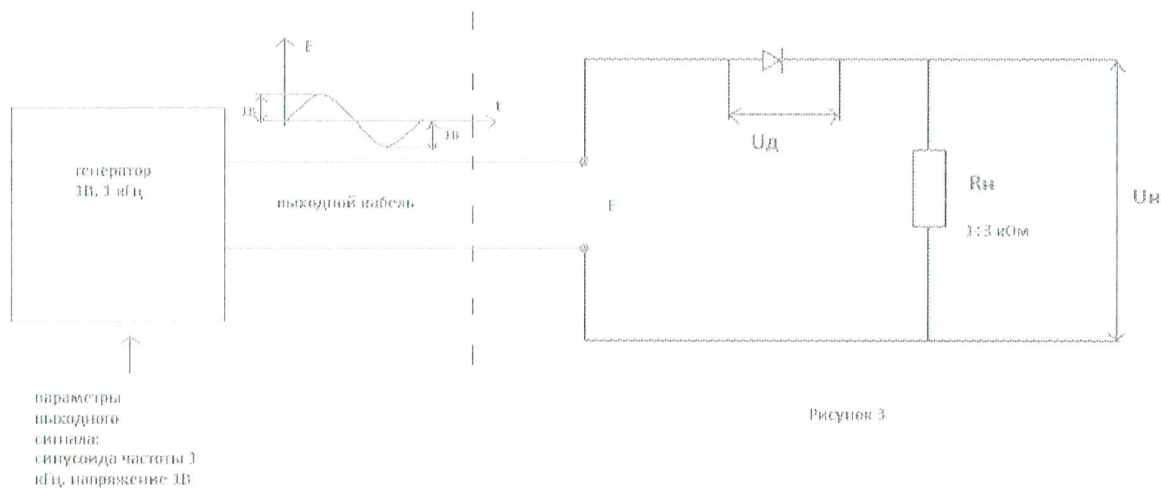


Рисунок 3

С помощью осциллографа, предварительно откалиброванного собственным калиброванным сигналом (1 кГц; 0,5 В) измерить и зафиксировать изображение на экране осциллографа:

- 1) Вид и величина напряжения на диоде, т.е. U_d ;
- 2) Вид и величина напряжения на нагрузке (величина нагрузки R_n

указана на рис.3).

Ответить на вопросы:

- чем объясняется форма и величина напряжения: на диоде (U_d) и на нагрузке (U_n);

- как изменятся величины U_d и U_n , если поменять в схеме на рис.3 полярность диода Д?

2.5. Установить на генераторе (его выходе) напряжение выходного сигнала 2В, измерить эту величину с помощью осциллографа.

Объяснить:

- чем объясняется разница показаний величины E на измерительной сетке осциллографа и на дисплее мультиметра?

2.6. Не изменяя параметров выходного сигнала генератора, изменить схему подключенного к генератору 4-полосника, как показано на рис. 4.

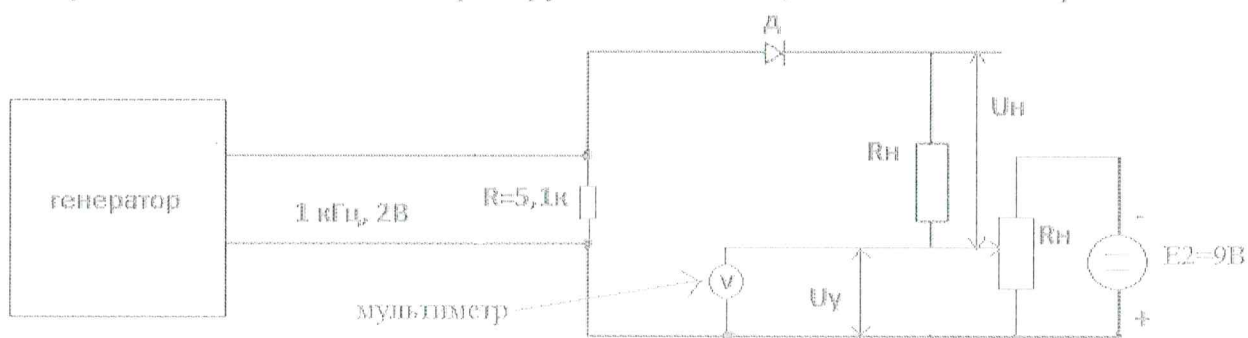


Рис. 4

Изменяя величину управляющего напряжения U_d в пределах 0÷3В.

Измерить величину и зафиксировать форму напряжения U_n на нагрузке (R_n).

Ответить на вопросы:

- почему изменяется форма и величина напряжения на нагрузке R_H при изменении величины U_y ;

- как изменяется результат тех же измерений, если в источнике E_2 изменить полярность?

