

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 03.10.2023 00:11:15
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 25 » 09

2023 г.



МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ для
студентов специальности 30.05.03 – Медицинская кибернетика

Курск 2023

УДК504.064.38

Составитель Родионова С.Н.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Киселев А. В.

Медицинская электроника: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 30.05.03 – Медицинская кибернетика / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Н. Родионова, Курск, 2023. 23 с. с ил.

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

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

Предназначены для студентов специальности 30.05.03 – Медицинская кибернетика.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____. Формат 60x84 1/16

Усо.печ.л. __. Уч.-изд.л. __. Тираж __ экз. Заказ: 1045. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 Исследование пассивных 2-полюсников и 4-полюсников на базе полупроводниковых диодов	4
Лабораторная работа №2 Экспериментальные исследования функционирования транзисторных усилительных каскадов постоянного, переменного и импульсного тока	10
Лабораторная работа №3. Операционные усилители (ОУ) экспериментальные исследования характеристик, компонентов и работы ОУ в инвертированном и неинвертированном режимах.....	17

Лабораторная работа №1 Исследование пассивных 2-полюсников и 4-полюсников на базе полупроводниковых диодов

1. Цель работы

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

1.2 Полупроводниковый диод представляет собой простейший прибор, основанный на свойствах p-n 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 p-n переход показан на рис. 1а.

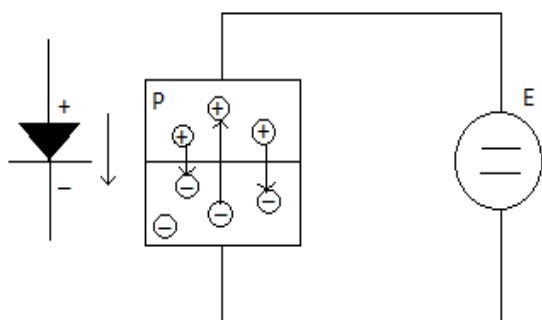


Рис. 1а

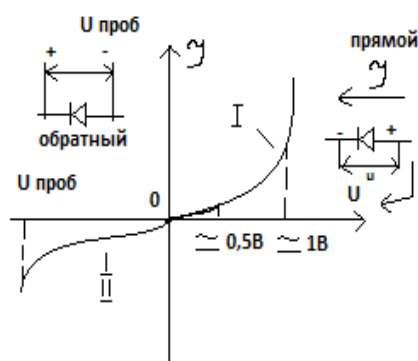


Рис. 1б

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-n 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-n перехода (рис. 1б, ветвь I) также через диод $I = I_0 \cdot e^{u/\phi}$,

Где I_0 – тепловой ток р-n перехода,

U – прямое падение напряжения на переходе;

$e = 2,72\dots$;

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

При смене полярности напряжения прикладываемого 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.

