

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»  
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
С.А. Махновский  
«23» марта 2017 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ОП.07 ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА**  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО  
**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)  
базовой подготовки**

Магнитогорск, 2017

**ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
Автоматизации технологических  
процессов

Председатель: Е.В. Менщикова  
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта 2017 г.

**Составитель:**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» МпК  
Татьяна Борисовна Ремез

Методические указания разработаны на основе рабочей программы  
учебной дисциплины «Электронная техника».

**ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
Автоматизация технологических процессов  
Председатель: Е.В. Менщикова  
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта  
2017 г.

**Составитель:**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» МпК  
Татьяна Борисовна Ремез

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Электронная техника».

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1 Введение	4
2 Методические указания	6

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические и лабораторные занятия. Являясь частью изучения учебной дисциплины, они призваны экспериментально подтвердить теоретические положения и формировать общие и профессиональные компетенции, практические умения.

Состав и содержание практических и лабораторных работ направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений - профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности), необходимых в последующей учебной деятельности по профессиональным модулям.

Ведущей дидактической целью лабораторных работ является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Электронная техника» предусмотрено проведение практических и лабораторных работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

### **уметь:**

- определять и анализировать основные параметры электронных схем и устанавливать по ним работоспособность устройств электронной техники;
- производить подбор элементов электронной аппаратуры по заданным параметрам;

Содержание лабораторных работ ориентировано на подготовку студентов к освоению программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 2.1. Выполнять работы по монтажу систем автоматического управления с учетом специфики технологического процесса.

ПК 2.2. Проводить ремонт технических средств и систем автоматического управления.

ПК 2.3. Выполнять работы по наладке систем автоматического управления.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Выполнение студентами практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Электронная техника» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике,
- реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проективных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 2.2. Полупроводниковые диоды

#### Практическая работа №1 «Методы расчета диодных цепей»

**Цель работы:** научиться выполнять расчет диодных цепей различными методами.

**Выполнив работу, Вы будете:**

- уметь выполнять расчет диодных цепей

**Материальное обеспечение:** не требуется

#### Теоретические сведения

Т.к. диод можно отнести к классу нелинейных резисторов, ток расчету цепей, содержащих диоды, можно применить методы, которые используются для расчета нелинейных цепей: графический, графоаналитический (метод построения нагрузочной прямой), аналитический и метод линейной аппроксимации.

#### Схема замещения выпрямительного диода и линейная аппроксимация ВАХ диода

Метод линейной аппроксимации ВАХ диода заключается в представлении ВАХ кусочно-линейными участками (Рис.1 и 2,а). При этом для каждого диапазона напряжений и токов, для которых ВАХ линейна, диод заменяется совокупностью линейных элементов т.е. схемой замещения (Рис.1 и 2, б), для которой делается расчет.

Т.к. прямая и обратная ветви ВАХ существенно различаются по масштабу и виду, аппроксимацию проводят для прямой и обратной ветвей отдельно.

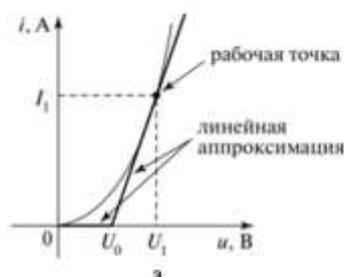


Рис. 1. Линейная аппроксимация прямой ветви ВАХ диода (а) и схема замещения диода (б)

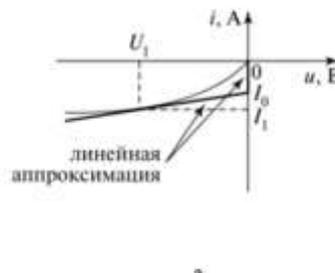
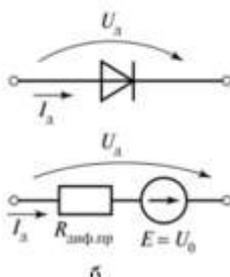
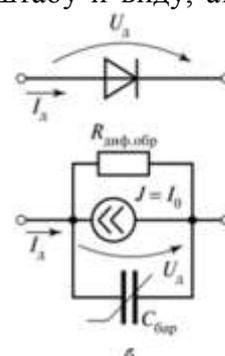


Рис. 2. Линейная аппроксимация обратной ветви ВАХ диода (а) и схема замещения диода (б)



Кусочно-линейная ВАХ диода при прямом включении (рис.1) соответствует следующим режимам работы:

- в диапазоне напряжений  $u = 0 - U_0$  ток в цепи диода не течет, диод можно заменить разомкнутой цепью;
- при  $u > U_0$  ВАХ диода соответствует последовательно включенным резистору и источнику напряжения, ЭДС которого равна  $E = U_0$ .

ВАХ диода аппроксимируется касательной прямой, проведенной в рабочей точке или в середине рабочего диапазона напряжений (токов) к нелинейной ВАХ диода. Сопротивление резистора на эквивалентной схеме равно дифференциальному сопротивлению диода:  $R_{диф} = dU/dI$ , т.е. характеризует наклон прямой ветви ВАХ.

Кусочно-линейная ВАХ диода при обратном включении (рис.2) соответствует следующим режимам работы:

- в диапазоне токов  $i = 0 - i_0$  диод ведет себя как резистор, сопротивление которого равно 0;
- в диапазоне токов  $i > i_0$  диод можно заменить на параллельно включенные дифференциальное сопротивление  $R_{диф} = dU/dI$  и источник тока  $J=I_0$ .