- как изменятся результаты измерений в п. 3.5 и 3.6, если изменить в схеме полярность диодов?

2.7. Собрать схему, как показано на рис.5.

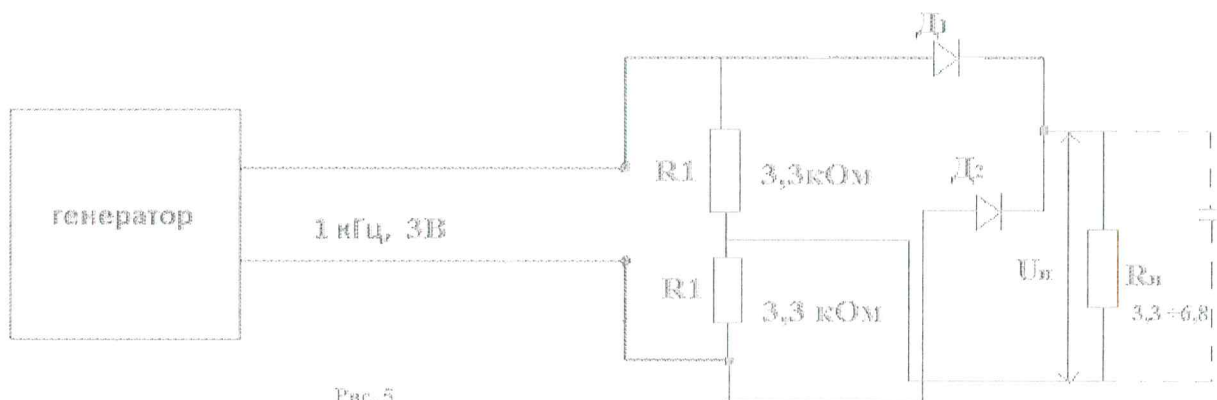


Рис. 5

Измерить величину напряжения U_H с помощью мультиметра, с помощью осциллографа определить его форму.

Ответить на вопросы:

- чем определяется полярность напряжения U_H и его форма?

- как изменится U_H при изменении полярности диодов D_1 и D_2 ?

- как изменится величина и форма U_H , если параллельно R_H , учитывая полярность, подсоединить конденсатор (электролитический) с емкостью $5 \div 15$ мкФ?

3. В отчет поместить:

- общую часть (введение);

- таблицу измерений для каждого вида схем;

- формы напряжений U_H в виде графиков, отображаемых на экране осциллографа;

- ответы на вопросы;

- схемы из методических рекомендаций;

4 Отчетная часть

1. Привести результаты измерений в виде таблиц и графиков для всех вариантов схем, приведенных на рис. 1-4.

2. Ответить на вопросы, приведенные в рекомендациях в порядке выполнения работы.

5. Библиографический список

1. В.И.Нефедов. Основы радиотехники. Учебник, м., “Высшая школа” 2000г. 399с.

2. И.С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. М., “Сов. Радио”, 1987г., 672с.

3. И. Хабловски , В. Скулимовски. Электроника в вопросах и ответах. м., “Радио и связь”, 1984г., 304с.

4. В.Т. Гусев, Ю.М.Гусев. Электроника., м., “Высшая школа”, уч. Пособие. 1982г. 495с.

Лабораторная работа №2

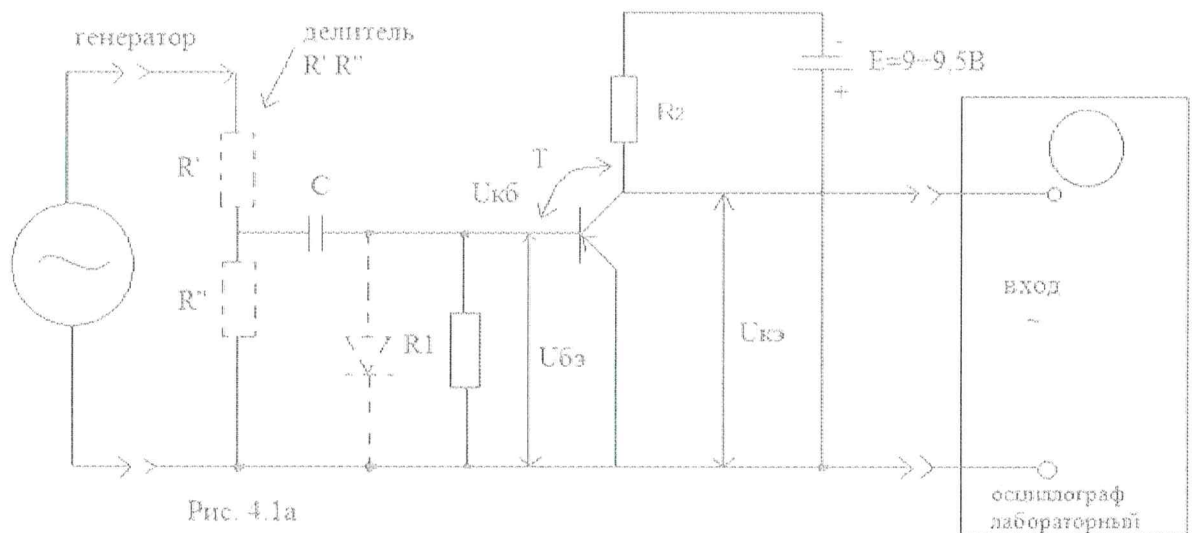
“Экспериментальные исследования функционирования транзисторных усилительных каскадов постоянного, переменного и импульсного тока”