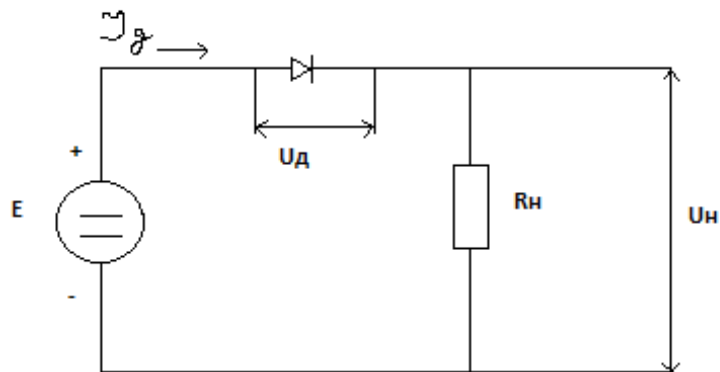


Рисунок 2

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

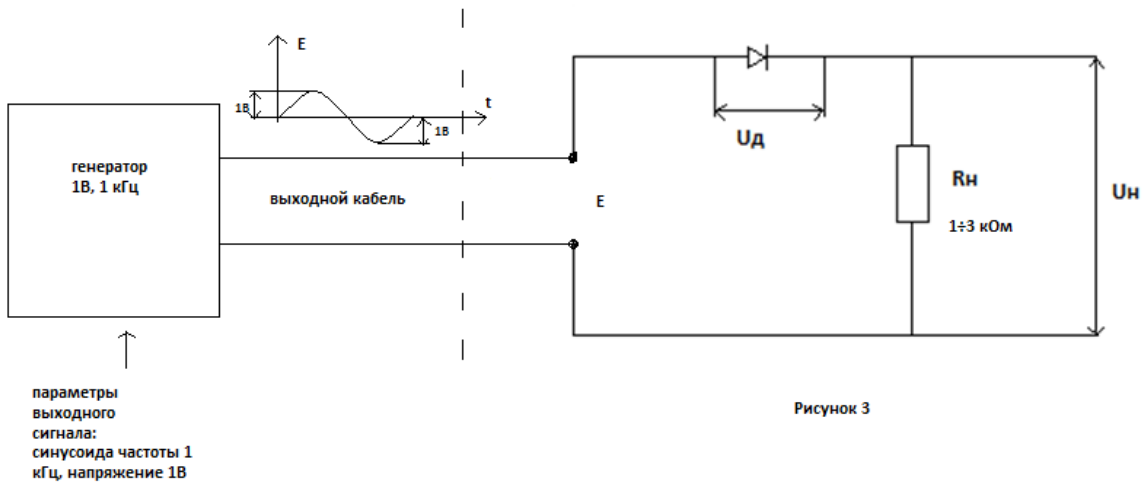
2.2. Для каждого из вариантов измерить величины и составить таблицу:

Величина R_n	I_d	U_d	U_n	E

Ответить на вопросы 1 и 2.

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

2.4. Собрать схему согласно рис.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 3 и 4.

2.5. Установить на генераторе (его выходе) напряжение выходного сигнала 2В, измерить эту величину с помощью осциллографа. Ответить на вопрос 5.

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

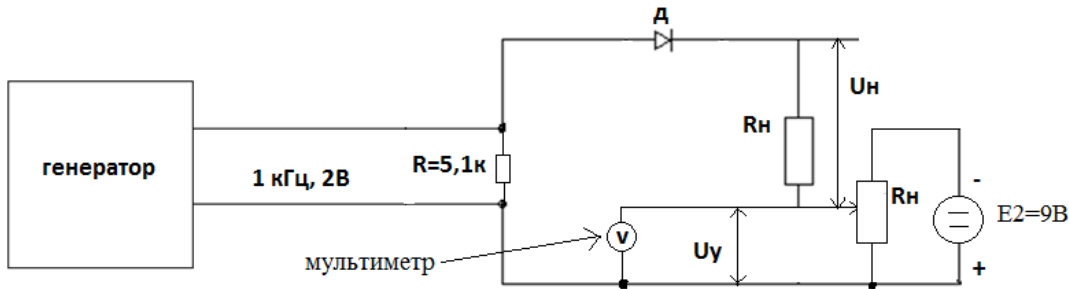


Рис .4

Изменяя величину управляющего напряжения U_d в пределах $0 \div 3V$.

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

Ответить на вопросы 6-8.

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

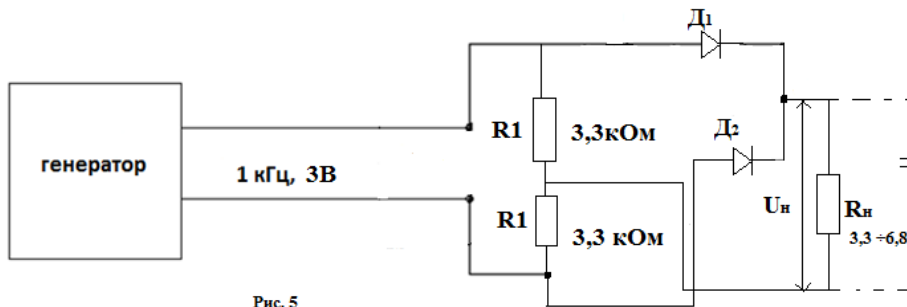


Рис. 5

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

Ответить на вопросы 9-11.

3 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.

