



**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ФЕРГАНСКИЙ ФИЛИАЛ**

**Кафедра «Телекоммуникационный инжиниринг»**

# **Методические указания**

К лабораторным работам по курсу « Электроника » для студентов направления  
5522200 –«Телекоммуникация»

**Фергана-2014**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ФЕРГАНСКИЙ ФИЛИАЛ**

**Кафедра «Телекоммуникация»**

# **Методические указания**

К лабораторным работам по курсу « Электроника » для студентов направления  
5522200 –«Телекоммуникация»

Утверждено на методическом  
совете ТУИТ ФФ  
Протокол №  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ **2016г.**

**Фергана-2014**

Методические указания предназначены для студентов направления 5522200 –«Телекоммуникация» ТУИТ ФФ и разработаны в соответствии с типовой и рабочей программами по курсу «Электроника» для выполнения лабораторных работ.

В работе приведены описания выполнения каждой лабораторной работы, краткие теоретические сведения по каждой теме, контрольные вопросы, рабочие задания, а также литература.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры «Телекоммуникация»

Протокол № 2 от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

Обсуждено методической комиссией факультета «Телекоммуникация»

Протокол №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Составители:

к.т.н., доц. Кулдашев О.Х.  
Халилов М.М.  
Тургунов Б.А.

Рецензент:

к.т.н., доц. Мамасодиков Ю.

Редактор:

Нематова С.А.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### «Изучение лабораторной установки»

**Цель работы:** ознакомление с устройством лабораторной установки и снятие её основных параметров.

К выполнению работ в лаборатории допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и расписавшиеся в соответствующем журнале. При выполнении работ студентам необходимо выполнять следующие правила:

- работать только на указанном преподавателем рабочем месте;
- выполнять только ту работу и её объём, которые определены заданием и преподавателем;
- быть внимательным и не отвлекать от работы других студентов и сотрудников;
- при возникновении неисправностей лабораторного оборудования немедленно выключить питание лабораторного стенда и доложить о случившемся лаборанту или преподавателю;
- **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТРАНЯТЬ НЕИСПРАВНОСТИ САМОМТОЯТЕЛЬНО!**
- не загромождать рабочее место портфелями и другими вещами, не относящимися к выполнению работы;
- после выполнения работы выключить питание лабораторного оборудования и сдать рабочее место лаборанту;

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ:**

- включать лабораторное оборудование без разрешения преподавателя или лаборанта;
- оставлять без наблюдения включенное оборудование;
- самостоятельно снимать ограждающие кожухи и устранять неисправности;

При несчастном случае необходимо:

- снять напряжение с пострадавшего и сообщить о случившемся преподавателю;
- оказать первую помощь пострадавшему;
- вызвать по телефону 03 скорую помощь;

За нарушения правил техники безопасности виновные лица несут дисциплинарную ответственность.

### **Общие указания к выполнению лабораторных работ.**

Для выполнения работ студенты должны: ознакомиться с порядком выполнения работ, изучить правила техники безопасности, пройти инструктаж с записью в журнале по ТБ.

При посещении и выполнении работ следует бережно относиться к оборудованию и используемым в лаборатории различным электронным устройствам и приборам.

## Порядок выполнения лабораторных работ.

1. Ознакомится с содержанием работы, изучить рекомендованную литературу, выполнить предварительное задание, изучить схему лабораторной установки, продумать методику выполнения и ответить на контрольные вопросы.
2. Перед началом занятий студент должен предъявить преподавателю все необходимые расчеты, графики, схемы относящие к работе и ответить на контрольные вопросы. Не подготовленные студенты к выполнению работы не допускаются.
3. Ознакомится с рабочим местом, проверить наличие необходимых приборов, произвести сборку схемы.
4. Включать стенд в сеть можно только после разрешения преподавателя.
5. Перед началом каждого опыта необходимо произвести качественную оценку зависимости, а затем производить требуемые измерения. Для снятия характеристик необходимо снять крайние точки. Наибольшее число измерений следует производить на участках резкого наклона характеристик. Полученные данные представляются на проверку преподавателю.
6. По окончании работы рабочее место должно быть приведено в порядок.

