

Варианты заданий должны соответствовать порядковому номеру студента в списке студенческой группы (в журнале). Студенты, зарегистрированные в журнале под номерами 21 и далее, выполняют задания с 1 варианта.

Отчет о лабораторных работах присыпается в системе ДОТ СПбГУТ.

Номер студента по журналу	Вариант внутри задания				
	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5
1	1	5	1		
2	3	2	2		
3	4	1	3		
4	5	3	4		
5	2	5	5		
6	4	2	1		
7	5	1	2		
8	3	3	3		
9	2	4	4		
10	1	5	5		
11	5	3	1		
12	1	4	2		
13	2	5	3		
14	4	2	4		
15	3	1	5		
16	5	4	1		
17	2	3	2		
18	1	2	3		
19	3	1	4		
20	4	5	5		

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### «Исследование основных параметров резисторов»

*Цель работы:*

Закрепить знания методов расчета эквивалентного сопротивления резисторов при их смешанном соединении.

*Теоретические сведения.*

Отдельные проводники электрической цепи могут быть соединены между собой последовательно, параллельно и смешанно (последовательно-параллельно).

*Последовательное соединение*

Проводники соединены таким образом, что по ним проходит один и тот же ток.

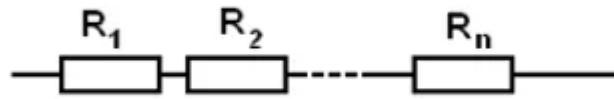


Рисунок 1.1 – Последовательное соединение резисторов

Сила тока в цепи:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

Общее напряжение:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Эквивалентное соединение:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

*Параллельное соединение*

Два или более число проводников присоединены к двум узловым точкам.

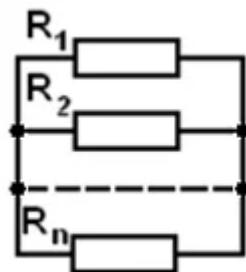


Рисунок 1.2 – Параллельное соединение резисторов

Сила тока в цепи:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Общее напряжение:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Эквивалентное соединение:

$$R = \frac{U}{I} \text{ или } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

*Задание*

Определить общее сопротивление цепи, токи во всех ветвях и напряжения на каждом сопротивлении, если напряжение  $U=120$  В.

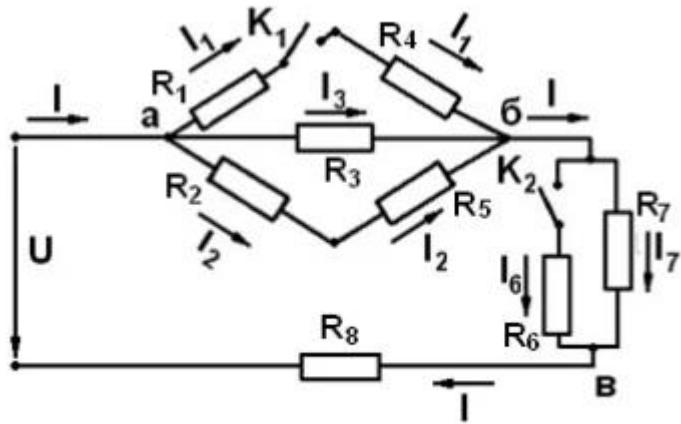


Рисунок 1.3 – Электрическая схема

Таблица 1.1 – Варианты заданий

Вариант	Положение ключей		$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом	$R_4$ , Ом	$R_5$ , Ом	$R_6$ , Ом	$R_7$ , Ом	$R_8$ , Ом
	$K_1$	$K_2$								
1	1	0	2	1.5	3	1	1.5	3	6	3
2	0	1	2	1.5	3	1	1.5	3	6	3
3	1	0	1	3	6	1.5	3	1.5	2	4
4	0	1	6	4	2	3	2	8	4	2
5	1	0	2	1.5	1	3	1.5	6	3	3