Контрольные вопросы:

1. Чем объяснить малое изменение величины U_d для всех вариантов?
2. Во всех ли вариантах выполняется равенство $E = U_d + U_n$?
3. Чем объясняется форма и величина напряжения: на диоде (U_d) и на нагрузке (U_n);
4. Как изменятся величины U_d и U_n , если поменять в схеме на рис.3 полярность диода Д?
5. Чем объясняется разница показаний величины E на измерительной сетке осциллографа и на дисплее мультиметра?
6. Почему изменяется форма и величина напряжения на нагрузке R_n при изменении величины U_y ;
7. Как изменяется результат тех же измерений, если в источнике E_2 изменить полярность?
8. Как изменятся результаты измерений в п. 3.5 и 3.6, если изменить в схеме полярность диодов?
9. Чем определяется полярность напряжения U_n и его форма?
10. Как изменится U_n при изменении полярности диодов D_1 и D_2 ?
11. Как изменится величина и форма U_n , если параллельно R_n , учитывая полярность, подсоединить конденсатор (электролитический), емкостью 5...15 мкФ?

**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, средне- 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).

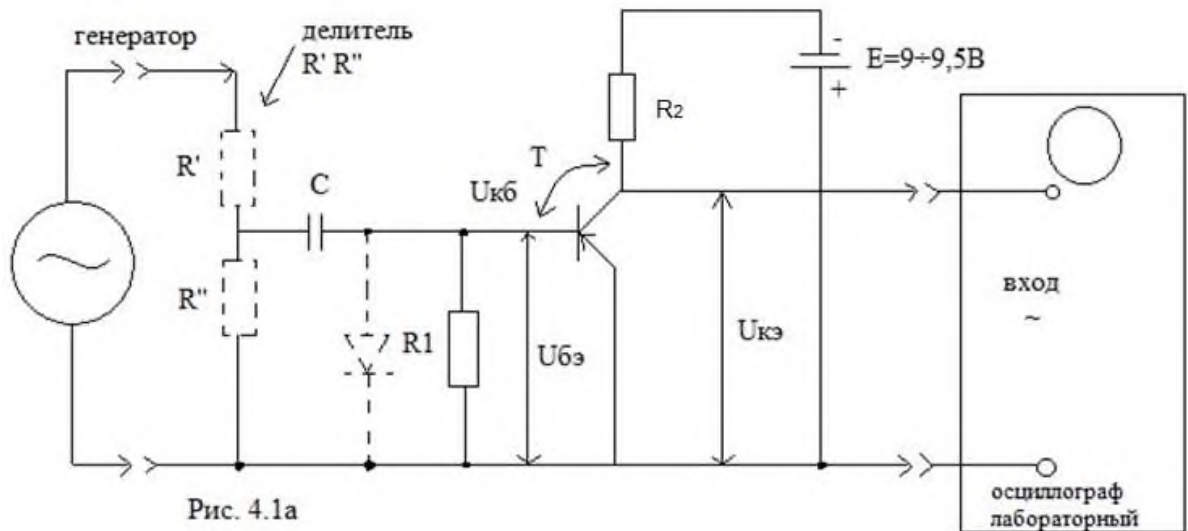


Рис. 4.1а

Примечание. Если минимальное выходное напряжение генератора не позволяет реализовать ненасыщенный режим работы усилителя, то необходимо использовать делитель с соотношением $R'R''$ от 10:1 до 100:1 (например: $R' = 300 \text{ кОм}$, $R'' = 300 \text{ Ом}$).

Детали:

транзистор типа 1Т308(КТ308) или 1Т321 (КТ321);

$C = 0.15 \text{ мкФ}; 0.68 \text{ мкФ}; 1 \text{ мкФ};$

$R_1 = 9,1 \dots 10 \text{ кОм};$

$R_2 = 1 \dots 2 \text{ кОм};$

2.1.1 Подавать на вход усилителя напряжение синусоидального тока от генератора, амплитуда 1...50 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.

