

# Лабораторная работа №1

## «Проверка закона Ома для полной цепи. Измерение эквивалентного сопротивления»

Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Проверка закона Ома. Исследование последовательного и параллельного соединений резисторов. Эквивалентные преобразования.

### Приборы и элементы:

1. Амперметры.
2. Мультиметр.
3. Источники постоянной ЭДС.
4. Резисторы.

### Порядок выполнения работы:

1. Расчёт схемы по закону Ома для полной цепи
  - 1.1. На рабочем поле собрать схему для проверки закона Ома (рис.1.1)

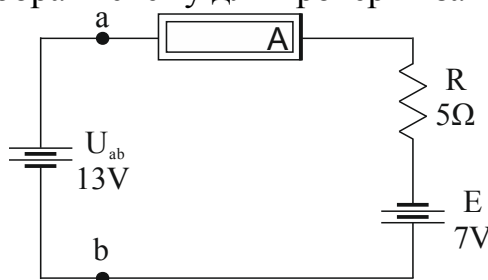


Рис.1.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.1.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту (Двойным щелчком мыши по изображению элемента открыть диалоговое окно свойств элемента. В появившемся окне с помощью клавиатуры установить значения параметров элемента. При помощи кнопок «стрелка вверх», «стрелка вниз» изменить единицы измерения, нажать Ассерт для подтверждения и возврата к схеме)

Таблица 1.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{ab}, \text{В}$	15	12	13	10	18	16	14	11	13	16
$E, \text{В}$	8	6	5	8	12	9	10	3	9	12
$R, \text{Ом}$	2	3	6	9	5	5	6	4	11	7

- 1.3. Рассчитать по закону Ома значение тока в цепи по формуле:

$$I = (U_{ab} + E) / R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

2. Экспериментальная проверка результатов расчёта

- 2.1. Нажать кнопку включения анализа схемы.
- 2.2. Сравнить показания амперметра с результатом расчёта.

Показания амперметра \_\_\_\_\_ А      Результаты расчёта \_\_\_\_\_ А

Сделать вывод:

---



---



---

### 3. Расчёт эквивалентного сопротивления смешанного соединения резисторов

#### 3.1. На рабочем поле собрать схему (рис.1.2)

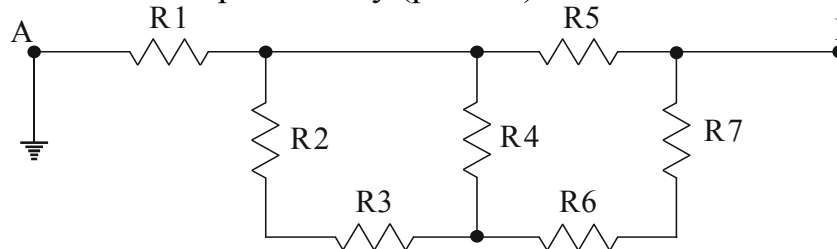


Рис. 1.2

3.2. Из таблицы вариантов (табл. 1.2) задать параметры элементов схемы согласно варианту

Таблица 1.2

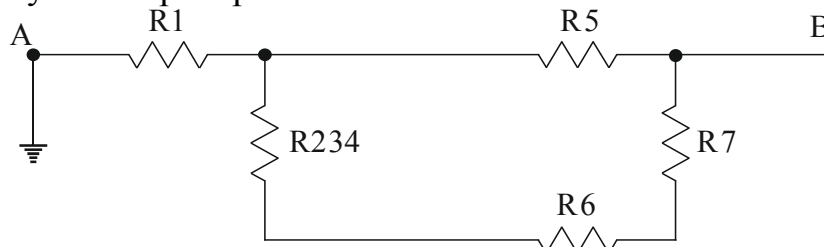
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1, Ом	8	5	5	11	10	6	15	13	12	4
R2, Ом	3	5	7	4	6	8	2	9	10	12
R3, Ом	5	13	5	4	9	6	10	7	8	3
R4, Ом	12	18	4	8	15	14	12	16	6	10
R5, Ом	12	6	12	12	20	16	18	6	10	6
R6, Ом	13.2	9	11	6	10	5	7	3	4.5	8
R7, Ом	6	6	10	2	2.5	4	5	7	6	4

#### 3.3. Рассчитать эквивалентное сопротивление относительно зажимов АВ

##### 3.2.1. Замена сопротивлений R2, R3

$$R_{23} = R_2 + R_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$$

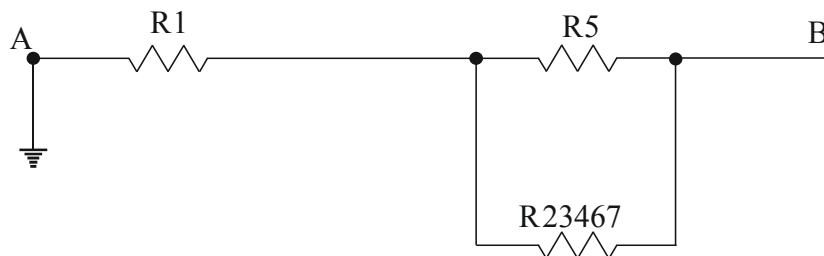
Результат преобразования схемы



##### 3.2.2. Замена сопротивлений R23, R4

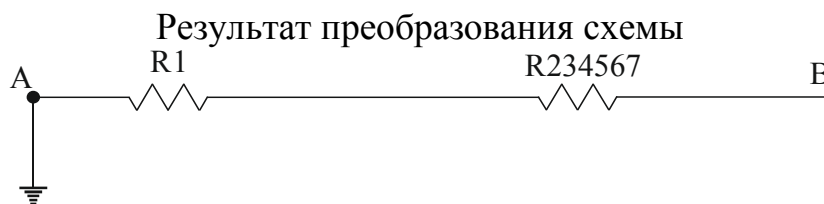
$$R_{234} = R_{23} \cdot R_4 / (R_{23} + R_4) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$$

Результат преобразования схемы



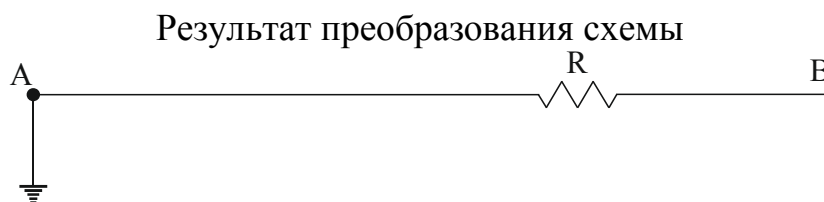
### 3.2.3. Замена сопротивлений R234, R6, R7

$$R_{23467} = R_{234} + R_6 + R_7 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$$



### 3.2.4. Замена сопротивлений R234567 и R1

$$R = R_{234567} + R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$$



## 4. Экспериментальная проверка результатов расчёта

### 4.1. На рабочем поле к зажимам АВ подключить мультиметр (рис.1.3)

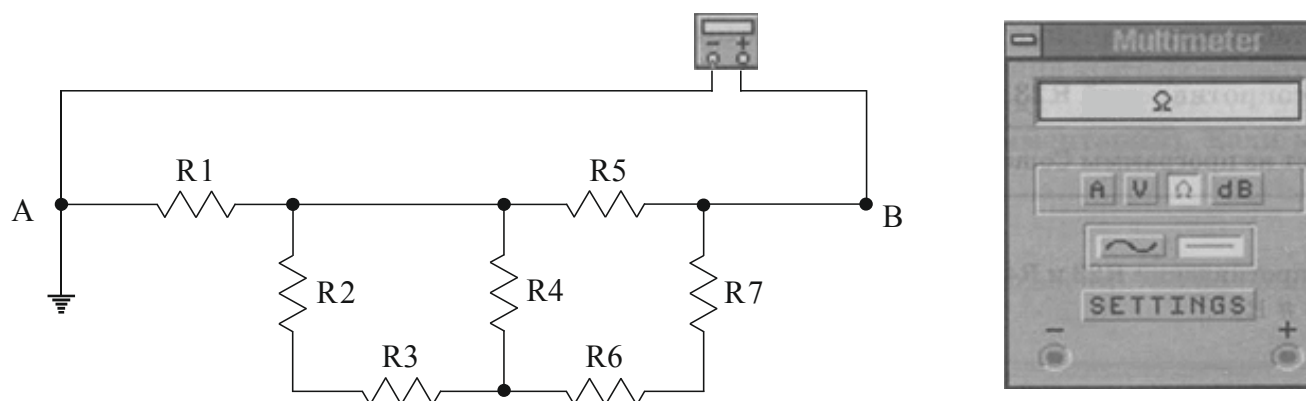


Рис.1.3.

### 4.2. Нажать кнопку включения анализа схемы. Сравнить показания мультиметра с результатами расчёта.

Показания мультиметра                      Ом      Результаты расчёта                      Ом

Сделать вывод:

---

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение закона Ома для участка и полной цепи.
2. Какими способами можно соединять потребители электрической энергии?
3. Назовите единицы измерения силы тока, напряжения, сопротивления.

### **Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

### **Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, «Додэка» М. 2004. – 325 с.

**Лабораторная работа №2**  
**«Проверка первого и второго законов Кирхгофа»**  
Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Проверка первого и второго законов Кирхгофа

**Приборы и элементы:**

1. Амперметры.
2. Вольтметры.
3. Источники постоянной ЭДС.
4. Резисторы.

**Порядок выполнения работы:**

*1. Эксперимент №1*

1.1. На рабочем поле собрать схему для проверки первого и второго законов Кирхгофа (рис.2.1)

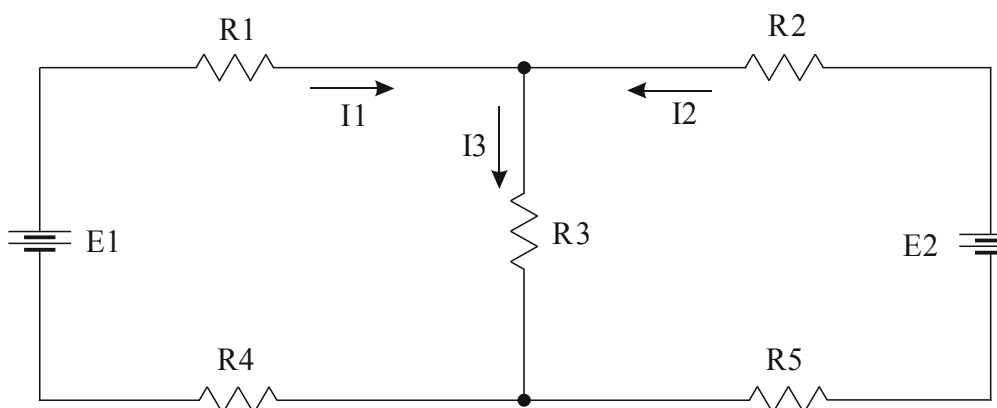


Рис.2.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.2.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту

Таблица 2.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E1, В	15	12	13	10	18	16	14	11	13	16
E2, В	25	24	28	20	30	42	34	22	26	32
R1, Ом	2	3	6	9	5	5	6	4	11	7
R2, Ом	4	5	4	12	7	4	10	13	11	9
R3, Ом	6	7	8	6	9	7	8	9	4	8
R4, Ом	8	8	9	7	4	5	8	3	5	2
R5, Ом	10	4	11	9	12	6	5	7	3	8

1.3. Подключить измерительные приборы для снятия параметров схемы (рис.2.2)

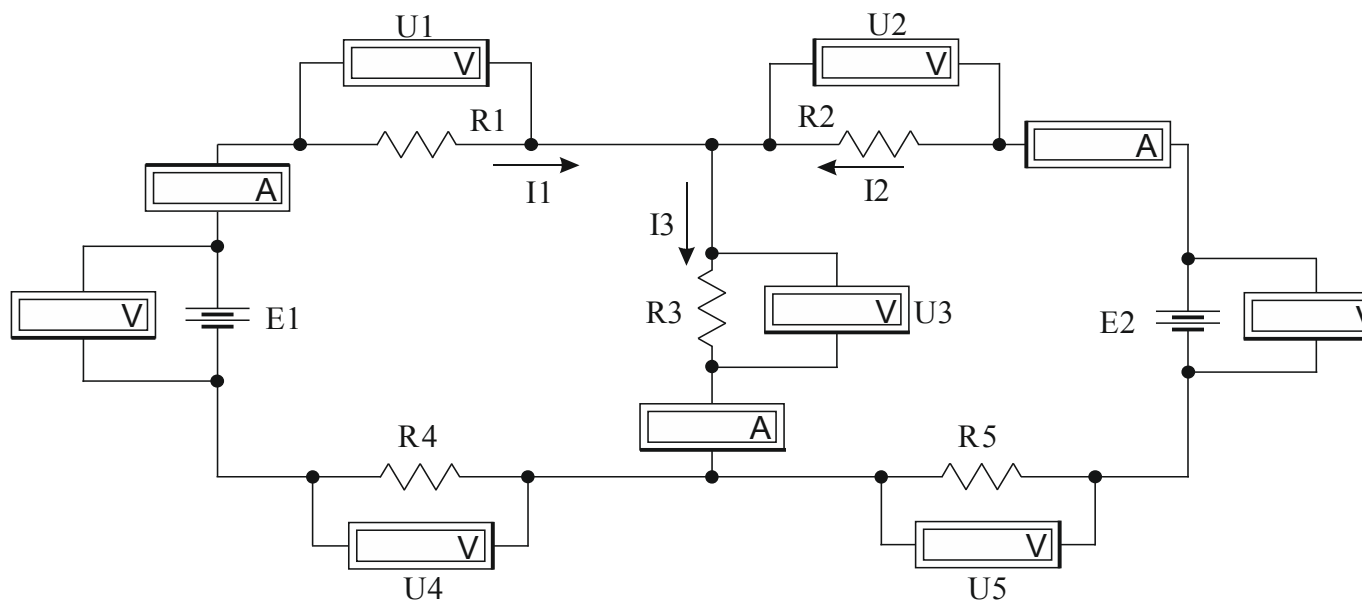


Рис.2.2.

1.4. Нажать кнопку включения анализа схемы. Показания приборов занести в таблицу результатов эксперимента (табл.2.2)

Таблица 2.2

U1, В	U2, В	U3, В	U4, В	U5, В	E1, В	E2, В	I1, А	I2, А	I3, А

1.5. Рассчитать баланс мощности на основании показаний приборов:

$$\Sigma P_{\text{ист.}} = \Sigma P_{\text{потр.}}$$

$$E1 \cdot I1 + E2 \cdot I2 = U1 \cdot I1 + U2 \cdot I2 + U3 \cdot I3 + U4 \cdot I1 + U5 \cdot I2$$

---



---



---



---

1.6. На основании результатов эксперимента доказать I и II законы Кирхгофа:

**I закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма токов сходящихся в узле равна нулю:

$$\Sigma I = 0$$

$$\pm I1 \pm I2 \pm I3 = 0$$

---

**II закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма ЭДС в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях этого контура:

$$\Sigma E = \Sigma I \cdot R$$

$$E1 = \pm I1 \cdot R1 \pm I3 \cdot R3 \pm I1 \cdot R4$$

$$E2 = \pm I2 \cdot R2 \pm I3 \cdot R3 \pm I2 \cdot R5$$

## 2. Эксперимент №2

2.1. В схеме для проверки I и II законов Кирхгофа изменить направление ЭДС E2 (рис.2.3)

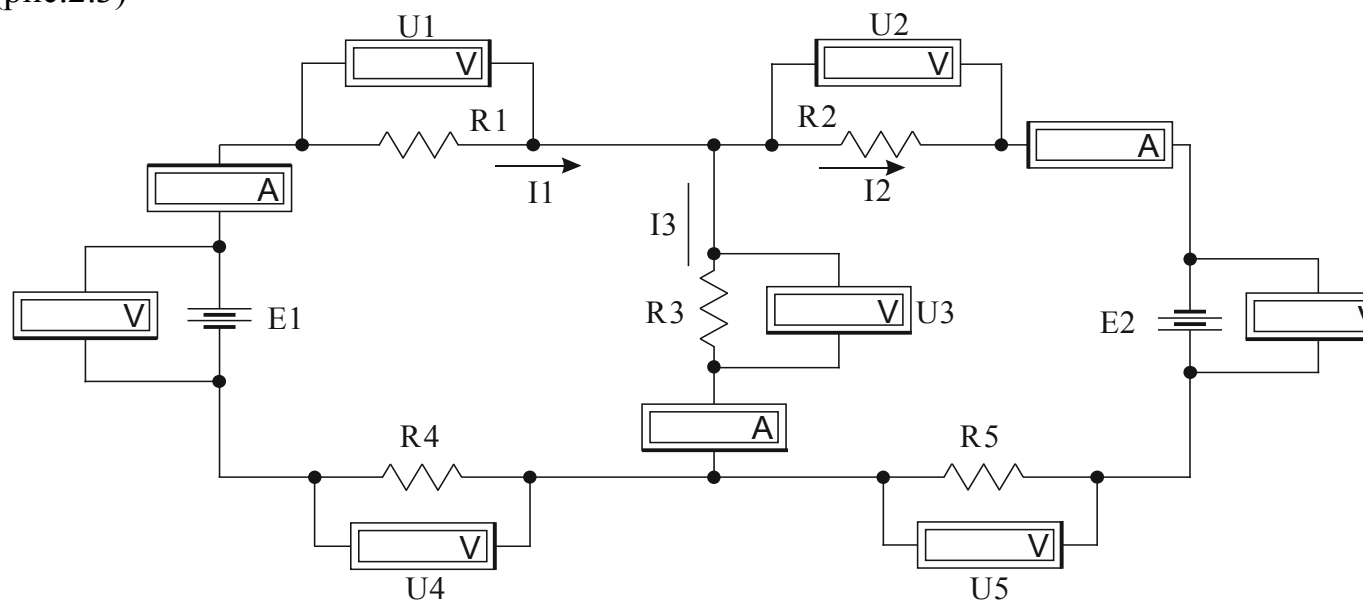


Рис.2.3.

2.2. Нажать кнопку включения анализа схемы. Показания приборов занести в таблицу результатов эксперимента (табл.2.3) На схеме указать направление тока I3.

Таблица 2.3

U1, В	U2, В	U3, В	U4, В	U5, В	E1, В	E2, В	I1, А	I2, А	I3, А

2.3. Рассчитать баланс мощности на основании показаний приборов:

$$\Sigma P_{\text{ист.}} = \Sigma P_{\text{потр.}}$$

$$E1 \cdot I1 + E2 \cdot I2 = U1 \cdot I1 + U2 \cdot I2 + U3 \cdot I3 + U4 \cdot I1 + U5 \cdot I2$$

2.4. На основании результатов эксперимента доказать I и II законы Кирхгофа:

**I закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма токов сходящихся в узле равна нулю:

$$\Sigma I = 0$$

$$\pm I_1 \pm I_2 \pm I_3 = 0$$

---

**II закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма ЭДС в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях этого контура:

$$\Sigma E = \Sigma I \cdot R$$

$$E_1 = \pm I_1 \cdot R_1 \pm I_3 \cdot R_3 \pm I_1 \cdot R_4$$

---

$$E_2 = \pm I_2 \cdot R_2 \pm I_3 \cdot R_3 \pm I_2 \cdot R_5$$

---

2.5. Сделать вывод:

---

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте законы Кирхгофа и объясните, как на их основании составляются уравнения для расчёта сложных электрических цепей.
2. Назовите единицы измерения мощности.

### **Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

### **Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, «Додэка» М. 2004. – 325 с.



**Лабораторная работа №3**  
**«Исследование схемы последовательного соединения**  
**цепи переменного тока с  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Резонанс напряжений»**  
Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
**ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6**

**Цель работы:** Исследование схемы последовательного соединения цепи переменного тока. Исследование резонансного режима.

**Приборы и элементы:**

1. Амперметр.
2. Вольтметры.
3. Источник переменной ЭДС.
4. Источник переменного тока.
5. Боде-плоттер (графопостроитель)
6. Резистор.
7. Индуктивность.
8. Ёмкость.