*Порядок выполнения расчета*

1. Для своих данных начертить исходную схему.
2. Рассчитать последовательное соединение  $R_1-R_4$ :

$$R_{14} = R_1 + R_4$$

3. Рассчитать параллельное соединение  $R_{14}-R_3$ :

$$\frac{1}{R_{134}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{14}}$$

4. Рассчитать последовательное соединение  $R_2-R_5$ :

$$R_{25} = R_2 + R_5$$

5. Рассчитать параллельное соединение  $R_{134}-R_{25}$ :

$$\frac{1}{R_{12345}} = \frac{1}{R_{134}} + \frac{1}{R_{25}}$$

6. Найти эквивалентное сопротивление, рассчитав последовательное соединение  $R_{12345}$ - $R_{78}$ :

$$R = R_{134} + (R_7 + R_8)$$

7. Найти общий ток в цепи:

$$I = \frac{U}{R}$$

8. Найти токи на сопротивлениях  $R_7$  и  $R_8$ .

9. Найти напряжения на сопротивлениях  $R_7$  и  $R_8$ .

10. Найти напряжение между точками  $a$  и  $b$ .

11. Найти ток на сопротивлениях  $R_1$  и  $R_4$ .

12. Найти ток на сопротивлениях  $R_2$  и  $R_5$ .

13. Найти ток на сопротивлении  $R_3$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### «Исследование основных параметров конденсаторов»

*Теоретическая часть:*

*2.1. Электроемкость конденсатора:*

$$C = \frac{q}{U}, \quad (2.1)$$

$q$  – электрический заряд конденсатора,  $U$  – напряжение между обкладками.

*2.2 Энергия заряженного конденсатора:*

$$W_e = \frac{q*U}{2} \quad (2.2)$$

*2.3. Электроемкость плоского конденсатора:*

$$C = \frac{\varepsilon_0 * \varepsilon * S}{d}, \quad (2.3)$$

$S$  – площадь пластин,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость,  $d$  – толщина диэлектрика,  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ .

*2.4. Последовательное соединение конденсаторов:*

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (2.4)$$

*2.5. Параллельное соединение конденсаторов:*

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (2.5)$$

*Порядок выполнения работы:*

1. Рассмотрите выданные Вам по варианту задания конденсаторы, узнайте их электроемкость и напряжение, на которое они рассчитаны, запишите в таблицу.

2. Используя формулу (2.1), рассчитайте максимальный заряд, который могут накопить данные конденсаторы и запишите в таблицу.

3. Найдите максимальную энергию каждого конденсатора по формуле (2.2) и запишите в таблицу 2.1.

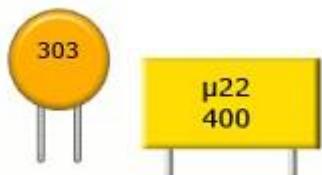
Таблица 2.1 – Результаты расчетов

№ конденсатора	Электроемкость конденсатора $C$		Напряжение, на которое рассчитан конденсатор $U$ (В)	Максимальный заряд конденсатора $q$ (Кл)	Максимальная энергия конденсатора $W_e$ (Дж)
	В единицах, указанных на конденсаторе	В фарадах (Ф)			
1					
2					

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### «Исследование основных параметров катушек индуктивности»

*Цель работы:*

Определение индуктивности дросселя на основе измерения его сопротивления в цепи переменного тока.

*Содержание и методика выполнения работы:*

Полное сопротивление катушки индуктивности переменному току ( $Z$ ) складывается из индуктивного ( $X_L$ ) и активного ( $R$ ) сопротивлений. Величина полного сопротивления определяется формулой:

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}.$$

Активное сопротивление катушки индуктивности - это сопротивление проводника, из которого сделана катушка. Оно, естественно, зависит от геометрических размеров, материала и температуры проводника. Наличие активного сопротивления приводит к потерям энергии при протекании тока, но проводнику или иными словами, превращению некоторой части электрической энергии во внутреннюю энергию проводника. Индуктивное сопротивление обусловлено взаимодействием протекающего по катушке тока с магнитным полем, созданным этим током внутри катушки. Если катушка подключена к источнику переменного тока, то на стадии роста напряжения источника (первая четверть периода колебаний) явление самоиндукции сдерживает нарастание тока в цепи. Энергия, отбираемая при этом от источника питания, переходит в энергию магнитного поля катушки. Стадия нарастания напряжения источника питания продолжается ограниченное время, и ток не успевает достигнуть предельного значения, определяемого активным сопротивлением катушки. Далее наступает стадия уменьшения напряжения источника питания (следующая четверть периода), на которой явление самоиндукции проявляется в отставании спада тока от уменьшения напряжения, а энергия, запасенная в магнитном поле, возвращается в электрическую цепь. Таким образом, катушка индуктивности препятствует протеканию тока в цепи, не внося в систему энергетических потерь. Индуктивное сопротивление  $X_L$  зависит от частоты изменения внешнего напряжения  $v$  и индуктивности катушки  $L$  следующим образом:

$$X_L = 2\pi v L.$$

Чтобы подчеркнуть, что индуктивное сопротивление не связано с преобразованием электромагнитной энергии в другие виды энергии, такое сопротивление в отличие от активного называют реактивным. В сети переменного тока с частотой 50 Гц индуктивное сопротивление катушки, содержащей несколько сотен витков медного провода большого сечения, как правило, значительно превосходит ее активное сопротивление. В этом случае

активным сопротивлением катушки можно пренебречь и считать, что её полное сопротивление совпадает с индуктивным:

$$Z = X_L.$$

На этом основан метод определения индуктивности, применяемый в данной работе.

Согласно закону Ома, сила тока в цепи равна:

$$I = U/Z,$$

откуда следует, что:

$$L = \frac{U}{2\pi\nu I}.$$

Следовательно, для измерения индуктивности катушки ее необходимо подключить к источнику переменного тока известной частоты и измерить напряжение на катушке и силу тока в ней.

Схема электрической цепи, применяемой для определения индуктивного сопротивления, приведена на рисунке 3.1.

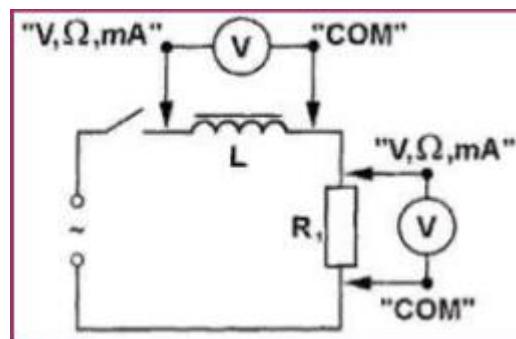


Рисунок 3.1 – Схема электрической цепи

Кроме дросселя, индуктивность которого и надо определить, в него включен резистор  $R_1$ . Величина его известна, поэтому измерив напряжение на нем можно рассчитать силу тока в цепи. Эксперимент проводится при двух значениях силы тока, что достигается за счет использования в качестве  $R_1$  двух различных резисторов.

*Порядок выполнении работы:*

1. Соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке в программе *Multisim*. В качестве сопротивления используйте резистор номиналом, соответствующий Вашему варианту в таблице 3.1.
2. Подготовьте таблицу для записи результатов опыта

Таблица 3.1 – Таблица результатов расчетов

Номер варианта	U, В	U <sub>1</sub> , В	R, Ом	I=U/R, А	L = $\frac{U}{2*\pi*\nu*I}$ , Гн
1			360		
2			68		
3			428		
4			250		
5			310		

3. Переключите мультиметр в режим измерения переменного напряжения в диапазоне "20В".

4. Замкните ключ и измерьте напряжение  $U$  на катушке и напряжение  $U_1$  на резисторе  $R$ .

5. Проведите необходимые расчеты и вычислите индуктивность катушки.

6. Повторите опыт, используя в качестве сопротивления  $R_1$  резисторы, соединенные последовательно, соответствующие Вашему варианту и следующему. Для 5 варианта вторым резистором используется номинал первого варианта.

7. Переключите мультиметр в режим измерения сопротивлений и измерьте активное сопротивление катушки.

8. Вычислите индуктивное сопротивление катушки и сравните его с величиной её активного сопротивления. Сделайте вывод о правомерности применения в работе упрощенной формулы для определения полного сопротивления катушки переменному току.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### «Исследование основных параметров полупроводниковых диодов»

*Цель работы:*

- Исследовать однофазную однополупериодную схему выпрямления;
- Исследовать однофазную двухполупериодную схему выпрямления;
- Исследовать трехфазную нулевую схему выпрямления;
- Исследовать однофазную мостовую схему выпрямления;
- Исследовать схему Ларионова.