1. Цель работы

Приобретение навыков по сборке, проектированию и исследованию особенностей функционирования транзисторных усилительных каскадов, функционирующих в режимах усилителей постоянного, переменного и импульсного токов, транзисторы - маломощные, р-п-р и п-р-п типов, средние и высокочастотные, кремниевого типа, эквивалентные схемы включения которых приведены в лекционном материале (лекции №3 и №4) и учебных пособиях У1, У2, У3. Измерение режимов работы усилителей выполняются с помощью мультиметра (ток, напряжение, сопротивление) и осциллографа (напряжение), входные сигналы поступают с выхода мультимедийного генератора, способного формировать на своем выходе сигналы различной формы, частоты и амплитуды.

2. Порядок выполнения работы

Собрать схему, как показано на рис. 4.1а (схема с общим эмиттером, транзистор р-п-р типа).



Примечание. Если минимальное выходное напряжение генератора не позволяет реализовать ненасыщенный режим работы усилителя, то необходимо использовать делитель с соотношением $R'R''$ от $10 \div 1$ до $100:1$ (например:

$R' = 300 \text{ кОм}$, $R'' = 300 \text{ Ом}$).

Детали:

транзистор типа 1Т308(кт 308) или 1Т321 (кт 321);

$C = 0,15 \text{ мкф}$; $0,68 \text{ мкф}$; 1 мкф ;

$R_1 = 9,1 \div 10 \text{ кОм}$;

$$R_2 = 1 \div 2 \text{ кОм};$$

2.1.1 Подавать на вход усилителя напряжение синусоидального тока от генератора амплитуда $1 \div 50 \text{ мВ}$, контролировать с помощью осциллографа напряжение на выходе усилителя. Определить уровень насыщения и объяснить форму выходного напряжения усилителя (эпюры б и в) рис. 4.1б.