**Порядок выполнения работы:**

*1. Эксперимент №1. Исследование схемы последовательного соединения цепи переменного тока.*

*Исследование схемы с помощью графопостроителя*

1.1. На рабочем поле собрать схему последовательного соединения с источником тока частотой 50 Гц (рис.3.1)

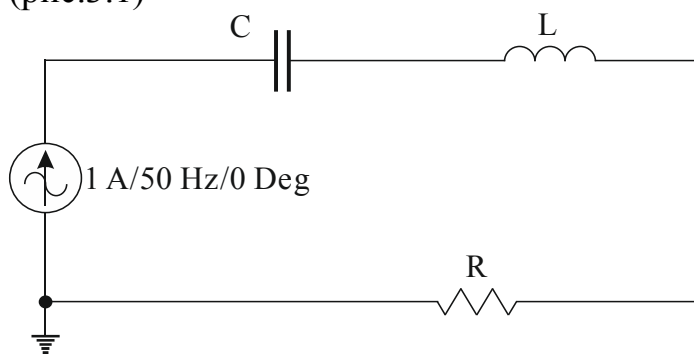


Рис.3.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.3.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту

Таблица 3.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C, $\mu\text{F}$	150	60	130	50	180	80	140	110	130	80
L, мГн	100	90	110	120	105	95	115	125	130	85
R, Ом	20	30	10	30	10	15	10	25	20	15

1.3. Определить угол сдвига фаз между напряжением и током:

а) сопротивление конденсатора:

$$X_C = 1/(2\pi fC) = \underline{\hspace{10cm}} \text{ Ом}$$

б) сопротивление индуктивной катушки:

$$X_L = 2\pi fL = \underline{\hspace{10cm}} \text{ Ом}$$

в) полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \underline{\hspace{10cm}} \text{ Ом}$$

г) угол сдвига фаз определяем по синусу во избежание потери знака угла

$$\sin \varphi = (X_L - X_C) / Z = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\varphi = \arcsin (X_L - X_C) / Z = \underline{\hspace{10cm}}$$

1.4. Экспериментальная проверка результатов расчёта. Подключить бode-плоттер к схеме последовательного соединения (рис.3.2)

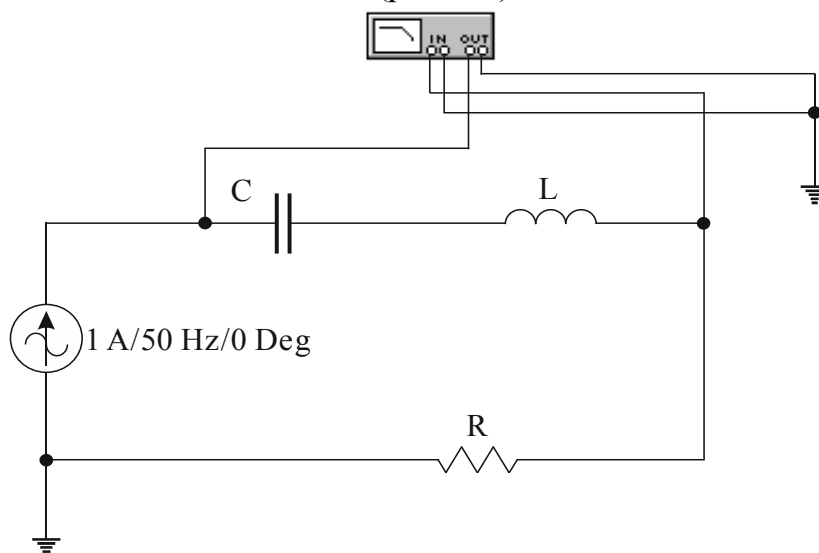


Рис. 3.2.

1.5. Включить схему. Двойным щелчком мыши по уменьшенному изображению бode-плоттера включить его увеличенное изображение (рис.3.3)

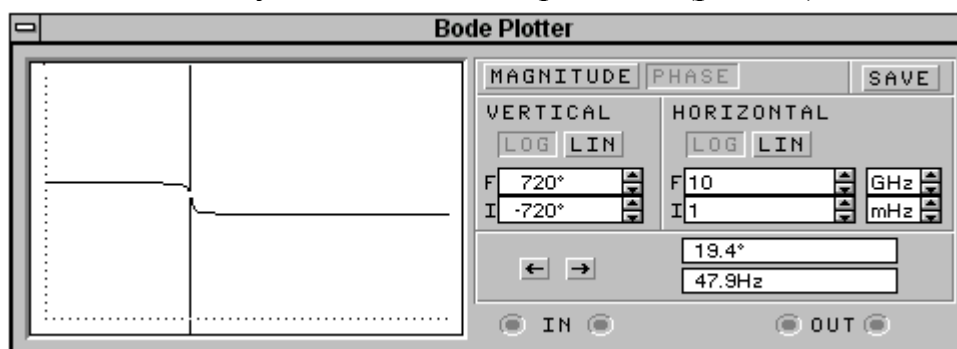




Рис.3.3.

Для получения фазо-частотной характеристики (ФЧХ) на верхней панели плоттера включить кнопку PHASE. По вертикальной оси (VERTIKAL) откладывают градусы, - от -7200 до 7200. По горизонтальной оси (HORIZONTAL) всегда откладывают частоту в Герцах, - от 1 mHz до 10 Ghz.

С помощью стрелок   или перетаскиванием мышью подвести вертикальную линию

к частоте 50 Гц и снять угол сдвига фаз

$$\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$$

Сравнить расчётные данные с показаниями бode-плоттера, сделать вывод:

---



---



---

### *Исследование схемы с помощью амперметра и вольтметров*

1.6. На рабочем поле собрать вторую схему последовательного соединения с источником напряжения 120 В частотой 50 Гц. К этой схеме подключить амперметр и вольтметры (рис.3.4). Открыв диалоговое окно измерительных приборов (двойным щелчком мыши по изображению прибора) изменить вид измеряемого напряжения (DC заменить на AC).

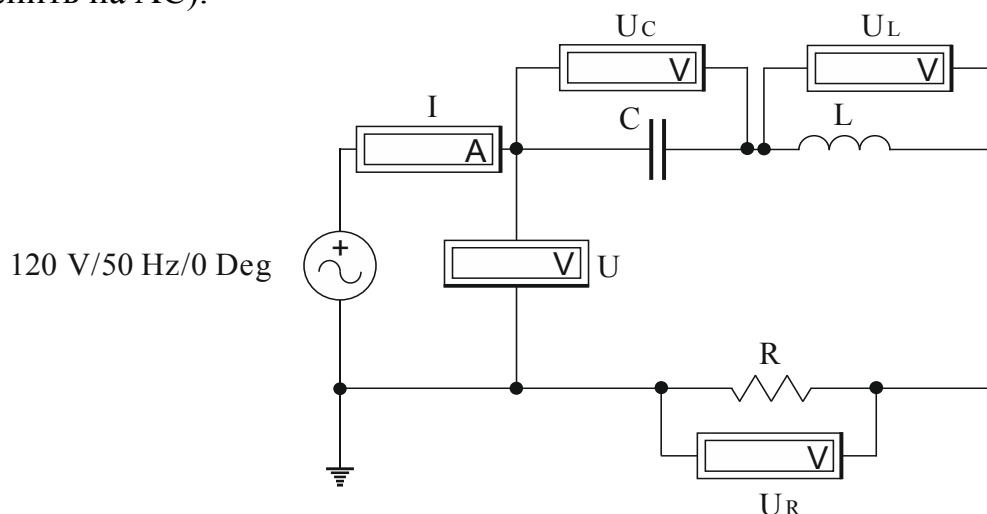


Рис. 3.4.

1.7. Из таблицы вариантов (табл.3.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту. Включить схему. Снять показания приборов и занести их в табл. 3.2.

Таблица 3.2

I, A	U, B	U <sub>C</sub> , B	U <sub>L</sub> , B	U <sub>R</sub> , B

1.8. По результатам опыта построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

## 2. Эксперимент №2. Исследование цепи переменного тока при резонансе напряжений

### Исследование схемы с помощью графопостроителя

2.1. Вернуться к схеме последовательного соединения с источником переменного тока (рис.3.2), установив частоту источника питания 1 Гц.

2.2. Вычислить резонансную частоту по формуле:

$$f=1/(2\pi\sqrt{LC})= \text{_____} \text{ Гц}$$

2.3. Включить схему и увеличенное изображение бode-плоттера (рис.3.5). Для получения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) нажать кнопку MAGNITUDE. По вертикальной оси (VERTIKAL) отложить отношение напряжений - в логарифмическом масштабе (LOG) от -200dB до 200dB.

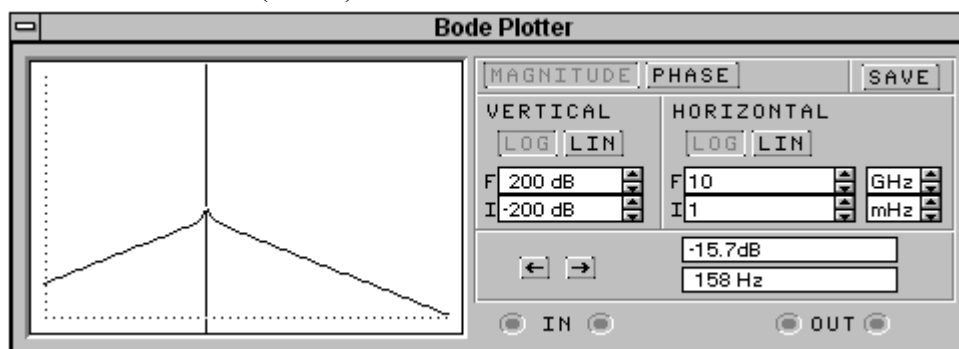



Рис.3.5.

2.4. С помощью стрелок  или перетаскиванием мышью подвести вертикальную линию к максимальному значению амплитуды и снять резонансную частоту:

$$f= \text{_____} \text{ Гц}$$

Сравнить расчётные данные с показаниями бode-плоттера. Сделать вывод:

---

---

---

### *Исследование схемы с помощью амперметра и вольтметров*

2.5. На схеме последовательного соединения с источником переменного напряжения (рис. 3.4) установить резонансную частоту. Включить схему. Если резонанса напряжений достичь не удалось (см. признаки резонанса напряжений), изменяя резонансную частоту, добиться появления резонанса. Снять показания приборов и занести их в табл. 3.3.

Таблица 3.3

I, A	U, B	U <sub>C</sub> , B	U <sub>L</sub> , B	U <sub>R</sub> , B

2.6. По результатам опыта построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

### **Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте закон Ома для цепи переменного тока.
2. Дайте определение явлению резонанса напряжений.
3. Сформулируйте признаки резонанса напряжений.
4. Почему сопротивление, оказываемое переменному току индуктивностью или ёмкостью, называют реактивными?

### **Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

### **Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, «Додэка» М. 2004. – 325 с.

**Лабораторная работа №4**  
**«Исследование схемы параллельного соединения**  
**цепи переменного тока с  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Резонанс токов»**  
Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Исследование схемы параллельного соединения цепи переменного тока. Исследование резонансного режима

**Приборы и элементы:**

1. Амперметр.
2. Вольтметры.
3. Источник переменной ЭДС.
4. Источник переменного тока.
5. Боде-плоттер (графопостроитель).
6. Резистор.
7. Индуктивность.
8. Ёмкость.

**Порядок выполнения работы:**

1. Эксперимент №1. Исследование схемы параллельного соединения цепи переменного тока.

*Исследование схемы с помощью графопостроителя*

1.1. На рабочем поле собрать схему параллельного соединения с источником тока частотой 50 Гц (рис.4.1) и схему параллельного соединения с источником напряжения 120 В частотой 50 Гц (рис.4.2)

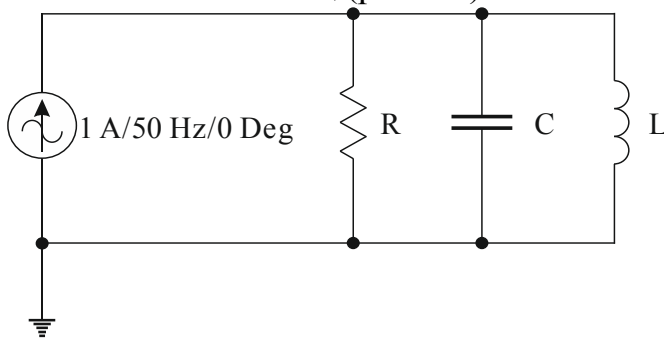


Рис.4.1.

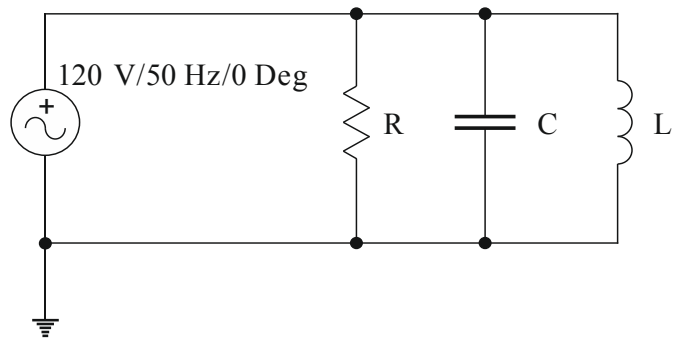


Рис.4.2.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.4.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту

Таблица

4.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C$ , $\mu\text{F}$	150	60	130	50	180	80	140	110	130	80
$L$ , $\text{mH}$	100	90	110	120	105	95	115	125	130	85
$R$ , $\Omega$	20	30	10	30	10	15	10	25	20	15

1.3. Определить угол сдвига фаз между напряжением и током:

а) сопротивление конденсатора:

$$X_C = 1/(2\pi fC) = \underline{\hspace{10cm}} \text{ Ом}$$

б) сопротивление индуктивной катушки:

$$X_L = 2\pi fL = \underline{\hspace{10cm}} \text{ Ом}$$

в) токи ветвей:

$$I_R = U/R = \underline{\hspace{10cm}} \text{ А}$$

$$I_C = U/X_C = \underline{\hspace{10cm}} \text{ А}$$

$$I_L = U/X_L = \underline{\hspace{10cm}} \text{ А}$$

г) ток неразветвлённой части цепи

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \underline{\hspace{10cm}} \text{ А}$$

г) угол сдвига фаз определяем по синусу во избежании потери знака угла

$$\sin \varphi = (I_L - I_C) / I = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\varphi = \arcsin (I_L - I_C) / I = \underline{\hspace{10cm}}$$

1.4. Экспериментальная проверка результатов расчёта. Подключить бode-плоттер к схеме рис. 4.1. параллельного соединения с источником тока (рис.4.3)

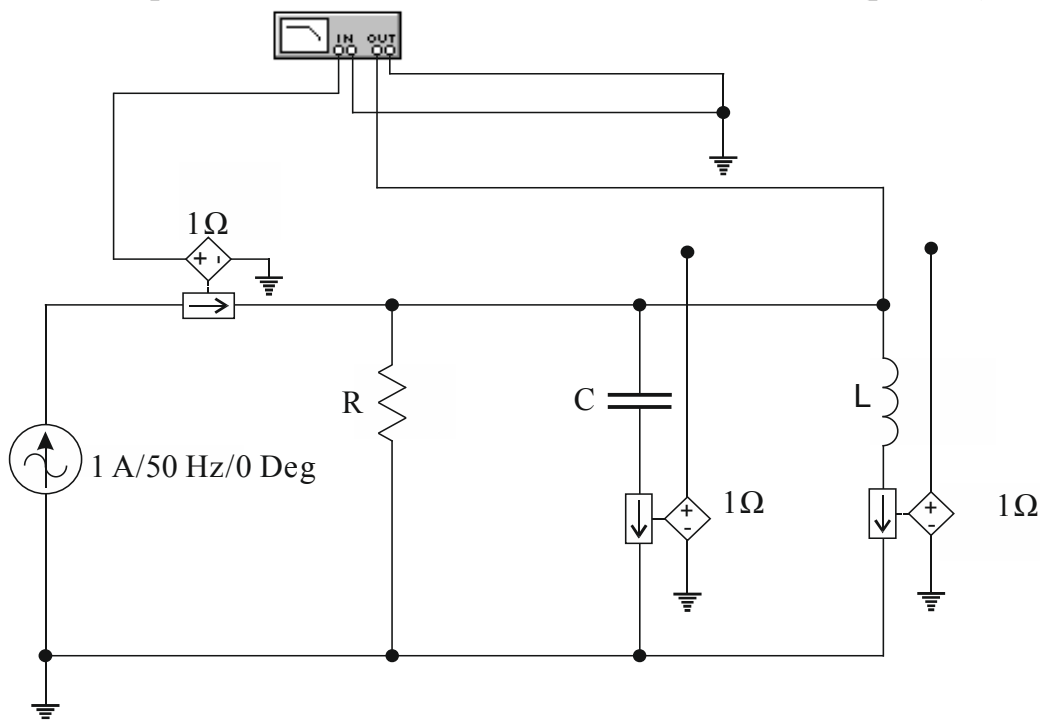


Рис. 4.3.

1.5. Включить схему. Двойным щелчком мыши по уменьшенному изображению

боде-плоттера включить его увеличенное изображение (рис.4.4)

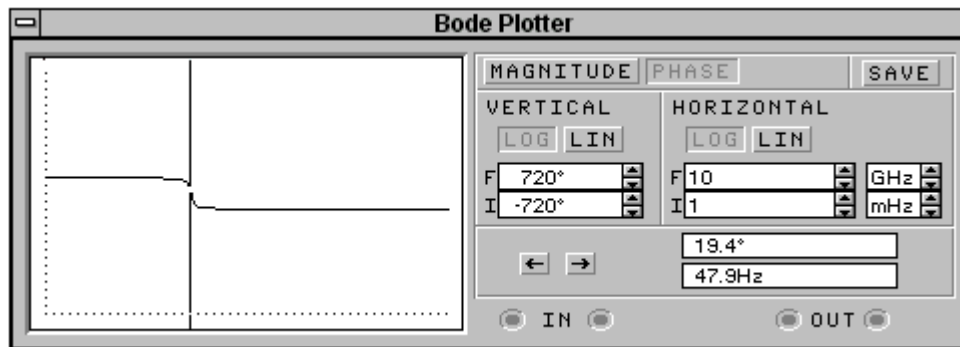


Рис.4.4.

Для получения фазо-частотной характеристики (ФЧХ) на верхней панели плоттера включить кнопку PHASE. По вертикальной оси (VERTIKAL) откладывают градусы, - от -7200 до 7200. По горизонтальной оси (HORIZONTAL) всегда откладывают частоту в Герцах, - от 1 mHz до 10 GHz. С помощью стрелок  $\leftarrow \rightarrow$  или перетаскиванием мышью подвести вертикальную линию к частоте 50 Гц и снять угол сдвига фаз

$$\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$$

Сравнить расчётные данные с показаниями боде-плоттера. Сделать вывод:

---



---



---

### *Исследование схемы с помощью амперметра и вольтметров*

1.6. На рабочем поле к схеме параллельного соединения с источником напряжения 120 В частотой 50 Гц рис.4.2. подключить амперметры и вольтметр (рис.4.5.). Открыв диалоговое окно измерительных приборов (двойным щелчком мыши по изображению прибора), изменить вид измеряемого напряжения (DC заменить на AC).

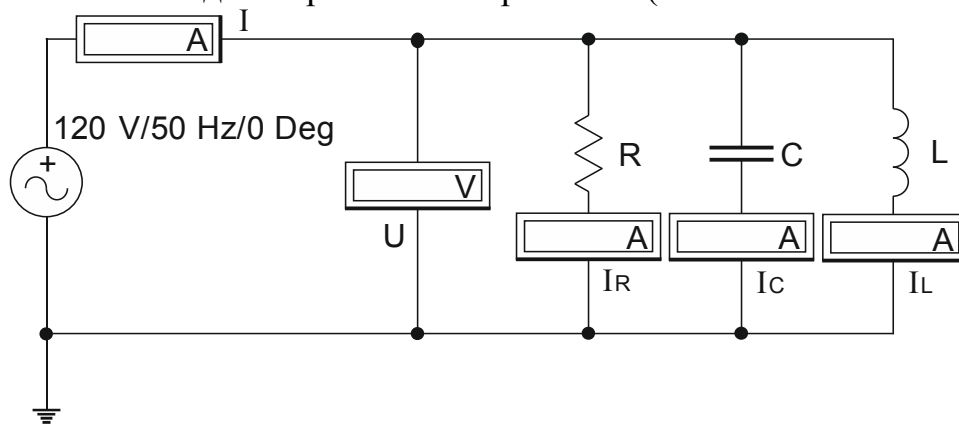


Рис.4.5.