В схеме замещения учитывается также емкость диода.

### Метод расчета диодных цепей с использованием нагрузочной прямой

Этот метод относится к графоаналитическим методам расчета нелинейных цепей и заключается в замене нелинейного элемента (диода) переменным резистором, сопротивление которого изменяется от 0 до  $\infty$  по линейному закону. При замене диода линейным резистором вся схема становится также линейной и для ее расчета можно составить уравнения по законам Кирхгофа.

Вольт-амперная характеристика диода и ВАХ линейной схемы при изменении переменного сопротивления от 0 до  $\infty$  строятся на одном графике, пересечение двух ВАХ дает искомые ток и напряжение на диоде.

#### Пример 1.

Определите напряжение на диоде и ток, протекающий в цепи. ВАХ диода изображена на Рис. 3

Дано:  $e(t) = 2$  В,  $R = 8$  Ом

Решение: Источник ЭДС представляет собой источник постоянного напряжения, следовательно, цепь работает при постоянном то-

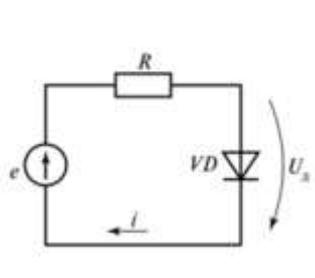


Рис.3 Простейшая диодная схема и ВАХ диода

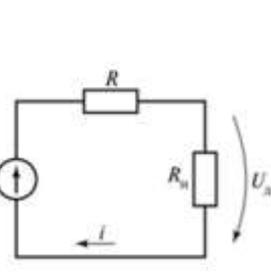
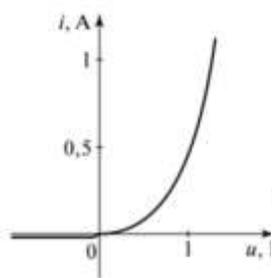


Рис.4 Схема для расчета и график нагрузочной прямой

ке. Заменим диод линейным резистором  $R_n$  (Рис. 4) и рассчитаем ток и напряжение на этом резисторе для двух режимов – холостого хода ( $R_n = \infty$ ) и короткого замыкания ( $R_n = 0$ ).

В режиме холостого хода ток в цепи равен 0, следовательно по второму закону Кирхгофа  $U_d = e - i_{xx} \cdot R = 2 - 0 = 2$  В.

В режиме короткого замыкания напряжение на диоде равно 0,  $U_{дкз} = 0$ , следовательно, ток  $i_{кз} = (e - U_{дкз}) / R = (2 - 0) / 8 = 0,25$  А.

Если сопротивление  $R_n$  в цепи (Рис. 4) изменять от бесконечности до 0, то в линейной цепи напряжение и ток будут изменяться также по линейному закону. На ВАХ можно построить нагрузочную прямую по двум точкам, соответствующим режимам холостого хода и короткого замыкания (Рис. 4). Точка пересечения нагрузочной прямой и ВАХ диода дает значения искомого тока в цепи и напряжения на диоде:  $i = 0,17$  А,  $U_d = 0,65$  В.

### Графический метод расчета диодных цепей

Графический метод расчета подразумевает определение токов и напряжений исключительно с помощью графических построений на плоскости. При этом полученный результат представляется также в виде графика.

#### Пример 2

Определить ток, протекающий через диод при подаче на него гармонического напряжения. Емкостными свойствами диода пренебречь.

Дано: Напряжение на диоде описывается уравнением  $u_d(t) = 1 \cdot \sin(100t)$  В. ВАХ диода изображена на рис. 5

Решение: Для определения графика тока построим сначала график входного воздействия  $u_d(t)$ , причем расположим его под графиком ВАХ диода (Рис. 6).

Для построений выберем шаг по оси времени:

$$t_{ш} = \frac{T}{8} = \frac{2\pi}{\omega \cdot 8} = \frac{2\pi}{100 \cdot 8} = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