Программа выполнения лабораторной работы:

- Построить все схемы в программе Multisim.
- Перенести показания приборов в таблицу для каждой схемы.
- Зафиксировать осциллограммы токов.
- Вычислить, там, где нужно, среднее значения выпрямленного напряжения, среднее значение тока вентиля, частоту пульсации, амплитуду обратного напряжения на вентилях для всех схем по приведенным формулам.

#### 1. Однофазная однополупериодная схема выпрямления.

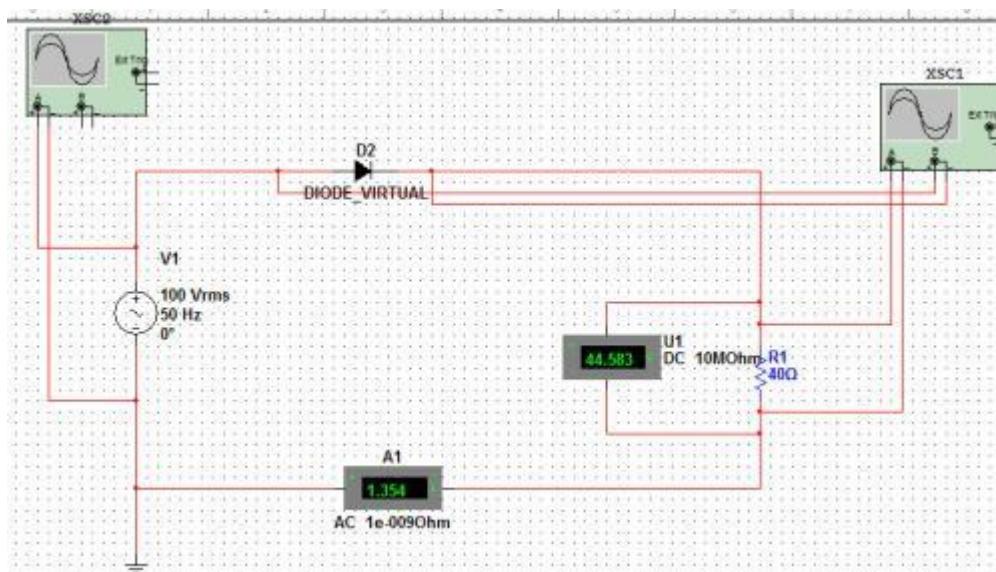


Рисунок 4.1 – Однофазная однополупериодная схема выпрямления

#### 2. Однофазная двухполупериодная схема выпрямления

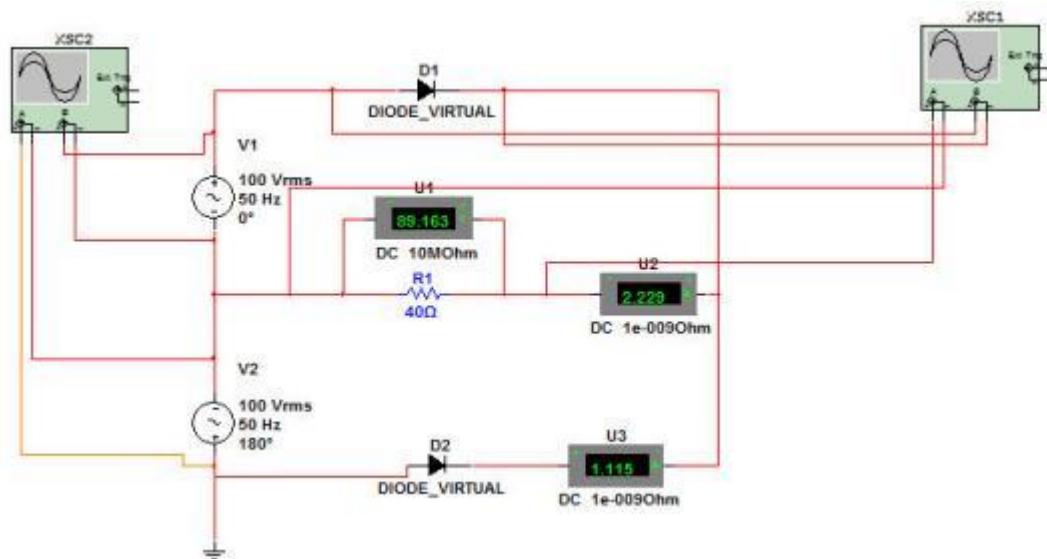


Рисунок 4.2 – Однофазная двухполупериодная схема выпрямления

	U2,B	Rh,Om	Uобр,B	Ud,B	Id, A	fпул ,Гц