1.7. Включить схему. Снять показания приборов и занести их в табл. 4.2.

Таблица 4.2



I, A	U, V	I <sub>R</sub> , A	I <sub>C</sub> , A	I <sub>L</sub> , A

1.8. Сравнить расчётные данные с показаниями приборов. Сделать вывод:

---



---



---

1.9. По результатам опыта построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжения.

## 2. Эксперимент №2. Исследование резонанса токов

### *Исследование схемы с помощью графопостроителя*

2.1. Вернуться к схеме последовательного соединения с источником переменного тока (рис.4.3), установив частоту источника питания 1 Гц.

2.2. Вычислить резонансную частоту по формуле:

$$f=1/(2\pi\sqrt{LC})=\underline{\hspace{10em}} \text{ Гц}$$

2.3. Включить схему и увеличенное изображение бode-плоттера (рис.4.6). Для получения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) нажать кнопку MAGNITUDE. По вертикальной оси (VERTIKAL) отложить отношение напряжений - в логарифмическом масштабе (LOG) от -200dB до 200dB.

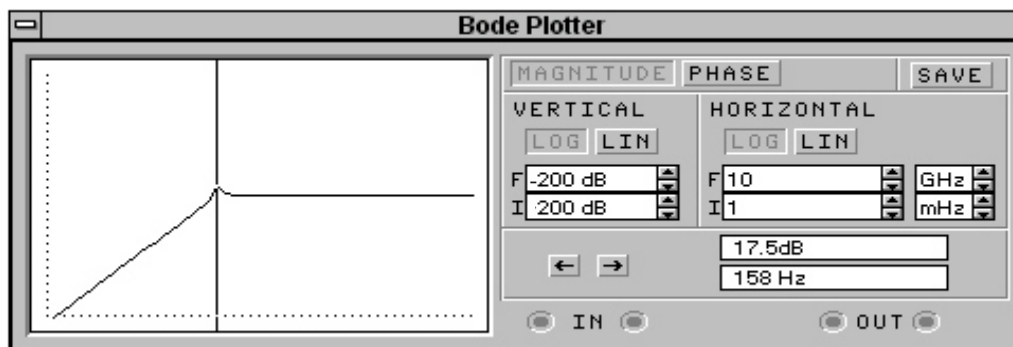




Рис.4.6.

2.4.С помощью стрелок   или перетаскиванием мышью подвести вертикальную линию к минимальному значению амплитуды и снять резонансную частоту:

$$f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Гц}$$

Сравнить расчётные данные с показаниями бode-плоттера, сделать вывод:

---



---



---

### *Исследование схемы с помощью амперметров и вольтметра*

2.5. На схеме параллельного соединения с источником переменного напряжения (рис. 4.5) установить резонансную частоту. Включить схему. Если резонанса токов достичь не удалось (см. признаки резонанса токов), изменяя резонансную частоту, добиться появления резонанса. Снять показания приборов и занести их в табл. 4.3.

Таблица 4.3

I, A	U, V	I <sub>R</sub> , A	I <sub>C</sub> , A	I <sub>L</sub> , A

2.6. По результатам опыта построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжения.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите способы компенсации реактивной мощности в цепях с индуктивностями.
2. Дайте определение явлению резонанса токов.
3. Сформулируйте признаки резонанса токов.
4. В чём заключается вред от наличия в электрических цепях реактивных сопротивлений?

**Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

**Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, «Додэка» М. 2004. – 325 с.

**«Исследование трёхфазных цепей» (ч.1)**  
**Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:**  
**ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6**

**Цель работы:** Исследование схемы трёхфазной цепи переменного тока при соединении фаз генератора и нагрузки «звездой» и «звездой с нулевым проводом»

**Приборы и элементы:**

1. Амперметры.
2. Вольтметры.
3. Источники переменной ЭДС.
4. Резисторы.

**Порядок выполнения работы:**

*1. Эксперимент №1. Исследование схемы при симметричной нагрузке*

1.1. На рабочем поле собрать схему трёхфазной цепи переменного тока при соединении фаз генератора и нагрузки «звездой с нулевым проводом» (рис.5.1)

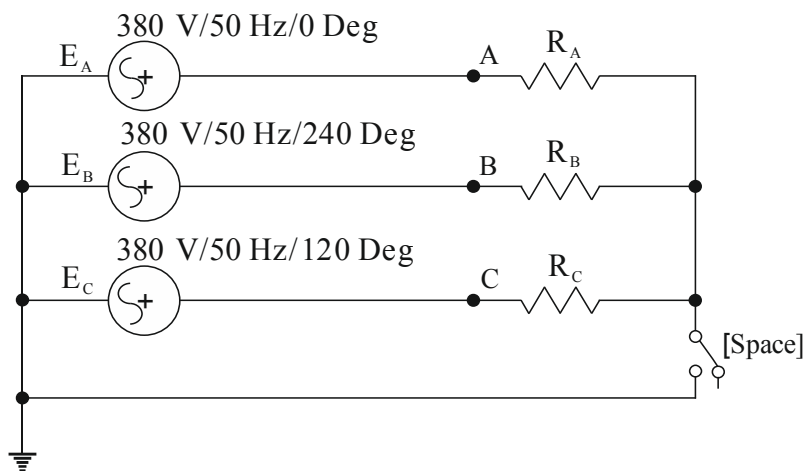


Рис.5.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.5.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту

Таблица 5.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_A=R_B=R_C, \text{ k}\Omega$	2	3	6	9	5	5	6	4	11	7

1.3. Определить линейное напряжение:

$$U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=\sqrt{3} \cdot U_{\phi}=\underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{\phi}=U_A=U_B=U_C=E_A=E_B=E_C=380 \text{ В}$$

1.4. Определить фазный (линейный) ток

$$I_{\phi}=I_L=I_A=I_B=I_C=U_{\phi}/R=\underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

1.5. К схеме трёхфазной цепи переменного тока рис.5.1 подключить амперметры и вольтметры (рис.5.2). Открыв диалоговое окно измерительных приборов (двойным щелчком мыши по изображению прибора) изменить вид измеряемого напряжения (DC заменить на AC).

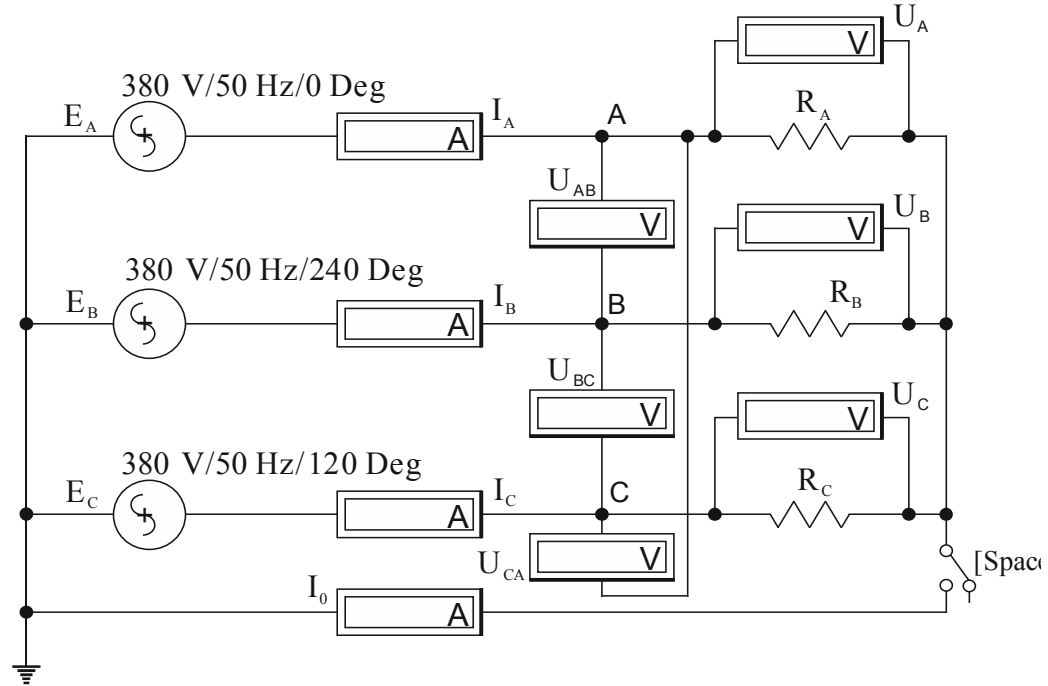


Рис.5.2.

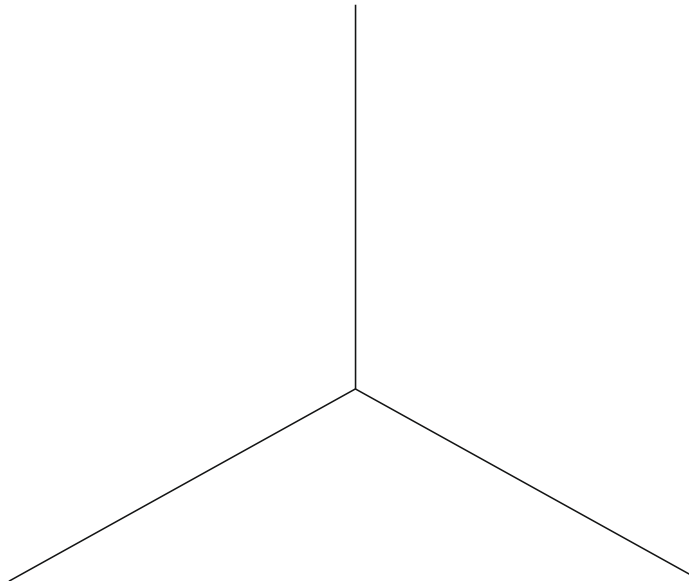
1.6. Включить схему. Измерить линейные и фазные напряжения, линейные (фазные) токи и ток в нулевом проводе при разомкнутом и замкнутом ключе (Space). (Замыкание и размыкание ключа осуществляется нажатием клавиши «пробел» клавиатуры). Показания приборов занести в таблицу 5.2

Таблица 5.2

	$U_{AB}, \text{ В}$	$U_{BC}, \text{ В}$	$U_{CA}, \text{ В}$	$U_A, \text{ В}$	$U_B, \text{ В}$	$U_C, \text{ В}$	$I_A, \text{ А}$	$I_B, \text{ А}$	$I_C, \text{ А}$	$I_0, \text{ А}$

1.7.Сравнить расчётные данные с показаниями приборов. Сделать вывод:

1.8. По показаниям приборов построить в масштабе векторную диаграмму напряжений



$m_U =$  В/см  
 $m_I =$  А/см

## 2. Эксперимент №2. Исследование схемы при несимметричной нагрузке

2.1. На схеме рис.5.2 изменить величины сопротивлений в фазах, согласно варианта (табл.5.3).

Таблица 5.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_A, \text{k}\Omega$	2	3	6	9	5	5	6	4	11	7
$R_B, \text{k}\Omega$	4	2	5	3	4	6	2	10	5	3
$R_C, \text{k}\Omega$	8	5	4	6	2	8	10	6	2	5

2.2. Определить линейное напряжение:

$$U_{AB}=U_{BC}=U_{CA} = \sqrt{3} \cdot U_{\Phi} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{\Phi}=U_A=U_B=U_C=U_{EA}=U_{EB}=U_{EC}=380 \text{ В}$$

2.3. Определить фазные (линейные) токи


$$I_A=U_A/R_A= \underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

$$I_B=U_B/R_B= \underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

$$I_C=U_C/R_C= \underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

2.4. Включить схему. Измерить линейные и фазные напряжения, линейные(фазные) токи и ток в нулевом проводе при замкнутом ключе (Spacе). Показания приборов занести в таблицу 5.4

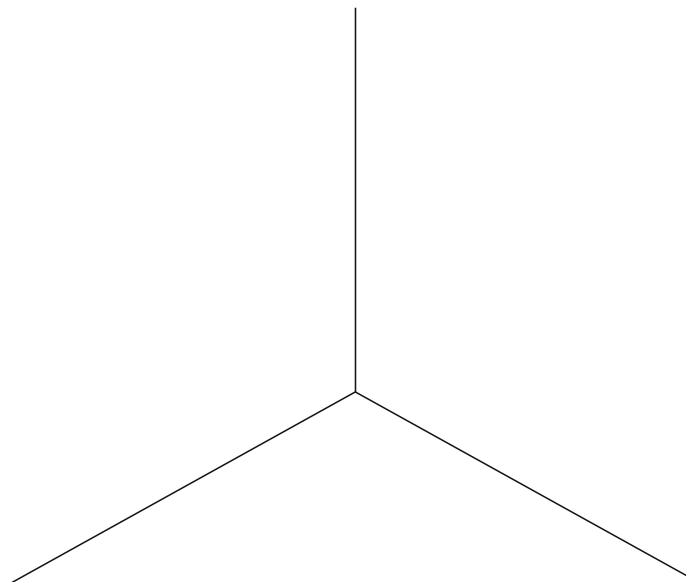
Таблица 5.4

	$U_{AB}, V$	$U_{BC}, V$	$U_{CA}, V$	$U_A, V$	$U_B, V$	$U_C, V$	$I_A, A$	$I_B, A$	$I_C, A$	$I_0, A$
										

2.5. По показаниям приборов построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов

$$m_U = \quad B/cm$$

$$m_I = \quad A/cm$$



2.6. Графическим путём определить ток в нулевом проводе:

а) сложить векторы фазных токов;

б) измерить длину вектора тока в нулевом проводе:  $l = \quad \text{см};$

в) вычислить величину тока в нулевом проводе:

$$I_0 = l \cdot m_I = \quad A$$

2.7. Сравнить расчётные данные с показаниями приборов. Сделать вывод:

---




---



---

2.8. Включить схему. Измерить линейные и фазные напряжения, линейные (фазные) токи и ток в нулевом проводе при разомкнутом ключе (Space). Показания приборов занести в таблицу 5.5

Таблица 5.5

	$U_{AB}, B$	$U_{BC}, B$	$U_{CA}, B$	$U_A, B$	$U_B, B$	$U_C, B$	$I_A, A$	$I_B, A$	$I_C, A$	$I_0, A$
										

2.9. По показаниям приборов сделать вывод:

---



---



---

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите причины по которым трёхфазные сети получили более широкое распространение по сравнению с однофазными.?
2. Назовите основные схемы соединения трёхфазных цепей.
3. Какие напряжения в трёхфазной системе называют фазными и какие - линейными? Во сколько раз и какие из них являются больше других?
4. Какую роль выполняет нулевой провод в четырёхпроводной трёхфазной цепи?

**Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

**Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, «Додэка» М. 2004. – 325 с.



**Лабораторная работа №6**  
**«Исследование трёхфазных цепей» (ч.2)**  
 Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
 ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Исследование схемы трёхфазной цепи переменного тока при соединении фаз генератора «звездой» и нагрузки «треугольником»

**Приборы и элементы:**

1. Амперметры.
2. Вольтметры.
3. Источники переменной ЭДС.
4. Резисторы.

**Порядок выполнения работы:**

*1. Эксперимент №1. Исследование схемы при симметричной нагрузке*

1.1. На рабочем поле собрать схему трёхфазной цепи переменного тока при соединении фаз генератора «звездой» и нагрузки «треугольником» (рис.6.1)

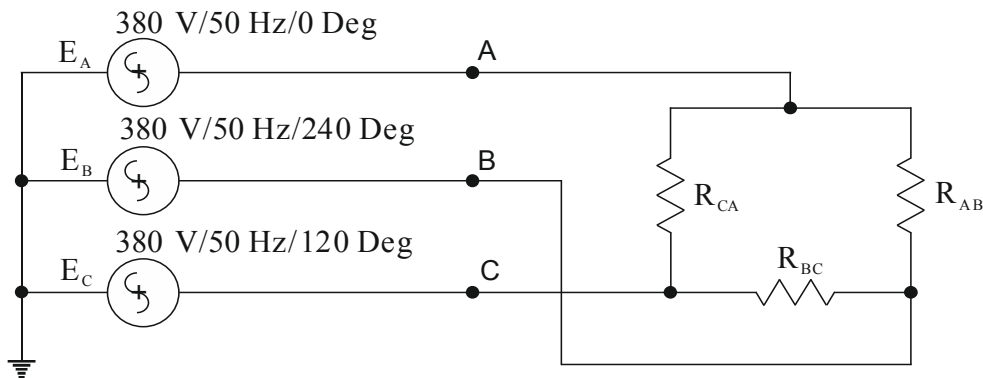


Рис.6.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.6.1.) задать параметры элементов схемы согласно варианту

Таблица 6.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{AB}=R_{BC}=R_{CA}$ , kОм	2	3	6	9	5	5	6	4	11	7

1.3. Определить линейное (фазное) напряжение:

$$U_L = U_\phi = \sqrt{3} \cdot E_\phi = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$E_\phi = E_A = E_B = E_C = 380 \text{ В}$$

1.4. Определить фазный и линейный токи

$$I_\phi = I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = U_\phi / R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

$$I_L = I_A = I_B = I_C = \sqrt{3} \cdot I_\phi = \underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

1.5. К схеме трёхфазной цепи переменного тока рис.6.1 подключить амперметры и вольтметры (рис.6.2). Открыв диалоговое окно измерительных приборов (двойным щелчком мыши по изображению прибора), изменить вид измеряемого напряжения (DC заменить на AC).

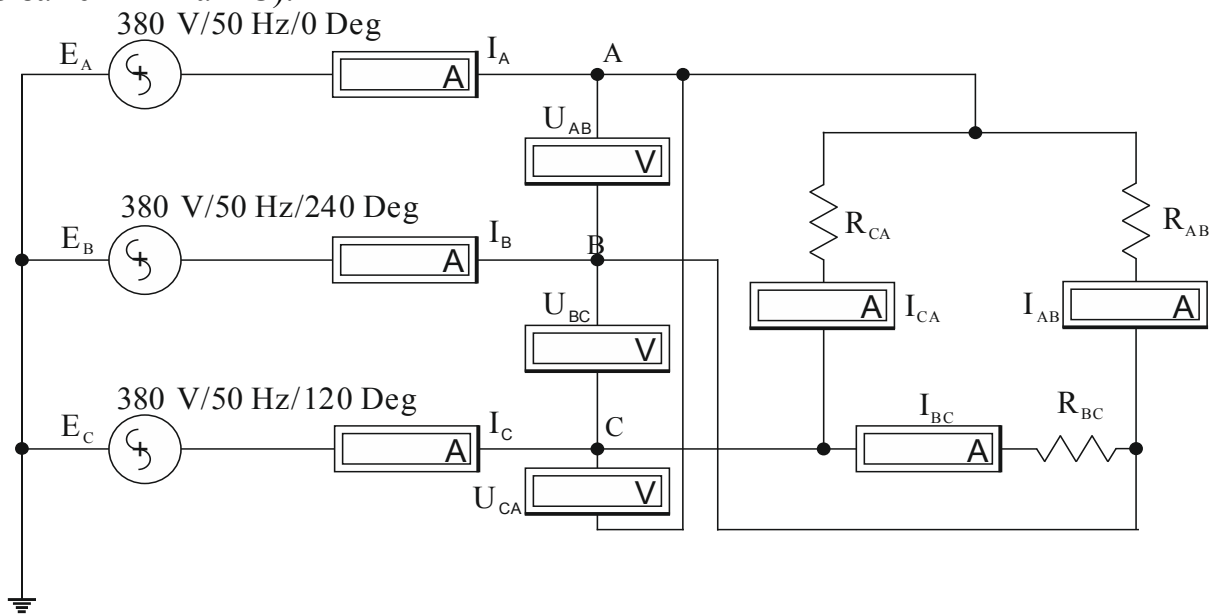


Рис.6.2

1.6. Включить схему. Измерить линейные(фазные) напряжения, фазные и линейные токи.