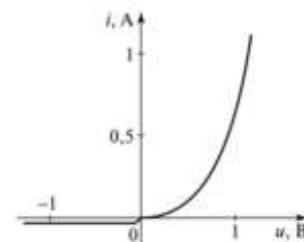


Рис. 5 ВАХ диода

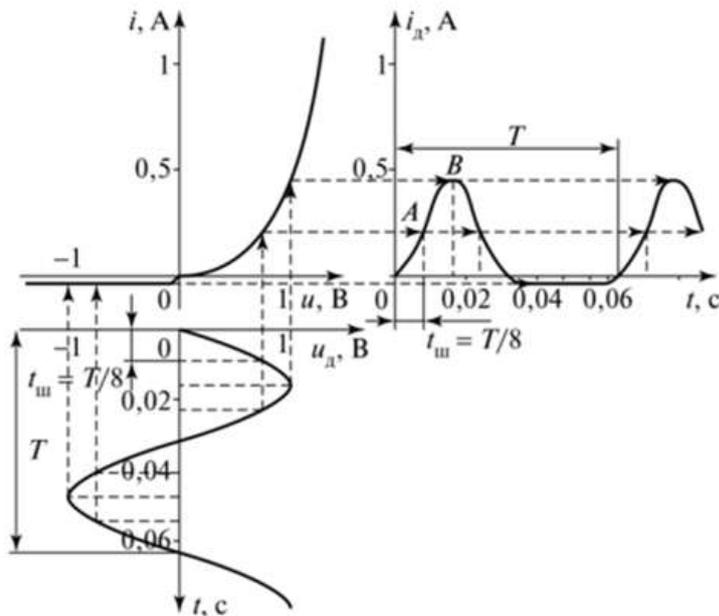


Рис.6 Определение тока графическим методом

Справа от ВАХ диода расположим график тока  $i_d(t)$ , по оси времени масштаб выберем такой же, как на графике  $u_d(t)$ . Теперь отложим значение напряжения  $u_d(t/8)$  на графике ВАХ диода и перенесем значение тока на график  $i_d(t)$ , построим точку А, которая соответствует  $i_d(t/8)$ . Прделавав аналогичную операцию для  $t = T/4$ , построим точку В и т.д. В результате построений справа от ВАХ диода формируется график  $i_d(t)$ . Точность построения зависит от величины шага  $t_{ш}$  – чем меньше шаг, тем точнее график. Как видно из рис.6, гармонический сигнал на диоде за счет нелинейности ВАХ

изменяет форму

### Практическое задание

Определите напряжение на диоде и ток, протекающий в цепи. Тип диода и значения  $e(t)$  и  $R$  указаны в таблице (по вариантам). ВАХ диода взять из справочной литературы

№ варианта	Тип диода	$e(t)$ , В	$R$ , Ом
1	2Д101А	2	25
2	2Д102А	2	40
3	2Д103А	1,5	30
4	2Д106А	2	1,3к
5	Д2Б	2	1к
6	Д223А	2	50
7	МД226	1	7
8	Д229А	1,5	7,5
9	Д237	1	200
10	КД105Б	1	5
11	КД116А	2	100
12	КД221А	2	5к

### Форма представления результата:

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- расчеты согласно заданию (в соответствии с номером варианта)
- полученные графики;
- выводы по работе.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.  
Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Лабораторная работа № 1

### Исследование выпрямительного диода.

**Цель работы:** Исследование выпрямительного диода

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- различать полупроводниковые диоды на схемах и в изделиях

**Материальное обеспечение:** стенды «Основы электроники».

#### Теоретические сведения

**Диод** – двухэлектродный полупроводниковый прибор с одним р–n-переходом, обладающий односторонней проводимостью тока. Существует много различных типов диодов – выпрямительные, импульсные, туннельные, обращенные, сверхвысокочастотные диоды, а также стабилитроны, варикапы, фотодиоды, светодиоды и др.

На рис. 1 показаны условное графическое обозначение (рис.1а) и характеристики выпрямительных диодов (их идеальная (рис.1б) и реальная вольт-амперная характеристики (рис.1в). Видимый излом вольт-амперной характеристики диода (ВАХ) в начале координат связан с различными масштабами токов и напряжений в первом и третьем квадранте графика. На вольт-амперная характеристика реального диода обозначена область электрического пробоя, когда при небольшом увеличении обратного напряжения ток резко возрастает.

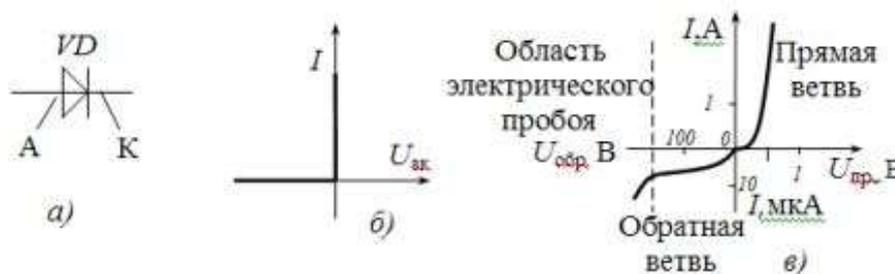


Рис.1. УГО диода (а), идеальная ВАХ диода (б), реальная ВАХ диода(в)

#### Экспериментальное исследование выпрямительного диода

1) собрать схему для исследования выпрямительного диода на постоянном токе в соответствии с принципиальной схемой рис. 2. Для измерения анодного тока включить миллиамперметр постоянного тока с пределом 100 мА. Для измерения анодного напряжения использовать мультиметр. Последовательно с диодом включить токоограничивающий резистор  $R_H$ .

2) Снять вольт-амперную характеристику выпрямительного диода на постоянном токе для прямой ветви (рис. 2); для снятия характеристик регулировать напряжение на выходе потенциометра; результаты измерений занести в таблицу 1, по которой построить прямую ветвь ВАХ;

3) Собрать схему для снятия обратной ветви ВАХ VD1, подключив к RP2 источник -12 В и заменив миллиамперметр, поменяв также его полярность подключения (рис. 3); снять обратную ветвь ВАХ диода; результаты измерений занести в таблицу 2, по которой построить обратную ветвь ВАХ

