

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Электротехника и основы промышленной электроники

Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 1-54 01 01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)», 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий», 1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи»

Витебск
2018

УДК 7.01 (075.8)

Составитель:

Ю. В. Новиков

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 9 от 30.11.2018.

Электротехника и основы промышленной электроники :
методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. Ю. В. Новиков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 47 с.

Методические указания являются руководством к выполнению лабораторных работ по курсу «Электротехника и основы промышленной электроники», определяют порядок выполнения расчета студентом, общие требования, предъявляемые к выполнению расчетно-графической работы, освещают последовательность ее подготовки, требования к структуре, содержанию и оформлению как самой работы, так и научно-справочного аппарата и приложений.

УДК 7.01 (075.8)

© УО «ВГТУ», 2018

Содержание

Лабораторная работа 1	
Измерение сопротивлений, токов и напряжений.....	4
Лабораторная работа 2	
Исследование режимов работы электрической цепи постоянного тока.....	5
Лабораторная работа 3	
Сложная цепь постоянного тока.....	9
Лабораторная работа 4	
Исследование явления резонанса напряжений.....	11
Лабораторная работа 5	
Исследование явления резонанса токов.....	15
Лабораторная работа 6	
Исследование трехфазной цепи при соединении фаз источника и приемника звездой.....	19
Лабораторная работа 7	
Исследование трехфазной цепи при соединении треугольником.....	25
Лабораторная работа 8	
Ознакомление с программным обеспечением для моделирования работы электронных схем.....	28
Лабораторная работа 9	
Монтаж и исследование расширяющей и укорачивающей RC-цепи.....	31
Лабораторная работа 10	
Монтаж и исследование диодных ключей. Диодная логика.....	34
Лабораторная работа 11	
Применение п/п диодов в источниках электропитания: моделирование и исследование схем выпрямления.....	37
Лабораторная работа 12	
Моделирование и исследование цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с резисторной сеткой «R-2R».....	41
Лабораторная работа 13	
Моделирование и исследование аналого-цифрового преобразователя.....	43
Литература.....	46

Лабораторная работа 1

Измерение сопротивлений, токов и напряжений

Цель работы: освоение методов измерения сопротивлений резистивных элементов с помощью вольтметра и амперметра, экспериментальное подтверждение аналитических расчётов электрических параметров элементов.

Общие сведения

Стенд для лабораторных работ включает в себя пульт, набор элементов и соединительных проводов, специальный лабораторный стол. Пульт состоит из источников энергии, электронных ключей, наборного поля и регулируемых пассивных элементов в правой части пульта.

Порядок выполнения работы

1. Произвольно выбрать из имеющихся резистивных элементов $R_{01} \div R_{09}$ пять штук.
2. Собрать схему для измерения величины сопротивлений выбранных резисторов по методу амперметра и вольтметра (рис. 1.1).

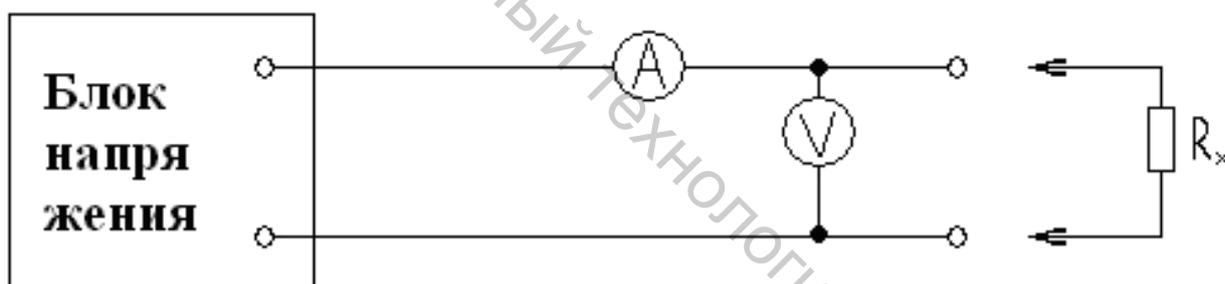


Рисунок 1.1

3. Определить по закону Ома значения сопротивлений резисторов и записать в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

$R_1, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$R_3, \text{ Ом}$	$R_4, \text{ Ом}$	$R_5, \text{ Ом}$

4. Собрать схему (рис. 1.2).
5. Измерить токи в ветвях и занести их значения в таблицу 1.2. Напряжения источника устанавливать в пределах от 10 до 15 В.

