

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Кафедра ЭАФУ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ НЕЛИНЕЙНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ**

Лабораторная работа по курсу «Электроника 1.3»

Оборудование, необходимое для проведения лабораторной работы:

Элементная база:

- резисторы: 2кОм – 2 шт., 2 МОм – 1 шт.
- конденсаторы: 1 мкФ – 1 шт.; 10 мкФ – 1 шт.
- стабилитроны: КС191Ж – 1 шт.
- диоды: КД105Б – 4 шт.

Измерительные приборы:

- мультиметры – 2 ед.
- LC-метры – 1 ед.
- осциллографы – 1 ед.

Источники:

- источники напряжения постоянного тока – 2 ед.
- источники напряжения переменного тока – 1 ед.

Расходные материалы:

- плата макетная – 1 шт.
- провода.

Цель работы:

- 1) экспериментальное определение характеристик полупроводниковых нелинейных элементов;
- 2) экспериментальное исследование различных способов выпрямления, сглаживания, стабилизации и ограничения переменных сигналов;

Порядок выполнения лабораторной работы

1 Монтаж стенда

Произвести монтаж радиоэлектронных компонентов стенда согласно схеме, представленной на рисунке 1. При выполнении монтажа необходимо компактно располагать элементы на макетной плате; предусмотреть изоляцию неиспользуемых проводов при проведении эксперимента.

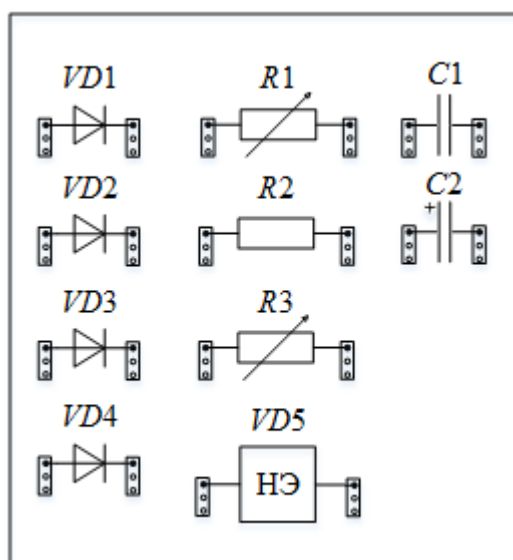


Рисунок 1 – Схема для выполнения лабораторной работы

2 Изучение вольтамперной характеристики нелинейного элемента

Необходимое оборудование для проведения эксперимента: резистор $R1 = 2 \text{ кОм}$, нелинейный элемент VD5, измерительные приборы (амперметр, вольтметр), источник постоянного тока.

2.1 Изучение прямой ветви вольтамперной характеристики нелинейного элемента

2.1.1 Установить значение сопротивления $R1 = 1 \text{ кОм}$.

2.1.2 С помощью мультиметра в режиме проверки диода определить назначение выводов нелинейного элемента и прямое падение напряжения на нем. Значение прямого падения напряжения записать.

2.1.3 Собрать схему, представленную на рисунке 2. Мультиметр 1 необходимо перевести в режим измерения силы тока (режим амперметра). Мультиметр 2 – в режим вольтметра.

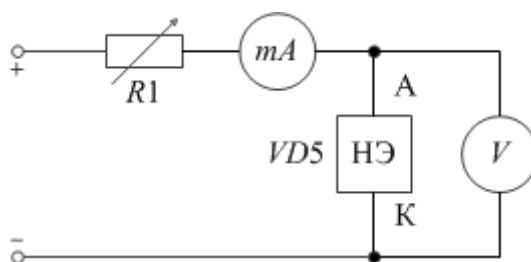


Рисунок 2 – Схема для изучения прямой ветви ВАХ

2.1.4 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

2.1.5 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источнику питания.

2.1.6 Включить тумблер питания. Меняя выходное напряжение источника питания, изменять напряжение на нелинейном элементе с шагом $0,05 \text{ В}$ в диапазоне $0-0,8 \text{ В}$. При бóльших значениях напряжения эксперимент продолжать, не допуская увеличения тока через нелинейный элемент более 10 мА . Показания измерительных приборов записать в таблицу 1. После окончания измерений выключить тумблер питания источника. Удостовериться в нулевых показаниях измерительных приборов.