### 1.1 Измерение пределов регулировки выходного напряжения источников E1 и E2

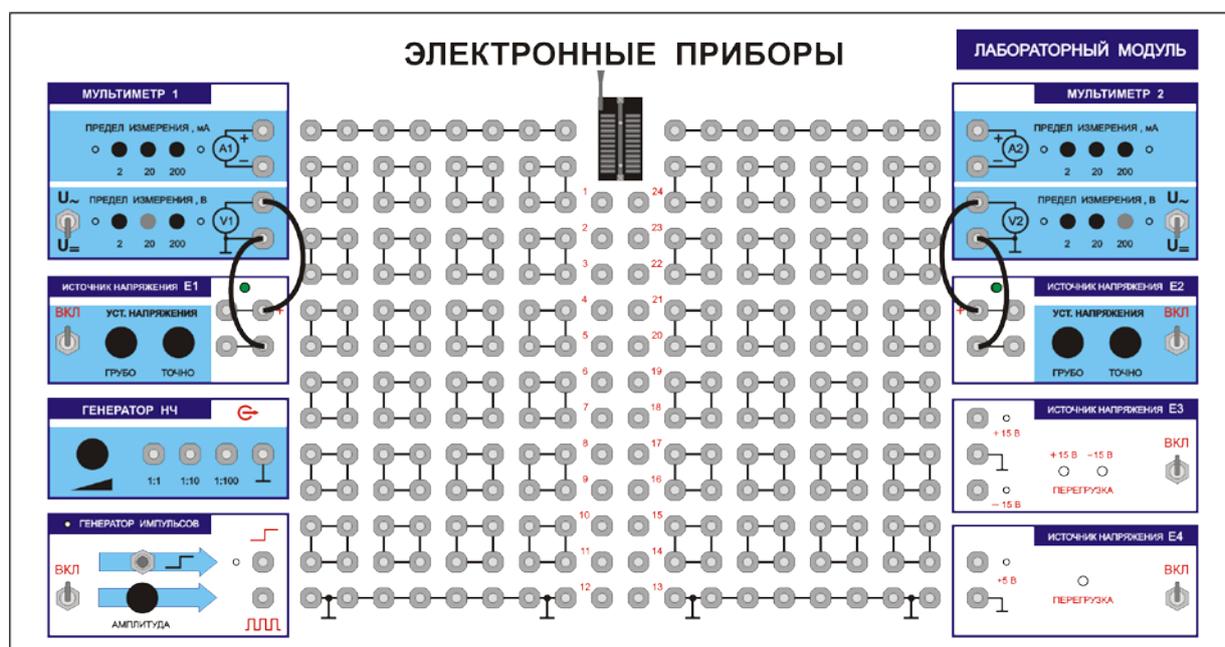


Рис.1. Схема соединений при измерении выходного напряжения источников E1 и E2

$$U_{E1\text{макс}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (В)}$$

$$U_{E2\text{макс}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (В)}$$

## 1.2 Измерение тока срабатывания защиты источников E1 и E2

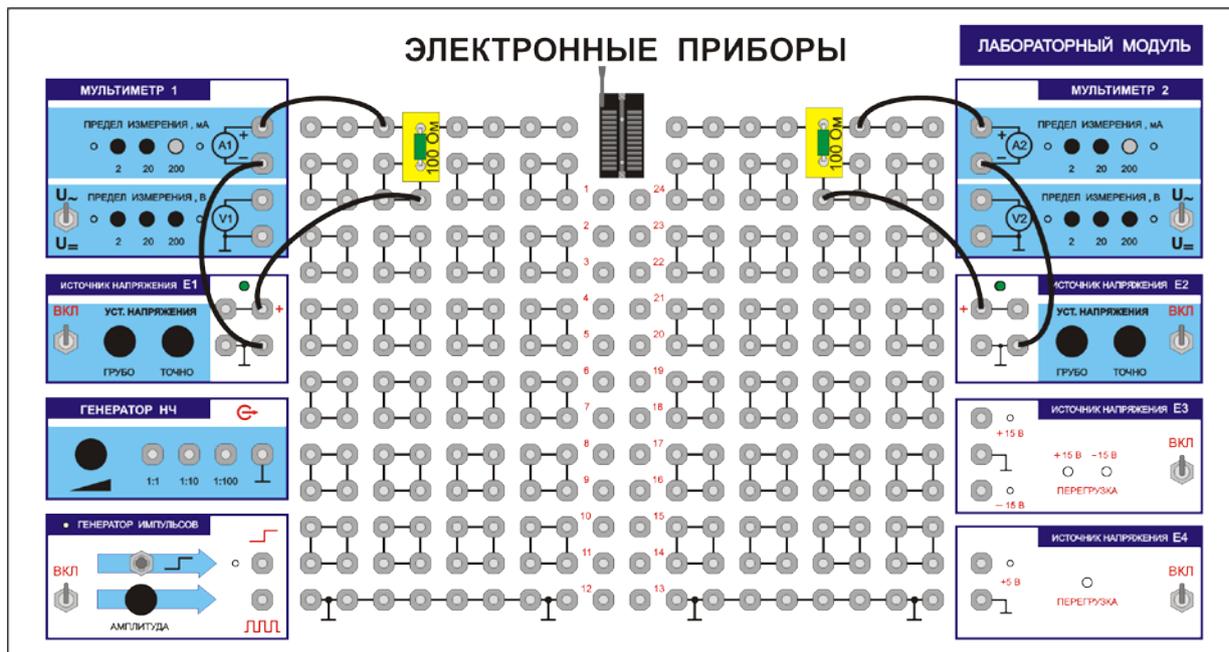


Рис.2. Схема соединений при измерении тока срабатывания защиты источников E1, E2

$$I_{E1\text{макс}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (мА)}$$

$$I_{E2\text{макс}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (мА)}$$

## 1.3 Измерение напряжения источников E3, E4

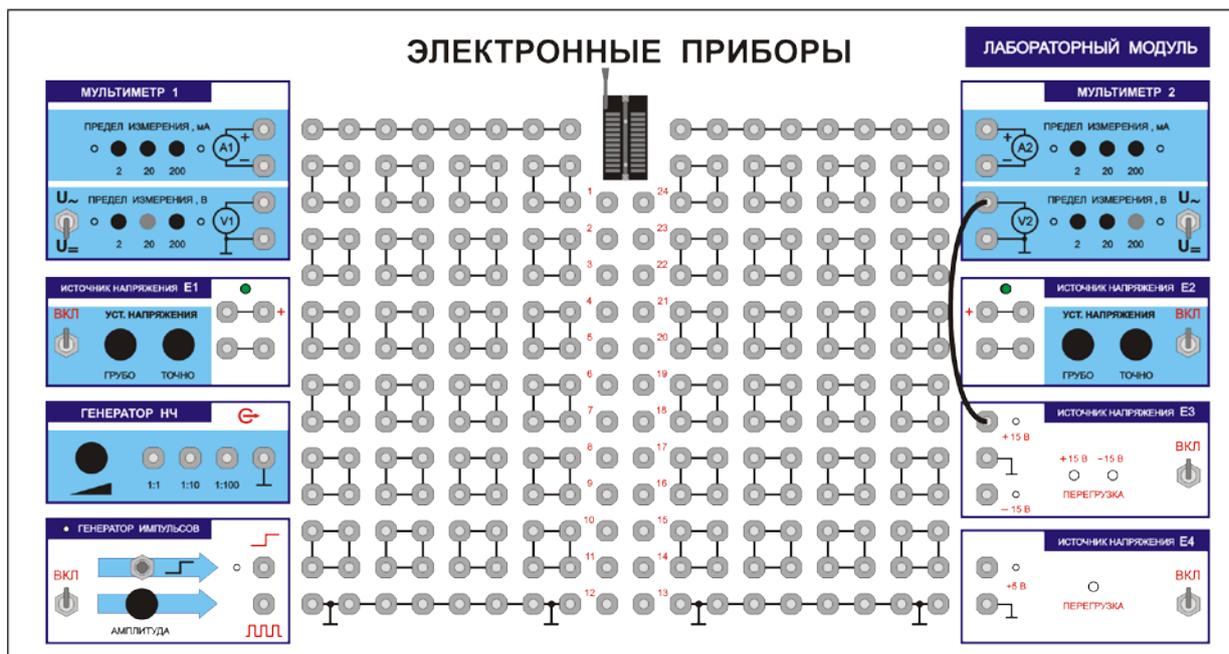


Рис.3. Схема соединений при измерении выходного напряжения источников E3, E4

$$U_{E3+} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (В)} \quad U_{E3-} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (В)} \quad U_{E4} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (В)}$$

## 1.4 Измерение пределов регулировки выходного напряжения генератора НЧ

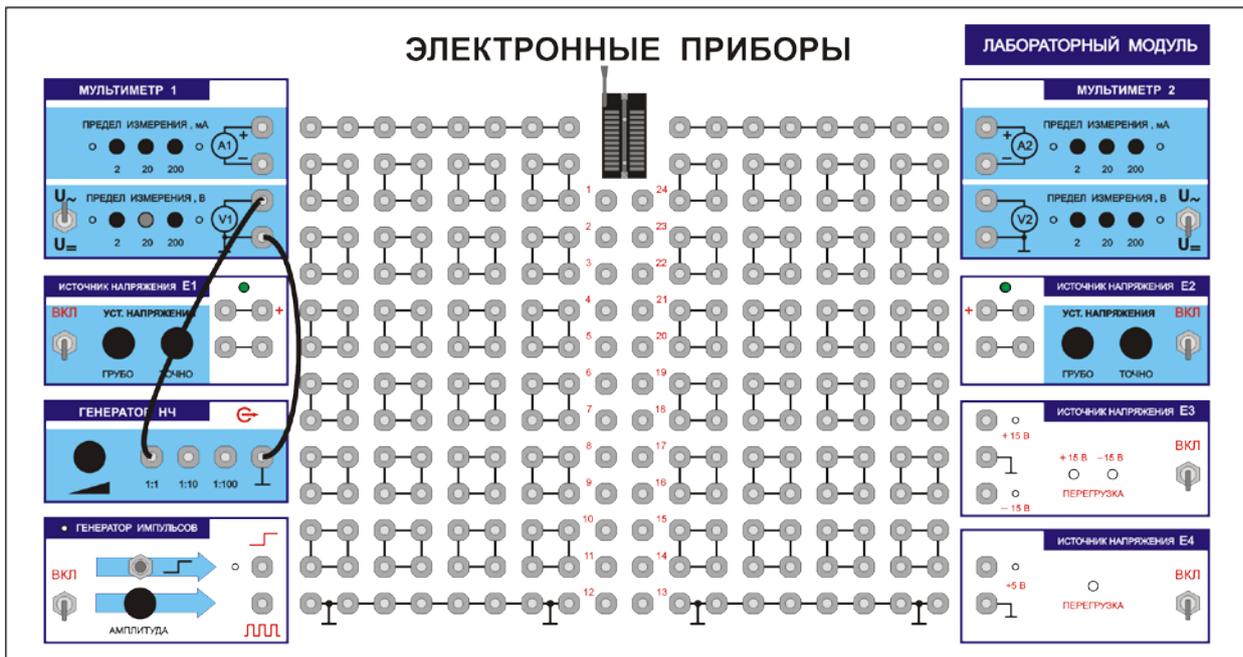


Рис.4. Схема соединений при измерении выходного напряжения генератора НЧ  
 $U_{\text{вых макс}} = \text{_____ (В)}$

## 1.5 Измерение параметров выходного сигнала импульсного генератора

Подключить вход осциллографа к выходу генератора. Повернуть ручку «АМПЛИТУДА» против часовой стрелки до упора. Включить генератор импульсов.

Повернуть ручку «АМПЛИТУДА» по часовой стрелке до упора. Замерить амплитуду  $U_{\text{макс}}$ .

По осциллограмме определить параметры импульсного сигнала (амплитуда, период, длительность импульсов). Рассчитать частоту и скважность импульсов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### «Исследование статических и ВАХ характеристик полупроводниковых диодов»

#### 1. Цель работы

Изучение полупроводниковых диодов (германиевого и кремниевого) путём снятия прямой и обратной ветви статических вольтамперных характеристик (ВАХ).

#### 2. Экспериментальная часть

##### 2.1. Снятие вольтамперных характеристик диодов при прямом включении

##### Схема измерений

При прямом включении диода на его анод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.1, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E1. Ток протекающий через исследуемый диод измеряется амперметром PA1. Напряжение на диоде измеряется вольтметром PV1. Ограничительное сопротивление  $R_{огр}$  предохраняет исследуемый диод от пробоя.

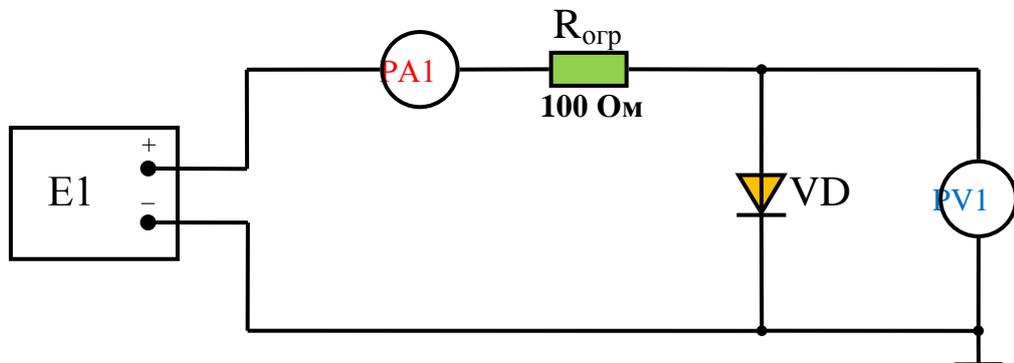


Рис.1. Схема измерения при снятии прямой ветви ВАХ

При снятии характеристики, регулируя напряжение источника E1, устанавливается напряжение на диоде в соответствии с табл.1. и записывается значение тока через диод, измеренное амперметром PA1.

##### Порядок измерений

В соответствии с монтажной схемой, представленной на рис.2, соберите схему измерений.



Рис.2. Схема соединений для снятия прямой ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 2 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметра (PV1) и амперметра (PA1) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения для кремниевого и германиевого диода. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

U, В	0	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
$I_d$ , мА кремниевый										
$I_d$ , мА германиевый										

## 2.2 Снятие ВАХ характеристик диодов при обратном включении

### Схема измерений

При обратном включении диода на его катод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.3, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E2. Ток протекающий через исследуемый диод измеряется амперметром PA2. Напряжение на диоде измеряется вольтметром PV2. Ограничительное сопротивление  $R_{огр}$  предохраняет исследуемый диод от пробоя при неправильном включении.

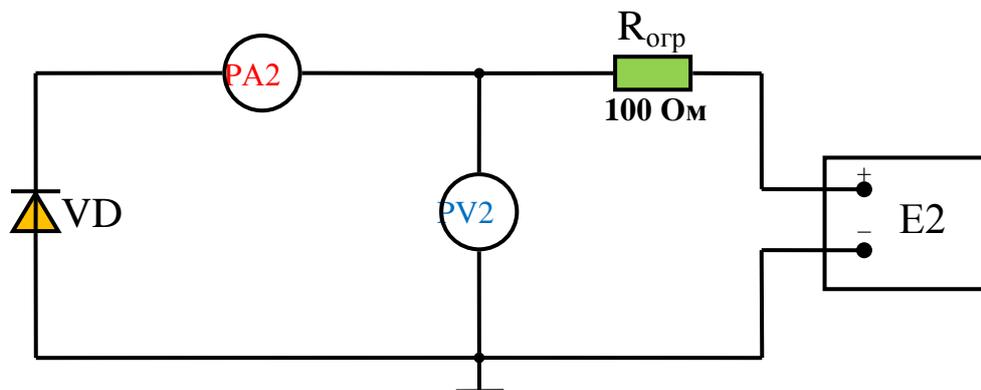


Рис.3. Схема измерения при снятии обратной ветви ВАХ

### Порядок измерений

В соответствии с монтажной схемой, представленной на рис.4, соберите схему измерений.



Рис.4. Схема соединений для снятия обратной ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра – 2 мА, вольтметра – 200 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметра (PV2) и амперметра (PA2) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения для кремниевого и германиевого диода. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

U, В	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I <sub>д</sub> , мкА кремниевый											
I <sub>д</sub> , мкА германиевый											

### Содержание отчёта

1. По данным таблиц постройте ВАХ диодов при прямом и обратном включении.