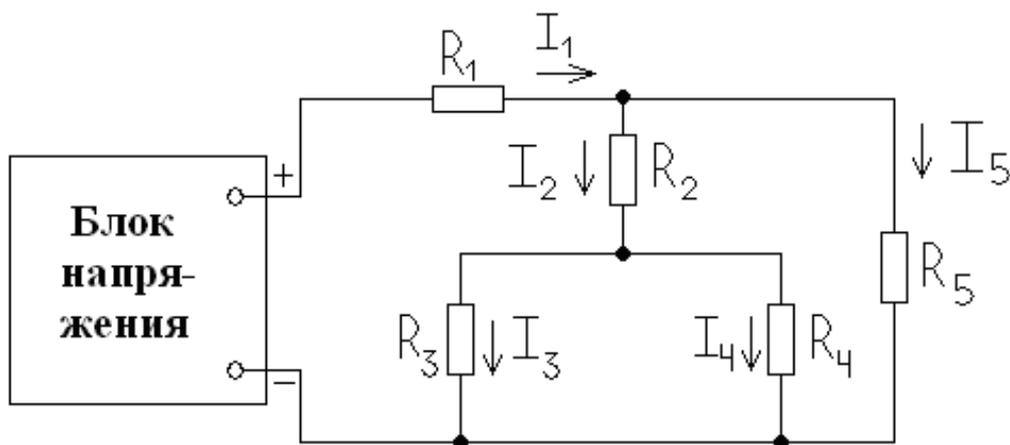


Рисунок 1.2

Таблица 1.2

	I_1, mA	I_2, mA	I_3, mA	I_4, mA	I_5, mA
Измеренные величины					
Расчётные величины					

6. Рассчитать методом сворачивания схемы по известному значению U и измеренным $R_1 \div R_5$ токи в ветвях. Измеренные и расчётные значения токов должны совпадать.

Контрольные вопросы

1. Объяснить законы Ома для участка цепи и для полной цепи.
2. Дать определения параллельного и последовательного соединения приёмников электрической энергии.
3. Проанализировать изменения электрических величин при внесённом преподавателем каком-либо изменении в схеме лабораторной работ.

Лабораторная работа 2

Исследование режимов работы электрической цепи постоянного тока

Цель работы: провести исследование режимов работы электрической цепи постоянного тока при неизменном напряжении в начале цепи и переменной нагрузке в конце.

Общие сведения

Схема простейшей цепи передачи электрической энергии постоянного тока изображена на рисунке 2.1.

U_1 – напряжение в начале цепи, U_2 – напряжение на нагрузке, R_H – сопротивление нагрузки, R_L – сопротивление проводов линии электропередачи.

При известных U_1 , R_H , R_L ток в цепи равен:

$$I = \frac{U_1}{R_L + R_H} \quad (2.1)$$

Откуда соотношение между напряжениями в линии определяется выражением

$$U_1 = U_2 + I \cdot R_L = U_2 + \Delta U, \quad (2.2)$$

где $\Delta U = I \cdot R_L$ – падение напряжений на сопротивлении линии электропередачи.

Умножив уравнение (2.2) на ток I , получим уравнение баланса мощностей в линии:

$$U_1 \cdot I = U_2 \cdot I + I^2 \cdot R_L$$

или

$$P = P_H + \Delta P,$$

где $P = U_1 \cdot I$ – мощность, отдаваемая источником во внешнюю цепь,

$P_H = U_2 \cdot I$ – мощность, потребляемая нагрузкой,

$\Delta P = I^2 \cdot R_L$ – потери мощности в линии электропередачи.

Если напряжение U_1 в начале цепи остаётся неизменным, то при изменении сопротивления нагрузки R_H будет изменяться ток в цепи и напряжение на нагрузке, так как падение напряжения в линии пропорционально величине тока. В предельных режимах холостого хода (х.х.) ($R_H = \infty$) и короткого замыкания (к.з.) ($R_H = 0$) ток в линии и напряжение на нагрузке будут, используя (2.1) и (2.2), равны:

1) режим холостого хода $I = 0$; $U_2 = U_1$;

2) режим короткого замыкания $I_{КЗ} = \frac{U_1}{R_L}$; $U_2 = 0$.

Мощность, потребляемая нагрузкой:

$$P_H = U_2 \cdot I = I^2 \cdot R_H = \frac{U_1^2}{(R_L + R_H)^2} \cdot R_H \quad (2.3)$$

будет изменяться от нуля при холостом ходе до нуля при коротком замыкании.

Максимальная мощность $P_{H \max}$ нагрузке передаётся в согласованном режиме. Значение P_H для этого режима можно получить, исследуя выражение (2.3) на максимум ($(\partial P_H / \partial R_H) = 0$). Отсюда следует, что согласованный режим работы электрической цепи наступает, если сопротивления линии и нагрузки будут равны $R_H = R_L$.

Величина мощности, потребляемой при этом нагрузкой, определится выражением

$$P_{H \max} = \frac{U_1^2}{4R_H}.$$

Важной характеристикой цепи является её коэффициент полезного действия, который равен отношению мощности, потребляемой нагрузкой, к мощности, отдаваемой источником:

$$\eta = \frac{P_H}{P}.$$

Используя (2.1) и (2.3), имеем:

$$\eta = 1 - \frac{R_L \cdot I}{U_1} = \frac{R_H}{R_L + R_H} = \frac{U_2}{U_1}. \quad (2.4)$$

Из (2.4) следует, что к.п.д. цепи изменяется от 1 в режиме холостого хода до нуля в режиме короткого замыкания. В согласованном режиме $\eta = 0,5$.