Показания приборов занести в таблицу 6.2

Таблица 6.2

$U_{AB}, \text{ B}$	$U_{BC}, \text{ B}$	$U_{CA}, \text{ B}$	$I_A, \text{ A}$	$I_B, \text{ A}$	$I_C, \text{ A}$	$I_{AB}, \text{ A}$	$I_{BC}, \text{ A}$	$I_{CA}, \text{ A}$

1.7. Сравнить расчётные данные с показаниями приборов. Сделать вывод:

---



---



---



---

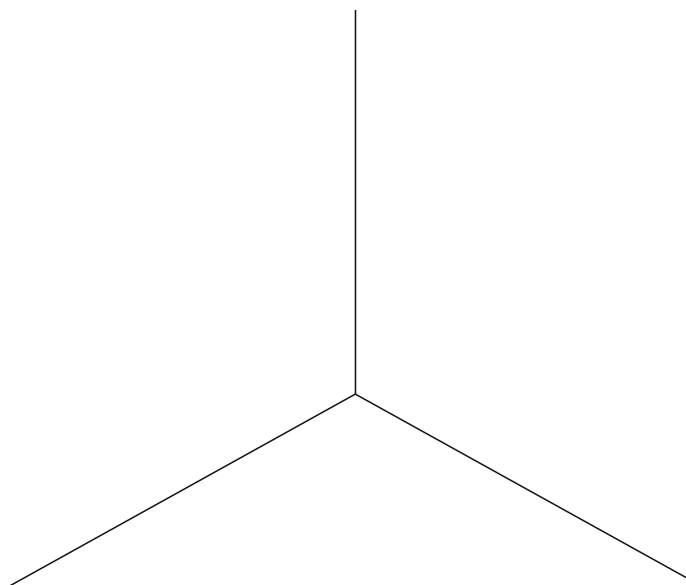


---

1.8. По показаниям приборов построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов

$m_U =$  В/см

$m_I =$  А/см



## 2. Эксперимент №2. Исследование схемы при несимметричной нагрузке

2.1. На схеме рис.6.2 изменить величины сопротивлений в фазах, согласно варианту (табл.6.3).

Таблица 6.3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{AB}$ , kОм	2	3	6	9	5	5	6	4	11	7
$R_{BC}$ , kОм	4	2	5	3	4	6	2	10	5	3
$R_{CA}$ , kОм	8	5	4	6	2	8	10	6	2	5

2.2. Определить линейное (фазное) напряжение:

$$U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=\sqrt{3} \cdot E_{\Phi}=\underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$E_{\Phi}=E_A=E_B=E_C=380 \text{ В}$$

2.3. Определить фазные токи

$$I_{AB}=U_{AB}/R_{AB}=\underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

$$I_{BC}=U_{BC}/R_{BC}=\underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

$$I_{CA}=U_{CA}/R_{CA}=\underline{\hspace{2cm}} \text{ А}$$

2.4. Включить схему. Измерить линейные (фазные) напряжения, фазные и линейные токи.

Показания приборов занести в таблицу 6.4

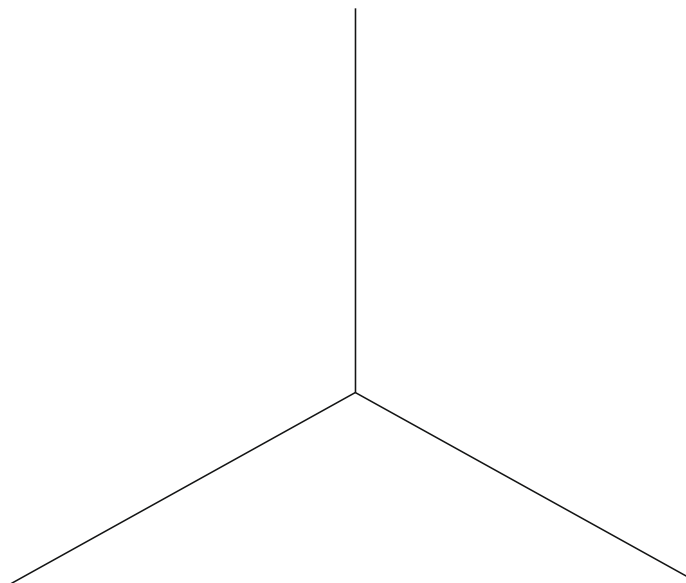
Таблица 6.4

$U_{AB}, В$	$U_{BC}, В$	$U_{CA}, В$	$I_A, А$	$I_B, А$	$I_C, А$	$I_{AB}, А$	$I_{BC}, А$	$I_{CA}, А$

2.5. По показаниям приборов построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов

$$m_U = \text{В/см}$$

$$m_I = \text{А/см}$$



2.6. Графическим путём определить линейные токи:

а) соединить концы векторов фазных токов;

б) измерить длины векторов линейных токов:

$$l_{IA} = \text{см}, l_{IB} = \text{см}, l_{IC} = \text{см};$$

в) вычислить величины линейных токов:

$$I_A = l_{IA} \cdot m_I = \text{А}$$

$$I_B = l_{IB} \cdot m_I = \text{А}$$

$$I_C = l_{IC} \cdot m_I = \text{А}$$

2.7. Сравнить данные построений с показаниями приборов. Сделать вывод:

---



---



---



---



---

## **Контрольные вопросы:**

1. Приведите определение линейных и фазных напряжений, линейных и фазных токов.
2. Приведите основные соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при соединении симметричной нагрузки треугольником?
3. Объясните причины, по которым обмотки трёхфазных генераторов переменного тока целесообразнее соединять в звезду.

## **Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

## **Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, «Додэка» М. 2004. – 325 с.

**Лабораторная работа №7**  
**«Исследование полупроводникового диода»**  
Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Исследование напряжения и тока диода при прямом и обратном включении  $p$ - $n$  перехода. Построение и исследование вольтамперной характеристики (ВАХ). Исследование сопротивления диода при прямом и обратном включении по ВАХ. Анализ сопротивления диода (прямое и обратное включение) на переменном и постоянном токе. Измерение напряжения изгиба ВАХ.

**Приборы и элементы:**

1. Функциональный генератор.
2. Осциллограф.
3. Мультиметр.
4. Амперметр.
5. Вольтметр.
6. Источник постоянного напряжения.
7. Диод.
8. Резисторы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Эксперимент №1. Измерение напряжения и тока, вычисление тока через диод.

1.1. На рабочем поле собрать схему (рис.7.1)

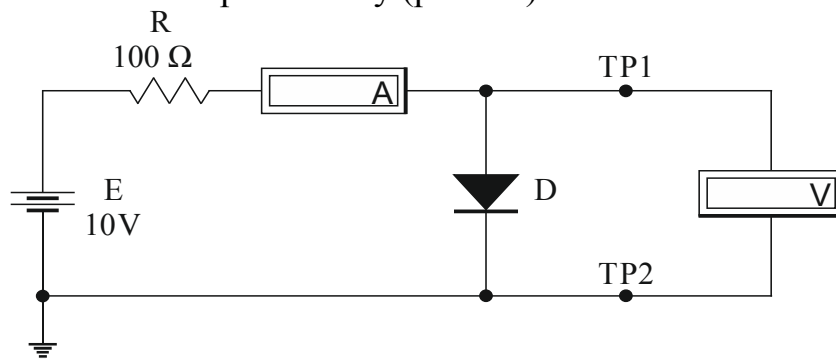


Рис.7.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.7.1.) задать тип диода согласно варианту

Таблица 7.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип диода	1N3064	1N4009	1N4148	1N4149	1N4150	1N4151	1N4152	1N4153	1N4154	1N4305

1.3. Включить схему. Измерить напряжение и ток диода при прямом включении. Показания приборов занести в таблицу 7.2. Перевернуть диод и снова запустить схему. Измерить напряжение и ток диода при обратном включении. Результаты измерений занести в таблицу 7.2.

Таблица 7.2.

Прямое включение диода		Обратное включение диода	
$I_{пр}$ , А	$U_{пр}$ , В	$I_{об}$ , А	$U_{об}$ , В

1.4. Вычислить ток диода при прямом и обратном включении:

$$I_{пр} = (E - U_{пр}) / R = \text{_____} \text{ А}$$

$$I_{об} = (E - U_{об}) / R = \text{_____} \text{ А}$$

1.5. Сравнить расчётные значения прямого и обратного токов с показаниями амперметра при прямом и обратном включении диода. Сделать вывод:

---



---



---



---

## 2. Эксперимент №2. Измерение статического сопротивления диода.

2.1. На рабочем поле, не разбирая схему рис.7.1 собрать схему (рис.7.2)

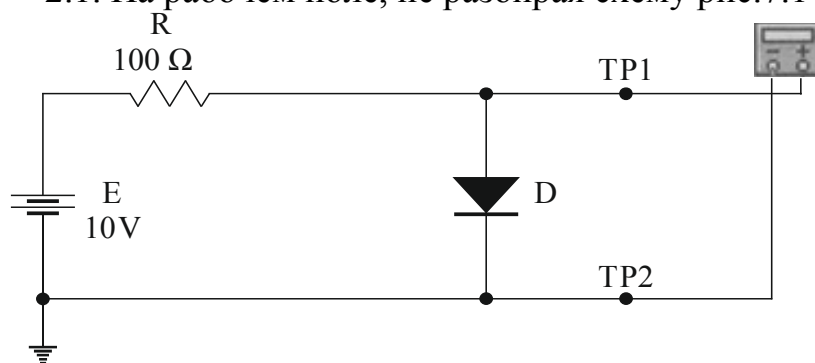


Рис. 7.2.

2.2. Из таблицы вариантов (табл.7.1.) задать тип диода согласно варианту. Включить схему. Измерить сопротивление диода при прямом и обратном подключении, используя мультиметр в режиме омметра. Показания прибора занести в табл. 7.3. (Малые значения сопротивления соответствуют прямому подключению.)

Таблица 7.3

Прямое включение диода	Обратное включение диода
$R_{пр}$ , Ом	$R_{об}$ , Ом

## 3. Эксперимент №3. Снятие вольтамперной характеристики диода.

3.1. Прямая ветвь ВАХ. Включить схему рис.7.1. Последовательно устанавливая значения ЭДС источника равными 5 В, 4 В, 3 В, 2 В, 1 В, 0.5 В, 0 В измерить прямое напряжение и прямой ток диода. Показания приборов занести в таблицу 7.4.

Таблица 7.4.

Е, В	U <sub>пр</sub> , В	I <sub>пр</sub> , мА
5		
4		
3		
2		
1		
0.5		
0		

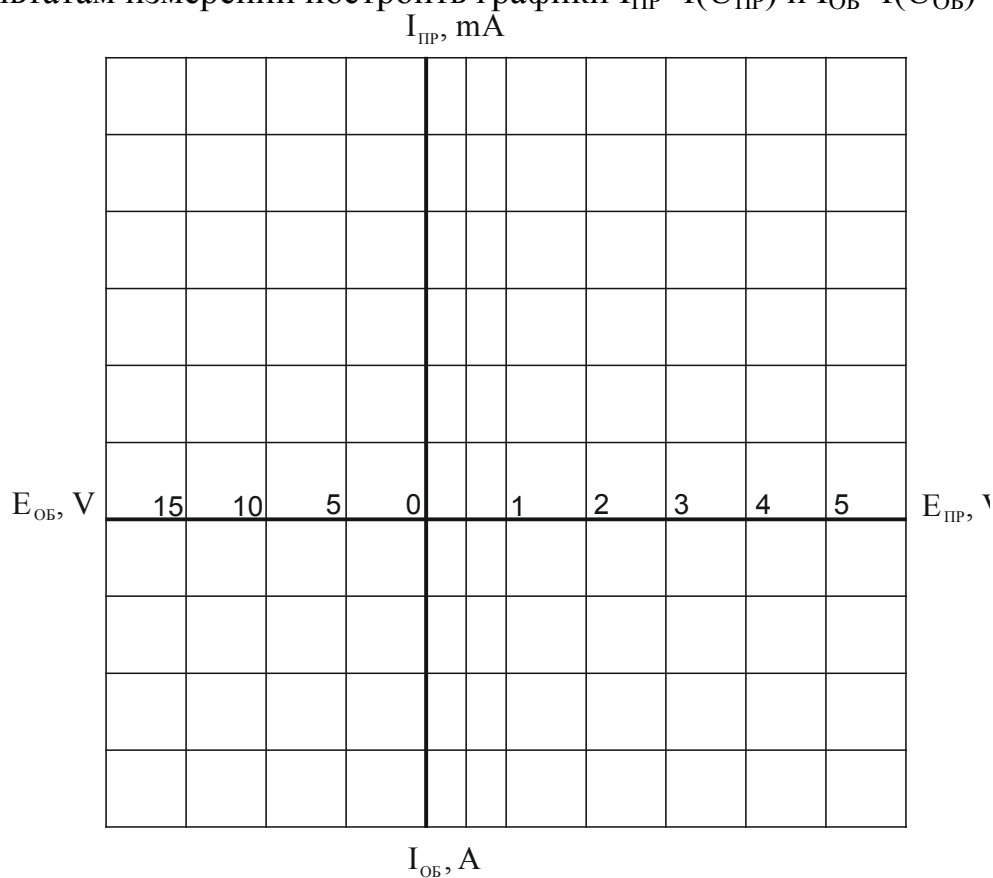
3.2. Обратная ветвь ВАХ. Перевернуть диод (рис.7.1). Включить схему.

Последовательно устанавливая значения ЭДС источника равными 0 В, 5 В, 10 В, 15 В измерить обратное напряжение и обратный ток диода. Показания приборов занести в таблицу 7.5.

Таблица 7.5.

Е, В	U <sub>об</sub> , В	I <sub>об</sub> , мА
0		
5		
10		
15		

3.3. По результатам измерений построить графики  $I_{\text{пр}}=f(U_{\text{пр}})$  и  $I_{\text{об}}=f(U_{\text{об}})$



3.4. Построить касательную к графику прямой ветви ВАХ при  $I_{\text{пр}}=4 \text{ мА}$  и вычислить дифференциальное сопротивление диода по наклону касательной:



$R_{\text{диф}} = \text{tg} \alpha = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$   
 (Угол  $\alpha$  - угол между касательной к графику и осью  $E_{\text{пр}}$ )

3.5. Построить касательную к графику обратной ветви ВАХ при  $E_{\text{об}} = 5 \text{ В}$  и вычислить дифференциальное сопротивление диода по наклону касательной:

$R_{\text{диф}} = \text{tg} \beta = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$   
 (Угол  $\beta$  - угол между касательной к графику и осью  $E_{\text{об}}$ )

3.6. Вычислить статическое сопротивление диода по графику прямой ветви ВАХ при  $I_{\text{пр}} = 4 \text{ mA}$ :

$R_{\text{ст}} = U_{\text{пр}} / I_{\text{пр}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$

3.7. Сравнить вычисленное значение статического сопротивления диода с измеренным в Эксперименте №2 при прямом подключении диода. Сделать вывод:

---



---



---



---

#### 4. Эксперимент №4. Получение ВАХ на экране осциллографа.

4.1. На рабочем поле собрать схему (рис. 7.3)

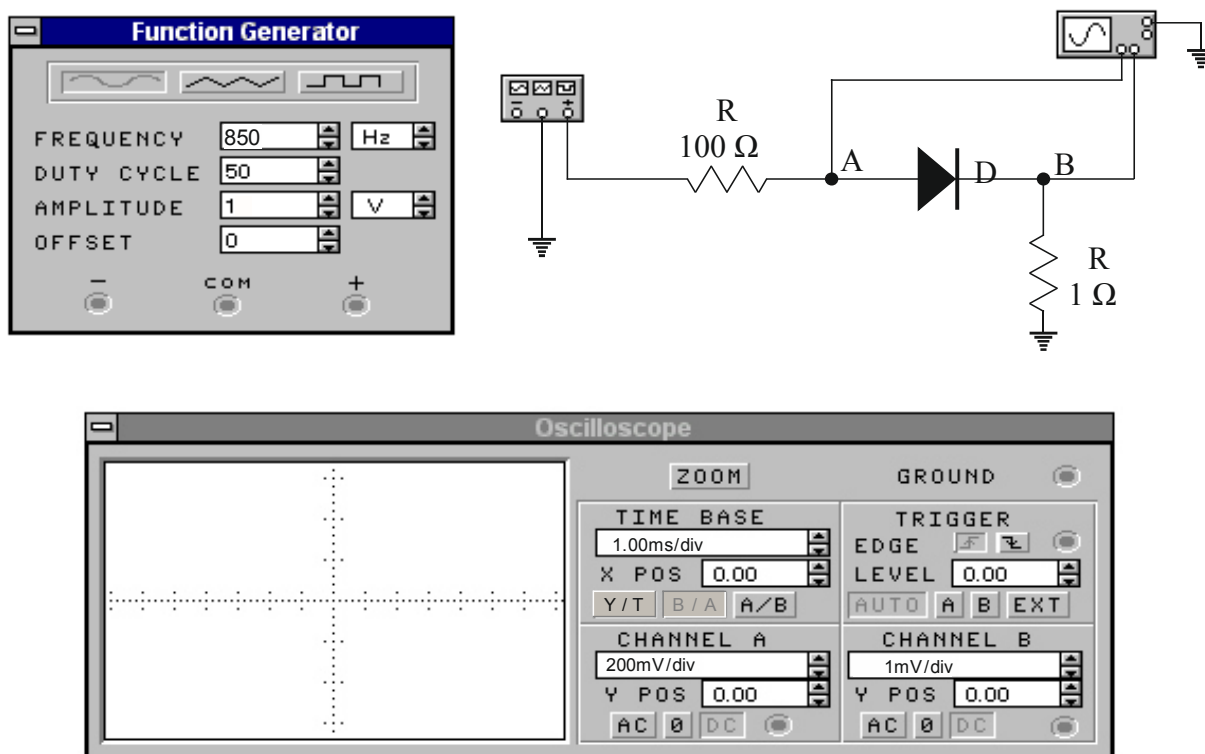
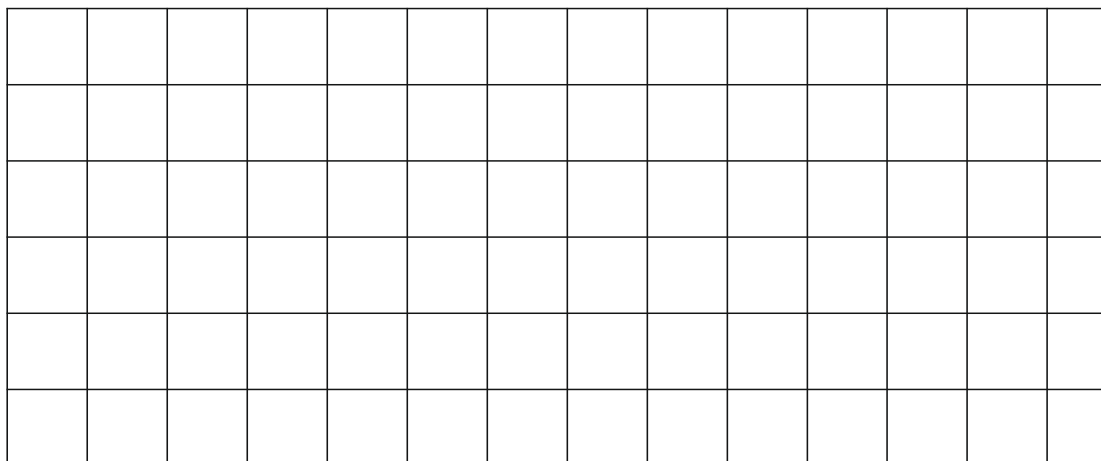


Рис.7.3.

4.2. Из таблицы вариантов (табл.7.1.) задать тип диода согласно варианту. Включить схему и увеличенное изображение осциллографа. Включить расширенное изображение осциллографа (нажав клавишу «Expand» осциллографа). На ВАХ, появившейся на экране осциллографа, по горизонтальной оси считывается напряжение на диоде в милливольтках (канал А), а по вертикальной - ток в миллиамперах (канал В, 1mV соответствует 1 mA).

4.3. Зарисовать ВАХ с экрана осциллографа:



4.4. Сравнить токи через диод при прямом и обратном подключении по порядку величин. Почему они различны?