Формула						
Полученное значение						

	f, Гц	U2m,B	Im,A	RH,Om	U2	Ud	IB	fпул	Uобр
Формула									
Полученное значение									

### 3. Трехфазная нулевая схема выпрямления

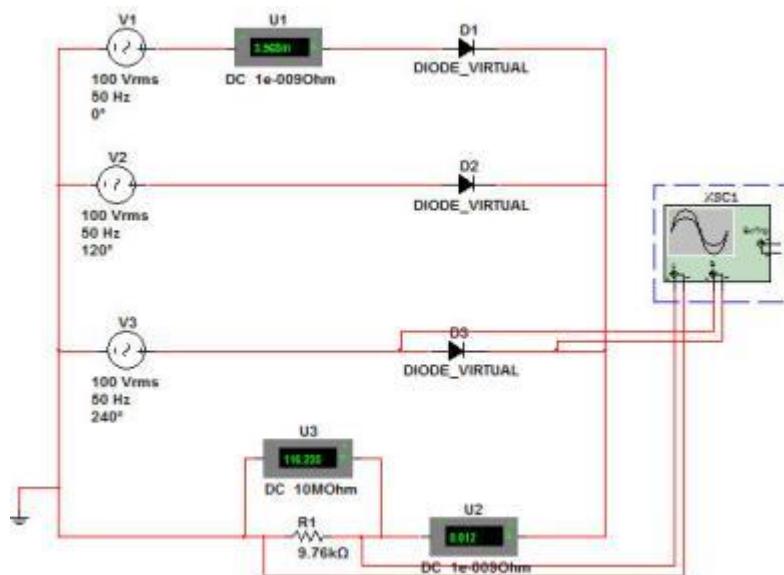


Рисунок 4.3 – Трехфазная нулевая схема выпрямления

#### 4. Однофазная мостовая схема выпрямления

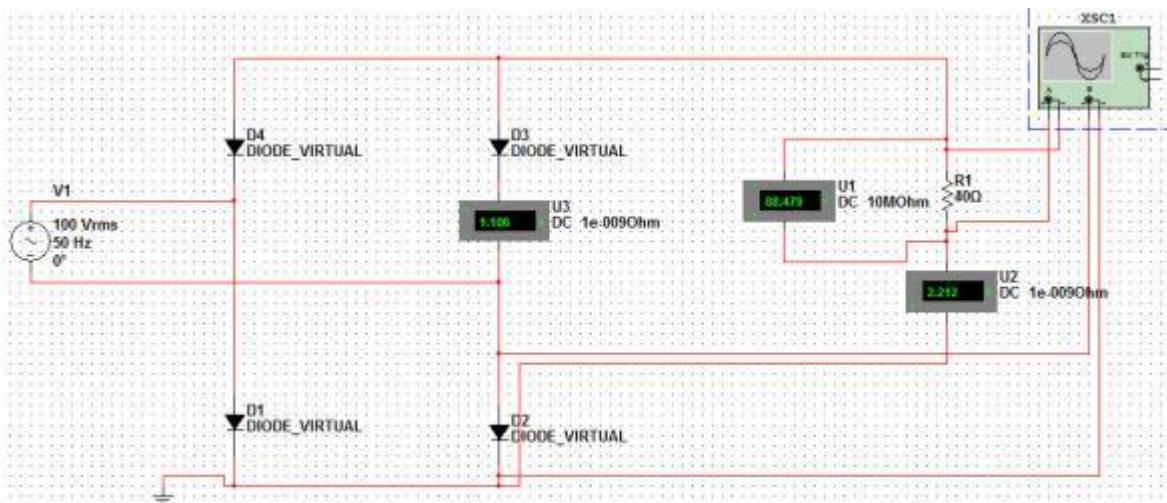


Рисунок 4.4 – Однофазная мостовая схема выпрямления

fсети	U2,B	Rh,Om	Uобр	Ud	Id	IB	f пул

#### 5. Трехфазная мостовая схема выпрямления (схема Ларионова)

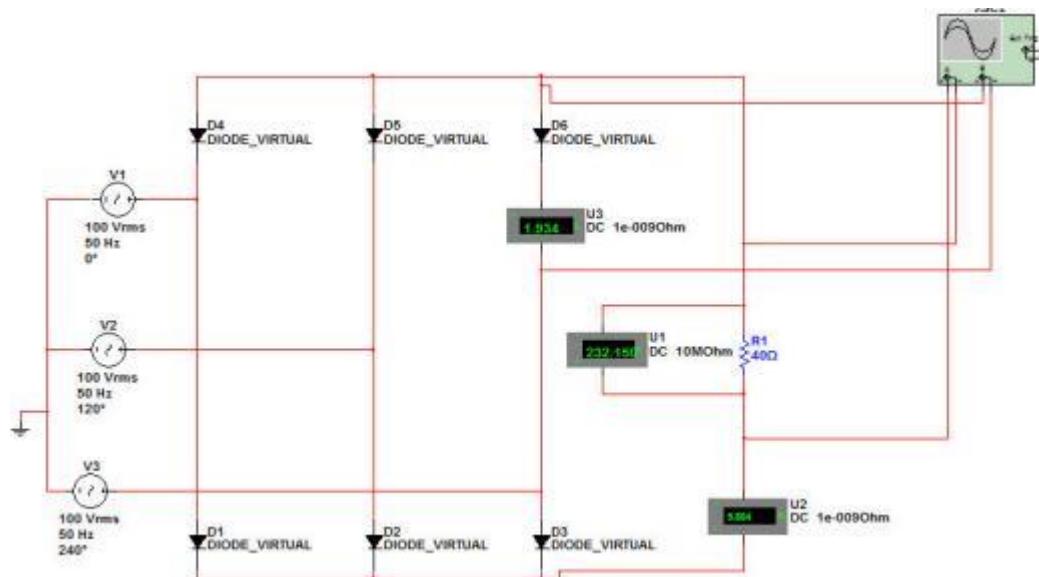


Рисунок 4.5 – Трехфазная мостовая схема выпрямления (схема Ларионова)

fсети,Гц	U2ф,В	RН,Ом	Ud,В	Id,А	IB,А	fпул,Гц	Uобр,В

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### «Исследование основных параметров транзисторов»

*Цель работы:*

Изучение принципа действия биполярного транзистора, его основных параметров и способов их определения. Снятие входных и выходных вольтамперных характеристик биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером.

*Объект и средства испытаний:*

Объектами испытаний служат: биполярный транзистор структуры  $N-P-N$ . Для исследования характеристик транзистора используются включенные в цепь виртуальные приборы: вольтметры, амперметры.

*Задание к лабораторной работе:*

5.1. Ознакомиться с порядком выполнения лабораторной работы, краткими теоретическими сведениями по данной теме. Подготовить протокол испытаний.

5.2. Запустите программу *Multisim* и соберите схему, изображенную на рисунке 5.1.