2. На линейном участке прямой ветви ВАХ построить характеристические треугольники (см. рис.5.) и определить крутизну  $S$  мА/В германиевого и кремниевого диодов:

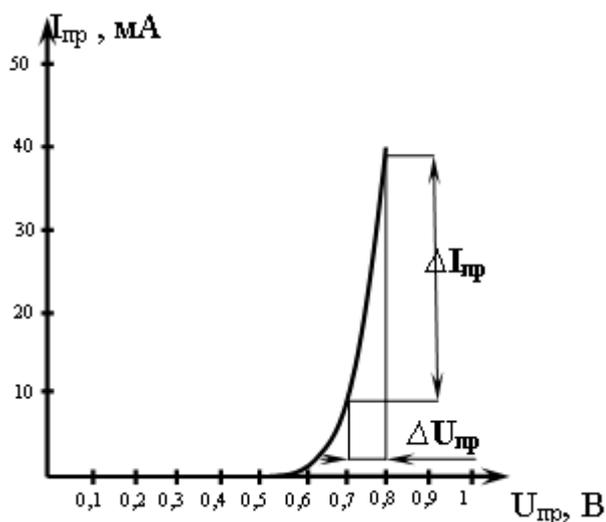


Рис.5. ВАХ диода при прямом включении

$$S = \frac{\Delta I_{\text{пр}}}{\Delta U_{\text{пр}}} \frac{\text{мА}}{\text{В}}$$

3. Вычислить дифференциальное сопротивление диодов:

$$r = \frac{1}{S} \text{ кОм}$$

4. Определить прямое и обратное статическое сопротивление для каждого типа диодов (прямое сопротивление определить в двух точках: — на середине линейного участка и на пологом участке характеристики).

$$R_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{I_{\text{пр}}}$$

5. Обратное статическое сопротивление определить при напряжении -20 Вольт.

$$R_{\text{обр}} = \frac{U_{\text{обр}}}{I_{\text{обр}}}$$

Контрольные вопросы

1. Как определяется дифференциальное сопротивление диодов
2. Как определить прямое и обратное статическое сопротивление для каждого типа диодов
3. Обратное статическое сопротивление как определяется.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### «Исследование параметров и характеристик стабилитрона»

#### 1. Цель работы

Изучение полупроводникового стабилитрона путём снятия прямой и обратной ветви статических вольтамперных характеристик (ВАХ).  
Исследование простейшего стабилизатора напряжения.

#### 2. Экспериментальная часть

2.1. Снятие вольтамперной характеристики стабилитрона при прямом включении

Схема измерений

При прямом включении стабилитрона на его анод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.1, положительное смещение подаётся с регулируемого источника  $E1$ . Ток протекающий через исследуемый стабилитрон измеряется амперметром  $PA1$ . Напряжение на стабилитроне измеряется вольтметром  $PV1$ . Ограничительное сопротивление  $R_{огр}$  предохраняет исследуемый стабилитрон от пробоя.

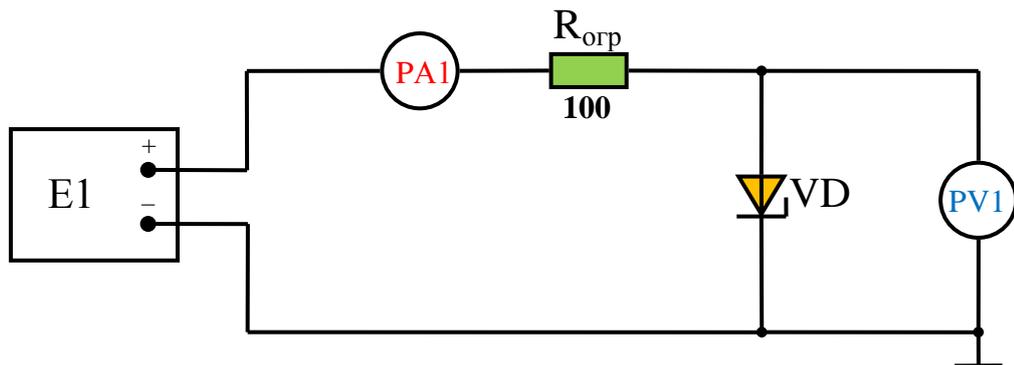


Рис.1. Схема измерения при снятии прямой ветви ВАХ

При снятии характеристики, регулируя напряжение источника  $E1$ , устанавливается напряжение на стабилитроне в соответствии с табл.1. и записывается значение тока через стабилитрон, измеренное амперметром  $PA1$ .

Порядок измерений

В соответствии со схемой соединений, представленной на рис.2, соберите схему измерений.



Рис.2. Схема соединений для снятия прямой ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 2 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметра (PV1) и амперметра (PA1) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

U, В	0	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
I <sub>c</sub> , мА										

## 2.2 Снятие вольтамперной характеристики стабилитрона при обратном включении

### Схема измерений

При обратном включении стабилитрона на его катод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.3, положительное смещение подаётся с регулируемого источника E2. Ток протекающий через исследуемый стабилитрон измеряется амперметром PA2. Напряжение на стабилитроне измеряется вольтметром PV2. Ограничительное сопротивление R<sub>огр</sub> предохраняет исследуемый стабилитрон от пробоя при неправильном включении.

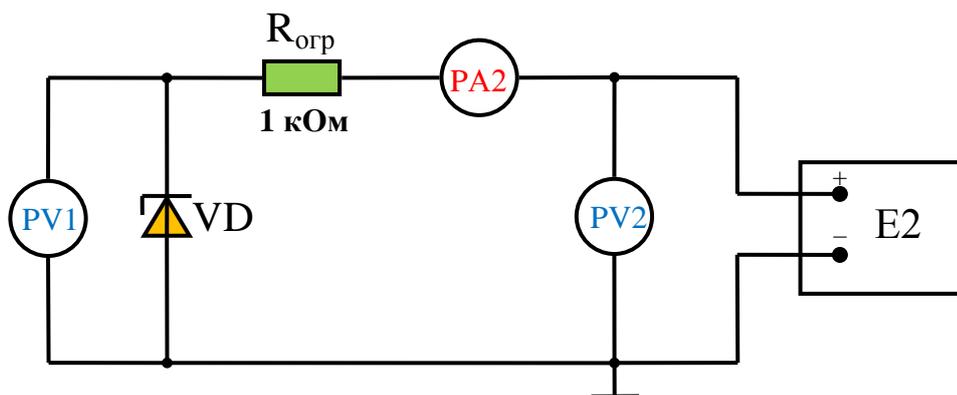


Рис.3. Схема измерения при снятии обратной ветви ВАХ

Порядок измерений

В соответствии со схемой соединений, представленной на рис.4, соберите схему измерений.



Рис.4. Схема соединений для снятия обратной ветви ВАХ

Установите пределы измерений амперметра PA2 – 20 мА, вольтметров PV1 и PV2 – 20 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров и амперметра установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Проведите измерения. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

$E_2, \text{В}$ (PV2)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$U_{\text{ст}}, \text{В}$ (PV1)											
$I_{\text{ст}}, \text{мА}$ (PA2)											

### Исследование простейшего стабилизатора напряжения

Схема для исследования простейшего стабилизатора напряжения, изображена на рис.5. Схема питается от источника  $E_2$  и отличается от предыдущей схемы наличием сопротивления нагрузки  $R_H$ , подключённого параллельно стабилитрону, и амперметром PA1, включённого последовательно с сопротивлением нагрузки.

Исследование производится при 4 различных сопротивлениях нагрузки:  $R_H = \infty$ ,  $R_H = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_H = 3,3 \text{ кОм}$  и  $R_H = 1 \text{ кОм}$ , и при 2-х значениях напряжения источника  $E_2$ :  $U_{E_2} = 12 \text{ В}$  и  $U_{E_2} = 20 \text{ В}$ .

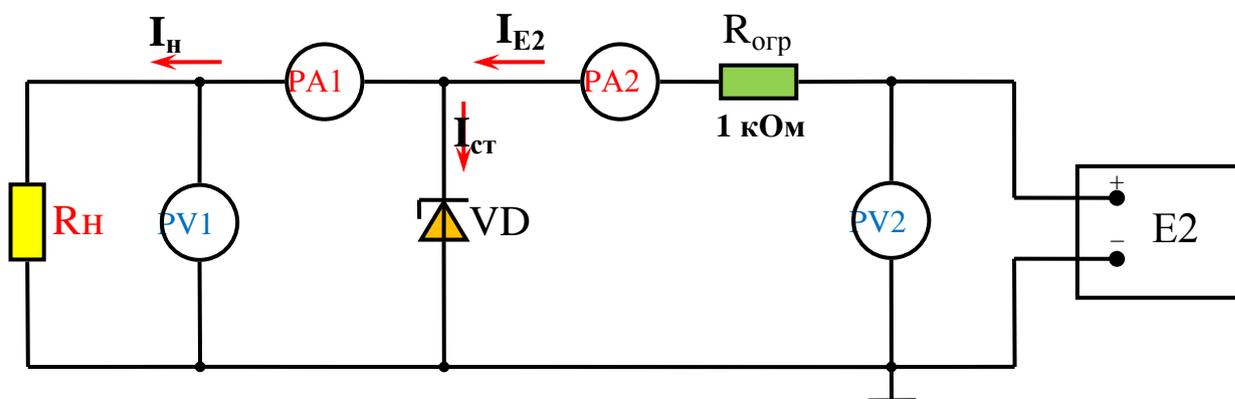


Рис.5. Схема измерений при исследовании простейшего стабилизатора напряжения

#### Порядок измерений

В соответствии со схемой соединений, представленной на рис.6, соберите схему измерений.

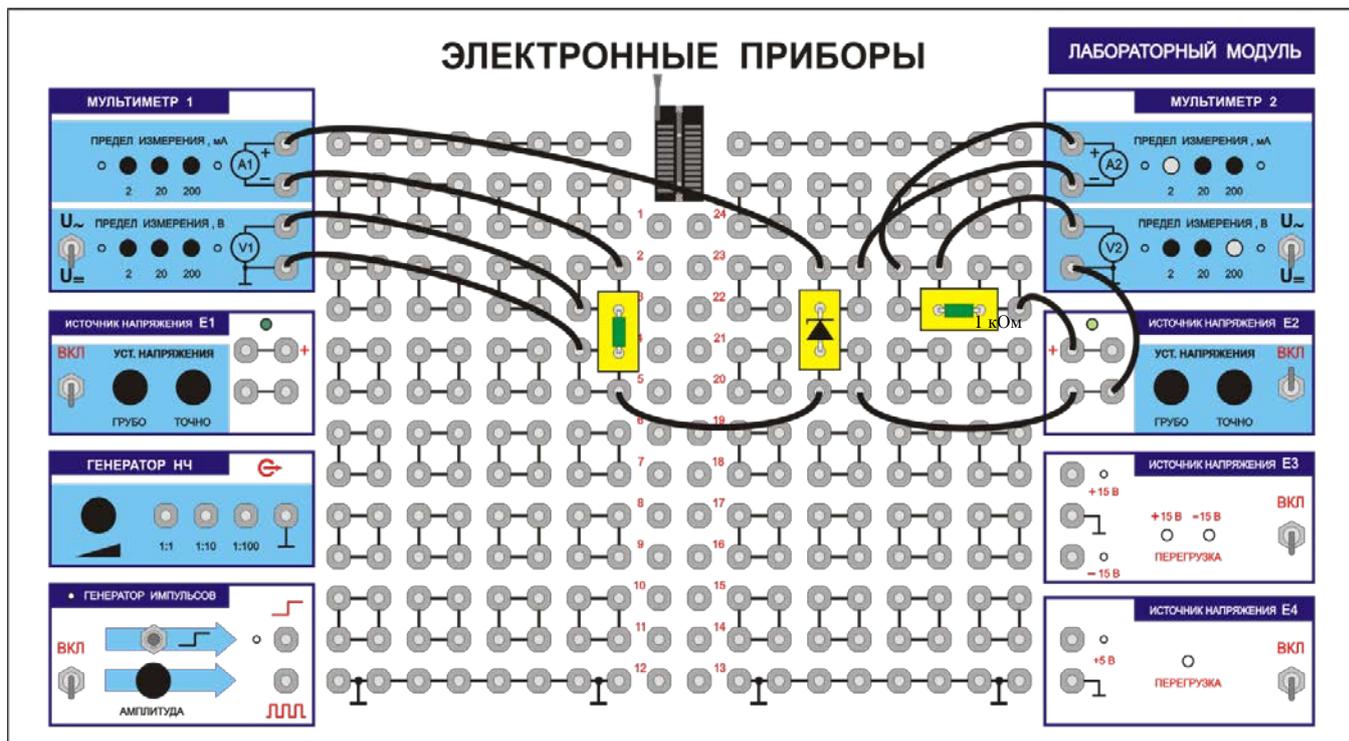


Рис.6. Схема соединений для исследования простейшего стабилизатора напряжения

Установите пределы измерений амперметров PA1 и PA2 – 20 мА, вольтметров PV1 и PV2 – 20 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров и амперметров установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Установите напряжение источника E2 =12 В. Изменяя сопротивление нагрузки, путём замены колодочек с резисторами 10 кОм, 3,3 кОм и 1 кОм, произвести измерения. Результаты запишите в таблицу 3.