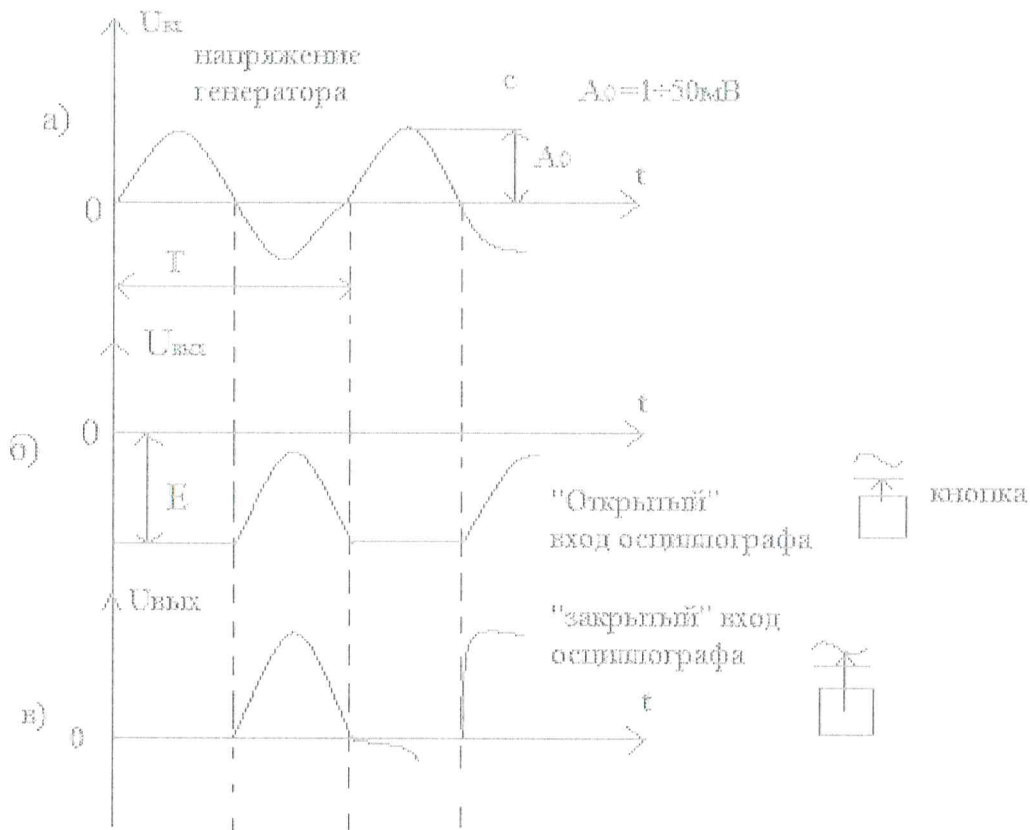


Рис. 4.1б. Эпюры напряжения

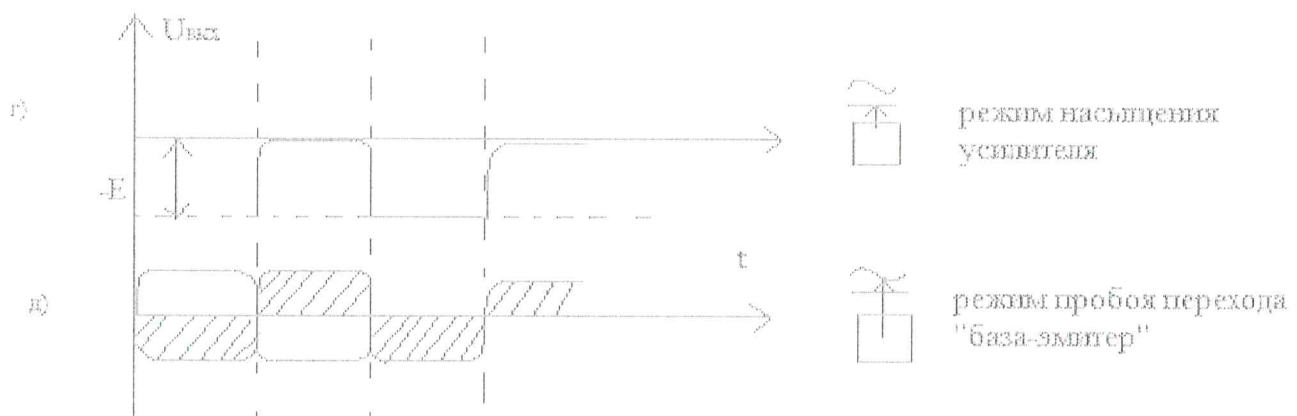


Рис. 4.1 в. Режим насыщения и пробоя

Увеличивая напряжение сигнала на входе усилителя, добавится явление электрического пробоя (перегрузки) участка база-эмиттер транзистора.

Зафиксировать осциллограф для отчета.

2.2. Собрать схему, как показано на рис. 4.1 б.

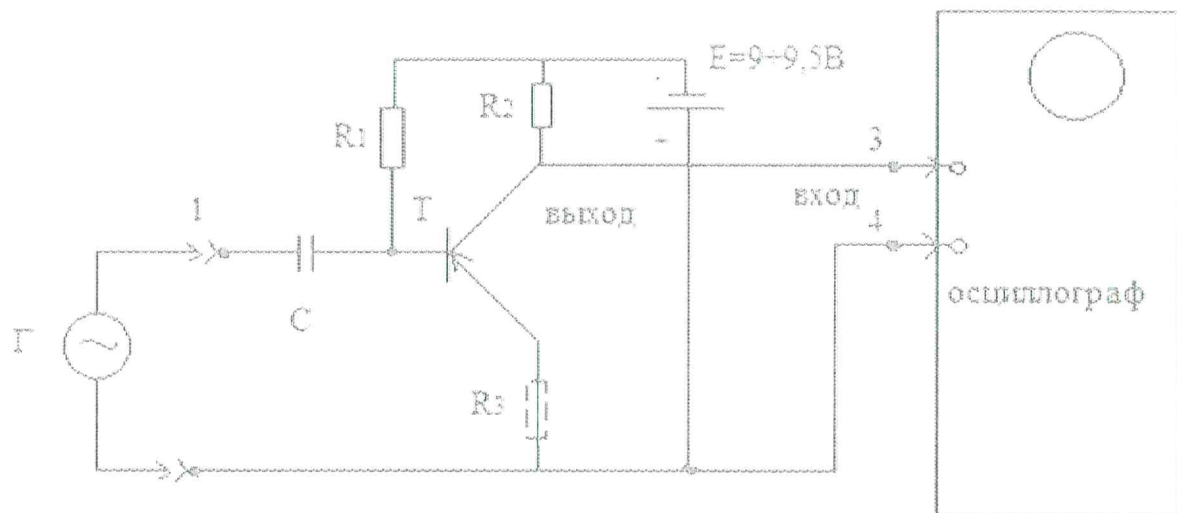


Рис. 4.1.6

Детали:

$C = 0,15 \div 1$ мкф;

$R1 = 100 \div 200$ кОм;

$R2 = 1 \div 2$ кОм;

$R3$ (вариант) - $100 \div 200$ Ом.

