

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 присылается 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	Для всех один вариант	Для всех один вариант
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.

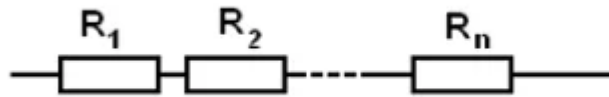


Рисунок 1.1 – Последовательное соединение резисторов

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.

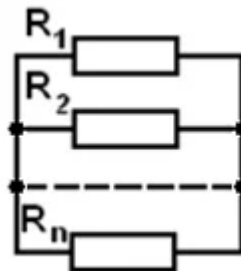


Рисунок 1.2 – Параллельное соединение резисторов

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.

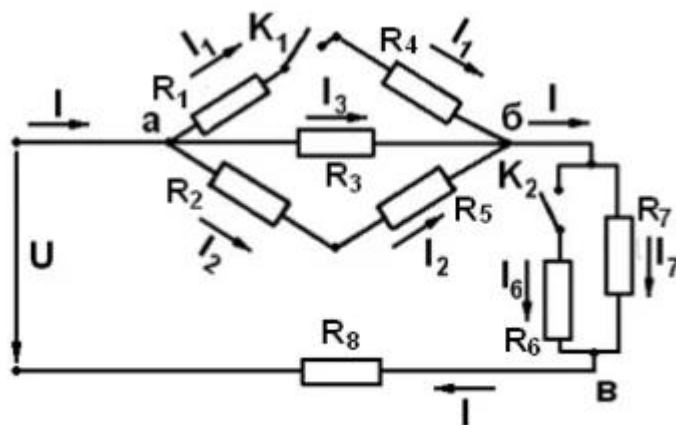


Рисунок 1.3 – Электрическая схема

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 R₁-R₄:

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

3. Рассчитать параллельное соединение R₁₄-R₃:

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

4. Рассчитать последовательное соединение R₂-R₅:

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

5. Рассчитать параллельное соединение R₁₃₄-R₂₅:

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

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. *Емкость конденсатора:*

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

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

2.2 *Энергия заряженного конденсатора:*

$$W_3 = \frac{q \cdot U}{2} \quad (2.2)$$

2.3. *Емкость плоского конденсатора:*

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

S – площадь пластин, ε – диэлектрическая проницаемость, d – толщина диэлектрика, ε_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 емкость и напряжение, на которое они рассчитаны, запишите в таблицу.

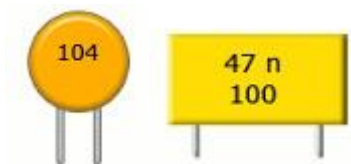
2. Используя формулу (2.1), рассчитайте максимальный заряд, который могут накопить данные конденсаторы и запишите в таблицу.

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

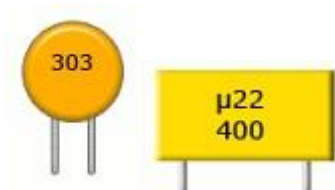
Таблица 2.1 – Результаты расчетов

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

Вариант 1



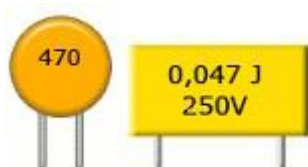
Вариант 2



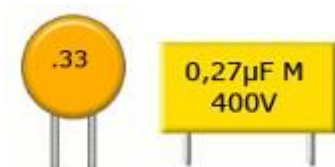
Вариант 3



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 ν и индуктивности катушки L следующим образом:

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

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.

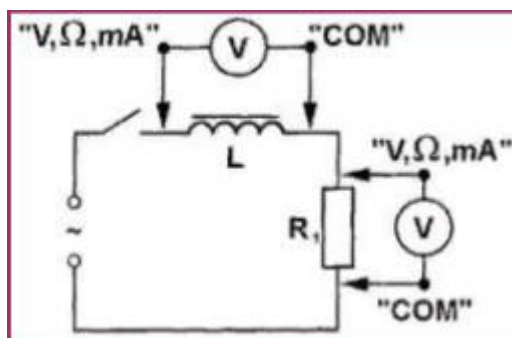


Рисунок 3.1 – Схема электрической цепи

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 выполнения 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 ₁ , 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.