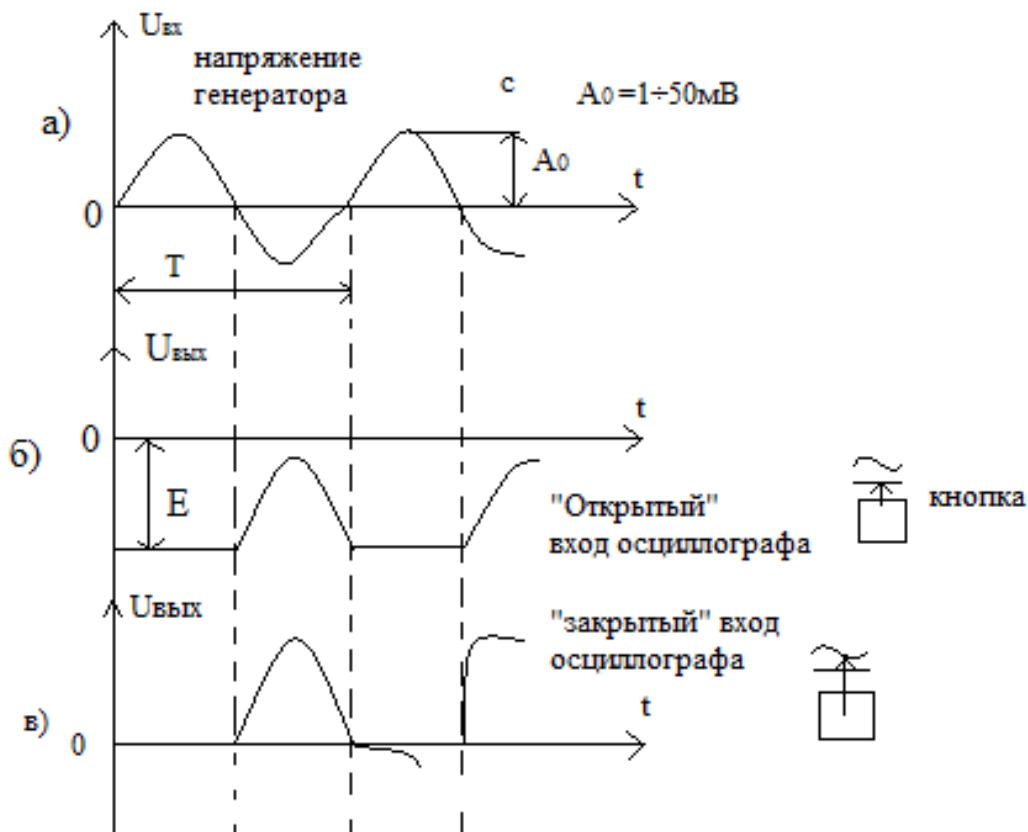


Рис. 4.16. Эпюры напряжения

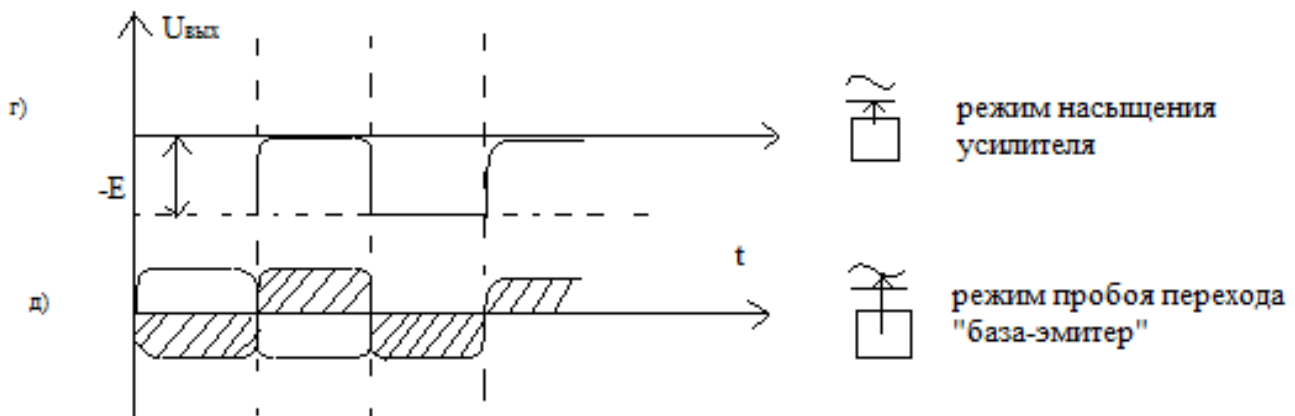


Рис. 4.1 в. Режим насыщения и пробоя

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.