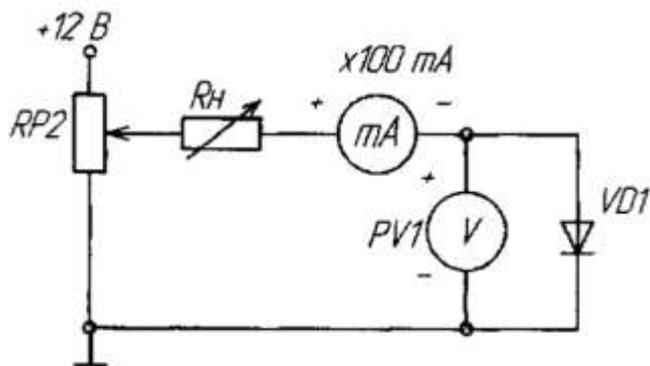


Рис.2

Таблица 1. Прямая ветвь ВАХ

$I_{пр}$ , мА									
$U_{пр}$ , В									

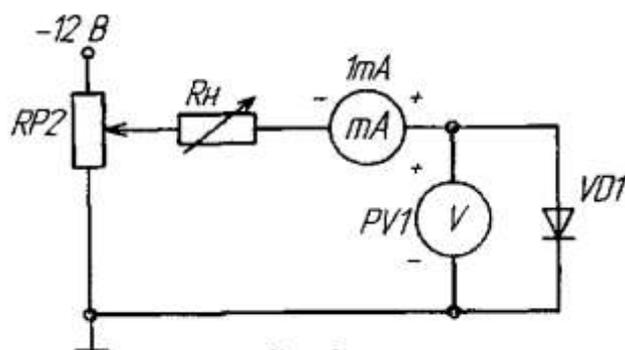


Рис. 3

Таблица 2. Обратная ветвь ВАХ

$I_{обр}$ , мА									
$U_{обр}$ , В									

4) Сделать выводы по работе

### Форма представления результата:

Отчет по работе должен содержать:

- е) наименование работы и цель работы;
- ж) необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- з) схемы с электронными компонентами для проведения исследования;
- и) таблицы результатов экспериментов (измеренные и рассчитанные величины);
- к) полученные графики (осциллограммы);
- л) выводы по работе.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.3. Транзисторы

### Практическая работа №2 «Методы расчета транзисторных цепей»

**Цель работы:** научиться выполнять расчет транзисторных цепей различными методами.

**Выполнив работу, Вы будете:**

- уметь выполнять расчет транзисторных цепей

**Материальное обеспечение:** не требуется

### Теоретические сведения

Для расчета цепей, содержащих транзисторы, используют графический, графоаналитический и аналитический методы. Наиболее распространенными являются графоаналитический (метод построения нагрузочной прямой) и аналитический методы. Аналитический расчет проводят либо с использованием схемы замещения транзистора, либо проводят приближенный расчет по законам Кирхгофа.

#### Пример 1

Для схемы (рис.1) определить ток коллектора  $I_K$  и выходное напряжение  $U_{ВЫХ}$ .

Дано:  $U_{ВХ} = 1$  В,  $U_{ПИТ} = 10$  В,  $R_B = 250$  Ом,  $R_K = 100$  Ом, транзистор VT марки КТ603А.

Решение: Для определения напряжения и тока применим метод построения нагрузочной прямой, но сначала проанализируем схему. На схеме (Рис.1) эмиттер транзистора VT соединен с «общей точкой» схемы, т.е. с точкой, потенциал которой принимается равным 0. Таким образом, схема включения транзистора – общий эмиттер. Выходное напряжение снимается с коллектора транзистора (разница потенциалов между коллектором и общей точкой), а напряжение питания приложено к точкам цепи  $+U_{ПИТ}$  и общей точке.

Входные и выходные характеристики транзистора КТ603А при включении с общим эмиттером приведены на рис.2.

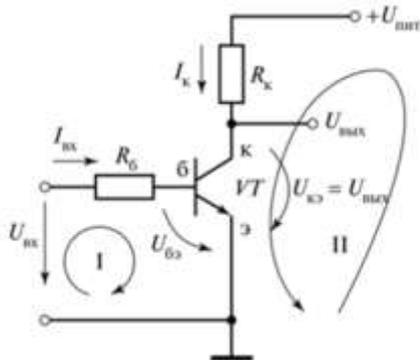


Рис. 1 Простейший усилительный каскад на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером

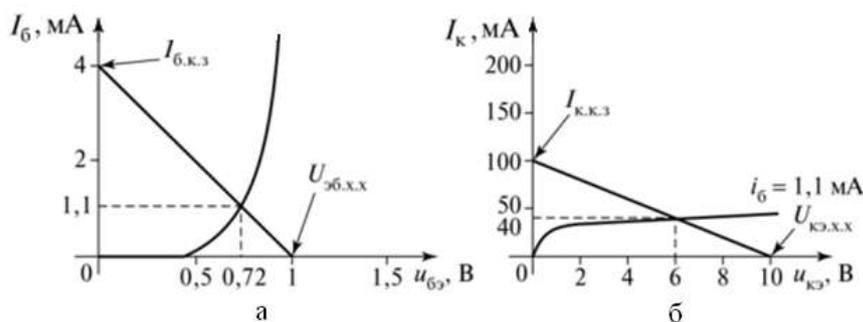


Рис. 2 ВАХ транзистора и нагрузочные прямые: а- входная характеристика, б - выходная характеристика

Составим уравнение по закону Кирхгофа для контура I (рис.1):  $I_{ВХ} R_B + U_{БЭ} - U_{ВХ} = 0$ .

В режиме холостого хода, т.е. при сопротивлении база-эмиттер, равном  $\infty$ , ток базы равен 0 ( $I_{БХ.Х} = I_{ВХ.Х} = 0$ ), следовательно  $U_{БЭ} = U_{ВХ} = 1$  В.