E2 =12 В

Таблица 3

	$R_H = \infty$	$R_H = 10 \text{ кОм}$	$R_H = 3,3 \text{ кОм}$	$R_H = 1 \text{ кОм}$
PA1, мА				
PA2, мА				
PV1, В				

Установите напряжение источника E2 =20 В и повторите измерения, результаты запишите в таблицу 4.

E2 =20 В

Таблица 4

	$R_H = \infty$	$R_H = 10 \text{ кОм}$	$R_H = 3,3 \text{ кОм}$	$R_H = 1 \text{ кОм}$
PA1, мА				
PA2, мА				
PV1, В				

Подключите сопротивление нагрузки  $R_H=1$  кОм, снять зависимости  $U_H=f(U_{BX})$ ,  $I_H=f(U_{BX})$  и  $I_{CT}=f(U_{BX})$ .

$R_H=1$  кОм

Таблица 5

$E_2, В$ (PV2)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$U_H, В$ (PV1)											
$I_H, mA$ (PA1)											
$I_{CT}, mA$ (PA2)											

Рассчитать коэффициент стабилизации –  $K_{CT}$

$$K_{CT} = \frac{\frac{\Delta E}{E}}{\frac{\Delta U_{CT}}{U_{CT}}} = \frac{\Delta E}{E} \cdot \frac{U_{CT}}{\Delta U_{CT}}$$

Содержание отчёта

1. По данным таблиц постройте ВАХ стабилизатора при прямом и обратном включении.

2. На линейном участке прямой ветви ВАХ построить характеристические треугольники (см. рис.5.) и определить крутизну  $S$  мА/В стабилизатора:

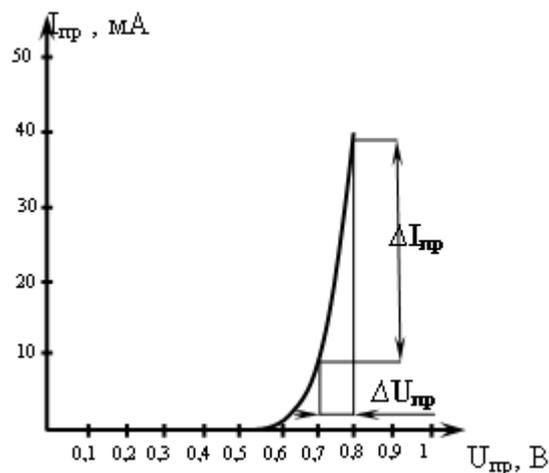


Рис.5. ВАХ стабилизатора при прямом включении

$$S = \frac{\Delta I_{пр}}{\Delta U_{пр}} \frac{mA}{B}$$

3. Вычислить дифференциальное сопротивление стабилизатора:

$$r = \frac{1}{S} \text{ кОм}$$

4. Определить прямое и обратное статическое сопротивление для стабилитрона (прямое сопротивление определить в двух точках: — на середине линейного участка и на пологом участке характеристики).

$$R_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{I_{\text{пр}}}$$

5. Обратное статическое сопротивление определить при напряжении -20 Вольт.

$$R_{\text{обр}} = \frac{U_{\text{обр}}}{I_{\text{обр}}}$$

5. По данным таблиц 1 и 2 построить В-А характеристику стабилитрона.

6. Рассчитать динамическое сопротивление стабилитрона  $R_d$  (по обратной ветви В-А характеристики)  $R_d = \Delta U_{\text{ст}} / \Delta I_{\text{ст}}$

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### «Исследование биполярного транзистора с общим эмиттером в статическом режиме»

#### 1. Цель работы

Исследовать основные статические характеристики и параметры биполярных транзисторов, познакомиться с методикой измерения характеристик и обработкой экспериментальных данных.

#### 2. Постановка задачи

Входной характеристикой биполярного транзистора является зависимость входного тока базы от напряжения база-эмиттер при постоянном напряжении коллектор-эмиттер.

Выходной характеристикой биполярного транзистора является зависимость тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при постоянном токе базы.

Схема для снятия статических характеристик приведена на рис.1.

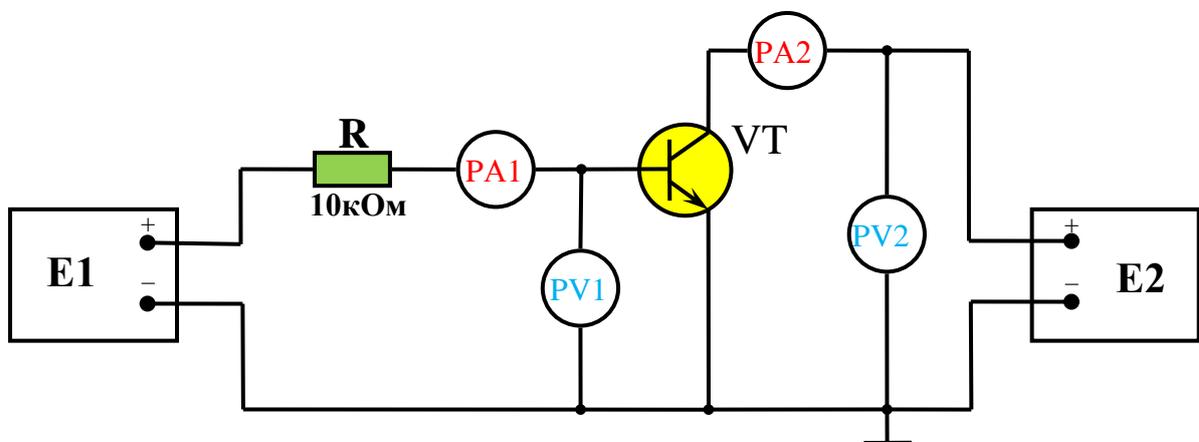


Рис. 1 Принципиальная схема снятия статических характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.

В схеме используются два регулируемых источника напряжения E1 и E2. С помощью источника E1 регулируется напряжение смещения на базе транзистора. Источник напряжения E2 питает цепь коллектора. Контроль тока базы осуществляется амперметром PA1. Вольтметром PV1 измеряется напряжение база-эмиттер.

Контроль тока коллектора осуществляется амперметром PA2. С помощью вольтметра PV2 измеряется напряжение коллектор-эмиттер.

При снятии входных статических характеристик с помощью источника

напряжения E2 устанавливается напряжение коллектор-эмиттер, значение которого в процессе измерения остается неизменным. С помощью источника напряжения E1 устанавливается напряжение база-эмиттер, значение которого изменяется в процессе измерения.

При снятии выходных статических характеристик с помощью источника напряжения E1 устанавливается ток базы, значение которого в процессе измерения остается неизменным. С помощью источника напряжения E2 устанавливается напряжение коллектор-эмиттер, значение которого изменяется в процессе измерения.

### 3. Порядок измерений

В соответствии с принципиальной схемой, указанной на рисунке 1 собрать схему измерений. Схема соединений, указана на рисунке 2.



Рис 2 Схема соединений для снятия статических характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.

#### 3.1 Снятие входных статических характеристик транзистора.

Установите пределы измерений амперметра PA1 – 2 мА, вольтметра PV1 – 2 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров PV1 и PV2 установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источников E1 и E2 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Вращая ручку регулировки выходного напряжения источника E2, установите напряжение коллектор-эмиттер равное 5В. Вращая ручку регулировки выходного напряжения источника E1, изменять значение напряжение база-эмиттер согласно таблице 1. При каждом значении напряжения база-эмиттер записать показания амперметра РА1 в соответствующий столбец таблицы.

Повторить данную операцию при двух значениях напряжения коллектор-эмиттер равных 10В и 15В, полученные экспериментальные данные занести в таблицы 2 и 3.

Uкэ=5В

Таблица 1

Uбэ (В)	0,05	0,1	0,15	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24
Iб(мкА)								

Uкэ=10В

Таблица 2

Uбэ (В)	0,05	0,1	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
Iб(мкА)								

Uкэ=15В

Таблица 3

Uбэ (В)	0,05	0,08	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
Iб(мкА)								

### 3.2 Снятие выходных статических характеристик транзистора.

Измерительные приборы и источники напряжения подключаются согласно рисунку 1.1 (см. выше)

Выходной характеристикой биполярного транзистора является зависимость тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при постоянном токе базы.

Контроль тока коллектора осуществляется амперметром РА2. С помощью вольтметра PV2 измеряется напряжение коллектор-эмиттер.

### Порядок измерений

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 20 В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров PV1 и PV2 установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E2 поверните против часовой стрелки до упора.

При этом ток коллектора не должен превышать 15-20мА при изменении напряжения на коллекторе. Провести измерения при трех значениях тока базы  $I_B$ , полученные экспериментальные данные занести в таблицы 4, 5 и 6.

$I_B=50\mu\text{A}$

Таблица 4

<b>U<sub>к</sub> (В)</b>	<b>0</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>I<sub>к</sub>(мА)</b>								

$I_B=100\mu\text{A}$

Таблица 5

<b>U<sub>к</sub> (В)</b>	<b>0</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>I<sub>к</sub>(мА)</b>								

$I_B=150\mu\text{A}$

Таблица 6

<b>U<sub>к</sub> (В)</b>	<b>0</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>I<sub>к</sub>(мА)</b>								

Содержание отчёта

- Схемы измерений;
- Таблицы и графики снятых зависимостей;
- Результаты расчетов.