---

---

---

### Контрольные вопросы:

1. Назовите основные особенности полупроводниковых материалов.
2. Дайте определение  $p - n$  - перехода.
3. Почему  $p - n$  - переход часто называют запирающим слоем?
4. Дайте характеристику выпрямительным полупроводниковым диодам.
5. Как зависят свойства  $p - n$  - перехода от температуры и частоты приложенного напряжения?

**Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

**Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, Т.2. «Додэка» М. 2004. – 325 с.

## Лабораторная работа №8 «Исследование стабилитрона»

Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Построение обратной ветви ВАХ стабилитрона и определение напряжения стабилизации. Вычисление тока и мощности, рассеиваемой стабилитроном. Определение дифференциального сопротивления стабилитрона по ВАХ. Исследование изменения напряжения стабилитрона при изменении входного напряжения в схеме параметрического стабилизатора. Исследование изменения напряжения на стабилитроне при изменении сопротивления в схеме параметрического стабилизатора.

### Приборы и элементы:

1. Функциональный генератор.
2. Осциллограф.
3. Мультиметр.
4. Источник постоянной ЭДС.
5. Стабилитрон.
6. Резисторы.
7. Амперметры.
8. Вольтметр.

### Порядок выполнения работы:

1. Эксперимент №1. Измерение напряжения и вычисление тока через стабилитрон.

1.1. На рабочем поле собрать схему (рис.8.1)

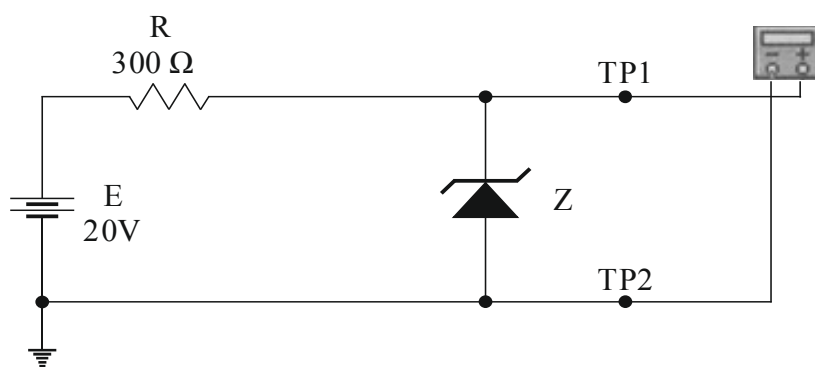


Рис.8.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.8.1.) задать тип стабилитрона согласно варианту

Таблица 8.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип	1N4370A	1N4371A	1N4372A	1N4678	1N4681	1N4728A	1N4729A	1N4730A	1N4731A	1N4732A

Занести результаты измерений в ту же таблицу.

E, В	U <sub>ст</sub> , В	I <sub>ст</sub> , А
0		
4		
6		
10		
15		
20		
25		
30		
35		

$$I_{CT}=(E-U_{CT})/R$$

1.5. По данным таблицы 8.2 построить ВАХ стабилизатора  $I_{CT} = f(U_{CT})$

44

1.6. По вольтамперной характеристике стабилитрона определить напряжение стабилизации:

$$U_{\text{СТАБ}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.7. Вычислить мощность, рассеиваемую на стабилитроне при напряжении  $U_{\text{СТ}}=20 \text{ В}$ :

$$P_{\text{СТ}} = I_{\text{СТ}} \cdot U_{\text{СТ}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Вт}$$

1.8. Измерить угол наклона ВАХ в области стабилизации напряжения (угол между касательной в области стабилизации и осью напряжения) и определить дифференциальное сопротивление стабилитрона в этой области:

$$R_{\text{диф}} = \text{tg} \alpha = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом}$$

2. Эксперимент №2. Измерение точек нагрузочной характеристики параметрического стабилизатора.

2.1. На рабочем поле собрать схему (рис.8.2), подключив параллельно стабилитрону резистор  $R_L=75 \text{ Ом}$ . Значение ЭДС источника установить равным 20 В. Из таблицы вариантов (табл.8.1.) задать тип стабилитрона согласно варианту.

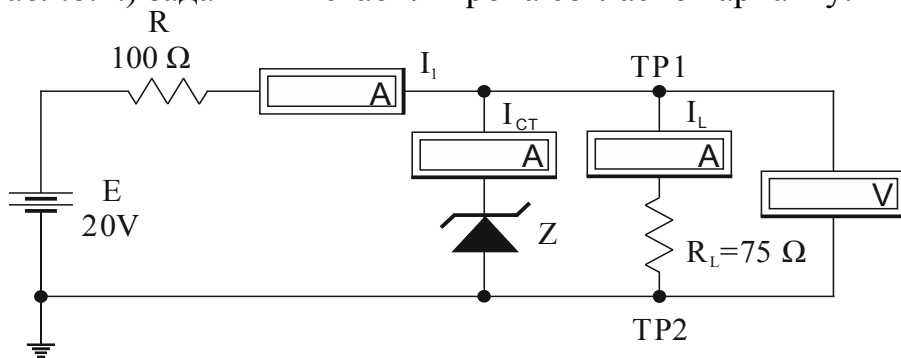


Рис.8.2.

2.2. Включить схему. Показания приборов занести в таблицу 8.3.

Таблица 8.3

$R_L, \text{ Ом}$	$U_{\text{СТ}}, \text{ В}$	$I_1, \text{ mA}$	$I_L, \text{ mA}$	$I_{\text{СТ}}, \text{ mA}$
75				
100				
200				
300				
600				
1000				
к.з.				

2.3. Повторить измерения при сопротивлениях резистора  $R_L$  равным значениям, указанным в табл. 8.3 и при коротком замыкании. Показания приборов занести в ту же таблицу.

### 3. Эксперимент №3. Получение ВАХ на экране осциллографа.

3.1. На рабочем поле собрать схему (рис.8.3). Из таблицы вариантов (табл.8.1.) задать тип стабилитрона согласно варианту

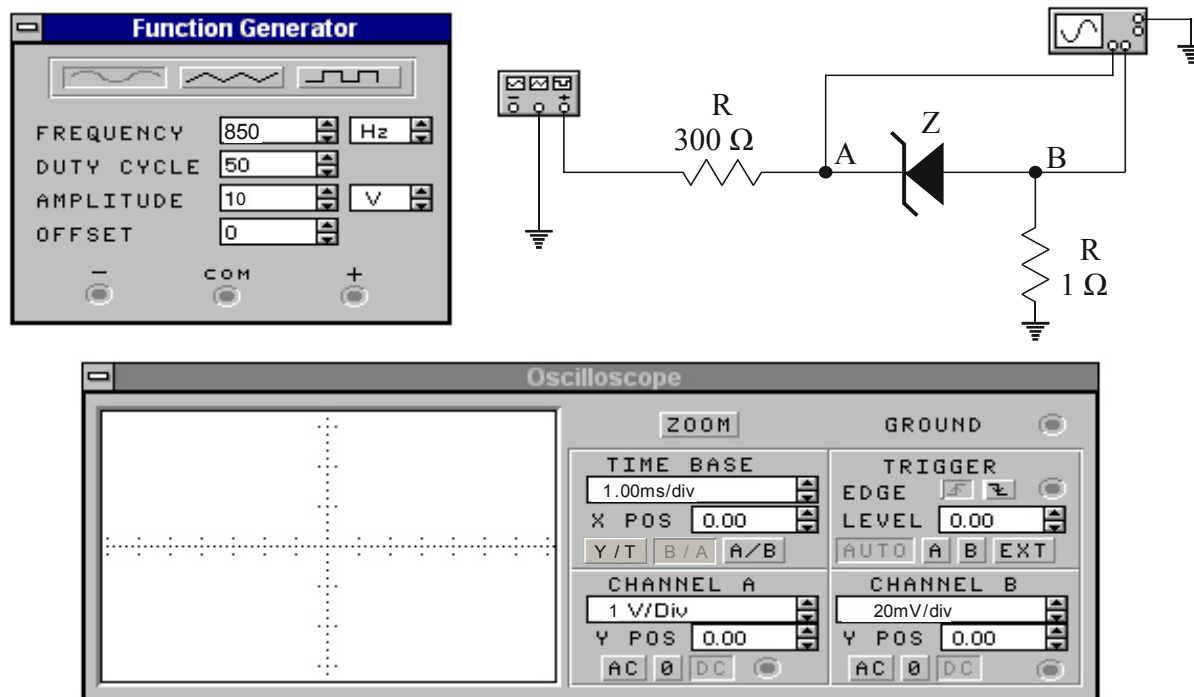


Рис.8.3.

3.2. Включить схему и увеличенное изображение осциллографа. Включить расширенное изображение осциллографа (нажав клавишу «Expand» осциллографа). На ВАХ, появившейся на экране осциллографа, измерить напряжение стабилизации:

$$U_{\text{СТАБ}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

3.3. Сравнить напряжение стабилизации п. 1.5 с измеренным значением, сделать вывод:

---



---

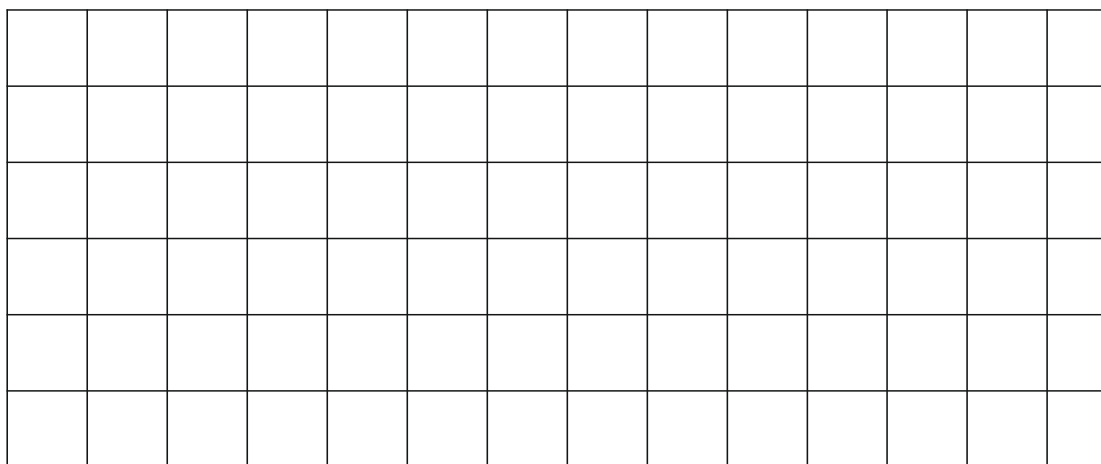


---



---

### 3.4. Зарисовать ВАХ, полученную на экране осциллографа



#### Контрольные вопросы:

1. Назовите виды пробоя электронно-дырочного перехода.
2. Приведите основные характеристики стабилитрона.
3. Какие свойства кремниевых стабилитронов позволяют использовать их в схемах стабилизаторов напряжения?

#### Основные источники:

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

#### Дополнительные источники:

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, Т.2. «Додэка» М. 2004. – 325 с.



**Лабораторная работа №9**  
**«Исследование биполярного транзистора»**  
**Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:**  
**ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6**

**Цель работы:** Исследование зависимости тока коллектора от тока базы и напряжения база-эмиттер. Анализ зависимости коэффициента усиления по постоянному току от тока коллектора. Исследование работы биполярного транзистора в режиме отсечки. Получение входных и выходных характеристик транзистора. Определение коэффициента передачи по переменному току. Исследование динамического входного сопротивления транзистора.

**Приборы и элементы:**

1. Биполярный транзистор.
2. Осциллограф.
3. Источник переменной ЭДС.
4. Источник постоянной ЭДС.
5. Амперметры.
6. Вольтметры.
7. Диод.
8. Резисторы

**Порядок выполнения работы:**

*1. Эксперимент №1. Определение статического коэффициента передачи тока транзистора.*

1.1. На рабочем поле собрать схему (рис.9.1)

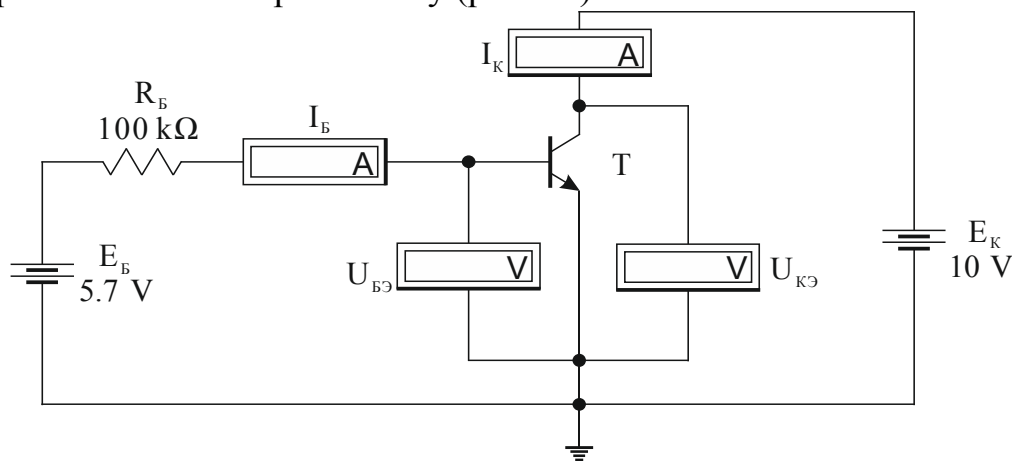


Рис.9.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.9.1.) задать тип транзистора согласно варианту

Таблица 9.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип	2N2712	2N2714	2N2923	2N2924	2N2925	2N3390	2N3391	2N3391A	2N3392	2N3393

1.3. Включить схему. Записать результаты измерения тока базы, тока коллектора, напряжения база-эмиттер и напряжения коллектор-эмиттер таблицу 9.2.  
(ЭДС источников  $E_B = 5.7 \text{ В}$  и  $E_K = 10 \text{ В}$ ).

1.4. Повторить измерения при  $E_B = 2.68 \text{ В}$  и занести их в табл.9.2.

Таблица 9.2

$E_B, \text{ В}$	$I_B, \text{ А}$	$I_K, \text{ А}$	$U_{БЭ}, \text{ В}$	$U_{КЭ}, \text{ В}$	$\beta_{DC}$
5.7					
2.68					

1.5. Вычислить статический коэффициент передачи тока транзистора по формуле:

$$\beta_{DC} = I_K / I_B$$

Результаты вычислений записать в табл. 9.2.

1.6. Изменить номинал источника ЭДС  $E_K$  до 5 В. Включить схему. Произвести измерения при  $E_B = 5.7 \text{ В}$  и  $E_B = 2.68 \text{ В}$ . Результаты занести в табл. 9.3.

Таблица 9.3

$E_B, \text{ В}$	$I_B, \text{ А}$	$I_K, \text{ А}$	$U_{БЭ}, \text{ В}$	$U_{КЭ}, \text{ В}$	$\beta_{DC}$
5.7					
2.68					

1.7. Вычислить статический коэффициент передачи тока транзистора по формуле:

$$\beta_{DC} = I_K / I_B$$

Результаты вычислений записать в табл. 9.3.

## 2. Эксперимент №2. Измерение обратного тока коллектора.

2.1. На схеме рис. 9.1 изменить номиналы источников ЭДС  $E_B = 0 \text{ В}$  и  $E_K = 10 \text{ В}$ . Включить схему. Результаты измерений занести в табл. 9.4.

Таблица 9.4.

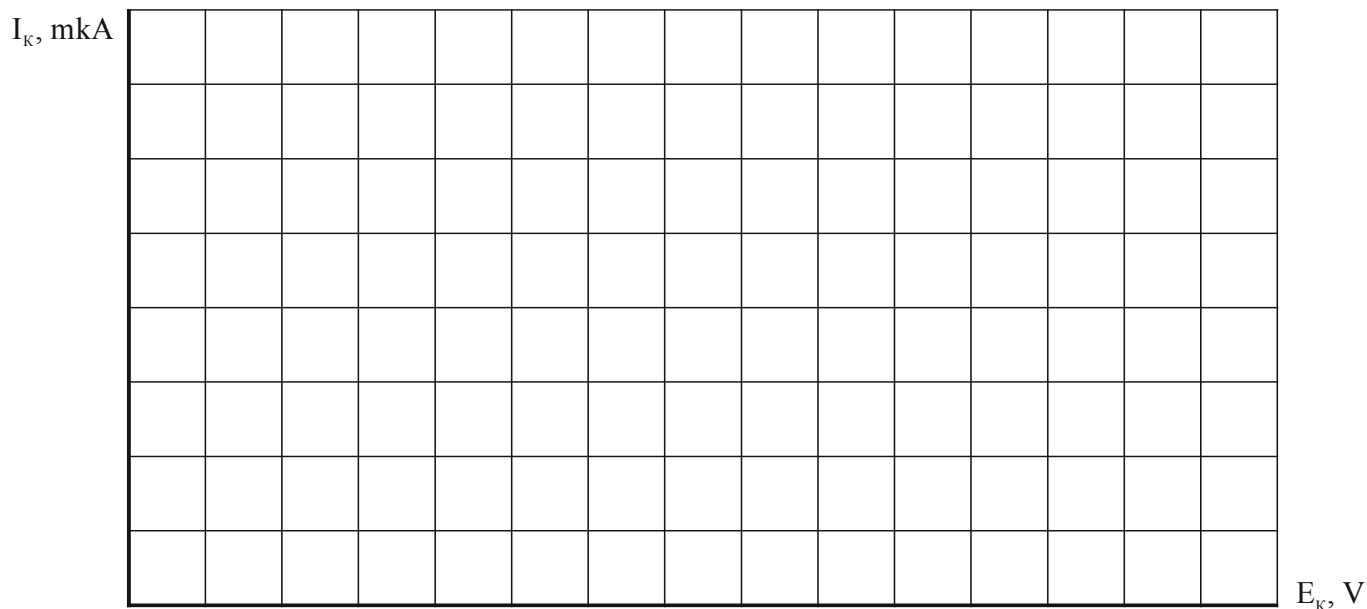
$I_K, \text{ А}$	$I_B, \text{ А}$	$U_{БЭ}, \text{ В}$	$U_{КЭ}, \text{ В}$

## 3. Эксперимент №3. Получение выходной характеристики транзистора в схеме с ОЭ.

3.1. В схеме рис. 9.1 произвести измерения тока коллектора  $I_K$  для каждого значения  $E_K$  и  $E_B$ . Результаты занести в табл. 9.5. По данным табл.9.5. построить график зависимости  $I_K$  от  $E_K$ .

Таблица 9.5

$E_K, B$	0.1	0.5	1	5	10	20
$E_B, B$	$I_K, mA$					
1.66						
2.68						
3.68						
4.68						
5.7						



3.2. Не удаляя схему рис. 9.1, на рабочем поле собрать схему рис.9.2

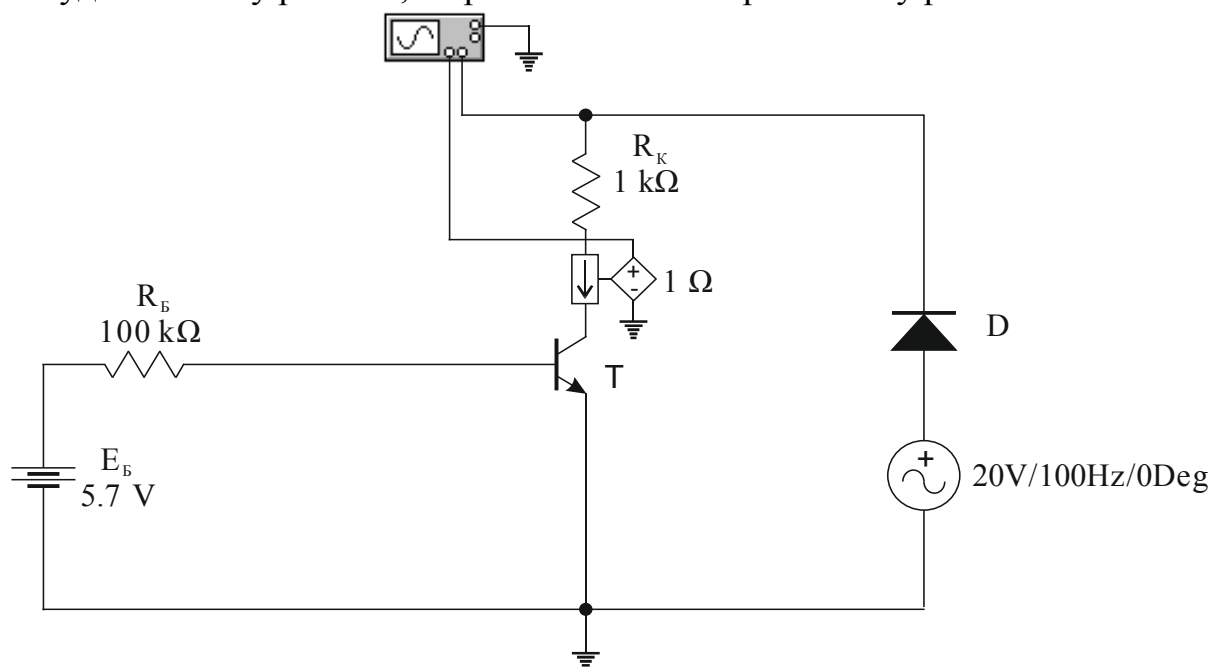


Рис.9.2.