В режиме короткого замыкания, т.е. при сопротивлении база-эмиттер, равном 0, напряжение база-эмиттер равно 0 ( $U_{БЭ.КЗ} = 0$ ), следовательно ток базы  $I_{Б.КЗ} = I_{ВХ.КЗ} = U_{ВХ} / R_B = 1 / 250 = 0,004$  А

Построим нагрузочную прямую на входной характеристике транзистора (рис.2, а).

В точке пересечения ВАХ транзистора и нагрузочной прямой ток базы  $I_B = 1,1$  мА.

Для построения нагрузочной прямой на выходной характеристике составим уравнение по второму закону Кирхгофа для контура II (рис. 1):  $I_K R_K + U_{КЭ} - U_{ПИТ} = 0$

В режиме холостого хода, т.е. при сопротивлении коллектор-эмиттер, равно  $\infty$ , ток коллектора равен 0 ( $I_{К.ХХ} = 0$ ), следовательно  $U_{КЭ.ХХ} = U_{ПИТ} = 10$  В.

В режиме короткого замыкания, т.е. при сопротивлении коллектор-эмиттер, равном 0, напряжение коллектор-эмиттер равно 0 ( $U_{КЭ.КЗ} = 0$ ), следовательно, ток коллектора  $I_{К.КЗ} = U_{ПИТ} / R_K = 10 / 100 = 0,1$  А.

Построим нагрузочную прямую на выходной характеристике транзистора (рис.2, б). Из семейства выходных характеристик выберем ту, которая соответствует базовому току  $I_B = 1,1$  мА. На пересечении ВАХ транзистора для тока базы  $I_B = 1,1$  мА и нагрузочной прямой определим ток коллектора  $I_K$  и напряжение коллектор-эмиттер  $U_{КЭ}$ :  $I_K = 0,04$  мА,  $U_{КЭ} = 6$  В.

### Практическое задание

Для схемы (рис.1) определить ток коллектора  $I_K$  и выходное напряжение  $U_{ВЫХ}$ . Тип транзистора и значения  $U_{ВХ}$ ,  $U_{ПИТ}$ ,  $R_B$ ,  $R_K$  указаны в таблице (по вариантам). Входные и выходные характеристики транзисторов взять из справочной литературы

№ варианта	Тип транзистора	$U_{ВХ}$ , В	$U_{ПИТ}$ , В	$R_B$ , Ом	$R_K$ , Ом
1	ГТ108А	0,15	6	375	1000
2	ГТ308А	0,4	10	666	200

3	ГТ308Б	0,3	12	500	240
4	ГТ308В	0,5	12	2000	200
5	ГТ310А	0,35	8	4375	1000
6	ГТ320А	0,48	8	480	80
7	ГТ320Б	0,48	10	1200	166
8	ГТ320В	0,48	8	2400	100
9	КТ315А	0,8	20	2000	400
10	ГТ330Д	0,5	10	5000	500
11	ГТ403А	1,2	18	60	9
12	КТ601А	0,8	60	2000	1500

### Форма представления результата:

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- в) расчеты согласно заданию (в соответствии с номером варианта)
- г) полученные графики;
- д) выводы по работе.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

## Лабораторная работа № 2

### Исследование биполярного транзистора

**Цель работы:** Исследование биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

#### Выполнив работу, Вы будете:

*уметь:*

- различать биполярные транзисторы на схемах и в изделиях

**Материальное обеспечение:** стенды «Основы электроники».

#### Теоретические сведения

**Биполярный транзистор** представляет собой трехслойную полупроводниковую структуру с чередующимися типом электропроводности слоев и содержит два р-п перехода. В зависимости от чередования слоев существуют транзисторы типов р-п-р и п-р-п. В качестве исходного материала для получения трехслойной структуры используют германий и кремний.

Существуют три способа включения транзистора: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ), и общим коллектором (ОК). Различие в способах включения зависит от того, какой из выводов транзистора является общим для входной и выходной цепей. В схеме ОБ общей точкой входной и выходной цепей является база, в схеме ОЭ- эмиттер, в схеме ОК – коллектор.

Зависимость тока коллектора от тока базы (рисунок 1) называется **передаточной характеристикой** транзистора. На рисунке показано семейство передаточных характеристик транзистора, при включении его по схеме с ОЭ. Характеристики снимаются при фиксированном напряжении коллектор – эмиттер.

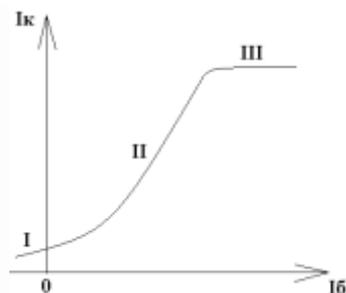


Рисунок 1. Семейство передаточных характеристик транзистора, при включении его по схеме с ОЭ

На передаточной характеристике можно выделить три участка: отсечки, активный и насыщения.

Передаточная характеристика нелинейна, представляет собой кривую (хотя в середине кривой имеется линейный участок – активный режим). Именно эта кривая и приводит к нелинейным искажениям, если транзистор используется для усиления сигнала, например, звукового. Поэтому приходится рабочую точку транзистора «смещать» на линейный участок характеристики.

Коэффициент передачи по току определяется на линейном участке передаточной характеристики по формуле:  $K_I = \beta = \Delta I_K / \Delta I_B$

### Экспериментальное исследование характеристик биполярного транзистора

1) Собрать схему для снятия характеристик прямой передачи по току биполярного транзистора (рис.2). Для измерения тока базы подключить миллиамперметр РА1 (до 1 мА), а для измерения тока коллектора подключить РА2 (до 100 мА). Для измерения напряжения на коллекторе использовать вольтметр PV1; в качестве резистора в цепи коллектора использовать резистор RP3 (переключить на 200); резистор RP2 (переключить на 5); регулировка производится с помощью RP1.