Таблица 1 – Вольтамперная характеристика нелинейного элемента

$U, \text{ В}$	$I, \text{ мА}$

2.1.7 По полученным данным построить прямую ветвь вольтамперной характеристики нелинейного элемента и определить по ней прямое падение напряжения. Сравнить полученное значение со значением, полученным в п 2.1.2.

2.1.8 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

2.2 Изучение обратной ветви вольтамперной характеристики нелинейного элемента

2.2.1 Собрать схему, представленную на рисунке 3.

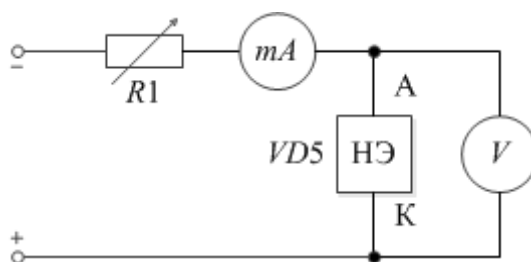


Рисунок 3 – Схема для изучения обратной ветви ВАХ

2.2.2 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

2.2.3 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источнику питания.

2.2.4 Включить тумблер питания. Меняя выходное напряжение источника питания, изменять напряжение на нелинейном элементе с шагом 1 В в диапазоне от 0 В до минус 8 В. При больших значениях напряжения эксперимент продолжать с шагом 0,05 В, не допуская увеличения тока через нелинейный элемент более 12 мА. Показания измерительных приборов записать в таблицу 1. После окончания измерений выключить тумблер питания источника. Удостовериться в нулевых показаниях измерительных приборов.

2.2.5 Построить обратную ветвь вольтамперной характеристики нелинейного элемента.

2.2.6 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

3 Измерение барьерной и диффузионной ёмкостей рп-перехода

Необходимое оборудование для проведения эксперимента: резистор $R2 = 2 \text{ МОм}$, конденсатор $C1 = 1 \text{ мкФ}$, полупроводниковый диод $VD5$, измерительные приборы (LC-метр, вольтметр), источник постоянного тока.

3.1 Собрать схему, представленную на рисунке 4. Перевести LC-метр в режим измерения ёмкости. Мультиметр 1 – в режим вольтметра.

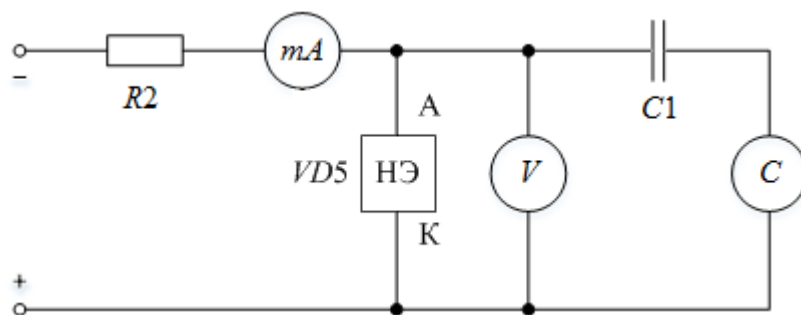


Рисунок 4 – Схема для измерения барьерной ёмкости рп-перехода нелинейного элемента

3.2 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

3.3 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источнику питания.

3.4 Включить тумблер питания. Меняя выходное напряжение источника питания, изменять напряжение на нелинейном элементе с шагом 0,5 В в диапазоне изменения напряжения от 0 В до минус 8 В, измерить зависимость барьерной ёмкости от приложенного напряжения. Показания измерительных приборов записать в таблицу 2. После окончания измерений выключить тумблер питания источника.