2.2.1. Выполнить операции аналогично п. 4.1.1, предварительно измерить величины $U_{бэ}$ и $U_{кэ}$. Изменить напряжение генератора, определить диапазон усиления каскада, найти напряжение насыщения.

2.2.2. Выбрать напряжение генератора, соответствующее середине амплитудного диапазона усилителя (каскад на p-n-p транзисторе).

Изменяя частоту выходных колебаний генератора снять амплитудно-частотную (передаточную) характеристику усилителя (рис. 4.2) в 3-х вариантах:

1) $C = 0,15$ мкф;

2) $C = 0,68 \div 1$ мкф;

3) $C = 1000$ пф.

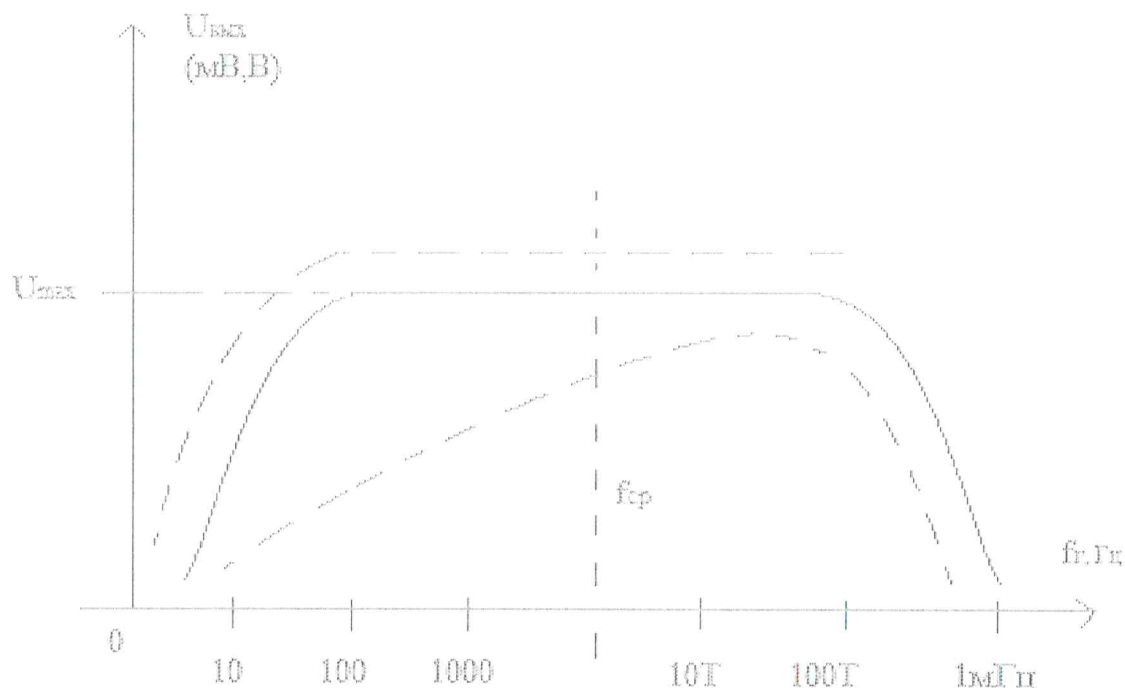


Рис. 4.2. Пример передаточной характеристики усилительного каскада.

2.2.3. Установив мультиметр в режим “мА” (не перепутать с омами!!!), включив мультиметр в разрыв цепи коллектора (как показано пунктиром на рис. 4.1б) измерить ток, потребляемый каскадом в статическом и динамическом режимах (со входным сигналом с генератора и без него). Измеренные значения токов зафиксировать в отчете.

2.3. Подключить снова генератор (его выходной сигнал) ко входу усилителя через делитель $R_3 R_4$ с соотношением порядка 100:1.

Определить коэффициент усиления на средней частоте.

$$K_{yc} = \frac{U_{вых}(f_{cp})}{U_{вх}(f_a)}$$

Результат отметить в отчете.