2) Снять статическую характеристику прямой передачи по току  $I_K = f(I_B)$ . Экспериментальные точки записывать в таблицу 1 и наносить на график. При снятии характеристики следить за постоянством напряжения  $U_K$  по вольтметру;

3) По построенной в п.2в характеристике определить области активного усиления, отсечки и насыщения. Определить максимальный ток  $I_{бmax}$  при котором еще обеспечивается линейное усиление;

Таблица 1

$I_B, \text{мА}$	0	0,05	0,1	0,2					1
$I_K, \text{мА}$									

4) Определить коэффициент передачи по току  $\beta$

5) Сделать выводы по работе.

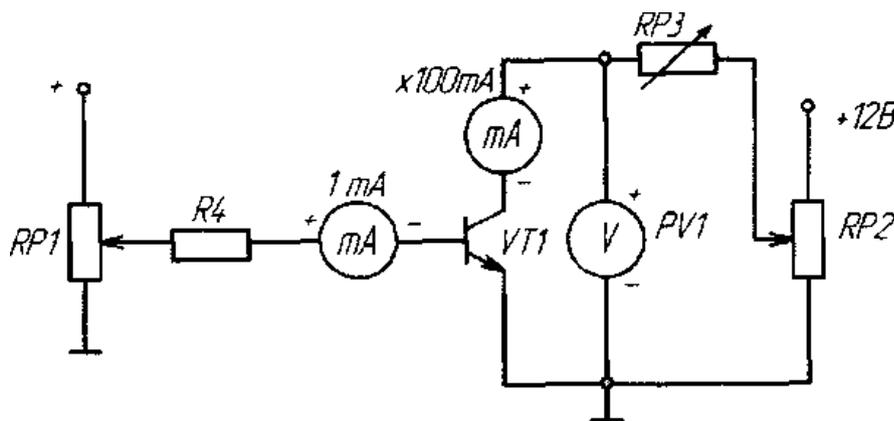


Рис.2

### Форма представления результата:

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- схемы с электронными компонентами для проведения исследования;

- г) таблицы результатов экспериментов (измеренные и рассчитанные величины);
- д) полученные графики (осциллограммы);
- е) выводы по работе.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.3. Транзисторы

### Лабораторная работа № 3

#### Исследование полевого транзистора

**Цель работы:** Исследование полевого транзистора, включенного по схеме с общим истоком.

#### Выполнив работу, Вы будете:

*уметь:*

- различать полевые транзисторы на схемах и в изделиях

**Материальное обеспечение:** стенды «Основы электроники».

#### Теоретические сведения

Полевой транзистор - это электропреобразовательный прибор, в котором ток, протекающий через канал, управляется электрическим полем, возникающим при приложении напряжения между затвором и истоком, и который предназначен для усиления мощности электромагнитных колебаний.

К классу полевых относят транзисторы, принцип действия которых основан на использовании носителей заряда только одного знака (электронов или дырок). Управление током в полевых транзисторах осуществляется изменением проводимости канала, через который протекает ток транзистора под воздействием электрического поля. Вследствие этого транзисторы называют полевыми.

По способу создания канала различают полевые транзисторы с затвором в виде управляющего р-п-перехода и с изолированным затвором (МДП - или МОП - транзисторы): встроенным каналом и индуцированным каналом.

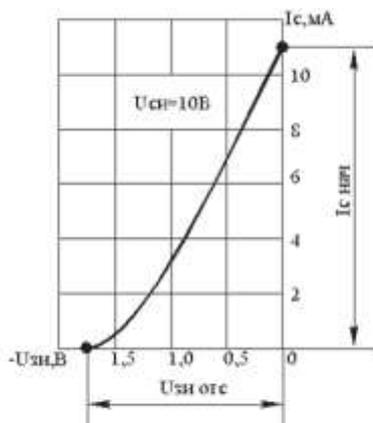


Рис.1 Стоко-затворная характеристика

В зависимости от проводимости канала полевые транзисторы делятся на: полевые транзисторы с каналом р- типа и п- типа. Канал р- типа обладает дырочной проводимостью, а п- типа - электронной.

На рис. 1 показана стоко-затворная характеристика полевого транзистора. Это зависимость тока стока от напряжения затвор-исток при постоянном напряжении стока.

Одним из параметров полевого транзистора является крутизна стоко-затворной характеристики:

$$S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}}$$

при  $U_{си} = \text{const}$ , отображает влияние напряжения затвора на выходной ток транзистора. Типичные значения параметров  $S = 0,3 \dots 7 \text{ мА/В}$ .

## Экспериментальное исследование характеристик полевого транзистора

- 1) Собрать схему для снятия характеристик полевого транзистора (рис. 2).