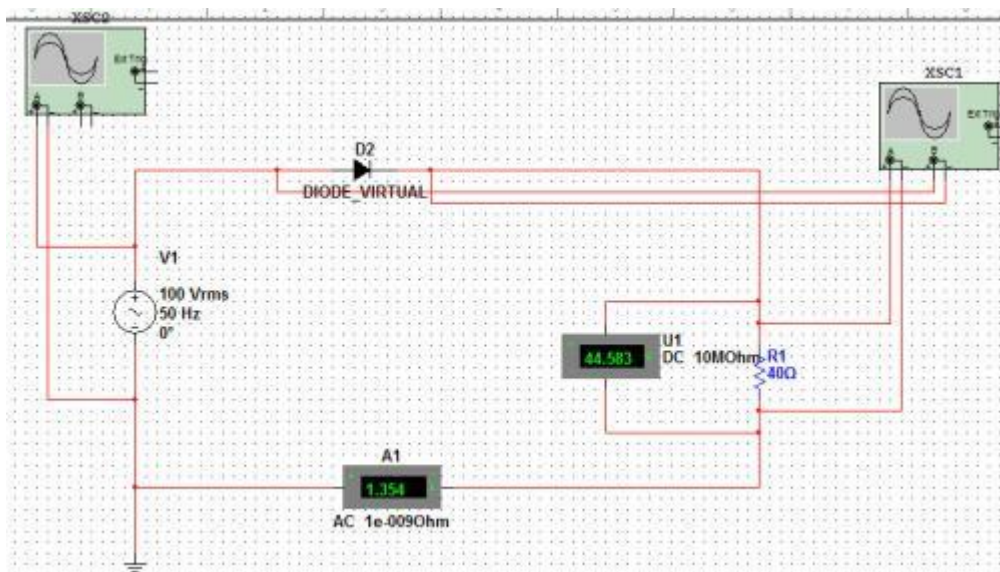


Рисунок 4.1 – Однофазная однополупериодная схема выпрямления

2. Однофазная двухполупериодная схема выпрямления

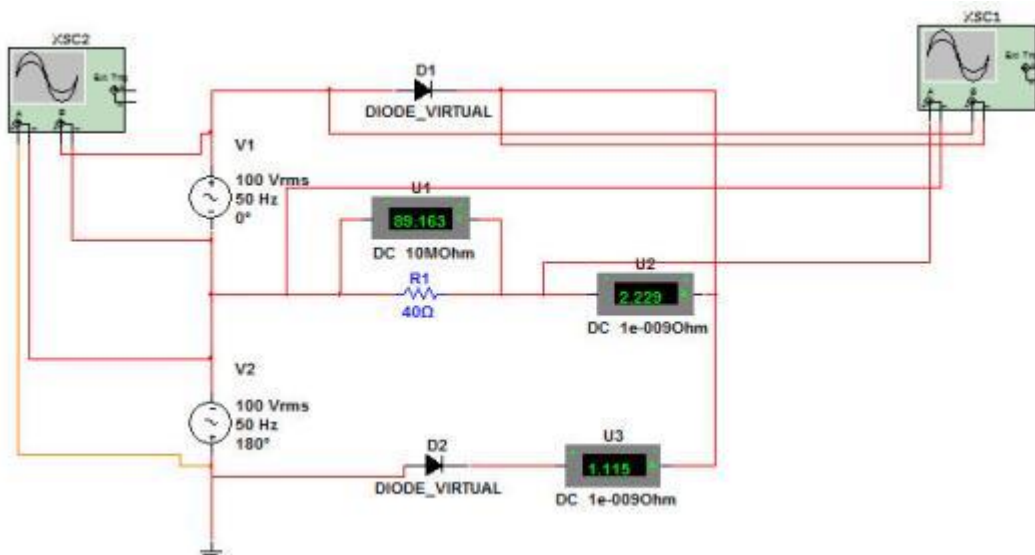


Рисунок 4.2 – Однофазная двухполупериодная схема выпрямления

	$U_2, \text{В}$	$R_h, \text{Ом}$	$U_{\text{обр}}, \text{В}$	$U_d, \text{В}$	$I_d, \text{А}$	$f_{\text{пуль}}, \text{Гц}$
Формула						
Полученное значение						

	$f, \text{Гц}$	$U_{2m}, \text{В}$	$I_m, \text{А}$	$R_H, \text{Ом}$	U_2	U_d	I_B	$f_{\text{пуль}}$	$U_{\text{обр}}$
Формула									
Полученное значение									