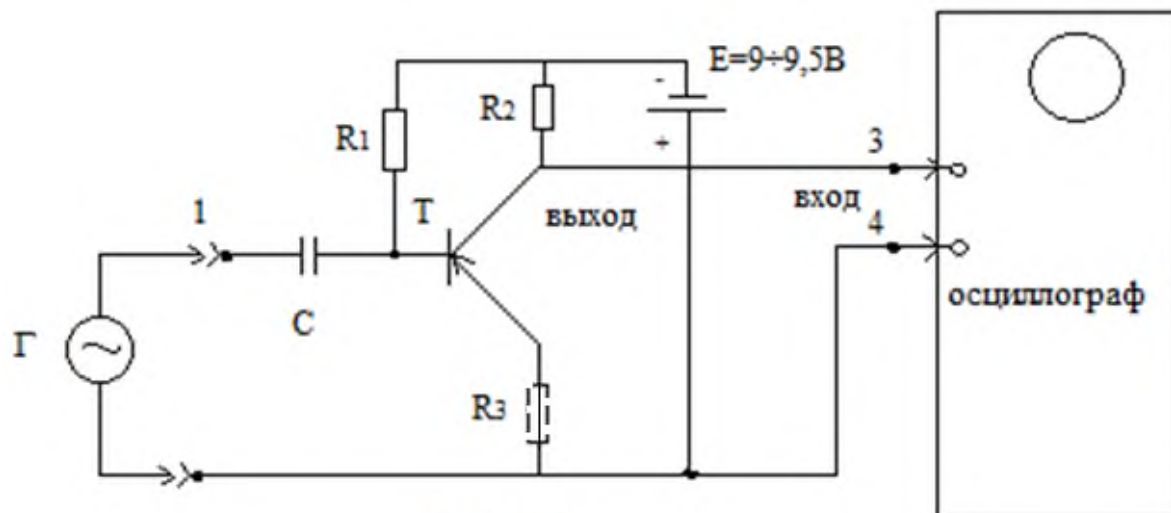


Рис. 4.1.б

Детали:

$$C = 0,15 \dots 1 \text{ мкФ};$$

$$R1 = 100 \dots 200 \text{ кОм};$$

$$R2 = 1 \div 2 \text{ кОм};$$

$$R3 \text{ (вариант)} - 100 \dots 200 \text{ Ом}.$$

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 р-п-р транзисторе).

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

$$1) C = 0,15 \text{ мкФ};$$

2) $C = 0,68 \dots 1$ мкФ;

3) $C = 1000$ пФ.

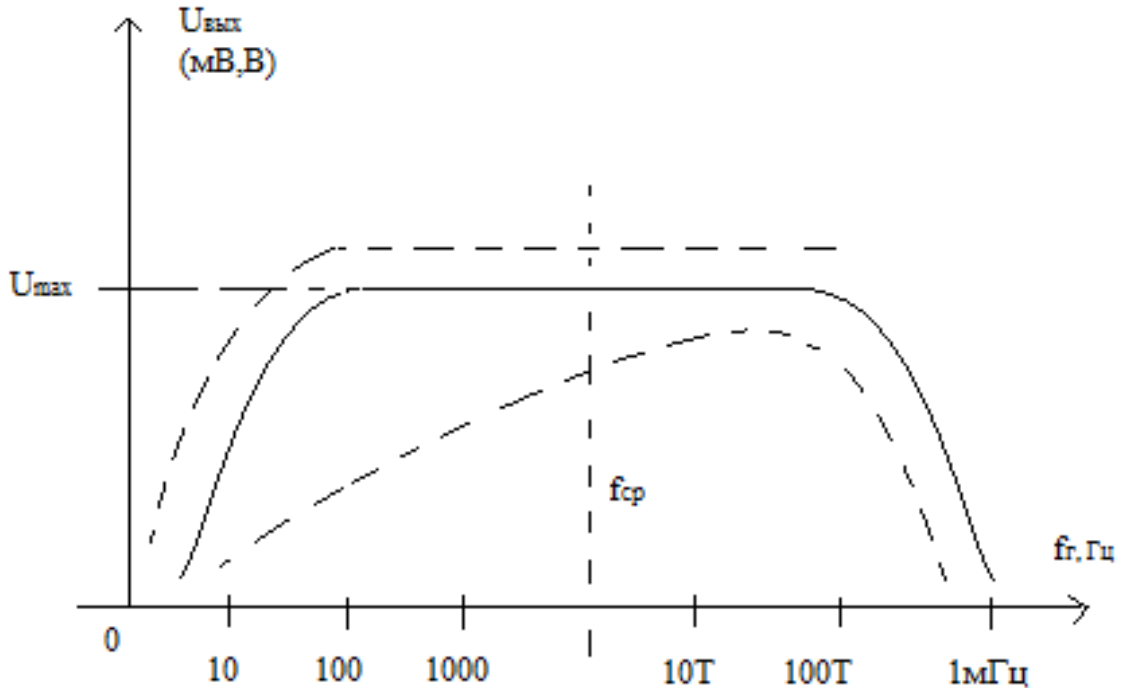


Рис. 4.2. Пример передаточной характеристики усилительного каскада.