## Лабораторная работа № 5

### «Исследование полевого транзистора в статическом режиме»

В работе используется полевой транзистор КП303Е, основные параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Обозначение	Значения
Начальный ток стока, мА	$I_{Cнач.}$	5 – 20
Крутизна характеристики, мА/В	S	$\geq 4$
Напряжение отсечки, В	$U_{ЗИотс.}$	$\leq 8$
Максимально допустимое напряжение сток-исток, В	$U_{СИmax}$	25
Максимальный ток стока, мА	$I_{Cmax}$	20

Статическими характеристиками полевого транзистора называются зависимости  $I_C=f(U_{ЗИ})$  при постоянном напряжении сток-исток и  $I_C=f(U_{СИ})$  при постоянном напряжении затвор-исток.

Схема для снятия статических характеристик полевого транзистора изображена на рисунке 1.

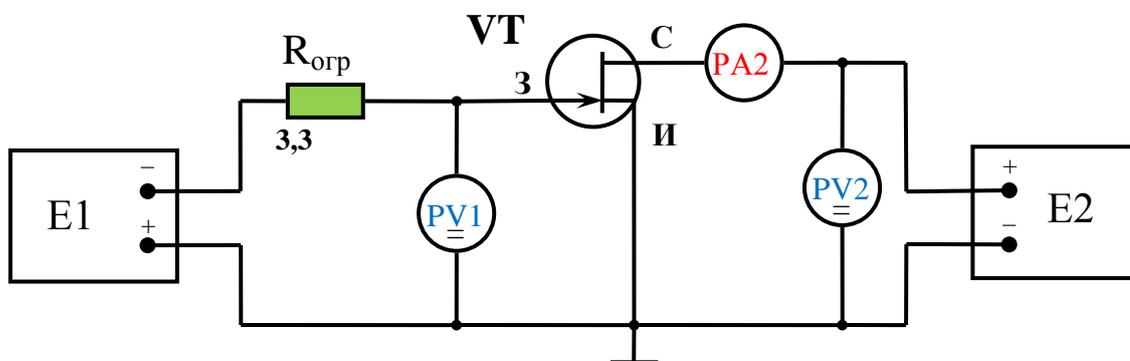


Рис.1. Схема для снятия статических характеристик полевого транзистора с управляющим рп-переходом и n-каналом.

Схема соединений для снятия характеристик полевого транзистора изображена на рисунке 2.



3. Рассчитайте параметры исследуемого полевого транзистора ( $S$ ,  $R_i$ ,  $\mu$ ) в точке с координатами  $U_{си} = 6$  В,  $U_{зи} = 0,5$  В.

### Формулы для расчёта параметров

1) Крутизна характеристики:

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

$$U_{си} = \text{const}$$

2) Выходное (внутреннее) сопротивление

$$R_i = \frac{\Delta U_{си}}{\Delta I_c}$$

$$U_{зи} = \text{const}$$

3) Коэффициент усиления

$$\mu = SR_i$$

Содержание отчёта

- схема исследования и таблицы 2 и 3;
- статические характеристики полевого транзистора;
- результаты расчётов.

## Лабораторная работа № 6

### «Транзисторный каскад с общим коллектором»

#### 1. Цель работы

Измерение параметров усилительного каскада на биполярном транзисторе при включении с общим коллектором.

#### 2. Содержание работы

В работе исследуется усилительный каскад на биполярном транзисторе в схеме с общим коллектором (рис.1).

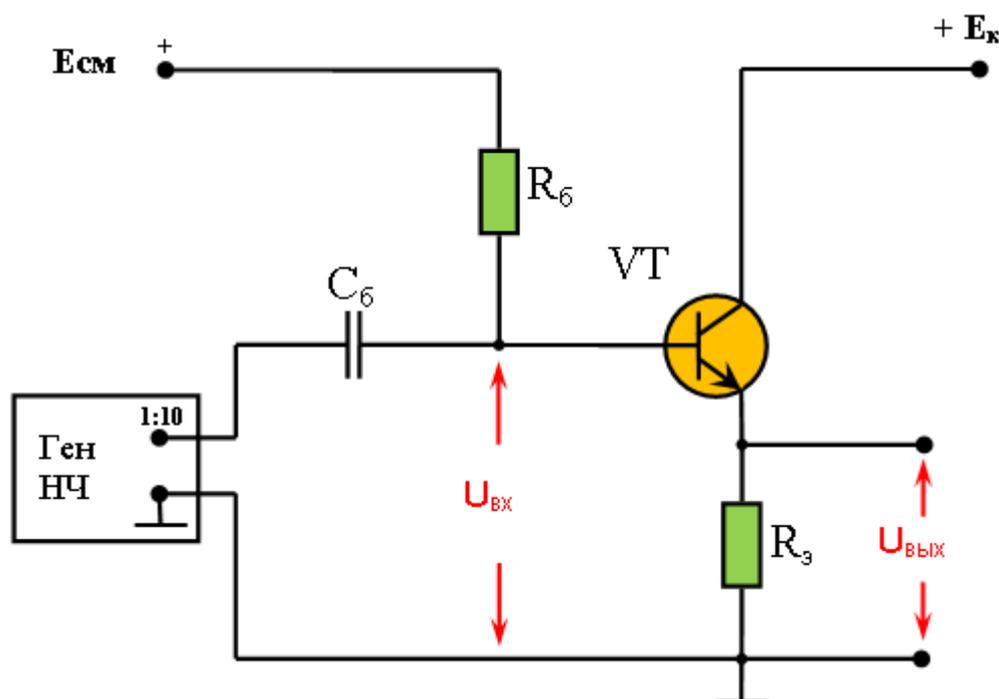


Рис.1. Схема усилительного каскада с ОК

Транзистор работает в активном режиме. Режим работы по постоянному току задаётся от источника  $E_{см}$  через резистор  $R_B$ .

В процессе выполнения лабораторной работы следует убедиться, что каскад с ОК обладает большим входным сопротивлением, малым выходным сопротивлением и обеспечивает усиление по мощности, при этом усиление по напряжению близко к единице. С помощью осциллографа убедиться, что схема с ОК не инвертирует входной сигнал.

В данной работе используется биполярный транзистор МП37 (n-p-n). Цоколёвка транзистора и вид сверху на 4-х контактную колодку с транзистором представлены на рисунке 2.

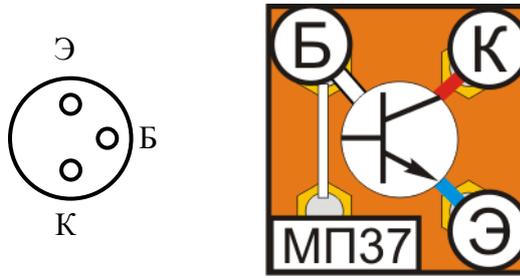


Рис.2.

### 3. Порядок измерений

Исследование схемы с ОК в статическом режиме

#### 3.1. Снятие управляющей характеристики

3.1.1. Собрать схему, изображённую на рисунке 3.

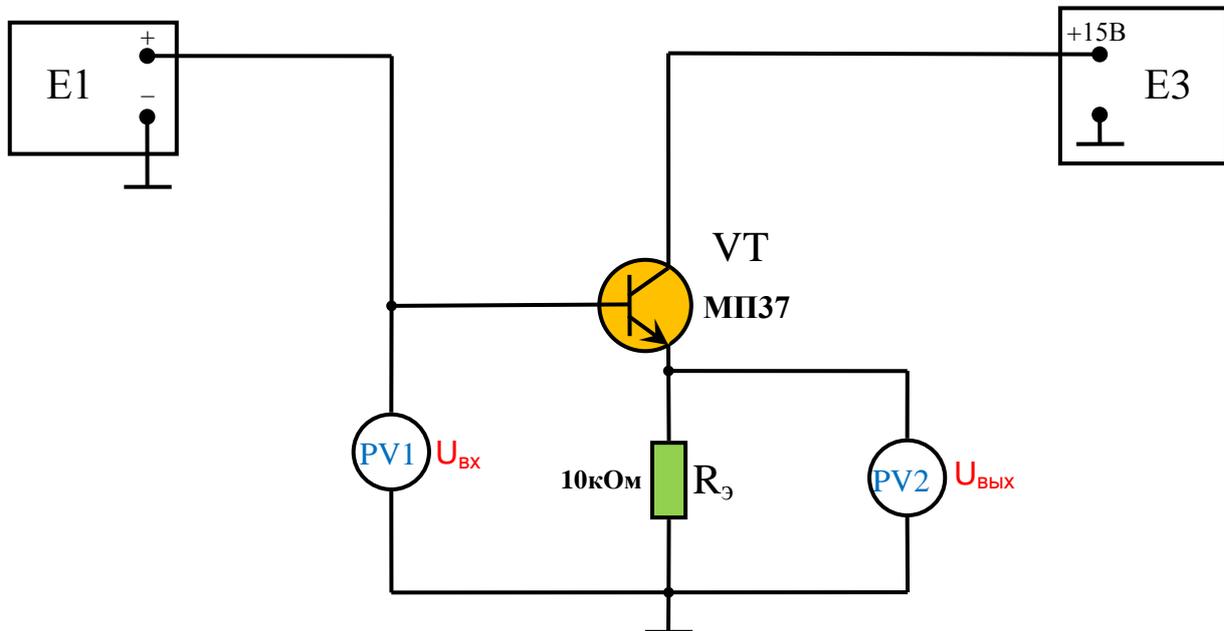


Рис.3.

3.1.2. Установите пределы измерений вольтметров PV1 – 20В и PV2 – 20В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров установите в положение измерения постоянных напряжений (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

3.1.3. Вращая ручки регулировки выходного напряжения источника E1, установить входное напряжение, заданное в таблице 1. Измерьте выходное напряжение и запишите результат в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{\text{ВХ}}, \text{В}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$										
$K$										

3.1.4. Рассчитать коэффициент передачи по формуле  $K=U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$  и записать в таблицу 2.

3.1.5. По данным таблицы постройте управляющую характеристику  $U_{\text{ВЫХ}}=f(U_{\text{ВХ}})$ .

### 3.2. Определение входного сопротивления.

3.2.1. Собрать схему, изображённую на рисунке 4.