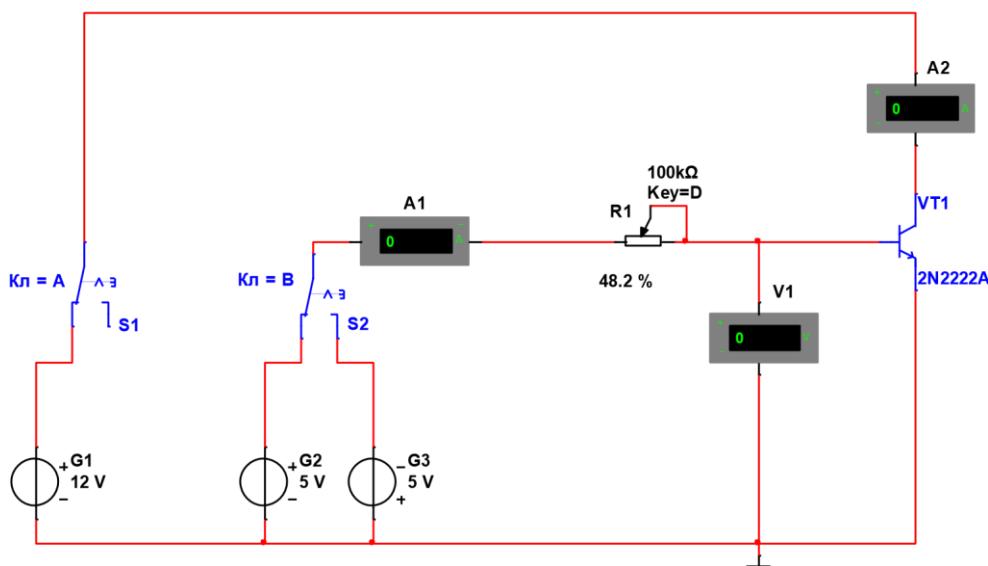


Рисунок 5.1 – Схема электрической цепи для снятия ВАХ биполярного транзистора

5.3. Подключите коллектор биполярного транзистора к источнику напряжения  $G1$ , а базу транзистора к источнику  $G2$ . Для этого установите переключатели  $S1$  и  $S2$  в левое по схеме положение. Снимите входную вольтамперную характеристику биполярного транзистора  $I_b=f(U_{\text{вх}})$  при напряжении  $U_{\text{вх}}=5\text{ В}$ .

Для этого установив напряжение источника  $G1$  равным 5 В, изменяйте значение тока базы  $I_b$  транзистора при помощи резистора согласно значениям таблицы 5.1. Напряжение  $U_{\text{вх}}$  и ток базы  $I_b$  контролируйте с помощью амперметра  $A1$  и вольтметра  $V1$  соответственно. Результаты измерений заносите в таблицу 5.1. Установите напряжение источника  $G1$  равным 10 В и

снова снимите зависимость  $U_{бэ}$  и ток базы  $I_b$  для тех же самых значений  $I_b$ . Одновременно контролируйте значения тока коллектора  $I_k$  с помощью амперметра A2. По результат измерений заполните таблицу 5.2. Используя данные из таблицы 5.1 на одном графике постройте входные ВАХ транзистора  $I_b=f(U_{бэ})$  для напряжений  $U_{кэ}$  равных 5 и 10В. По данным таблицы 5.2 постройте зависимость  $I_k=f(I_b)$  для  $U_{кэ}=10$ В.

Руководствуясь данными таблицы 5.2 и графика  $I_k=f(I_6)$  определите коэффициент усиления транзистора:

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_6}$$

5.4. Снимите семейство выходных характеристик биполярного транзистора. Для этого при каждом фиксированном токе базы  $I_b$  изменяйте напряжение  $U_{кэ}$  см. таблицу 5.3. и контролируйте значение тока коллектора  $I_k$ . Изменение напряжения  $U_{кэ}$  осуществляйте с помощью изменения напряжения источника  $G1$ . Ток базы контролируйте с помощью амперметра  $A1$ , а ток коллектора с помощью  $A2$ . Результаты измерений занести в таблицу 5.3. и используя их построить на одном графике семейство выходных ВАХ биполярного транзистора  $I_k=f(U_{кэ})$ .

5.5. Подключите базу транзистора к источнику напряжения  $G3$ . Обратите внимание на полярность источника по отношению к р-п переходу база-эмиттер. Изменяя положение движка резистора  $R1$  пронаблюдайте характер изменения тока базы  $I_b$  и тока коллектора  $I_c$  транзистора. Дать объяснения полученным наблюдениям.

5.6. Загрузите в программе Multisim схему, изображенную на рисунке 5.2.