3.3. Включить схему. Зарисовать осциллограмму выходной характеристики, соблюдая масштаб. Повторить измерения для каждого значения  $E_B$  из табл.9.5. Осциллограммы выходных характеристик для различных токов базы зарисовать на одном графике.


3.4. По выходной характеристике найти коэффициент передачи тока  $\beta_{AC}$  при изменении тока с 10  $\mu A$  до 30  $\mu A$ ,  $E_K=10$  В:

$$\beta_{AC} = \Delta I_K / \Delta I_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

#### 4. Эксперимент №4. Получение входной характеристики транзистора в схеме с ОЭ.

4.1. На схеме рис.9.1. установить значение ЭДС  $E_K=10$  В и произвести измерения тока базы, напряжения база-эмиттер, тока эмиттера для различных значений напряжения источника  $E_B$  в соответствии с таблицей 9.6. Результаты измерений занести в эту же таблицу. Обратите внимание, что коллекторный ток примерно равен току в цепи эмиттера

Таблица 9.6.

$E_B$ , В	$I_B$ , А	$U_{БЭ}$ , В	$I_K$ , А
1.66			
2.68			
3.68			
4.68			
5.7			

4.2. По данным таблицы 9.6. построить график зависимости тока базы от напряжения база-эмиттер.

$I_B$ , мкА


$U_{БЭ}$ , В

4.3. На рабочем поле собрать схему рис.9.3.

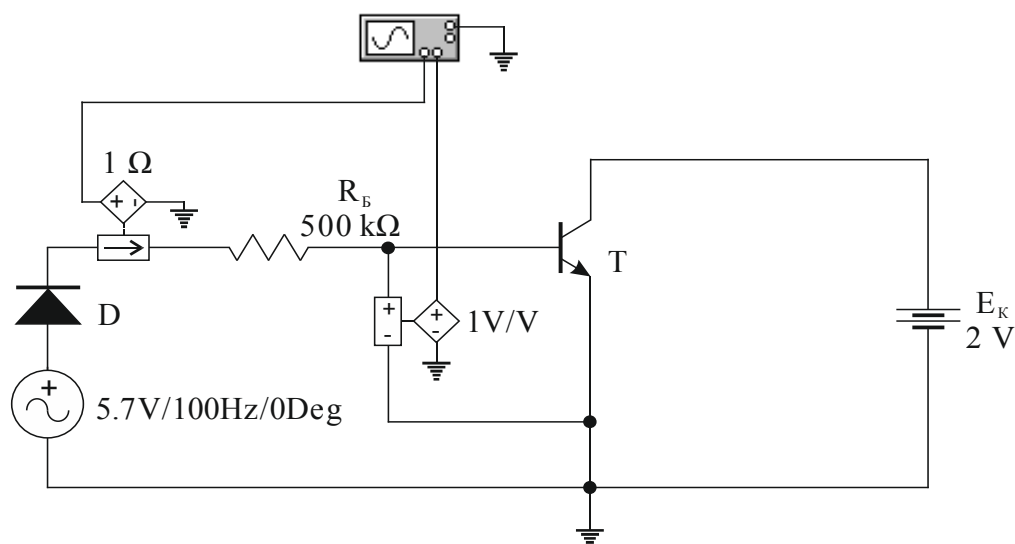


Рис.9.3.

4.4. Включить схему и увеличенное изображение осциллографа. Зарисовать входную характеристику транзистора, соблюдая масштаб.


4.5. По входной характеристике найти входное сопротивление при изменении базового тока с 10  $\mu\text{A}$  до 30  $\mu\text{A}$ :

$$r_{\text{BX}} = \Delta U_{\text{БЭ}} / \Delta I_{\text{Б}} = (U_{\text{БЭ2}} - U_{\text{БЭ1}}) / (I_{\text{Б2}} - I_{\text{Б1}}) = \underline{\hspace{10em}} \text{ Ом}$$

4.6. Ответить на вопрос:

От чего зависит ток коллектора транзистора?

---



---



---



---



---

## **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение биполярного транзистора.
2. Какие структурные схемы биполярных транзисторов вы знаете?
3. Назовите основные характеристики биполярного транзистора.
4. Объясните усилительные свойства биполярных транзисторов.

### **Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

### **Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, Т.2. «Додэка» М. 2004. – 325 с.

## Лабораторная работа №10

### «Исследование однополупериодного выпрямителя»

Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:

ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Анализ процессов в схеме однополупериодного выпрямителя. Определение среднего значения выходного напряжения (постоянной составляющей). Определение частоты выходного сигнала. Анализ обратного напряжения на диоде. Исследование влияния конденсатора на форму выходного напряжения. Измерение частоты выходного напряжения выпрямителя с ёмкостным фильтром. Исследование влияния величины ёмкости конденсатора фильтра на среднее значение выходного напряжения.

#### Приборы и элементы:

1. Мультиметр.
2. Осциллограф.
3. Источник переменной ЭДС.
4. Трансформатор.
5. Кремниевые диоды.
6. Резисторы.
7. Конденсаторы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Эксперимент №1. Исследование входного и выходного напряжения однополупериодного выпрямителя.

1.1. На рабочем поле собрать схему (рис.10.1)

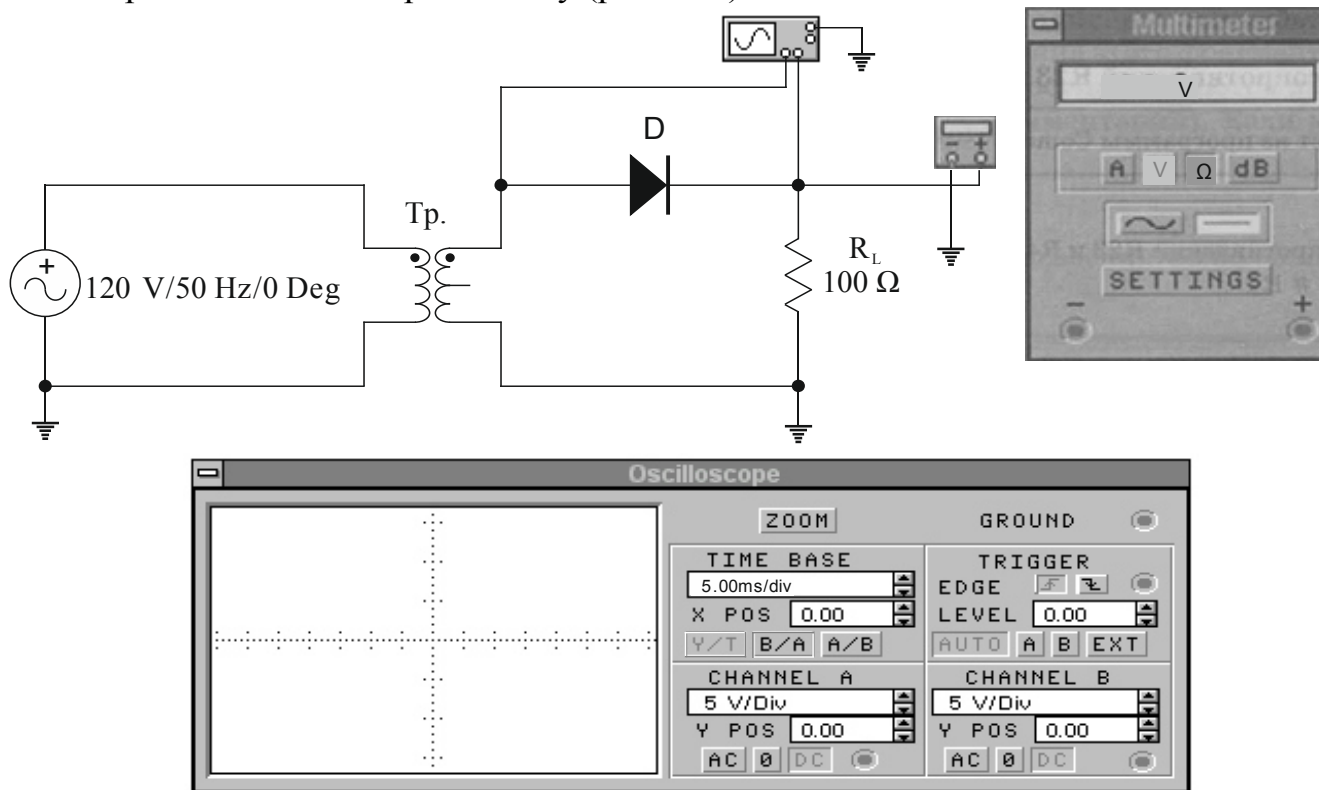


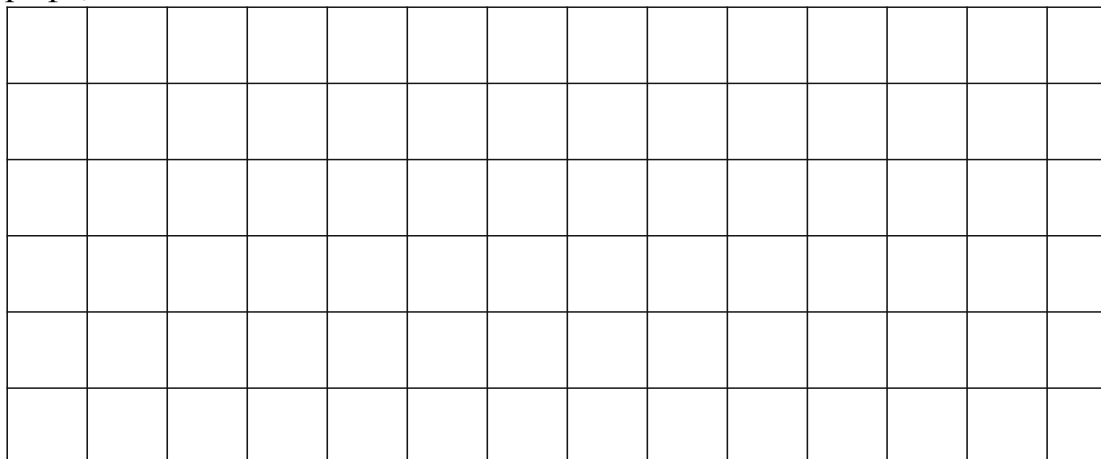
Рис.10.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.10.1.) задать тип диода и трансформатора согласно варианту

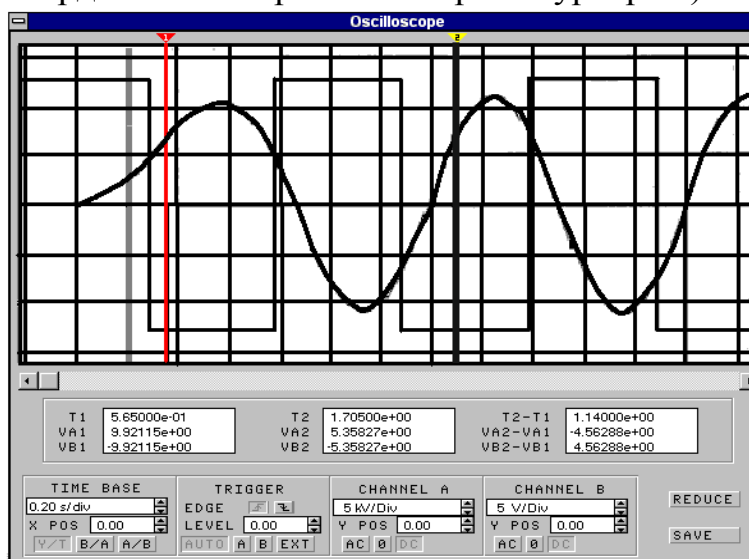
Таблица 10.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип диода	1N3064	1N4009	1N4148	1N4149	1N4150	1N4151	1N4152	1N4153	1N4154	1N4305
Тип тр.	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal

1.3. Включить схему и увеличенное изображение осциллографа. На вход А осциллографа подаётся выходной сигнал, а на вход В - входной. Включив расширенную модель осциллографа, зарисовать осциллограмму с экрана осциллографа, соблюдая масштаб.



1.4. Измерить и записать максимальные входное и выходное напряжения (На экране осциллографа расположены два курсора, обозначаемые 1 и 2, при помощи которых можно измерить мгновенные значения напряжений в любой точке осциллограммы. Для этого просто перетащите мышью курсоры за треугольники в их верхней части в требуемое положение. Координаты точек пересечения первого курсора с осциллограммами отображаются на левом табло, координаты второго курсора - на среднем табло. На правом табло отображаются значения разностей между соответствующими координатами первого и второго курсоров.)





$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{BYXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.5. Измерить и записать период  $T$  выходного напряжения по осциллограмме:

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ с}$$

1.6. Вычислить частоту выходного сигнала:

$$f = 1/T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Гц}$$

1.7. Определить максимальное обратное напряжение на диоде:

$$U_{max} = U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.8. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = U_{max}/\pi = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.9. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения мультиметром. Сравнить измеренное значение с расчётным. Сделать вывод:

$$U_d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

---

---

---

---

---

*2. Эксперимент №2. Исследование однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром на выходе.*

2.1. На рабочем поле собрать схему (рис.10.2)

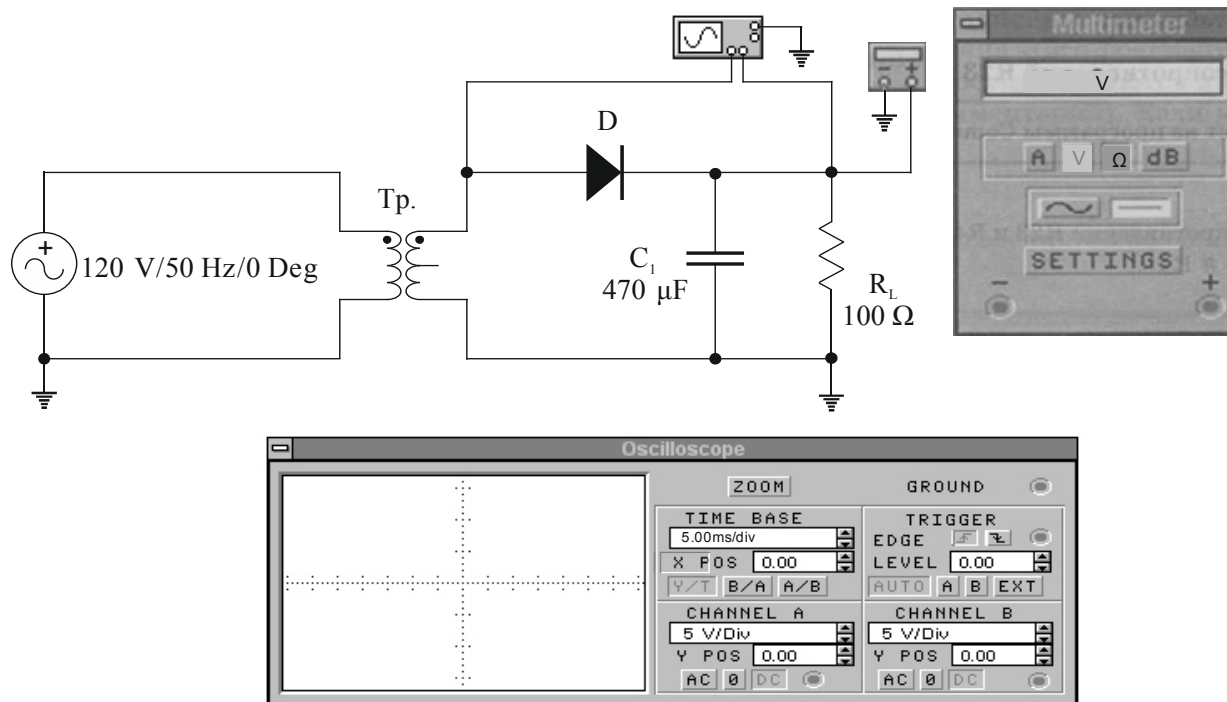
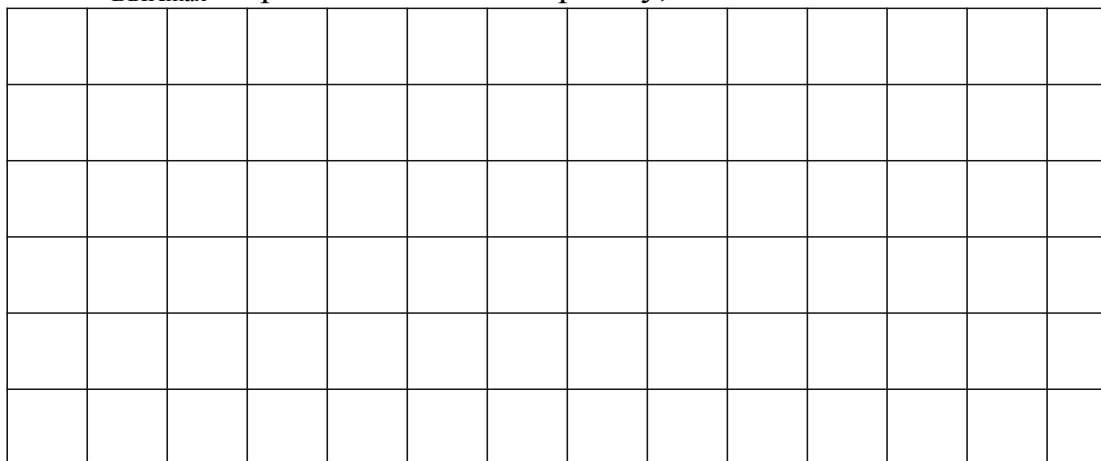


Рис.10.2

2.2. Включить схему и расширенную модель осциллографа. На вход А осциллографа подаётся входное напряжение, а на вход В - выходное. Измерить максимум выходного напряжения  $U_{\text{ВЫХmax}}$  и разность между максимумом и минимумом выходного напряжения  $\Delta U_{\text{ВЫХmax}}$ . Зарисовать осциллограмму, соблюдая масштаб.



$$U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

2.3. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = (U_{\text{ВЫХmax}} - \Delta U_{\text{ВЫХmax}}) / 2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

2.4. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения мультиметром. Сравнить измеренное значение с расчётным. Сделать вывод:

$$U_d = \quad \text{В}$$

---



---



---



---

2.5. Вычислить коэффициент пульсаций выходного сигнала:

$$q = \Delta U_{\text{ВЫХmax}} / U_d = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 3. Эксперимент №3. Определение коэффициента пульсаций однополупериодного выпрямителя при изменении ёмкости фильтра.