Таблица 2 – Зависимость барьерной и диффузионной ёмкостей рп-перехода от приложенного напряжения

C, пФ	U, В

3.5 Изменить полярность напряжения источника напряжения постоянного тока на противоположную. Провести серию экспериментов, указанных в пунктах 3.2–3.4 В с шагом 0,01 В в диапазоне изменения напряжения на нелинейном элементе 0–0,3 В. Показания измерительных приборов записать в таблицу 2. После окончания измерений выключить тумблер питания источника.

3.6 Построить вольтфарадную характеристику нелинейного элемента.

3.7 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

4 Изучение выпрямительных схем

Необходимое оборудование для проведения эксперимента: резистор $R1 = 2 \text{ кОм}$, диоды $VD1-VD4$, конденсатор $C2 = 10 \text{ мкФ}$, измерительный прибор (осциллограф), источник переменного тока.

4.1 Однополупериодный выпрямитель

4.1.1 Установить значение сопротивления $R1 = 500 \text{ Ом}$.

4.1.2 Собрать схему, представленную на рисунке 5. При включении электролитического конденсатора в цепь необходимо строго соблюдать полярность выводов конденсатора.

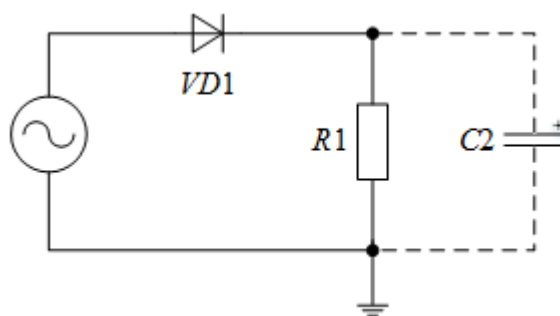


Рисунок 5 – Схема однополупериодного выпрямителя

4.1.3 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника переменного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

4.1.4 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источнику питания.

4.1.5 Включить тумблер питания. Меняя выходное напряжение источника питания, добиться амплитудного значения 9 В.

4.1.6 Подключить к схеме осциллограф.

4.1.7 Максимально точно зарисовать наблюдаемую на нагрузке осциллограмму напряжения.

4.1.8 Выключить тумблер питания источника.

4.1.9 Подключить параллельно нагрузке конденсатор $C2$.

4.1.10 Повторить пункты 4.1.2–4.1.8.

4.1.11 Измерить полную величину пульсаций.

4.1.12 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

4.2 Двухполупериодный выпрямитель

4.2.1 Установить значение сопротивления $R1 = 500 \text{ Ом}$.

4.2.2 Собрать схему, представленную на рисунке 6. При включении электролитического конденсатора в цепь необходимо строго соблюдать полярность выводов конденсатора.

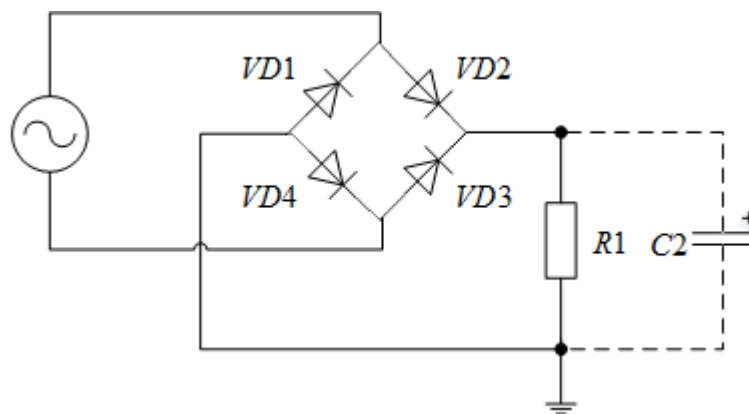


Рисунок 6 – Схема двухполупериодного выпрямителя

4.2.3 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника переменного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

4.2.4 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источнику питания.

4.2.5 Включить тумблер питания. Меняя выходное напряжение источника питания, добиться амплитудного значения 9 В.

4.2.6 Подключить к схеме осциллограф.

4.2.7 Максимально точно зарисовать наблюдаемую на нагрузке осциллограмму напряжения.

4.2.8 Выключить тумблер питания источника.