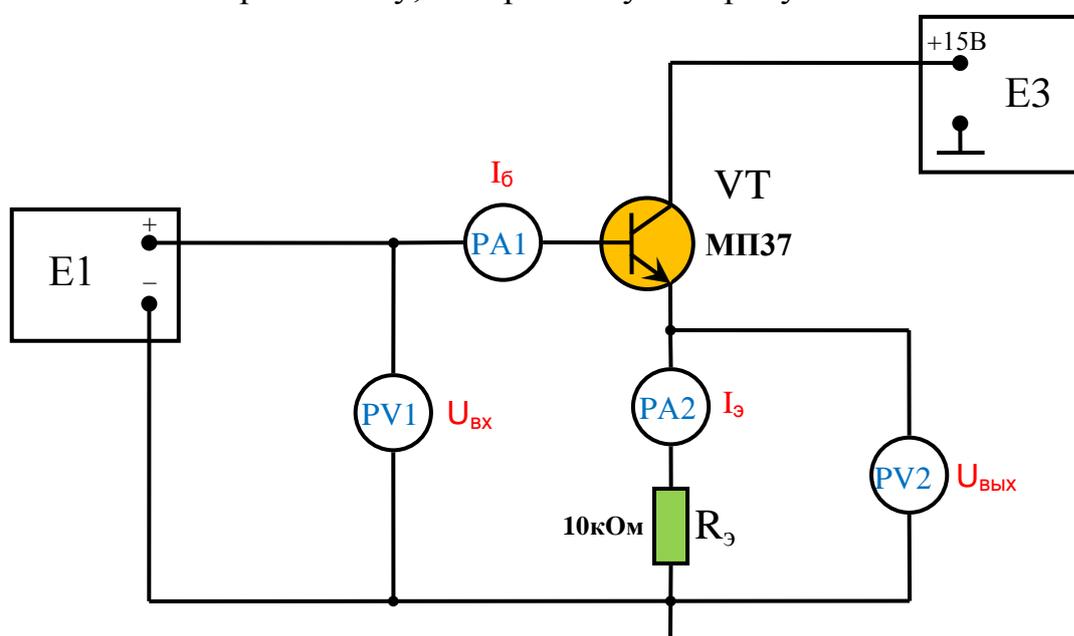


Рис.4.

3.2.2. Установите пределы измерений вольтметров PV1 – 20В и PV2 – 20В. Установите пределы измерений амперметров PA1 – 2мА и PA2 – 2мА. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров и амперметров установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

3.2.3. Вращая ручки регулировки выходного напряжения источника E1, установить входное напряжение  $U_{\text{ВХ}}=5\text{В}$ . Измерьте ток базы (по амперметру PA1), выходное напряжение (по вольтметру PV2) и ток эмиттера (по амперметру PA2) и запишите результат в таблицу 2. Повторить измерения для  $R_{\text{э}}=3,3 \text{ кОм}$ .

Таблица 2

Варанты включений	$U_{вх}$ , В	$I_{б}$ , мА	$R_{вх}$ , кОм	$P_{вх}$ , Вт	$U_{вых}$ , В	$I_{э}$ , мА	$P_{вых}$ , Вт
$R_э = 10$ кОм	5						
$R_э = 3,3$ кОм	5						

Рассчитайте входное сопротивление  $R_{вх}$  по формуле:

$$R_{вх} = \frac{U_{вх}}{I_{б}}$$

Рассчитайте мощность  $P_{вх}$ , потребляемую входной цепью от источника напряжения  $E1$ , по формуле:

$$P_{вх} = I_{б} \cdot U_{вх}$$

Рассчитайте мощность  $P_{вых}$  на резисторе  $R_э$  по формуле:

$$P_{вых} = I_{э} \cdot U_{вых}$$

Рассчитанные значения запишите в таблицу 2.

Рассчитайте коэффициент усиления  $K_p$  по мощности по формуле:

$$K_p = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}$$

Рассчитайте коэффициент передачи тока транзистора по формуле:

$$\beta = \frac{I_{э} - I_{б}}{I_{б}}$$

Рассчитайте теоретическое значение входного сопротивления по формуле:

$$R_{вх} = (\beta + 1)R_э$$

Сравните с экспериментальным значением.

## Исследование схемы с ОК в динамическом режиме

### 3.3. Исследование частотных характеристик усилительного каскада

Исследование выполняется для 2 схем:

- 1) без нагрузки (рис.3.);
- 2) с нагрузкой (рис.4.).

3.3.1. Собрать схему, изображённую на рисунке 5.

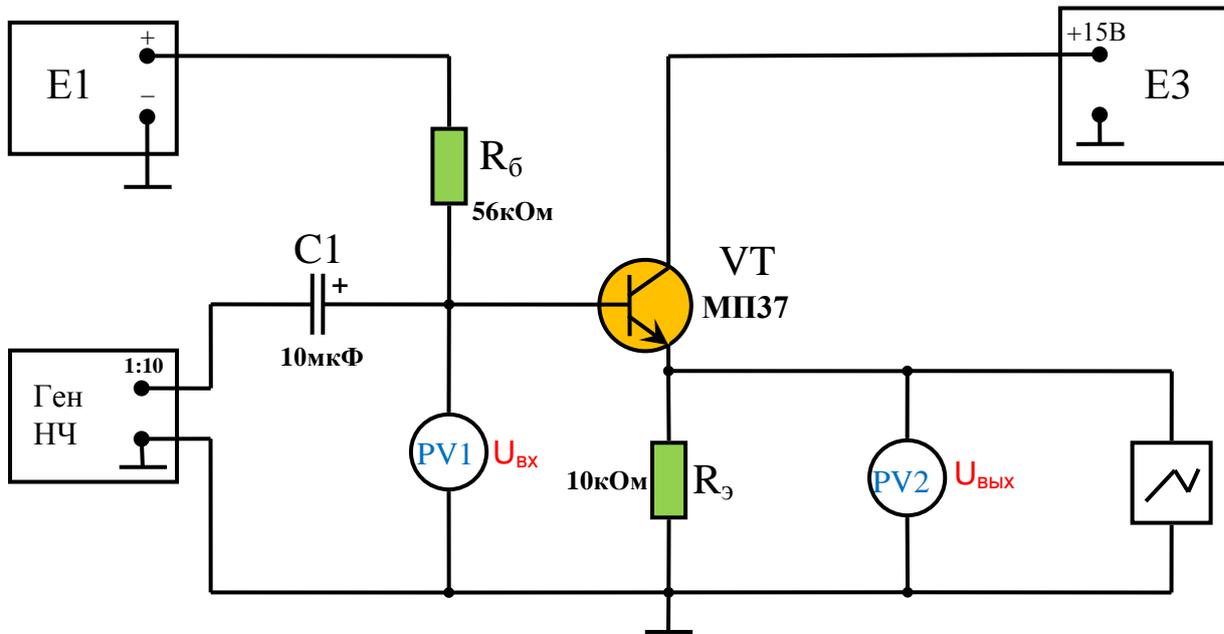


Рис.3.

3.3.2. Установите пределы измерений вольтметра PV1 – 20В. Тумблер переключения режима работы вольтметра установите в положение измерения постоянных напряжений (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранную схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

3.3.3. Вращая ручки регулировки выходного напряжения источника E1, установить напряжение смещения на базе  $U_{вх}=5В$ .

3.3.4. Установите пределы измерений вольтметров PV1 – 20В и PV2 – 20В. Тумблеры переключения режимов работы вольтметров установите в положение измерения переменных напряжений (~).

3.3.5. На выходе генератора НЧ установить синусоидальный сигнал амплитудой 1 В по вольтметру PV1.

3.3.6. Поддерживая амплитуду входного сигнала на уровне 1 В, измерить  $U_{вых}$  вольтметром PV2 при различных значениях частоты входного сигнала. Результаты измерений записать в таблицу 3. Так же зарисуйте осциллограмму выходного напряжения при частоте входного сигнала  $f = 1$  кГц.

$U_{вх} = 1 В$								Таблица 3
f кГц	0,05	0,1	0,25	0,5	1	10	50	100
$U_{вых}, В$								

3.3.7. Повторить измерения для схемы, изображённой на рисунке 4. Измеренные значения занести в таблицу 3.

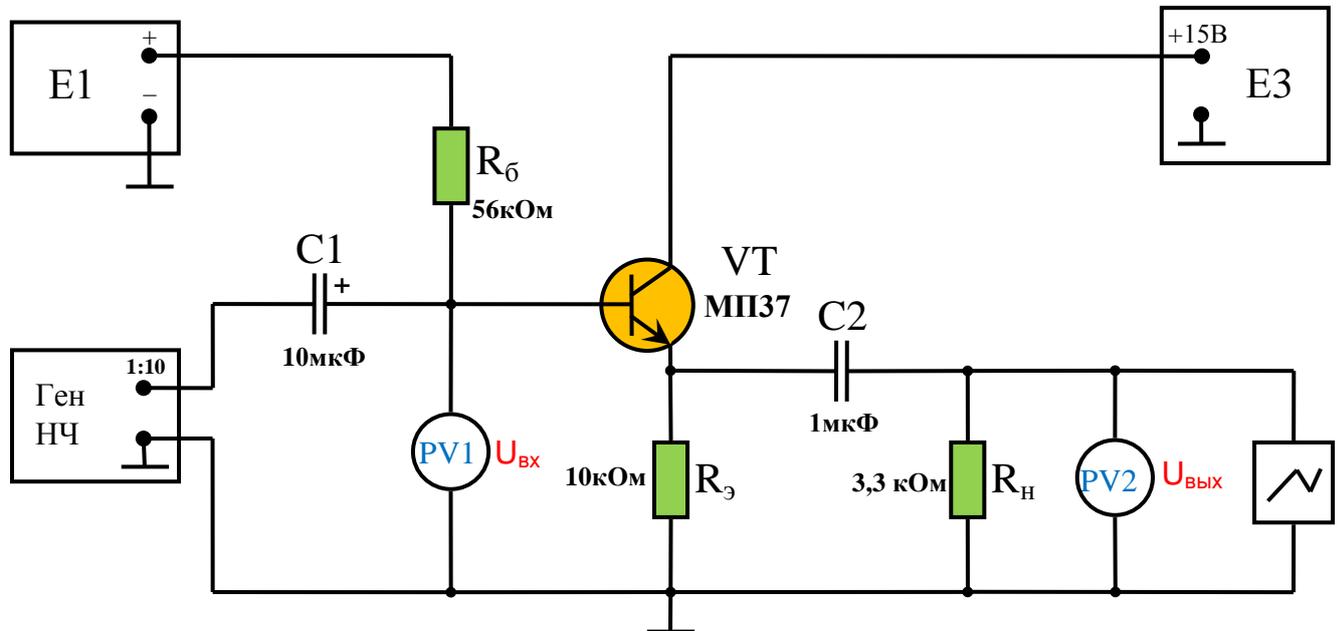


Рис.4.

3.3.8. Заменить сопротивление нагрузки на  $R_H = 1 \text{ кОм}$ . Повторить измерения. Результаты измерений занести в таблицу 3.

3.3.9. По экспериментальным данным построить АЧХ.

### 3. Содержание отчета

- 1) схемы измерений;
- 2) таблицы и графики полученных результатов;
- 3) результаты расчетов;
- 4) Осциллограммы входного и выходного напряжений;
- 5) Выводы.

## Лабораторная работа 7

### «Исследование транзисторной оптопары»

#### 1. Цель работы

Изучение транзисторной оптопары. Снятие входной вольтамперной характеристики. Снятие зависимости коэффициента передачи тока от входного тока.