3.1. На схеме (рис.10.2) отключить мультиметр. Установить ёмкость конденсатора равной 100 мкФ. Включить схему. Измерить максимум выходного напряжения  $U_{\text{ВЫХmax}}$  и разность между максимумом и минимумом выходного напряжения  $\Delta U_{\text{ВЫХmax}}$ . Зарисовать осциллограмму, соблюдая масштаб.

$$U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$


3.2. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = (U_{\text{ВЫХmax}} - \Delta U_{\text{ВЫХmax}}) / 2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

3.3. Вычислить коэффициент пульсаций выходного сигнала:

$$q = \Delta U_{\text{ВЫХmax}} / U_d = \underline{\hspace{2cm}}$$

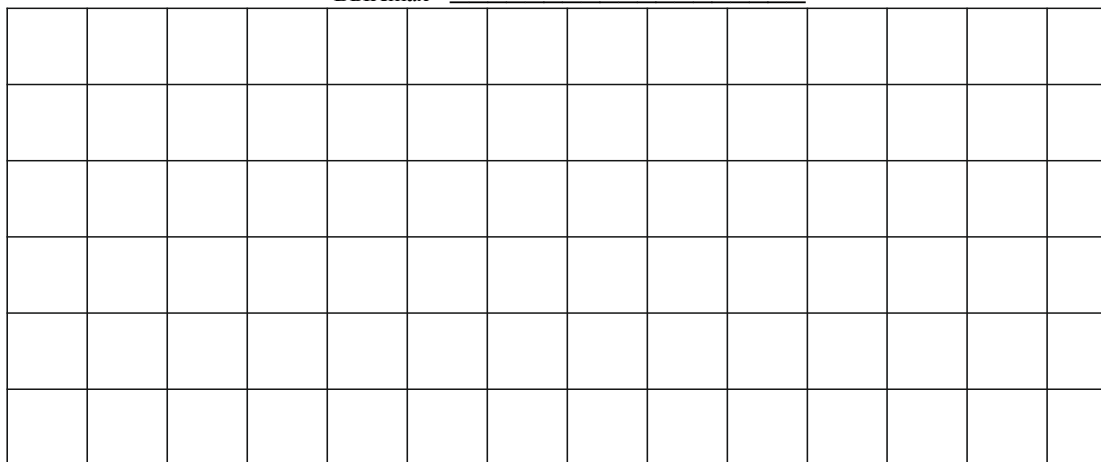
4. Эксперимент №4. Определение коэффициента пульсаций однополупериодного выпрямителя при изменении тока нагрузки.

4.1. Установить ёмкость конденсатора равной 470 мкФ. Изменить сопротивление резистора нагрузки до 200 Ом. Включить схему. Измерить максимум выходного напряжения  $U_{\text{ВЫХmax}}$  и разность между максимумом и минимумом выходного напряжения  $\Delta U_{\text{ВЫХmax}}$ .

Зарисовать осциллограмму, соблюдая масштаб.

$$U_{\text{ВЫХmax}} = \text{_____ В}$$

$$\Delta U_{\text{ВЫХmax}} = \text{_____ В}$$



4.2. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = (U_{\text{ВЫХmax}} - \Delta U_{\text{ВЫХmax}}) / 2 = \text{_____ В}$$

4.3. Вычислить коэффициент пульсаций выходного сигнала:

$$q = \Delta U_{\text{ВЫХmax}} / U_d = \text{_____}$$

4.4. Ответить на вопрос:

Какие факторы влияют на величину коэффициента пульсаций выпрямителя с ёмкостным фильтром на выходе?

---

---

---

---

---

## **Контрольные вопросы:**

1. Какие преимущества имеют выпрямители по сравнению с другими источниками питания?
2. Какие полупроводниковые диоды используют в схемах выпрямителей?
3. Какую функцию выполняет конденсатор на выходе выпрямителя?
4. Можно ли эксплуатировать выпрямитель без сглаживающего фильтра?

## **Основные источники:**

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

## **Дополнительные источники:**

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, Т.2. «Додэка» М. 2004. – 325 с.

**Лабораторная работа №11**  
**«Исследование двухполупериодных выпрямителей»**  
Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:  
ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Анализ процессов в схемах двухполупериодных выпрямителей. Определение среднего значения выходного напряжения (постоянной составляющей). Определение частоты выходного сигнала. Определение обратного напряжения на диоде. Исследование влияния конденсатора на форму выходного напряжения.

**Приборы и элементы:**

1. Мультиметр.
2. Осциллограф.
3. Источник переменной ЭДС.
4. Трансформатор.
5. Кремниевые диоды.
6. Резисторы.
7. Конденсатор.

**Порядок выполнения работы:**

*1. Эксперимент №1. Исследование входного и выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора.*

1.1. На рабочем поле собрать схему (рис.11.1)

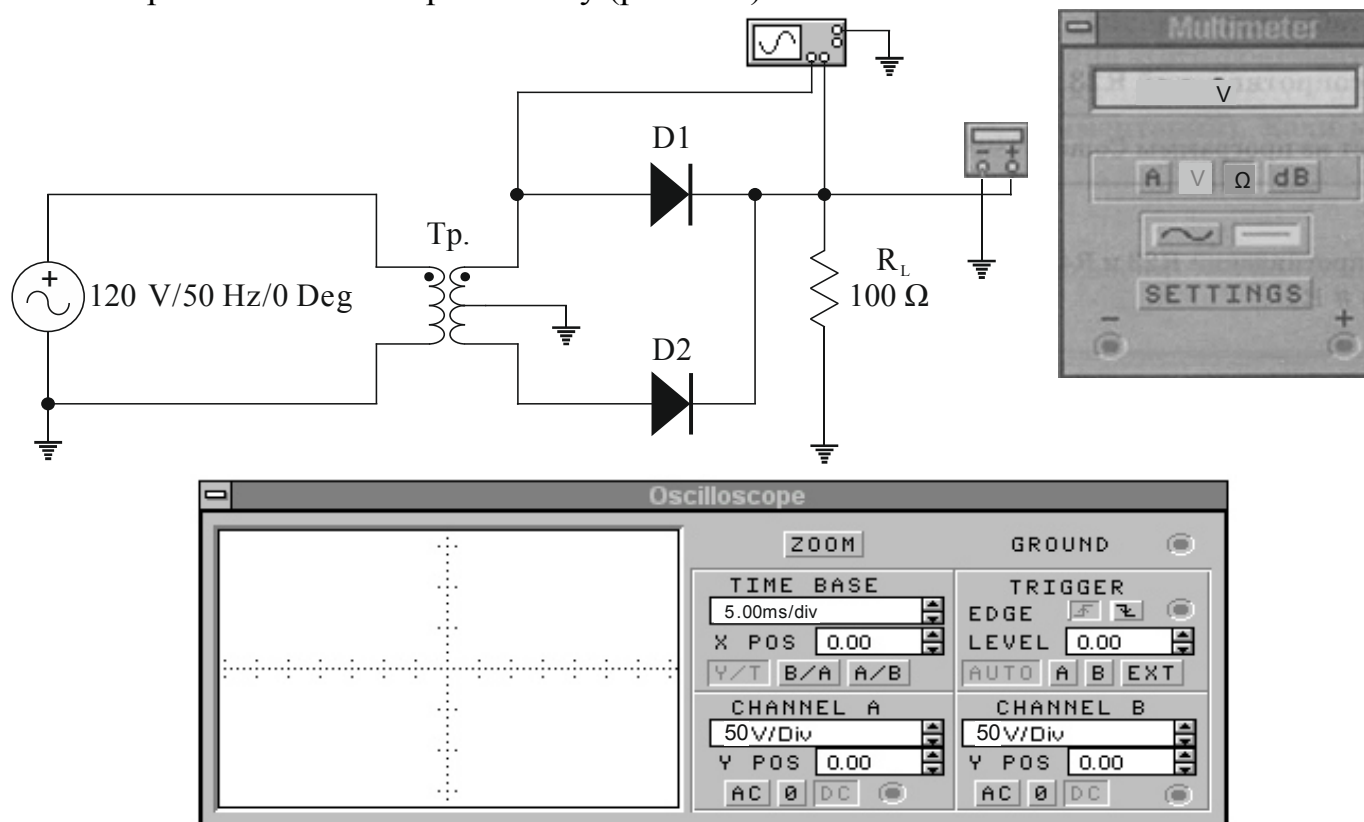


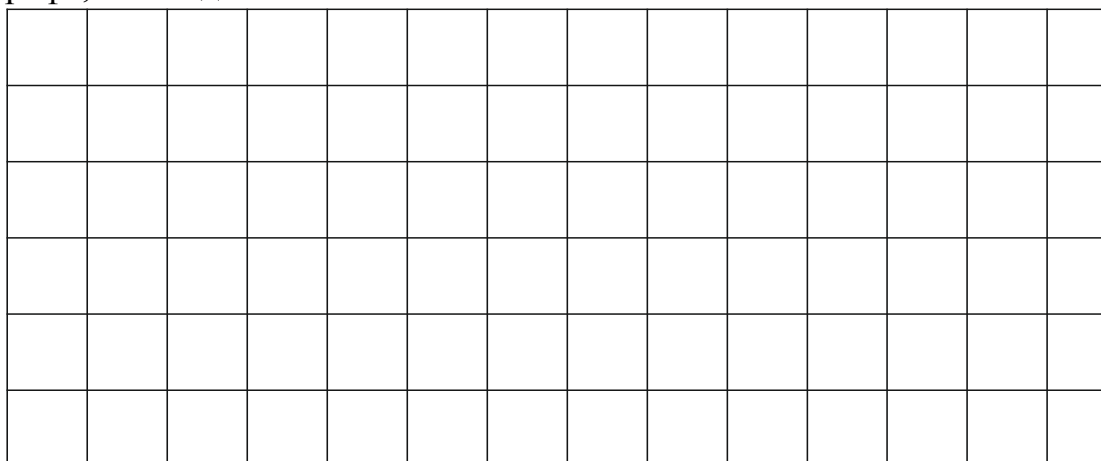
Рис.11.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.11.1.) задать типы диодов и трансформатора согласно варианту

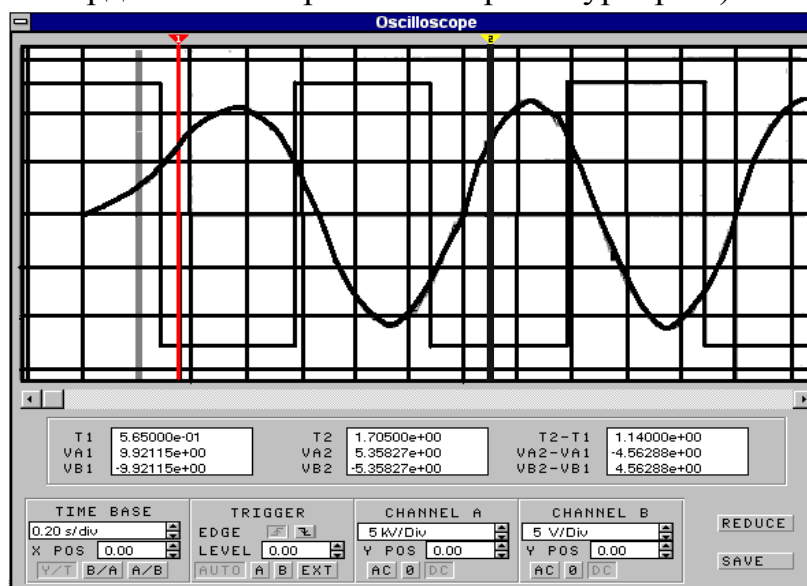
Таблица 11.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип диода	1N3064	1N4009	1N4148	1N4149	1N4150	1N4151	1N4152	1N4153	1N4154	1N4305
Тип тр.	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal	ideal

1.3. Включить схему и увеличенное изображение осциллографа. На вход А осциллографа подаётся входной сигнал, а на вход В - выходной. Включив расширенную модель осциллографа, зарисовать осциллограмму с экрана осциллографа, соблюдая масштаб.



1.4. Измерить и записать максимальные входное и выходное напряжения (На экране осциллографа расположены два курсора, обозначаемые 1 и 2, при помощи которых можно измерить мгновенные значения напряжений в любой точке осциллограммы. Для этого просто перетащите мышью курсоры за треугольники в их верхней части в требуемое положение. Координаты точек пересечения первого курсора с осциллограммами отображаются на левом табло, координаты второго курсора - на среднем табло. На правом табло отображаются значения разностей между соответствующими координатами первого и второго курсоров.)



$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{ВЫХmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$\Delta U_{ВЫХmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.5. Измерить и записать период  $T$  выходного напряжения по осциллограмме:

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мс}$$

1.6. Вычислить частоту выходного сигнала:

$$f = 1/T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ кГц}$$

1.7. По осциллограмме выходного напряжения определить максимальное обратное напряжение на диоде:

$$U_{max} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.8. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = 2U_{BXmax}/\pi = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.9. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения мультиметром. Сравнить измеренное значение с расчётным. Сделать вывод:

$$U_d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

---



---



---



---

1.10. Вычислить коэффициент пульсаций выходного сигнала:

$$q = \Delta U_{ВЫХmax}/U_d = \underline{\hspace{2cm}}$$

*2. Эксперимент №2. Исследование двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора и ёмкостным фильтром на выходе.*

2.1. На рабочем поле собрать схему (рис.11.2)



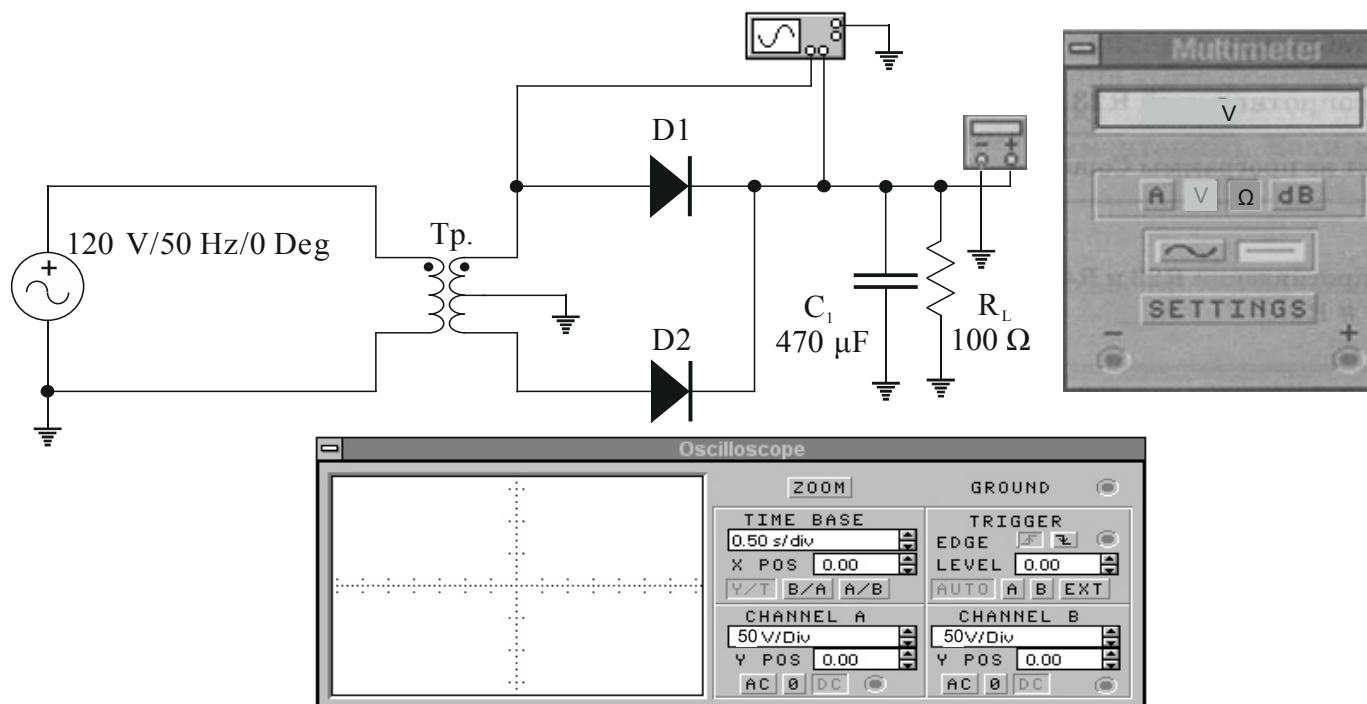
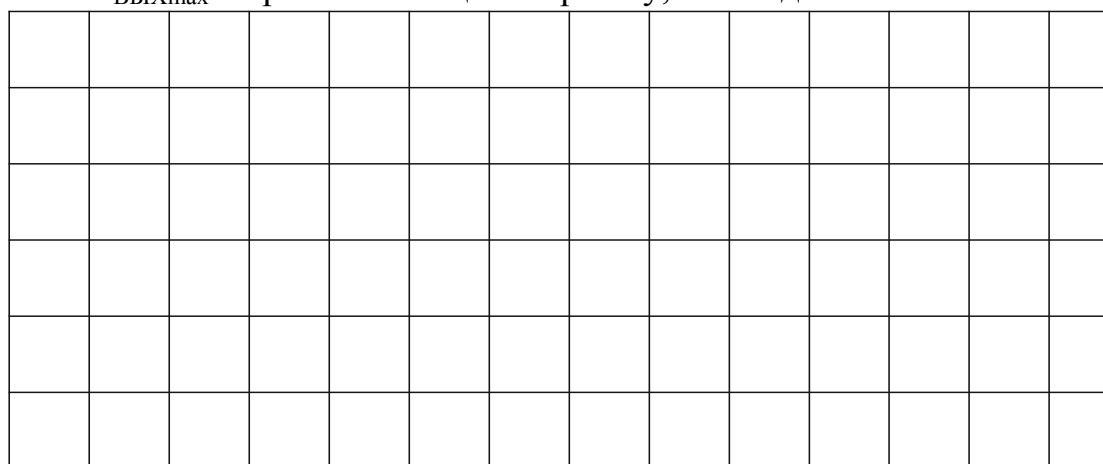


Рис.11.2

2.2. Включить схему и расширенную схему осциллографа. На вход А осциллографа подаётся входное напряжение, а на вход В - выходное. Измерить максимум выходного напряжения  $U_{\text{ВЫХmax}}$  и разность между максимумом и минимумом выходного напряжения  $\Delta U_{\text{ВЫХmax}}$ . Зарисовать осциллограмму, соблюдая масштаб.



$$U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

2.3. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = U_{\text{ВЫХmax}} - \Delta U_{\text{ВЫХmax}} / 2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

2.4. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения мультиметром. Сравнить измеренное значение с расчётным. Сделать вывод:

$$U_d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

2.5. Вычислить коэффициент пульсаций выходного сигнала:

$$q = \Delta U_{\text{ВЫХmax}} / U_d = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.6. Сравнить коэффициент пульсаций двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора без фильтра и с фильтром. Сделать вывод:

### 3. Эксперимент №3. Исследование входного и выходного напряжения мостового выпрямителя.

3.1. На рабочем поле собрать схему (рис.9.3)