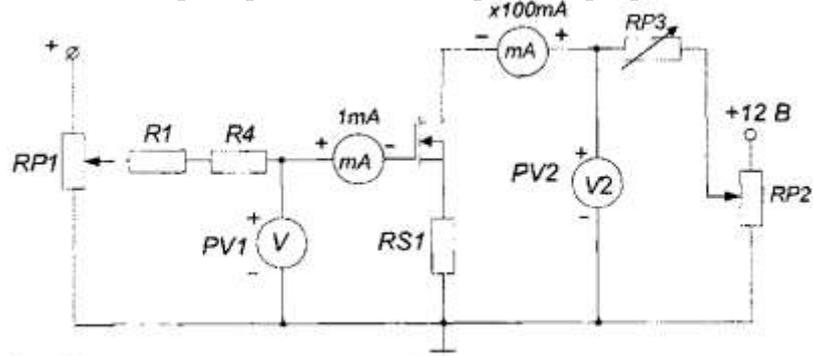


Рис.2 Схема для снятия стоко-затворной характеристики полевого транзистора

2) Снять стокозатворную характеристику  $I_c = f(U_{зи})$  при постоянном напряжении на стоке  $U_c$ , используя схему на рис. 2. Экспериментальные точки записывать в таблицу и наносить на график. Изменяя напряжение на затворе от нуля до максимального значения при помощи потенциометра RP1, снять стоко-затворную характеристику при  $RP3=150$ ,  $RP2=3,5$ ). При снятии характеристики убедитесь, что ток затвора  $I_z$  мал. На начальном участке характеристики точки снимать чаще.

3) По построенной в п.2в характеристике определить крутизну стокозатворной характеристик при заданной нагрузке  $S=\Delta I_c/\Delta U_{зи}$ ;

Таблица 1

$I_c, \text{mA}$								
$U_{зи}, \text{B}$								

- 4) Сделать выводы по работе.

### Форма представления результата:

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- схемы с электронными компонентами для проведения исследования;
- таблицы результатов экспериментов (измеренные и рассчитанные величины);
- полученные графики (осциллограммы);
- выводы по работе.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2.5. Интегральные микросхемы

### Лабораторная работа № 4

#### Исследование логических элементов

**Цель работы:** Исследование логических элементов (И-НЕ, И, ИЛИ-НЕ, НЕ) и их таблиц истинности.

### Выполнив работу, Вы будете:

*уметь:*

- применять логические элементы, для построения логических схем, грамотно выбирать их параметры и схемы включения.

**Материальное обеспечение:** стенды «Основы электроники».

**Теоретические сведения**

Существует несколько основных логических элементов:

- ИЛИ – логическое сложение (дизъюнкция) – OR;
- И – логическое умножение (конъюнкция) – AND;
- НЕ – логическое отрицание (инверсия) – NOT.

**Логический элемент И.**

На принципиальных схемах логический элемент "И" обозначают так (справа – на зарубежных схемах):



**Логический элемент ИЛИ.**

На схемах элемент "ИЛИ" изображают так (справа – на зарубежных схемах):



**Логический элемент НЕ.**

Элемент, выполняющий функцию инверсии «НЕ» имеет один вход и один выход. Он меняет уровень сигнала на противоположный. Низкий потенциал на входе даёт высокий потенциал на выходе и наоборот.

Вот таким образом его показывают на схемах (справа – на зарубежных схемах):



Все эти элементы в интегральных микросхемах могут объединяться в различных сочетаниях. Это элементы: И–НЕ, ИЛИ–НЕ, и более сложные конфигурации.

**Экспериментальное исследование логических элементов**

1) Составить таблицу истинности логического элемента «И-НЕ». Для этого собрать схему (рис. 1), подключив выходы гнезд «Уровень логический» к соответствующим входам логического элемента «И-НЕ». Включить тумблер «Питание». Задавая различные комбинации входных логических сигналов (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>) тумблерами SA<sub>1</sub> и SA<sub>2</sub>, фиксировать по светодиоду выходной сигнал Y логического элемента. Составить таблицу истинности исследуемого элемента. Результаты занести в табл. 1. Выключить тумблер «Питание»;

2) Аналогично выполнить п. 1 для логических элементов «И», «ИЛИ-НЕ» «НЕ».

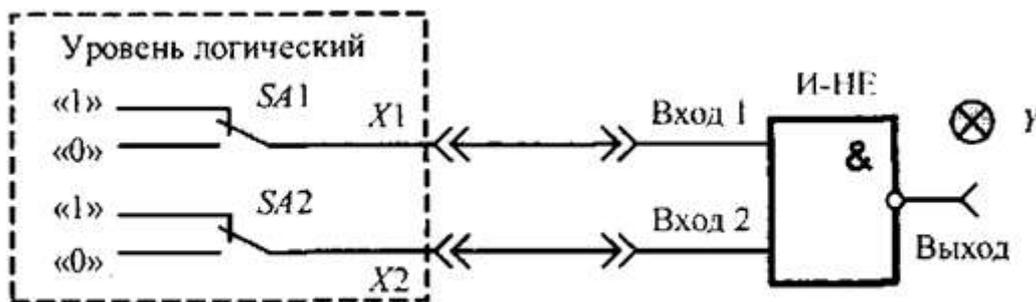


Рис. 1. Схема соединений для исследования логического элемента И-НЕ

Таблица 1.