2.2.3. Установив мультиметр в режим измерения тока и 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 .

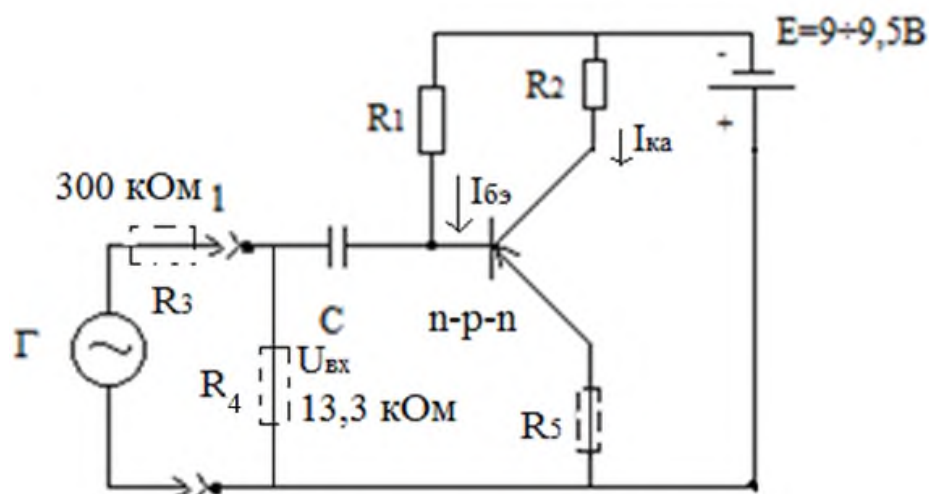


Рис. 4.3. Схема усилителя мощности с заземленным эмиттером, транзистор n-p-n - типа

$R1 = 100 \dots 200 \text{ кОм};$

$R2 = 3 \text{ кОм};$

$C = 0,15 \text{ мкФ};$

$R3 \approx 300 \text{ кОм};$

$R4 \approx 3 \text{ кОм};$

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

Результаты измерений отразить в отчете.

Контрольные вопросы:

1. Что такое транзистор?
2. Какие виды транзисторов существуют?
3. Чем полевой транзистор отличается от биполярного? В чем разница между n-p-n и p-n-p транзисторами?
4. Каковы основные материалы, применяемые при производстве транзисторов?
5. Что такое лавинообразный переход?
6. В чем заключен механизм электронно-дырочной проводимости?
7. Что такое донорно-акцепторные связи?

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 направлений 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 ($K_y=10^5-10^6$).

Основные схемы включения:

-неинвертирующая схема, $K_y=U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$, $K_y=1+R_{\text{ос}}/R_1$

где $R_{\text{ос}}$ - сопротивление обратной связи,

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

-инвертирующая схема $K_y=-R_{\text{ос}}/R_1$;

-операционный повторитель, где $K_y=1$ $R_{oc}=0$; - преобразователь, где вместо $R1$ 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. 3.1