4.2.9 Подключить параллельно нагрузке конденсатор $C2$;

4.2.10 Повторить пункты 4.2.2–4.2.8.

4.2.11 Измерить полную величину пульсаций.

4.2.12 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

4.2.13 Сравнить измеренные величины пульсаций для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей. Сделать соответствующие выводы.

5 Изучение амплитудных ограничителей напряжения

Необходимое оборудование для проведения эксперимента: резисторы $R1 = 2 \text{ кОм}$, $R3 = 2 \text{ кОм}$, диоды $VD1$ – $VD2$, измерительный прибор (осциллограф), источник переменного тока, источники постоянного тока.

5.1 Последовательный диодный ограничитель минимума

5.1.1 Установить значение сопротивления $R1 = 1 \text{ кОм}$.

5.1.2 Собрать схему, представленную на рисунке 7.

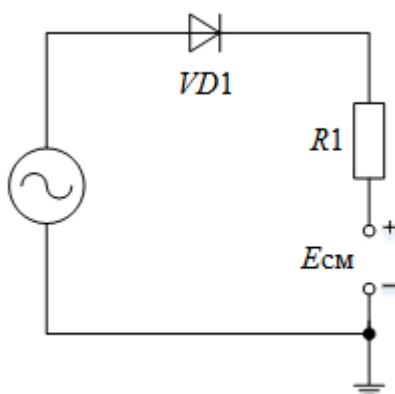


Рисунок 7 – Схема амплитудного ограничителя минимума

5.1.3 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника переменного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

5.1.4 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источникам питания.

5.1.5 Включить тумблер питания источника напряжения постоянного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение 2 В.

5.1.6 Подключить к схеме осциллограф.

5.1.7 Включить тумблер питания источника напряжения переменного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение 9 В.

5.1.8 Максимально точно зарисовать наблюдаемую осциллограмму напряжения.

5.1.9 Выключить тумблеры питания источников напряжения.

5.1.10 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

5.2 Последовательный диодный ограничитель максимума

5.2.1 Установить значение сопротивления $R1 = 1 \text{ кОм}$.

5.2.2 Собрать схему, представленную на рисунке 8.

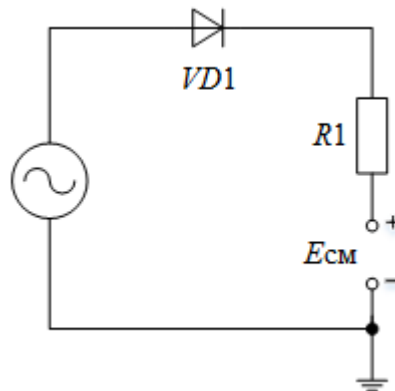


Рисунок 8 – Схема амплитудного ограничителя минимума

5.2.3 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника переменного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

5.2.4 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источникам питания.

5.2.5 Включить тумблер питания источника напряжения постоянного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение 2 В.

5.2.6 Подключить к схеме осциллограф.

5.2.7 Включить тумблер питания источника напряжения переменного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение 9 В.

5.2.8 Максимально точно зарисовать наблюдаемую осциллограмму напряжения.

5.2.9 Выключить тумблеры питания источников напряжения.

5.2.10 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

5.3 Двусторонний последовательный ограничитель

5.3.1 Установить значения сопротивлений $R1 = 1 \text{ кОм}$, $R3 = 1 \text{ кОм}$.

5.3.2 Собрать схему, представленную на рисунке 9.

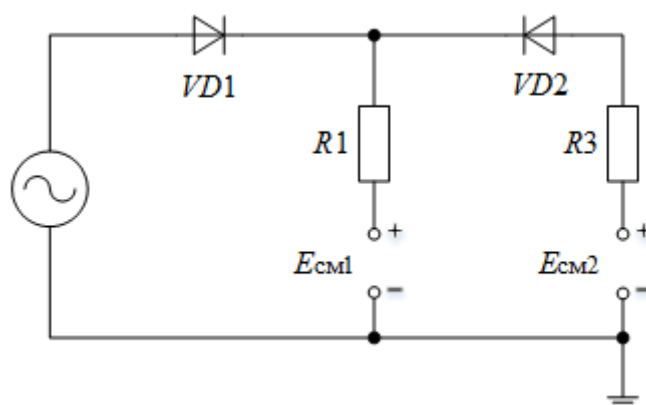


Рисунок 9 – Схема двустороннего амплитудного ограничителя

5.3.3 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника переменного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения. Перевести ручки регуляторов выходного напряжения источников постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

5.3.4 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источникам питания.