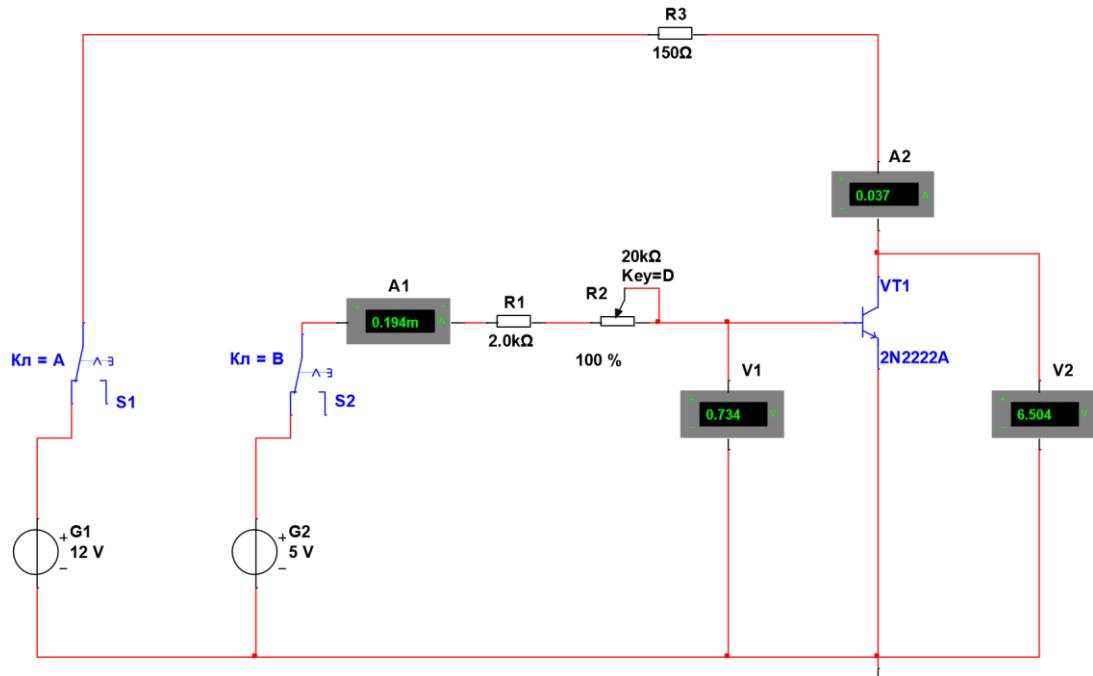


Рисунок 5.2 – Схема электрической цепи для исследований характеристик биполярного транзистора

5.7. Подключите коллектор биполярного транзистора к источнику напряжения  $G1$ , а базу транзистора к источнику  $G2$ . Для этого установите переключатели  $S1$  и  $S2$  в левое по схеме положение. Руководствуясь значениями таблицы 5.4 изменяйте с помощью резистора  $R2$  ток базы транзистора  $I_b$ , при этом фиксируя в каждой контрольной точке значения  $U_{b3}$ ,  $U_{k3}$ , и  $I_k$ . Результаты эксперимента занесите в таблицу 5.4 и постройте по этим данным графики  $U_{k3}=f(U_{b3})$  и  $I_k=f(I_b)$ .

5.8. Сделать выводы о проделанной работе.

Таблица 5.1

Ток базы $I_b$ , мкА	50	100	200	300	400	500
Напряжение $U_{b3}$ , В при $U_{k3}=5$ В						

Таблица 5.2

Ток базы $I_b$ , мкА	50	100	200	300	400	500
Ток коллектора $I_k$ , мА						
Напряжение $U_{b3}$ , В при $U_{k3}=10$ В						

Таблица 5.3

Напряжение $U_{k3}$ , В	0,1	0,5	1	5	8	12
Ток коллектора $I_k$ , мА при токе базы $I_b$ , мкА	50					
	100					
	200					
	300					
	400					
	500					

Таблица 5.4

Параметр	Значение в контрольной точке														
	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1800	2000
$I_b$ , мкА															
$U_{b3}$ , В															
$U_{k3}$ , В															
$I_k$ , В															

Содержание отчета:

- Наименование и цель работы.
- Результаты экспериментальных исследований, помещенные в соответствующие таблицы.
- Экспериментально снятые и построенные характеристики.
- Выводы по работе.