Вход $X_1$	Вход $X_2$	Логический элемент			
		И-НЕ	И	ИЛИ-НЕ	НЕ
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

3) Сделать выводы по работе

**Форма представления результата:**

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- в) схемы с электронными компонентами для проведения исследования;
- г) таблицы результатов экспериментов (измеренные и рассчитанные величины);
- д) полученные графики (осциллограммы);
- е) выводы по работе.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

### Тема 3.1. Усилители.

#### Лабораторная работа № 5

#### Исследование инвертирующего и неинвертирующего усилителя на основе ОУ

**Цель работы:** Исследование характеристик, параметров и режимов работы инвертирующего и неинвертирующего усилителя на основе операционного усилителя

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- определять назначение и свойства основных функциональных узлов аналоговой электроники: усилителей, генераторов в схемах;
- использовать операционные усилители для построения различных схем;

**Материальное обеспечение:** стенды «Основы электроники».

**Теоретические сведения**

Операционный усилитель - это электронный усилитель напряжения с высоким коэффициентом усиления, имеющий дифференциальный вход и обычно один выход. Напряжение на выходе может превышать разность напряжений на входах в сотни или даже тысячи раз.

Операционные усилители являются наиболее востребованными приборами среди современных электронных компонент, они находят своё применение в потребительской электронике, применяются в промышленности и в научных приборах. Операционные усилители обычно выпускаются как отдельные компоненты, а так же они могут являться элементами более сложных электронных схем.

Амплитудная характеристика усилителя на постоянном токе – это зависимость выходного напряжения от входного  $U_{\text{вых}}=F(U_{\text{вх}})$ :



Коэффициент усиления инвертирующего и неинвертирующего усилителей по напряжению определяется по формулам (1) и (2) соответственно:

$$K_{u\text{и}} = - \frac{R_{P3}}{R_9} \quad (1)$$

$$K_{u\text{н}} = 1 + \frac{R_{P3}}{R_9} \quad (2)$$

### Экспериментальное исследование инвертирующего и неинвертирующего усилителя

- 1) Собрать схему согласно рис. 1; установить заданное значение  $R_{P3}=20\text{K}$ ;
- 2) Включить питание. Снять амплитудную характеристику усилителя на постоянном токе  $U_{\text{вых}}=F(U_{\text{вх}})$  (Табл.1). В качестве источника сигнала использовать напряжение, регулируемое потенциометром  $R_{P2}$ . Сначала снять половину характеристики, используя источник  $+12\text{В}$ , затем, подключив источник  $-12\text{В}$ , снять вторую часть характеристики, т.е.  $U_{\text{вх}}$  должно изменяться от  $+12$  до  $-12\text{В}$ . По амплитудной характеристике определить коэффициент усиления по напряжению  $K_{u\text{ос}}$ ; выключить питание;
- 3) Собрать схему согласно рис. 2. Установить заданное значение  $R_{P3}=20\text{K}$
- 4) Снять амплитудную характеристику усилителя на постоянном токе  $U_{\text{вых}} = F(U_{\text{вх}})$  (Табл.2). В качестве источника сигнала использовать напряжение, регулируемое потенциометром  $R_{P2}$ . По амплитудной характеристике определить коэффициент усиления по напряжению  $K_{u\text{н}}$ ; выключить питание;
- 5) По таблицам 1 и 2 построить графики амплитудных характеристик для инвертирующего и неинвертирующего усилителей, рассчитать для них коэффициенты усиления.
- 6) Сделать выводы по работе

Таблица 1. Инвертирующий усилитель

$U_{\text{вх}}, \text{В}$												
$U_{\text{вых}}, \text{В}$												

Таблица 2. Неинвертирующий усилитель

$U_{\text{вх}}, \text{В}$												
$U_{\text{вых}}, \text{В}$												

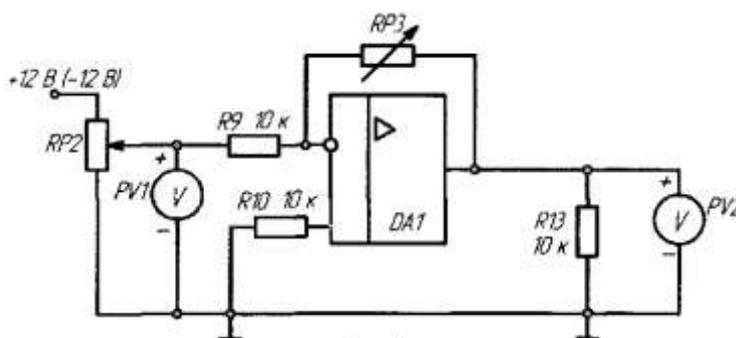


Рис. 1

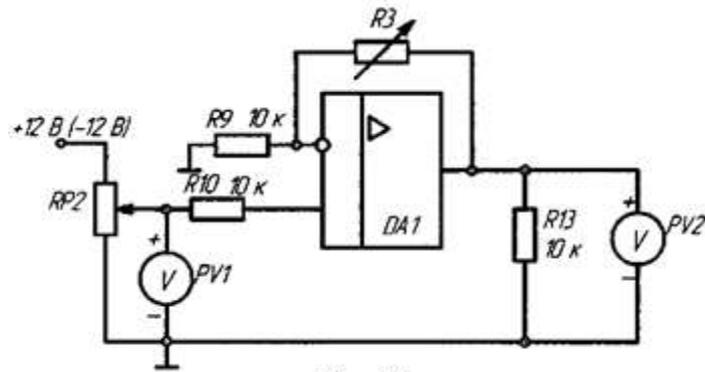


Рис. 2

**Форма представления результата:**

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) необходимые теоретические сведения, в т.ч. расчетные формулы и основные определения;
- в) схемы с электронными компонентами для проведения исследования;
- г) таблицы результатов экспериментов (измеренные и рассчитанные величины);
- д) полученные графики (осциллограммы);
- е) выводы по работе.

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.