2.5. установить резистор R_5 в схему (рис. 4.3), повторить в статическом режиме измерения:

$I_{бэ}, U_{R1}, I_{кэ}, U_{R2}, U_{R5}$.

Результат отразить в отчете, объяснить разницу в показаниях при наличии R_5 и при его отсутствии.

Повторить пункт 4.3 при наличии R_5 , зафиксировать показания (результат измерения) K_{yc} . Объяснить разницу в измерениях коэффициента усиления. Объяснить в отчете положительный эффект подключения R_5 .

2.6. Установить импульсный режим генератора. В этом режиме выполнить все операции согласно пп. 4.1-4.5.

2.7. Собрать схему, как показано на рис. 4.3, но без R_3 .

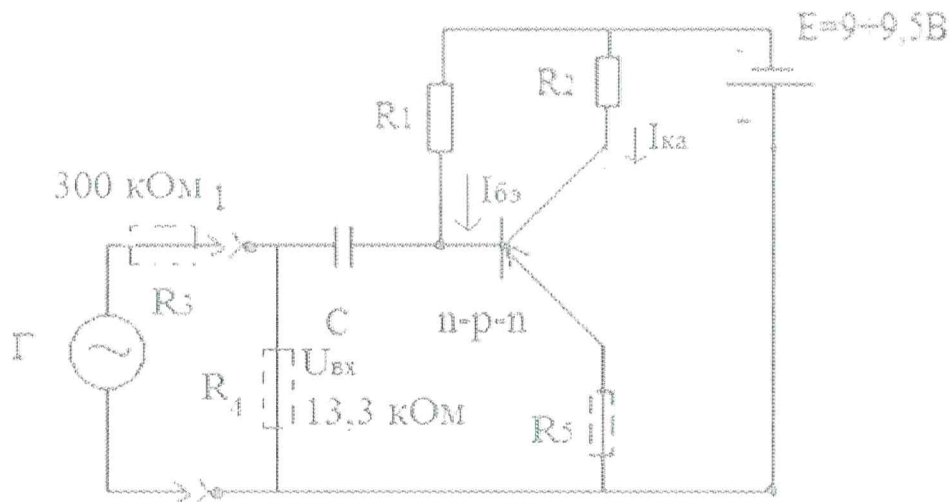


Рис. 4.3. Схема усилителя мощности с заземленным эмиттером, транзистор n-p-n - типа

$$R1 = 100 \div 200 \text{ к}\Omega;$$

$$R2 = 3 \text{ к}\Omega;$$

$$C = 0,15 \text{ мкф};$$

$$R3 \approx 300 \text{ к}\Omega;$$

$$R4 \approx 3 \text{ к}\Omega;$$

2.8. Выполнить все операции по п. 4.2-4.6.

Результаты измерений отразить в отчете.

Лабораторная работа №3

«Операционные усилители (ОУ) экспериментальные исследования характеристик, компонентов и работы ОУ в инвертированном и неинвертированном режимах»

1.1 Приобретение навыков в проектировании и настройке операционных усилителей (ОУ) и их компонентов в различных режимах их работы и различных способах их применения в приборах и устройствах биомедицинского направления.

1.2 Операционные усилители (ОУ) предназначены для выполнения различных операций над аналоговыми величинами токов и напряжений при работе в схемах с обратной связью.

Обычно ОУ- это усилитель постоянного тока с полосой пропускания до нескольких мегагерц и непосредственной связью между каскадами, с большим входным сопротивлением, малым выходным сопротивлением и большим усилением. ОУ обычно имеет очень большой коэффициент усиления ($K_u=10^5-10^6$). Основные схемы включения:

-неинвертирующая схема, $K_u=U_{вых}/U_{вх}$, $K_u=1+R_{oc}/R_1$

где R_{oc} - сопротивление обратной связи,

R_1 - сопротивление (резистор) на входе ОУ. R_{oc} и R_1 вместе составляют делитель, определяющий усиление ОУ;

-инвертирующая схема $K_u=-R_{oc}/R_1$;

-операционный повторитель, где $K_u=1$ $R_{oc}=0$; -преобразователь, где вместо R_1 подключается источник напряжения или генератор тока.

ОУ в различных вариантах включения используются как усилитель постоянного и переменного тока (напряжения), активные фильтры ВЧ, НЧ и полосовые, дифференцирующие и интегрирующие устройства.

В основе из любого ОУ лежит дифференциальный усилитель (переключатель тока), функционирующий совместно с генератором тока.