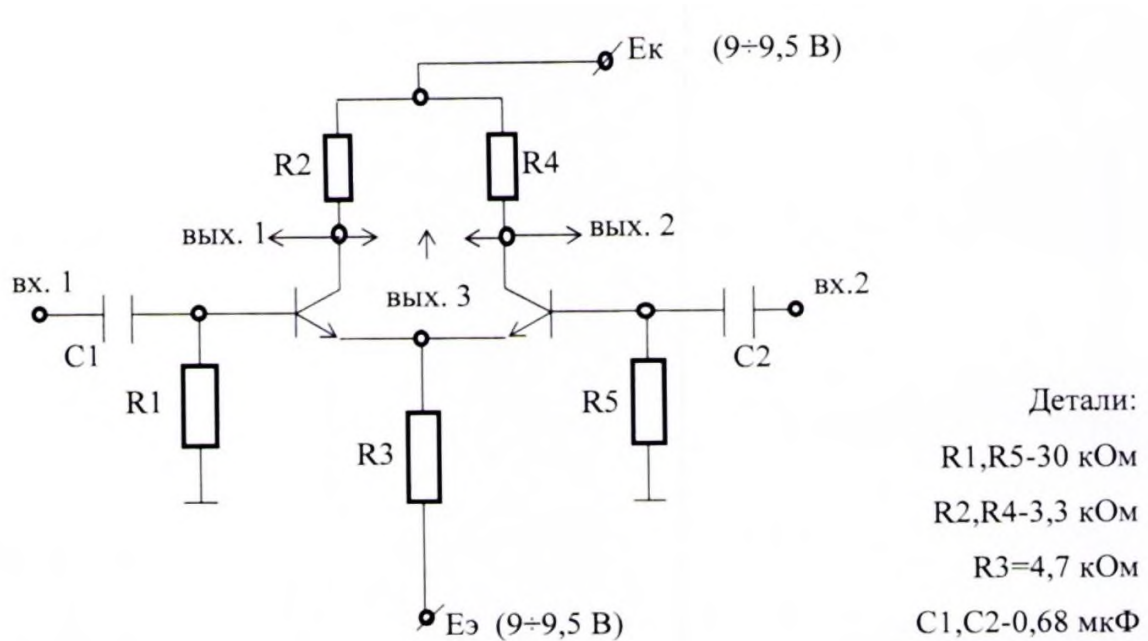


Рис. 3.1 Схема дифференциального усилителя

2.2 С помощью мультиметра измерить режим схемы:
 U_{R2} , U_{R4} , U_{R3} , $U_{\text{ВЫХ}3}$.

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 $U_{\text{вых1}}$, $U_{\text{вых2}}$, $U_{\text{вых3}}$.
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
$U_{\text{вых}}$, В	±10	±10	
$I_{\text{потр}}$, мА	7	7	
$U_{\text{см}}$, мВ	±30	±50	
$I_{\text{вх}}$, нА	0,1	0,5	
$\Delta I_{\text{вх}}$, нА	±01,	±0,5	
$R_{\text{вх}}$, МОм	10	10	
$R_{\text{вых}}$, Ом	200	200	
$\Delta U_{\text{см}}/\Delta T$, мкВ/°С	50	100	
f1 МГц	15	15	
			Более, чем указан

2.6.1 Электрическая схема включения ОУ К544УД2Б приведена на рис 3.2

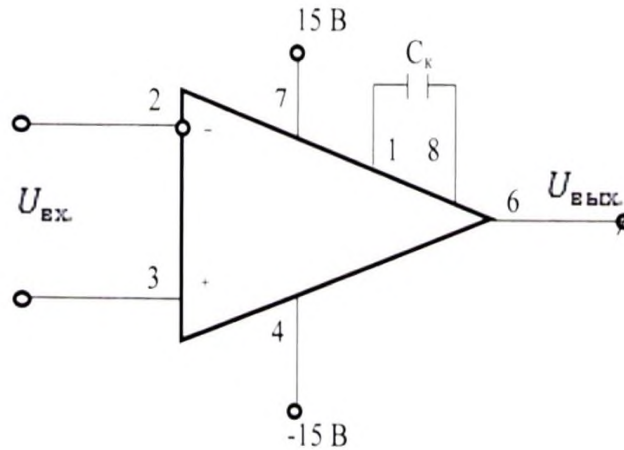
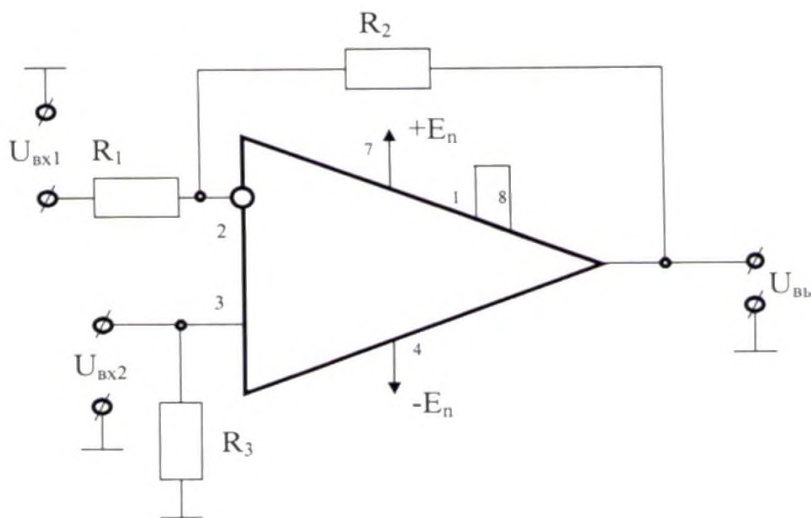