5.3.5 Включить тумблер питания источника напряжения постоянного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение $E_{см1} = 2$ В.

5.3.6 Включить тумблер питания источника напряжения постоянного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение $E_{см2} = 3$ В.

5.3.7 Подключить к схеме осциллограф.

5.3.8 Включить тумблер питания источника напряжения переменного тока. Меняя выходное напряжение источника питания, установить значение 9 В.

5.3.9 Максимально точно зарисовать наблюдаемую осциллограмму напряжения.

5.3.10 Выключить тумблеры питания источников напряжения.

5.3.11 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

6 Изучение параметрического стабилизатора напряжения

Необходимое оборудование для проведения эксперимента: резисторы $R1 = 2$ кОм, $R3 = 2$ кОм, нелинейный элемент $VD5$, измерительные приборы (амперметр, вольтметр), источник постоянного тока.

6.1 Установить значения сопротивлений $R1 = 400 \text{ Ом}$; $R3 = 1 \text{ кОм}$.

6.2 Собрать схему, представленную на рисунке 10. Мультиметр 1 необходимо перевести в режим измерения силы тока (режим амперметра). Мультиметр 2 – в режим вольтметра.

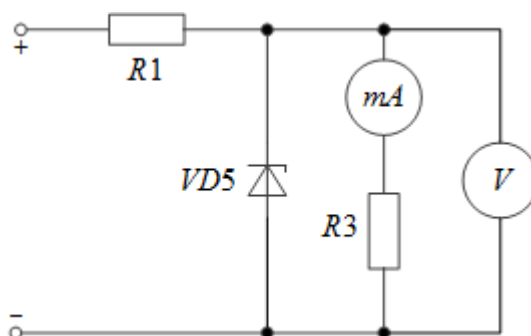


Рисунок 10 – Схема параметрического стабилизатора напряжения

6.3 Показать собранную электрическую цепь преподавателю. Перевести ручку регулятора выходного напряжения источника постоянного тока в крайнее положение, соответствующее нулю выходного напряжения.

6.4 Получив разрешение преподавателя, подключить собранную цепь к источнику питания.

6.5 Включить тумблер питания источника напряжения. Меняя выходное напряжение источника питания, изменять напряжение на нагрузке с шагом 0,5 В в диапазоне 0–9 В. При бóльших значениях напряжения эксперимент продолжать с шагом 0,1 В. Записать в таблицу 3 показания вольтметра.

Таблица 3 – Зависимость $U_{\text{н}} = f(U_{\text{вх}})$ параметрического стабилизатора напряжения

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

6.6 По полученным данным построить зависимость $U_{\text{н}} = f(U_{\text{вх}})$.

6.7 Меняя выходное напряжение источника питания, установить выходное напряжение источника 12 В.

6.8 Варьируя величину сопротивления $R3$ с шагом 100 Ом до 2 кОм, записать показания измерительных приборов в таблицу 4. После окончания измерений выключить тумблер питания источника.

Таблица 4 – Зависимость $U_H = f(I_H)$ параметрического стабилизатора напряжения

I_H , мА	U_H , В

6.9 По полученным данным построить зависимость $U_H = f(I_H)$.

6.10 Произвести расчет силы тока, протекающего через нелинейный элемент.

6.11 Сделать выводы по итогам выполнения соответствующего раздела лабораторной работы.

7 Сделать общие выводы по лабораторной работе.

8 Написать отчет о выполнении лабораторной работы. Отчет выполнить без применения ЭВМ (рукописно). Все схемы электрические принципиальные выполнить в соответствии с действующими стандартами ЕСКД.