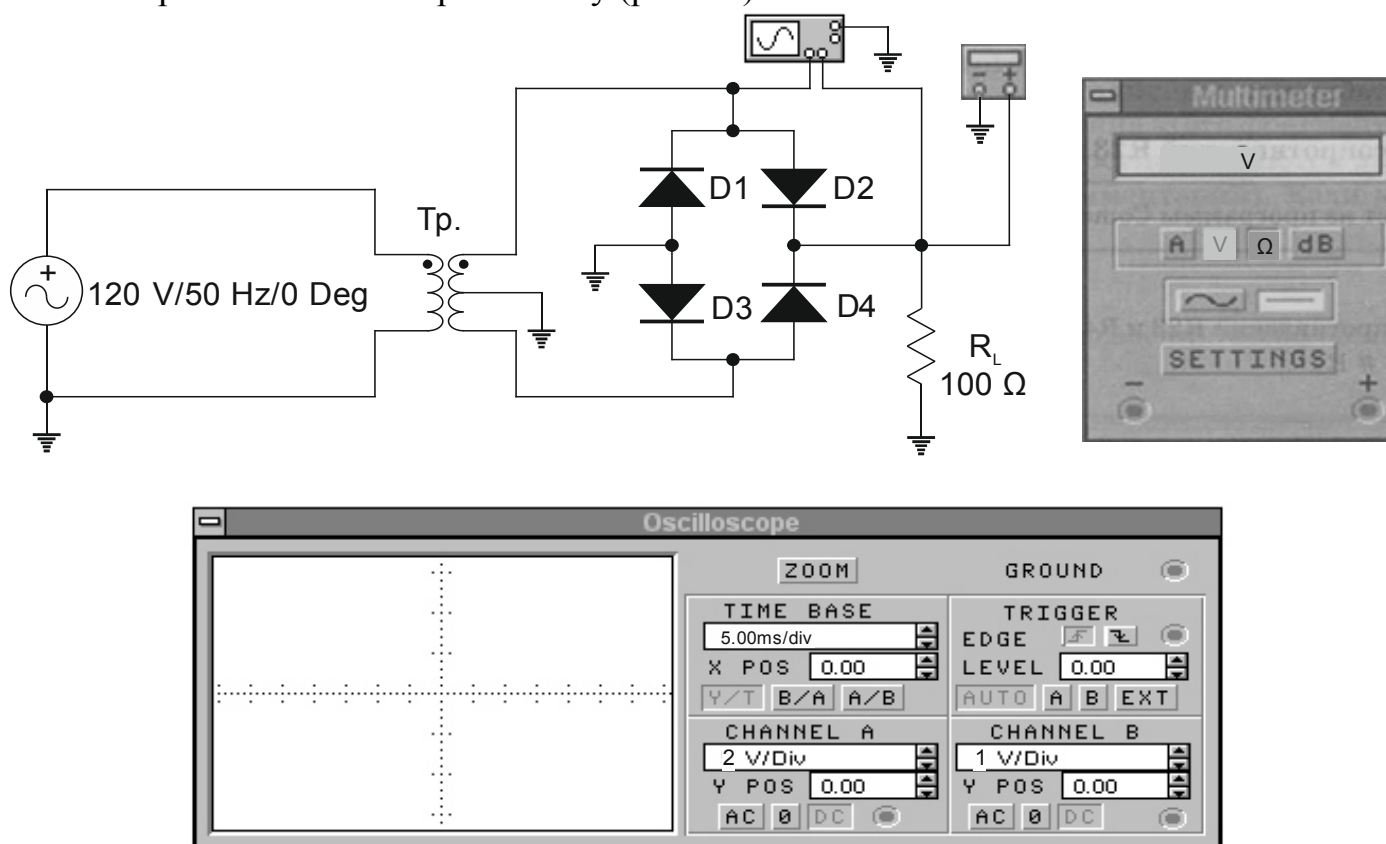
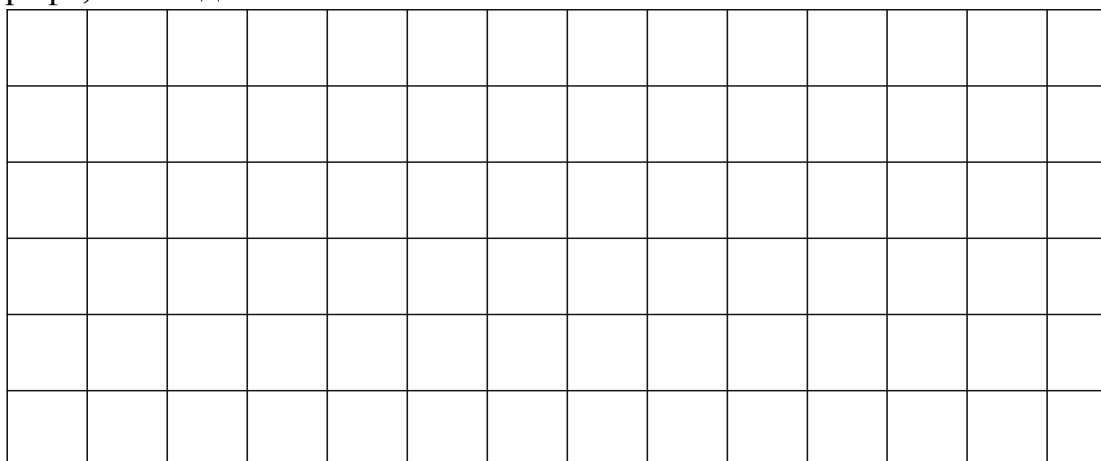


Рис. 9.3.

3.2. Из таблицы вариантов (табл.9.1.) задать типы диодов и трансформатора

согласно варианта. Включить схему и увеличенное изображение осциллографа. На вход А осциллографа подаётся выходной сигнал, а на вход В - входной. Включив расширенную модель осциллографа, зарисовать осциллограмму с экрана осциллографа, соблюдая масштаб.



3.3. Измерить и записать максимальные входное и выходное напряжения

$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{BIXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

3.4. Измерить и записать период Т выходного напряжения по осциллограмме:

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мс}$$

3.5. Вычислить частоту выходного сигнала:

$$f = 1/T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ кГц}$$

3.6. По осциллограмме входного напряжения определить максимальное обратное напряжение на диоде:

$$U_{max} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

3.7. Вычислить среднее значение выходного напряжения  $U_d$  (постоянная составляющая):

$$U_d = U_{BIXmax} - \Delta U_{BIXmax}/2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

3.8. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения мультиметром. Сравнить измеренное значение с расчётным. Сделать вывод:

$$U_d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

---

---

### 3.9. Ответить на вопрос:

Чем отличаются выходные напряжения в схемах выпрямительного моста и двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора?

---

---

---

---

---

---

### Контрольные вопросы:

1. Какие схемы двухполупериодных выпрямителей вы знаете?
2. Какую функцию выполняет фильтр на выходе выпрямителя?
3. Как подбирают полупроводниковые диоды в схемах выпрямления?
4. Объясните физический смысл коэффициента пульсаций.

### Основные источники:

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

### Дополнительные источники:

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, Т.2. «Додэка» М. 2004. – 325 с.

## Лабораторная работа №12

### «Исследование транзисторного усилителя в режиме малого сигнала»

Коды формируемых компетенций в результате выполнения работы:

ПК 2.1, ОК 1- ОК 4, ОК 6

**Цель работы:** Исследование коэффициента усиления по напряжению в усилителе с общим эмиттером. Исследование влияния входного сопротивления усилителя на коэффициент усиления по напряжению. Анализ влияния нагрузки усилителя на коэффициент усиления по напряжению. Исследование влияния разделительного конденсатора на усиление переменного сигнала. Анализ влияния сопротивления в цепи эмиттера на коэффициент усиления по напряжению.

#### Приборы и элементы:

1. Осциллограф.
2. Функциональный генератор.
3. Источники постоянной ЭДС.
4. Биполярный транзистор.
5. Резисторы.
6. Конденсаторы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Эксперимент №1. Исследование каскада с общим эмиттером в области малого сигнала.

1.1. На рабочем поле собрать схему (рис.12.1)

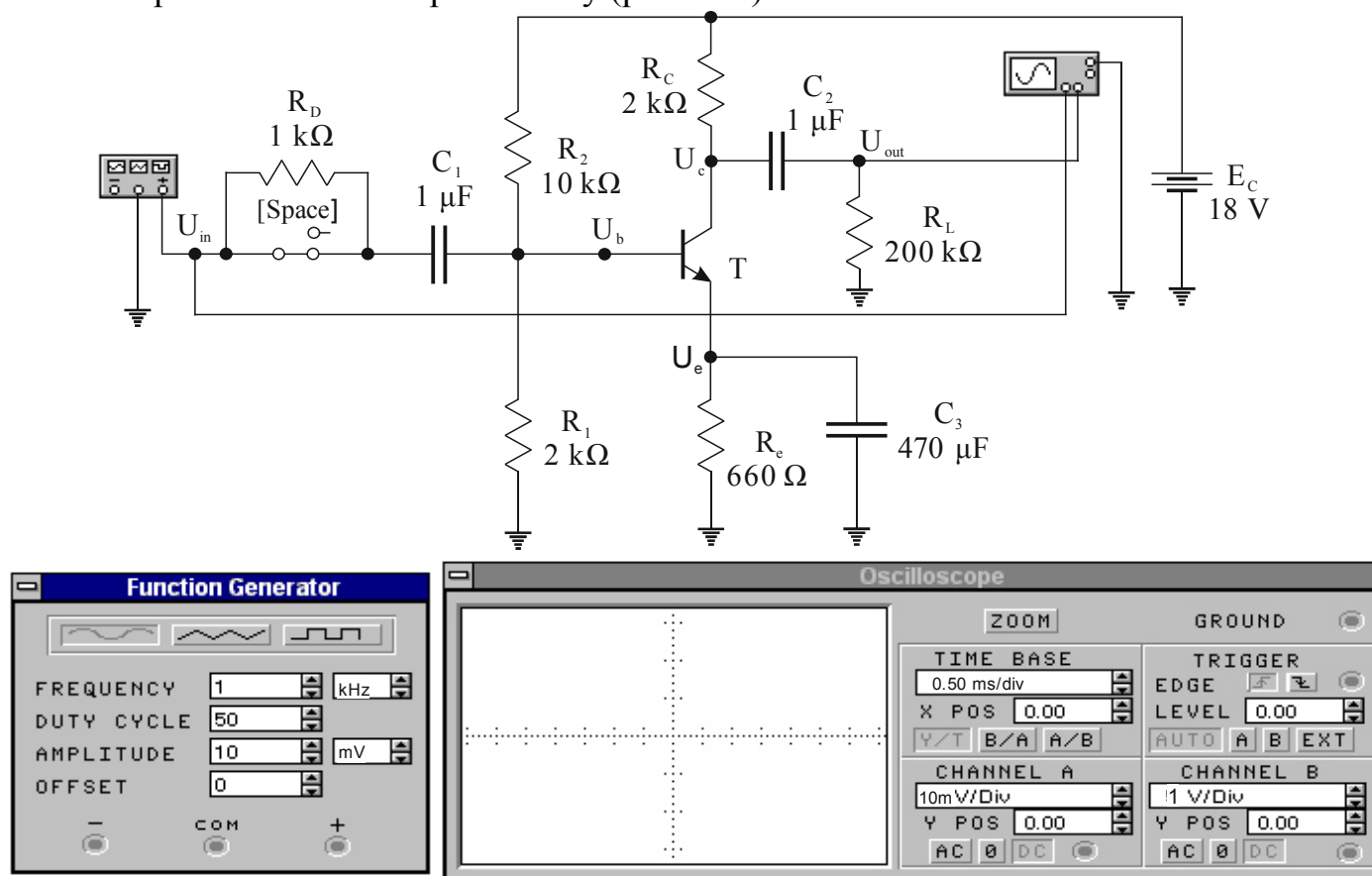


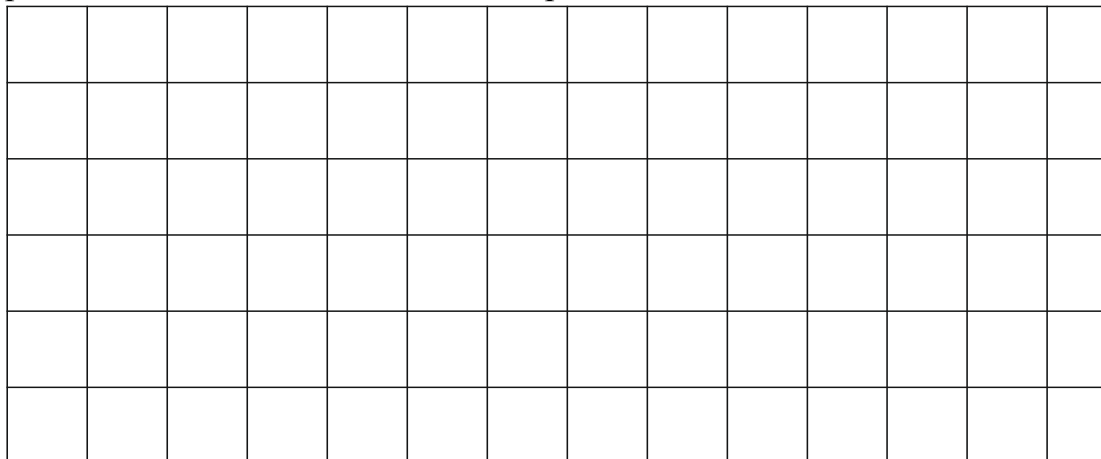
Рис.12.1.

1.2. Из таблицы вариантов (табл.12.1.) задать тип транзистора согласно варианту

Таблица 12.1.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип	2N2712	2N2714	2N2923	2N2924	2N2925	2N3390	2N3391	2N3391A	2N3392	2N3393

1.3. Включить схему. Открыть расширенное изображение осциллографа. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений, соблюдая масштаб



1.4. Для установившегося режима по осциллограмме измерить амплитуды входного и выходного напряжений

$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{BIXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.5. По результатам измерений вычислить коэффициент усиления усилителя по напряжению

$$K_y = U_{BIXmax} / U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.6. Подключить резистор  $R_D$  между точкой  $U_{in}$  и конденсатором  $C_1$ , разомкнув ключ [Space]. Включить схему. По осциллограмме измерить амплитуды входного и выходного напряжений

$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{BIXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.7. По результатам измерений вычислить новое значение коэффициента усиления усилителя по напряжению

$$K_y = U_{BIXmax} / U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.8. Переместить щуп канала А осциллографа в узел  $U_b$ . Снова включить схему и измерить амплитуды входного и выходного напряжений

$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{BIXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.9. По результатам измерений вычислить новое значение коэффициента усиления усилителя по напряжению

$$K_y = U_{BIXmax} / U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.10. Закоротить резистор  $R_D$ , замкнув ключ [Space]. Переместить щуп канала А осциллографа в узел  $U_{in}$ . Установить номинал резистора  $R_L = 2 \text{ кОм}$ . Включить схему и измерить амплитуды входного и выходного напряжений

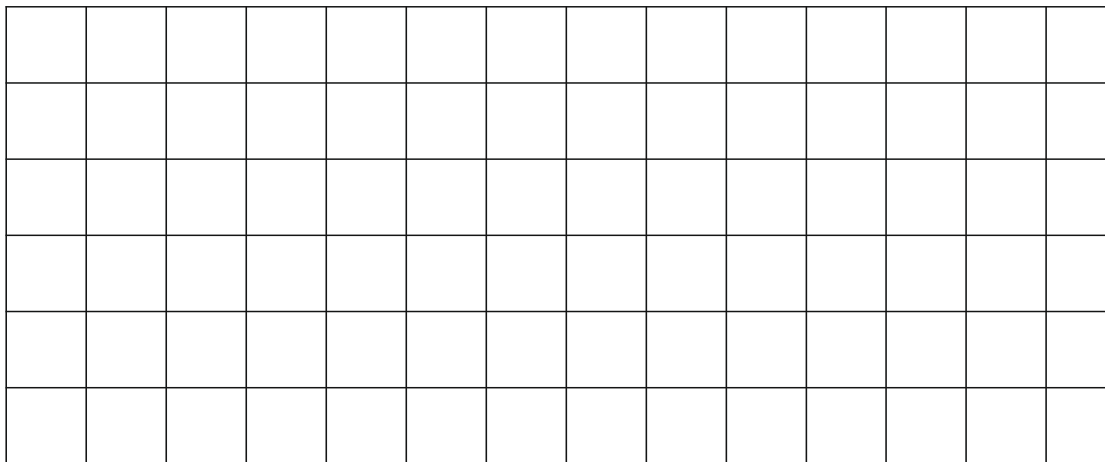
$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{BIXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.11. По результатам измерений вычислить новое значение коэффициента усиления усилителя по напряжению

$$K_y = U_{BIXmax} / U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.12. Установить номинал резистора  $R_L = 200 \text{ кОм}$ . Переставить щуп канала В осциллографа в узел  $U_C$ . Включить схему. Зарисовать осциллограмму, соблюдая масштаб



1.13. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения

$$U_d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.14. Вернуть щуп канала В осциллографа в узел  $U_{OUT}$ . На осциллографе установить масштаб для входа  $10 \text{ мВ/Div}$ . Убрать шунтирующий конденсатор  $C_3$  и включить схему. Измерить амплитуды входного и выходного напряжений

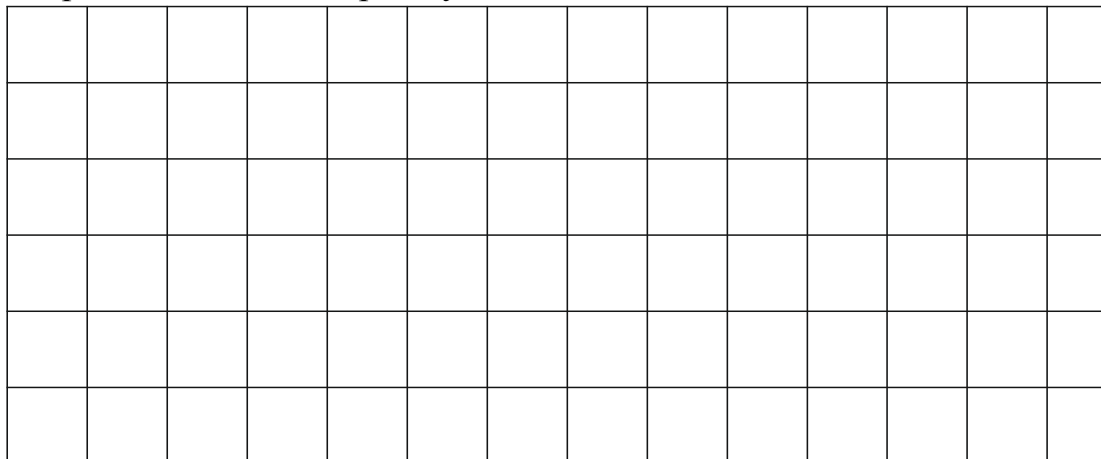
$$U_{BXmax} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

$$U_{\text{ВЫХmax}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В}$$

1.15. По результатам измерений вычислить значение коэффициента усиления усилителя с ОЭ с сопротивлением в цепи эмиттера по напряжению

$$K_y = U_{\text{ВЫХmax}} / U_{\text{ВХmax}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

1.16. Зарисовать осциллограмму, соблюдая масштаб



### Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются электронные усилители?
2. Расскажите о схемах включения биполярного транзистора в усилительный каскад.
3. В чём заключаются преимущества схемы с общим эмиттером?
4. Какими техническими показателями характеризуются современные усилители?
5. Как строятся наиболее типичные схемы усилительных каскадов на транзисторах?

### Основные источники:

- 1 Данилов И.А., Общая электротехника. Учебное пособие, Юрайт., 2014. – 752 с.
- 2 Полещук В.И., Задачник по электротехнике и электронике. Учебное пособие, Академия, 2012. – 224 с.

### Дополнительные источники:

- 1 Гальперин М.В. Электротехника и электроника, Инфра-М, 2013. – 480 с.
- 2 Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.- М.: «Академия», 2013. – 424 с.
- 3 Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. Т.1, Т.2. «Додэка» М. 2004. – 325 с.



# СОДЕРЖАНИЕ

1 Аннотация	4
2 Рабочая тетрадь по лабораторным работам (Практикум на Electronics Workbench )	5
2.1 Введение	6
2.2 Лабораторная работа №1 <i>«Проверка закона Ома для полной цепи. Измерение эквивалентного сопротивления»</i>	8
2.3 Лабораторная работа №2 <i>«Проверка первого и второго законов Кирхгофа»</i>	12
2.4 Лабораторная работа №3 <i>«Исследование схемы последовательного соединения цепи переменного тока с R, L и C. Резонанс напряжений»</i>	16
2.5 Лабораторная работа №4 <i>«Исследование схемы параллельного соединения цепи переменного тока с R, L и C. Резонанс токов»</i>	21
2.6 Лабораторная работа №5 <i>«Исследование трёхфазных цепей» (ч.1)</i>	27
2.7 Лабораторная работа №6 <i>«Исследование трёхфазных цепей» (ч.2)</i>	32
2.8 Лабораторная работа №7 <i>«Исследование полупроводникового диода»</i>	37
2.9 Лабораторная работа №8 <i>«Исследование стабилитрона»</i>	43
2.10 Лабораторная работа №9 <i>«Исследование биполярного транзистора»</i>	48
2.11 Лабораторная работа №10 <i>«Исследование однополупериодного выпрямителя»</i>	54
2.12 Лабораторная работа №11 <i>«Исследование двухполупериодных выпрямителей»</i>	61
2.13 Лабораторная работа №12 <i>«Исследование транзисторного усилителя в режиме малого сигнала»</i>	68