#### 2. Содержание работы

В работе исследуется микросхема АОТ101, представляющая собой две независимые друг от друга, расположенные в одном корпусе, транзисторные оптопары. Внутренняя схема АОТ101 изображена на рисунке 1.

В работе используется оптопара, образованная светодиодом VD1 и транзистором VT1 (в случае выхода из строя оптопары VD1, VT1, можно использовать оптопару VD2, VT2).

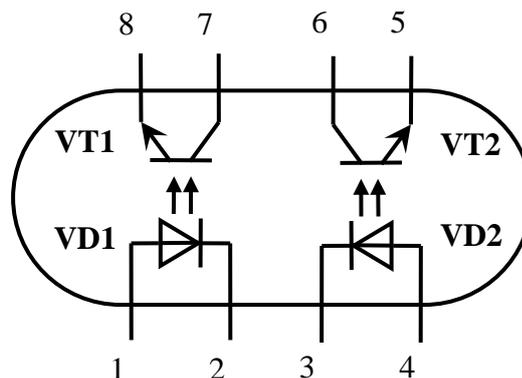


Рис.1.

Микросхема АОТ101 выполнена в корпусе DIP-8. Внешний вид микросхемы изображён на рисунке 2.



Рис.2. Внешний вид микросхемы АОТ101

Нумерация выводов производится от ключевой метки на корпусе микросхемы. Принцип нумерации выводов изображён на рисунке 3.

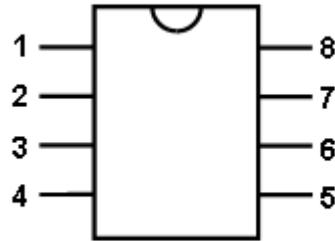


Рис.3.

### 3. Экспериментальная часть

#### 3.1. Снятие вольтамперной характеристики светодиода при прямом включении Схема измерений

При прямом включении диода на его анод подаётся положительное напряжение. В схеме измерений, изображённой на рис.4. Положительное смещение подаётся с регулируемого источника  $E1$  через резистор  $R_{огр}$ . Ток протекающий через исследуемый диод измеряется амперметром  $PA1$ . Напряжение на диоде измеряется вольтметром  $PV1$ . Ограничительное сопротивление  $R_{огр}$  предохраняет исследуемый диод от пробоя.

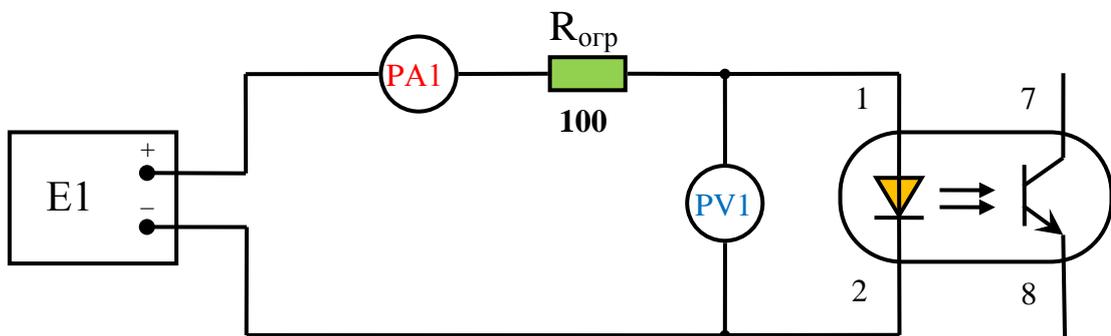


Рис.4. Схема измерения при снятии ВАХ светодиода

При снятии характеристики, изменяя напряжение источника  $E1$ , установите напряжение на диоде в соответствии с таблицей 1 и запишите значение тока через диод, измеренное амперметром  $PA1$ .

#### Порядок измерений

Соберите схему измерений в соответствии с рисунком 5.



Рис.5.

Установите пределы измерений амперметра – 20 мА, вольтметра – 2 В. Тумблер переключения режима работы вольтметра (PV1) установите в положение измерения постоянных величин (=). Ручки управления выходным напряжением источника E1 поверните против часовой стрелки до упора. Собранный схему покажите преподавателю. После проверки преподавателем собранной схемы включите установку.

Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{ВХ}, В$	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
$I_{ВХ}, мА$								

### 3.2. Снятие передаточной характеристики по току и напряжению

Схема измерения изображена на рисунке 6.

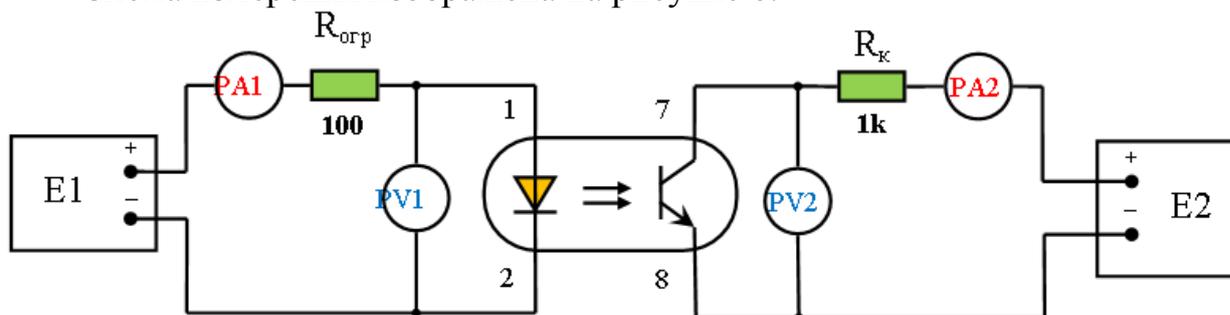


Рис.6. Схема измерений

Соберите схему измерений в соответствии с рисунком 7.

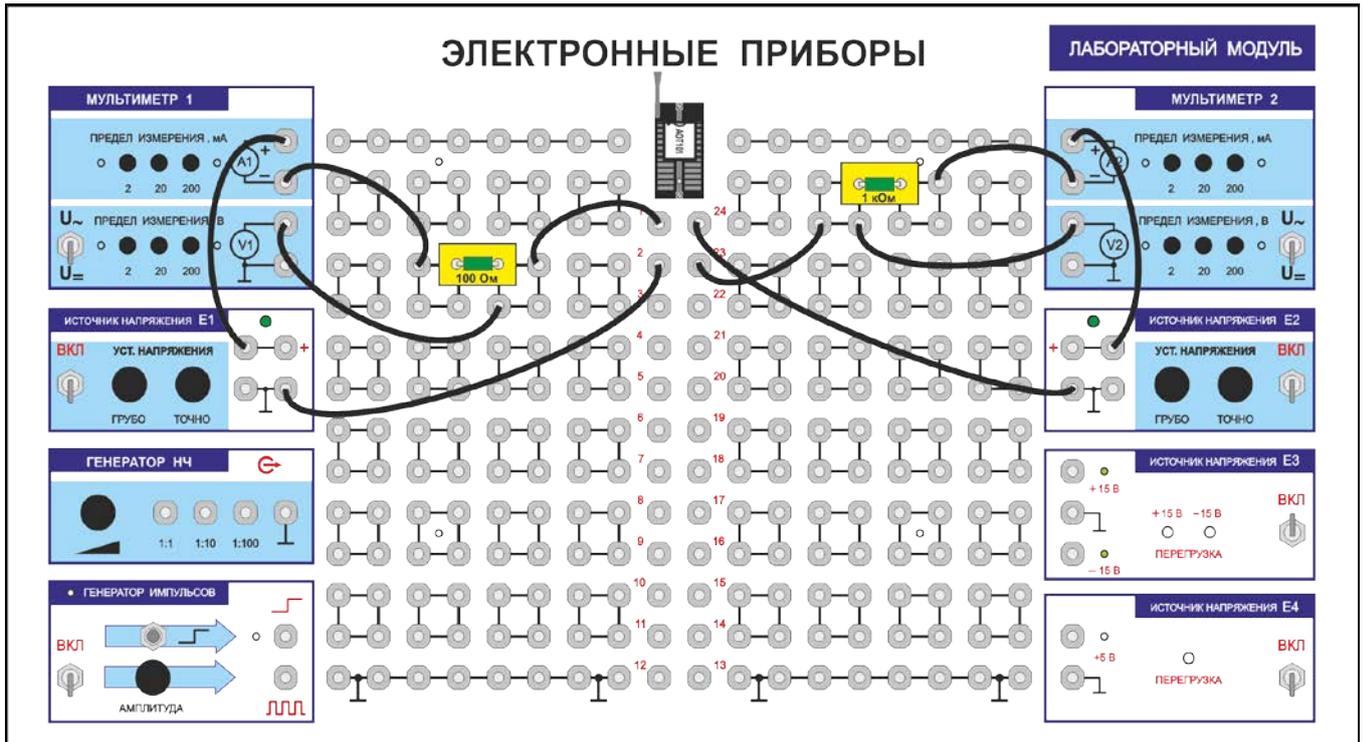


Рис.7.

Установите напряжение источника E2 равным 5В. Изменяя напряжение источника E1 заполните таблицу 2.

$R_k=1 \text{ кОм}$ ,  $E2 = 5\text{В}$

Таблица 2

$I_{\text{ВХ}}$ , мА	0,5	0,7	1	1,2	1,5
$U_{\text{ВХ}}$ , В					
$I_{\text{ВЫХ}}$ , мА					
$U_{\text{ВЫХ}}$ , В					

Повторите измерения для напряжения источника E2 10В и 15В. Результаты измерений запишите в таблицы 3 и 4.

$R_k=1 \text{ кОм}$ ,  $E2 = 10\text{В}$

Таблица 3

$I_{\text{ВХ}}$ , мА	0,5	0,7	1	1,2	1,5
$U_{\text{ВХ}}$ , В					
$I_{\text{ВЫХ}}$ , мА					
$U_{\text{ВЫХ}}$ , В					

$R_k=1 \text{ кОм}, E_2 = 15\text{В}$

Таблица 4

$I_{\text{ВХ}}, \text{ мА}$	0,5	0,7	1	1,2	1,5
$U_{\text{ВХ}}, \text{ В}$					
$I_{\text{ВЫХ}}, \text{ мА}$					
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{ В}$					

Содержание отчёта

1. По данным таблицы 1 постройте ВАХ светодиода.
2. По данным таблиц 2,3 и 4 постройте семейство характеристик  $I_{\text{ВЫХ}} = f(I_{\text{ВХ}})$  и  $U_{\text{ВЫХ}} = f(I_{\text{ВХ}})$ .

## Лабораторная работа 8

### «Изучение принципа работы и определение параметров однофазной однополупериодной схемы выпрямления»

#### 1. Цель работы

Изучение принципа работы и определение параметров однофазной однополупериодной схемы выпрямления.

1.1. Подготовить установку к работе

Собрать схему, приведенную на рис.1а.