2.1 Собрать схему, как показано на рис. 1.1

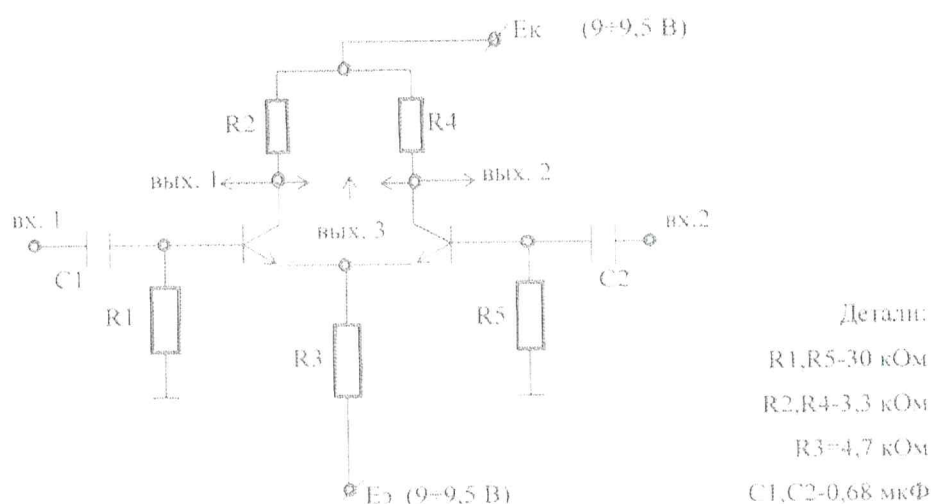


Рис. 1 Схема дифференциального усилителя

2.2 С помощью мультиметра измерить режим схемы: U_{R2} , U_{R4} , U_{R3} , $U_{вых3}$.

Зафиксировать результаты в ответе.

2.3 «Заземлить» «вход 2» схемы, рис. 4. На «вход» подать от генератора синусоидальный сигнал 1 мВ (если непосредственно выходной сигнал генератора это не позволяет, использовать делитель, как в схеме рис.3)

Измерить с помощью осциллографа $U_{вых1}$, $U_{вых2}$, $U_{вых3}$. Результирующие осциллографом зафиксировать в ответе.

2.4 Повторить опыт, заземляя «вход 1», а сигнал подавать на «вход 2».

2.5.Объединить оба входа схемы рис. 4.1. Подать на них синусоидальный сигнал генератора как в п. 4.3.

На частоте 1-100 кГц. Повторить осциллографические измерения, как указано в п. 4.3. Результат зафиксировать в ответе.

2.6 Использовать ОУ типа К544УД2Б, электрические параметры сведены в таблицу 1.

Обозначения	544УД2А	544УД2Б	Примечание
Кус.	20000	10000	Более, чем указано не менее указанных величин
$U_{вых}$, В	± 10	± 10	
$I_{потр}$, мА	7	7	
$U_{отс}$, мВ	± 30	± 50	
$I_{кп}$, нА	0,1	0,5	
$\Delta I_{кп}$, нА	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	
$R_{вых}$, МОм	10	10	
$R_{вхвх}$, Ом	200	200	
$\Delta U_{отс}/\Delta T$, мкВ/°С	50	100	Более, чем указан
f МГц	15	15	

2.6.1 Электрическая схема ОУ К544УД2Б приведена на рис 2

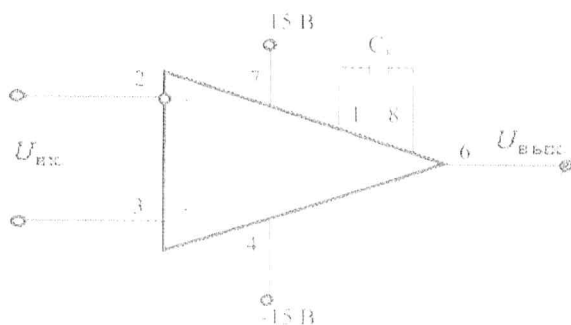


Рис.2 Сх. э. ОУ 544 УД2

2.6.2 Собрать схему, как показано на рис. 3.