3. Трехфазная нулевая схема выпрямления

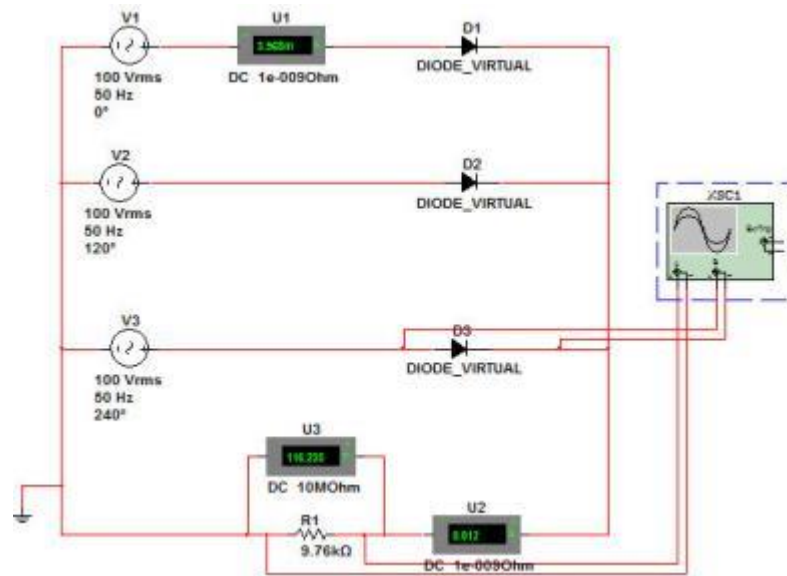


Рисунок 4.3 – Трехфазная нулевая схема выпрямления

4. Однофазная мостовая схема выпрямления

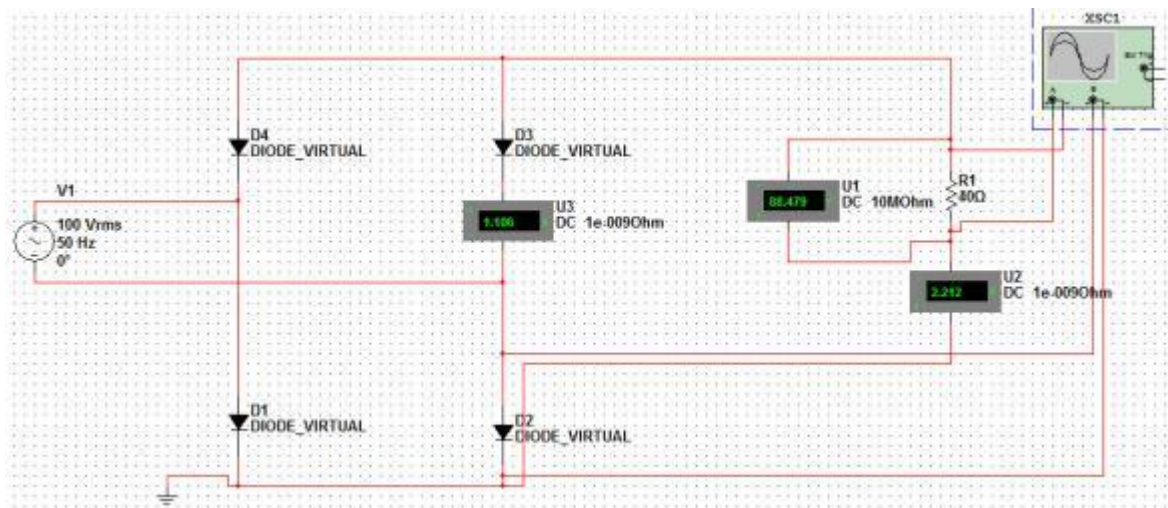


Рисунок 4.4 – Однофазная мостовая схема выпрямления

fсети	U2,В	Rh,Om	Uобр	Ud	Id	IB	f пул

5. Трехфазная мостовая схема выпрямления (схема Ларионова)

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. Ознакомьтесь 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.

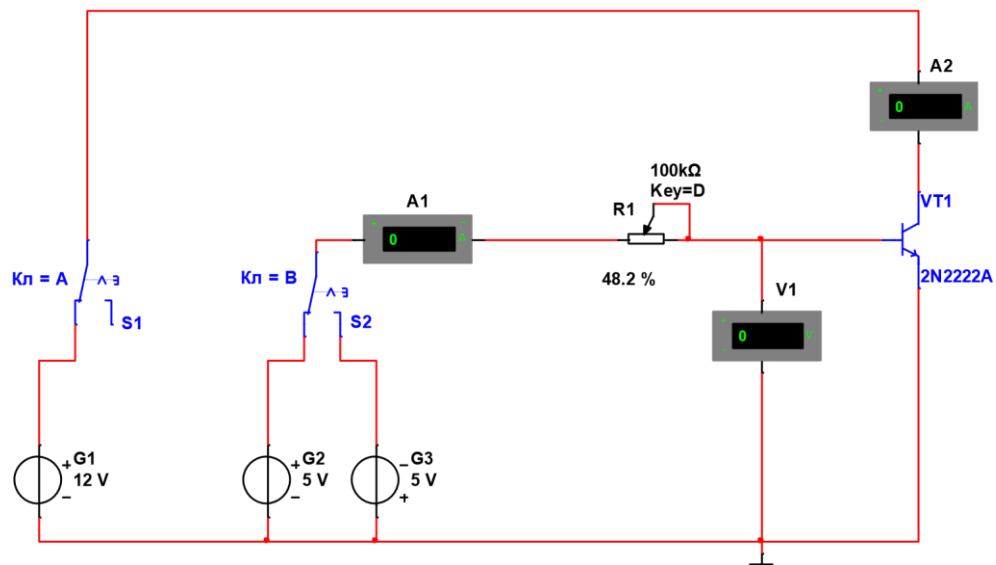


Рисунок 5.1 – Схема электрической цепи для снятия ВАХ биполярного транзистора

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 $I_{\text{б}}=f(U_{\text{бэ}})$ при напряжении $U_{\text{кэ}}=5\text{В}$.