Рис.2 Операционный усилитель К544 УД2

2.6.2 Собрать схему, как показано на рис. 3.



Детали:
 ОУ544УД2Б;
 R1- 4,7-5,6 кОм;
 R3- 4,7-10 кОм.

Рис. 3.3. Схема инвертирующего усилителя на ОУ 544УД2Б

Определить величину R_2 , если коэффициент усиления $K_{ус}$ должен быть равным $K_{ус}=10; 5; 50; 100$. Подать на вход « $U_{ВХ1}$ » ОТ

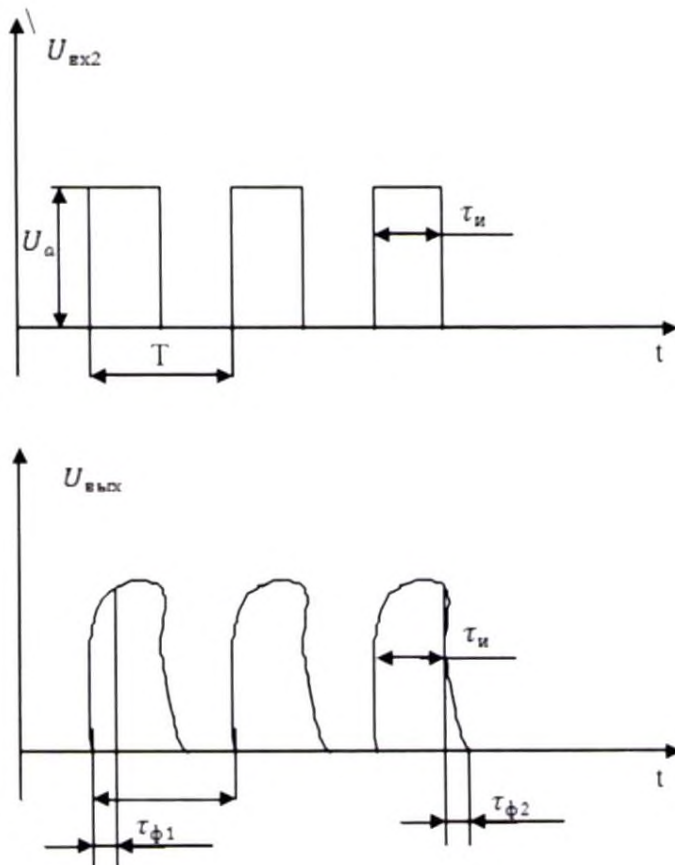
генератора синусоидального направления величиной 5; 15; 50 мВ. Измерить для каждого K_{yc} величину выходного напряжения $U_{вых}$, сравнить реальные значения K_{yc} , т.е.

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

Убедится, 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 1ф импульсов на входе и выходе ОУ (рис. 3.4.).



$$T = 1 \text{ мкс.}$$

Рис. 3.4. Эпюры напряжений на входе и выходе ОУ. Результаты измерения и эпюры напряжения по п. 4.6.2 отразить в отчете.

Контрольные вопросы:

1. Что такое операционный усилитель? Нарисуйте внутреннюю схему (упрощенно) операционного усилителя.
2. Что такое коэффициент усиления ОУ? Как регулируется коэффициент усиления ОУ? Нарисуйте типовую схему включения.

3. Что такое повторитель? Нарисуйте типовую схему повторителя на ОУ.
4. Что такое дифференциальный усилитель? Нарисуйте типовую схему дифференциального усилителя на ОУ.
5. Что такое компаратор? Нарисуйте типовую схему компаратора на ОУ.
6. Что такое отрицательная обратная связь? Для чего она служит? Чем положительная обратная связь отличается от отрицательной?