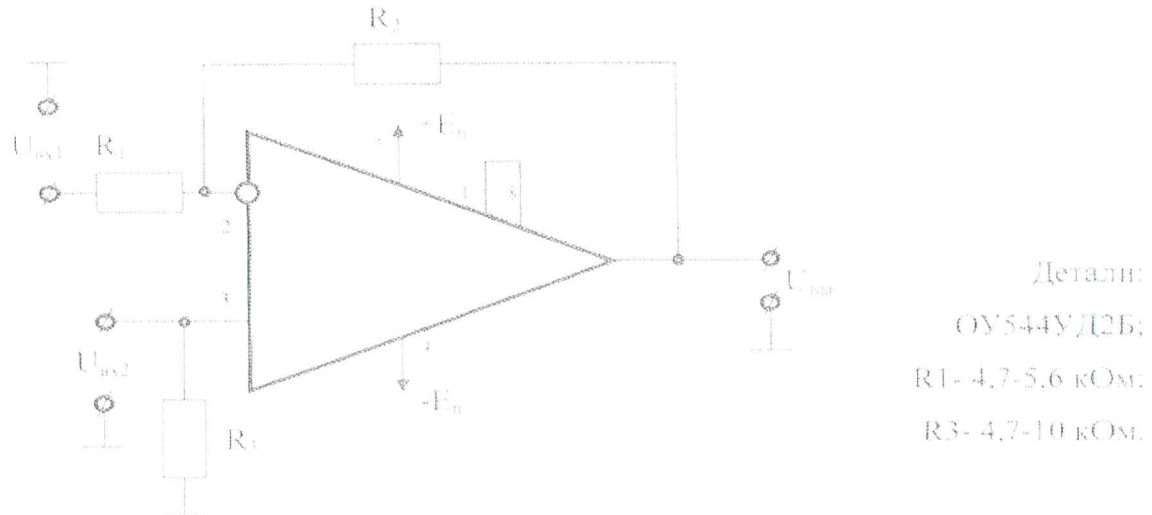


Рис. 3. Схема инвертирующего усилителя на ОУ 544УД2Б

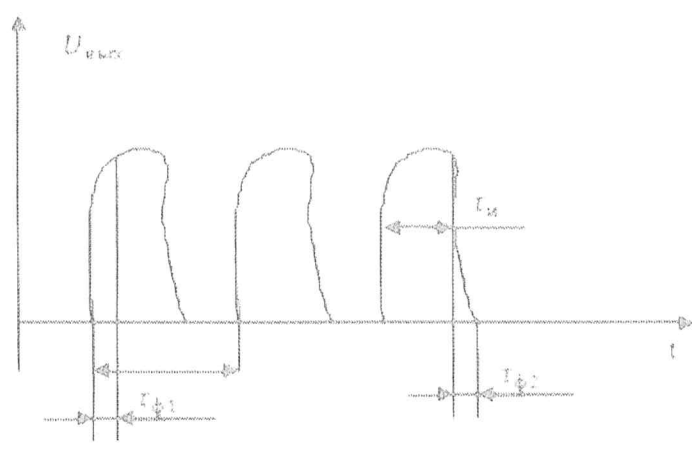
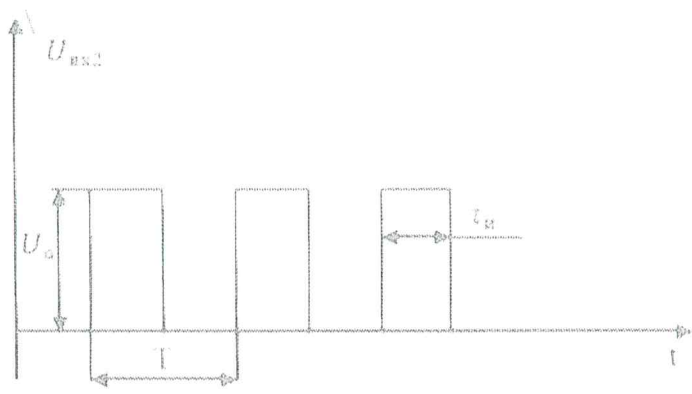
Определить величину R_2 , если коэффициент усиления K_{yc} должен быть равным $K_{yc}=10; 5; 50; 100$. Подать на вход "U_{вх1}" от генератора синусоидального направления величиной 5; 15; 50 мВ. Измерить для каждого K_{yc} величину выходного напряжения $U_{вых}$, сравнить реальные значения K_{yc} , т.е.

$$K_{yc} = U_{вых} / U_{вх} \text{ с расчетными, т.е. } K_{yc} = -R_2 / R_1.$$

Убедитесь, что усилитель реализует инвертирующий режим. Подать на вход $U_{вх2}$ синусоидальное напряжение от генератора величиной последовательно 5; 15; 50 мВ, предварительно заземлить вход ОУ "U_{вх1}". Удостовериться, что при этом усилитель на ОУ реализует неинвертирующий режим, а

$$K_{yc} = 1 + (R_2 / R_1).$$

Подать на вход "U_{вх2}" от генератора импульсные напряжения амплитудой 5; 15; 50 мВ частотой 1 мГц. С помощью осциллографа контролировать напряжение на выходе ОУ (вывод 6), определить K_{yc} и длительности фронтов t_f импульсов на входе и выходе ОУ (рис. 4.).



$T = 1 \text{ мкс.}$

Рис. 4. Эпюры напряжений на входе и выходе ОУ. Результаты измерения и эпюры напряжения по п. 4.6.2 отразить в отчете.