Для этого установив напряжение источника $G1$ равным 5 В, изменяйте значение тока базы $I_{\text{б}}$ транзистора при помощи резистора согласно значениям таблицы 5.1. Напряжение $U_{\text{бэ}}$ и ток базы $I_{\text{б}}$ 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 $I_б$ для тех же самых значений $I_к$. Одновременно контролируйте значения тока коллектора $I_к$ с помощью амперметра A2. По результатам измерений заполните таблицу 5.2. Используя данные из таблицы 5.1 на одном графике постройте входные ВАХ транзистора $I_б=f(U_{бэ})$ для напряжений $U_{кэ}$ равных 5 и 10В. По данным таблицы 5.2 постройте зависимость $I_к=f(I_б)$ для $U_{кэ}=10В$.

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

$$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б}$$

5.4. Снимите семейство выходных характеристик биполярного транзистора. Для этого при каждом фиксированном токе базы $I_б$ изменяйте напряжение $U_{кэ}$ см. таблицу 5.3. и контролируйте значение тока коллектора $I_к$. 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 постройте на одном графике семейство выходных ВАХ биполярного транзистора $I_к=f(U_{кэ})$.

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 наблюдайте характер изменения тока базы $I_б$ и тока коллектора $I_к$ транзистора. Дать объяснения полученным наблюдениям.

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

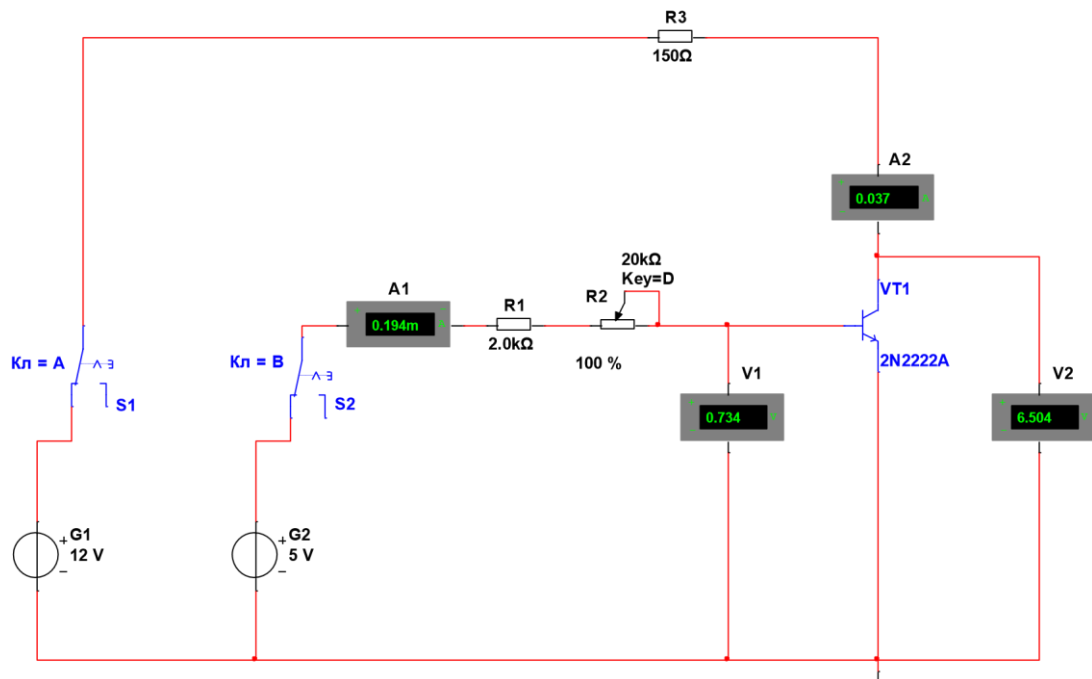


Рисунок 5.2 – Схема электрической цепи для исследований характеристик биполярного транзистора

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 $U_{бэ}$, $U_{кэ}$, и I_k . Результаты эксперимента занесите в таблицу 5.4 и постройте по этим данным графики $U_{кэ}=f(U_{бэ})$ 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 $U_{бэ}$, В при $U_{кэ}=5В$						

Таблица 5.2

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

Таблица 5.3

Напряжение $U_{кэ}$, 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	2100
I_b , мкА																
$U_{бэ}$, В																
$U_{кэ}$, 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.