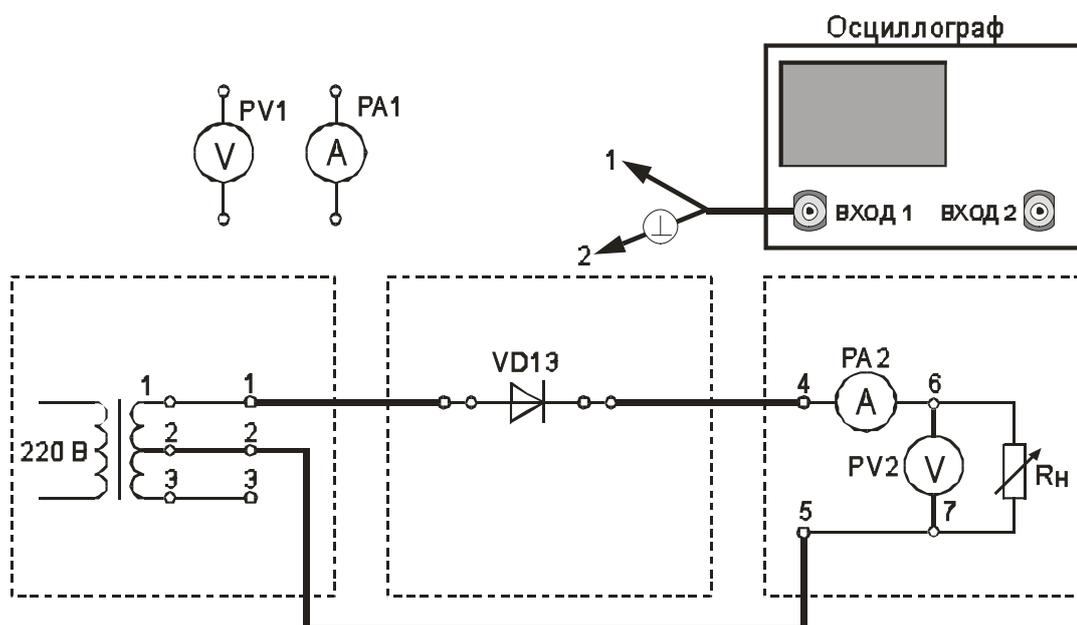


Рис. 1а. Однофазная однополупериодная схема выпрямления (проведение осциллографирования)

Переключатель «R<sub>н</sub> грубо» установить в положение «3».

Вольтметр PV1 установить в режим измерения переменного напряжения.

Вольтметр PV2 установить в режим измерения постоянного напряжения.

Включить питание установки выключателем «СЕТЬ – ВКЛ».

Нажатием кнопки «ОДНОФАЗНАЯ СЕТЬ – ВКЛ» включить питание схемы.

1.2. Провести осциллографирование

- напряжения на вторичной обмотке трансформатора (гнезда 1 – 2);
- напряжения между анодом и катодом диода. Зафиксировать значение  $U_{\text{обр макс}}$  ;
- тока, протекающего через R<sub>н</sub> (для осциллографирования использовать Rш). Зафиксировать значение  $I_{\text{в макс}}$  и  $I_{\text{д}}$  (по показаниям PA2);

- напряжения на  $R_H$  (гнезда 6 – 7). Зафиксировать значение амплитуды переменной составляющей выпрямленного напряжения  $U_{\sim m}$ . Также записать значение  $U_d$  (по показаниям PV2).

По результатам наблюдений и измерений зарисовать осциллограммы токов и напряжений, записать величины  $U_{OБP МАКС}$ ,  $U_d$ ,  $I_{B МАКС}$ ,  $I_d$ ,  $U_{\sim m}$ .

Нажатием кнопки «ОДНОФАЗНАЯ СЕТЬ –ВЫКЛ» выключить питание схемы.

### 1.3. Снять внешнюю характеристику выпрямителя $U_d = f(I_d)$

Собрать схему, приведенную на рис.1б.

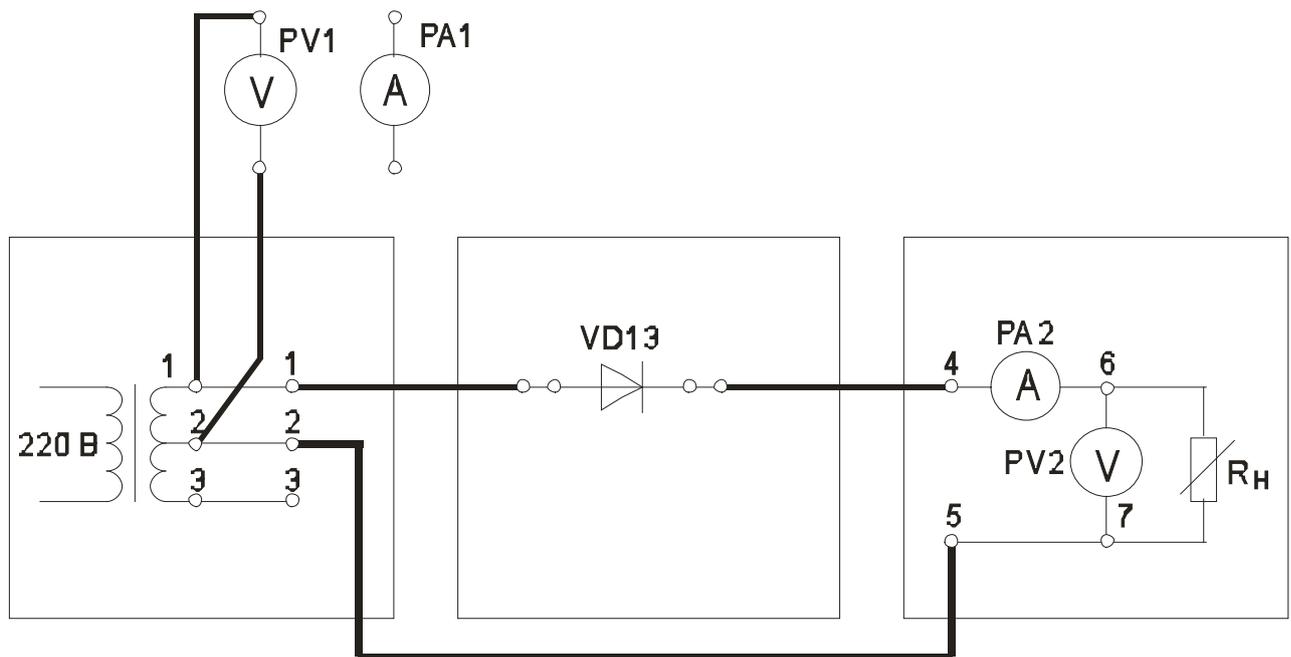


Рис. 1б. Однофазная однополупериодная схема выпрямления (снятие внешней характеристики выпрямителя)

Нажатием кнопки «ОДНОФАЗНАЯ СЕТЬ –ВКЛ» включить питание схемы.

Постепенно увеличивать ток через  $R_H$ , уменьшая его сопротивление. Для этого регулятор « $R_H$  грубо» переключать от положения «Х.Х.» до положения 11. Для получения большего количества отсчетов в положениях 1 - 3 воспользоваться плавной регулировкой  $R_H$ .

Заполнить таблицу 1.

Таблица 1

Измеряемая величина	Измерительный прибор	Положение переключателя « $R_H$ грубо»									
$I_d$ , мА	РА2										
$U_d$ , В	PV2 в реж. « $\Rightarrow$ »										
$U_{\sim d}$ , В	PV2 в реж. « $\sim$ »										

U <sub>2</sub> , В	PV1										
--------------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Нажатием кнопки «ОДНОФАЗНАЯ СЕТЬ –ВЫКЛ» выключить питание схемы.

Выключить питание установки выключателем «СЕТЬ».

1.4. Построить внешнюю характеристику выпрямителя  $U_d = f(I_d)$ .

1.5. Определить параметры выпрямителя

1.5.1. Рассчитать коэффициент преобразования переменного напряжения в постоянное в режиме холостого хода

$$K_o = U_{d0} / U_2 .$$

1.5.2. Рассчитать коэффициент пульсации выпрямленного напряжения в режиме малых токов

$$k_{\Pi} = U_{\sim m} / U_d .$$

Для определения величины  $U_{\sim m}$  воспользоваться формулой

$$U_{\sim m} = U_{\sim d} * k_A * k_{\Phi} / k_{\Phi C} ,$$

где  $U_{\sim d}$  – показания вольтметра PV2;

$k_{\Phi C} = 1,11$  - коэффициент формы синусоидального напряжения;

$k_{\Phi}$  - коэффициент формы переменной составляющей выпрямленного однополупериодного напряжения;

$k_A$  – коэффициент амплитуды переменной составляющей выпрямленного однополупериодного напряжения.

Произвести расчет  $k_{\Pi}$  , используя величину  $U_{\sim m}$  , измеренную с помощью осциллографа. Сравнить полученные результаты расчетов.

1.5.3. Рассчитать отношение  $U_{\text{ОБР МАКС}} / U_d$  .

1.5.4. Рассчитать отношение  $I_{\text{В МАКС}} / I_d$  .

## Литература

1. Батушев В.А. Электронные приборы. М.: Высшая школа, 1980. 384 с.
2. Дулин В.Н. Электронные приборы. М.: Энергоатомиздат, 1989. 496 с.
3. Степаненко И.Л. Основы микроэлектроники. М.: Сов. Радио, 1980. 424 с.
4. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. М.: Высшая школа, 1983. 384 с.
5. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.М. Микроэлектроника.
6. Федоров Н.Д. Электронные приборы. Учебник. М.: Атомиздат, 1979.
7. Л. Росадо. Физическая электроника и микроэлектроника. М.: Высшая школа, 1999. 351 с.
8. Андреев И.С., Арипов Х.К., Махсудов Д.Т, Рахматов Ш.Б. полупроводниковые приборы многослойной структуры. Транзисторы и тиристоры. Часть 1, часть 2. Ташкент, ТЭИС, 1994. 260 с.
9. И.П. Степаненко. Основы микроэлектроники. Издание второе. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001, 488 с.
10. Н.Д. Федоров и др. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. М.: Радио и связь, 2002, 560 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Лабораторная работа № 1 «Изучение лабораторной установки».....	3
2. Лабораторная работа № 2 «Исследование статических и ВАХ характеристик полупроводниковых диодов».....	7
3. Лабораторная работа № 3 «Исследование параметров и характеристик стабилитрона».....	12
4. Лабораторная работа № 4 «Исследование биполярного транзистора с общим эмиттером в статическом режиме».....	19
5. Лабораторная работа № 5 «Исследование полевого транзистора в статическом режиме».....	23
6. Лабораторная работа № 6 «Транзисторный каскад с общим коллектором»...6	
7. Лабораторная работа № 7 «Исследование транзисторной оптопары».....	32
8. Лабораторная работа № 8 «Изучение принципа работы и определение параметров однофазной однополупериодной схемы выпрямления».....	37