Порядок выполнения работы

1. Используя омметр, выбрать из набора резистор R_L с сопротивлением приблизительно 500 Ом, имитирующим сопротивление проводов линии электропередачи.

2. Собрать схему (рис. 2.1), состоящую из источника постоянного тока с регулируемым напряжением; резистора R_L ; переменного резистора R_H ,

являющегося нагрузкой, используя блок переменного сопротивления, и измерительных приборов (вольтметров V_1 и V_2 , амперметра А).

3. При отключенной нагрузке R_H в точках 2–2' установить заданное преподавателем значение напряжения источника U_1 .

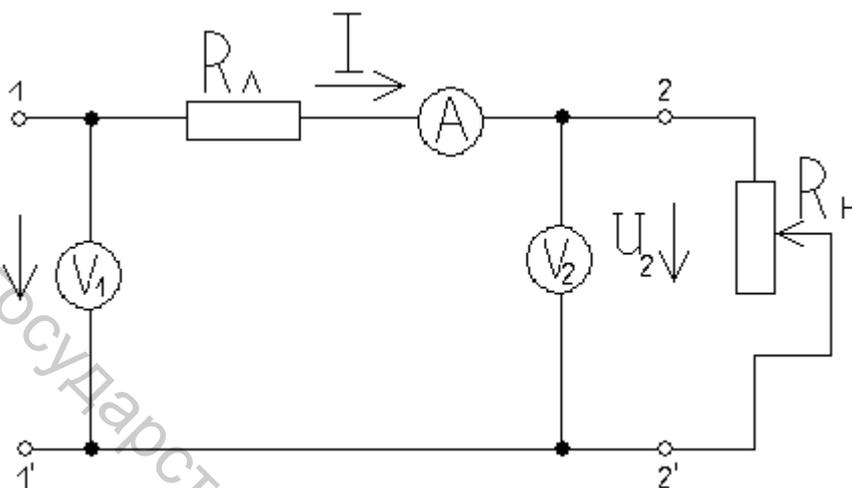


Рисунок 2.1

Показания приборов для данного режима (холостой ход) занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

№ п/п	Измерено			Вычислено					
	U_1 , В	U_2 , В	I, mA	ΔU , В	P , мВт	P_H , мВт	ΔP , мВт	R , Ом	$\eta\%$
1									
2									
3									
11									

4. Подключить нагрузку к линии. Установить наибольшее значение сопротивления переменного резистора R_H и дискретно через 100 Ом, уменьшая его до нуля, снять полученные данные и занести их в таблицу 2.1.

5. Закоротить цепь в точках 2–2' (режим короткого замыкания) и снять данные для этого режима.

6. Рассчитать величины, содержащиеся в таблице 2.1 в графе «Вычислено».

7. На основании экспериментальных и расчётных данных построить графики зависимостей от тока I следующих величин:

- $U_1 = f(I)$; $U_2 = f(I)$; $\Delta U = f(I)$

$$2. P = f(I); P_H = f(I); \Delta P = f(I)$$

$$3. R = f(I); \eta = f(I).$$

Контрольные вопросы

1. Напряжение на нагрузке больше или меньше напряжения на источнике?
2. Как зависит падение напряжения и потери мощности в цепи электропередачи от тока?
3. При каких условиях для данной цепи возникает согласованный режим?
4. В каких пределах изменяется к.п.д. цепи? Назовите значение к.п.д. для режимов холостого хода, короткого замыкания и согласованного.

Лабораторная работа 3

Сложная цепь постоянного тока

Цель работы: изучение расчёта сложной электрической цепи методами непосредственного применения законов Кирхгофа и наложения и её экспериментальное исследование.

Общие сведения

Сложной является электрическая цепь, содержащая несколько источников э.д.с. и пассивных нагрузок, соединённых произвольно. Методы расчёта сложных цепей базируются на законах Кирхгофа.

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему, представленную на рисунке 3.1, состоящую из источника нерегулируемого постоянного напряжения U_1 и регулируемого U_2 , вольтметров V_1 и V_2 , резисторов $R_1 \div R_5$ и амперметров $A_1 \div A_5$.

2. Установить напряжение регулируемого источника U_2 в пределах 15–20 В.

3. Измерить напряжения U_1 и U_2 и токи в ветвях $I_1 \div I_5$ при действии обоих источников. Данные записать в таблицу 3.1.

4. Отключить источник U_1 и закоротить цепь в точках 1 и 1'. Напряжение U_2 установить таким же, как и в п.3. Замерить частичные токи в ветвях, данные занести в таблицу 3.1.

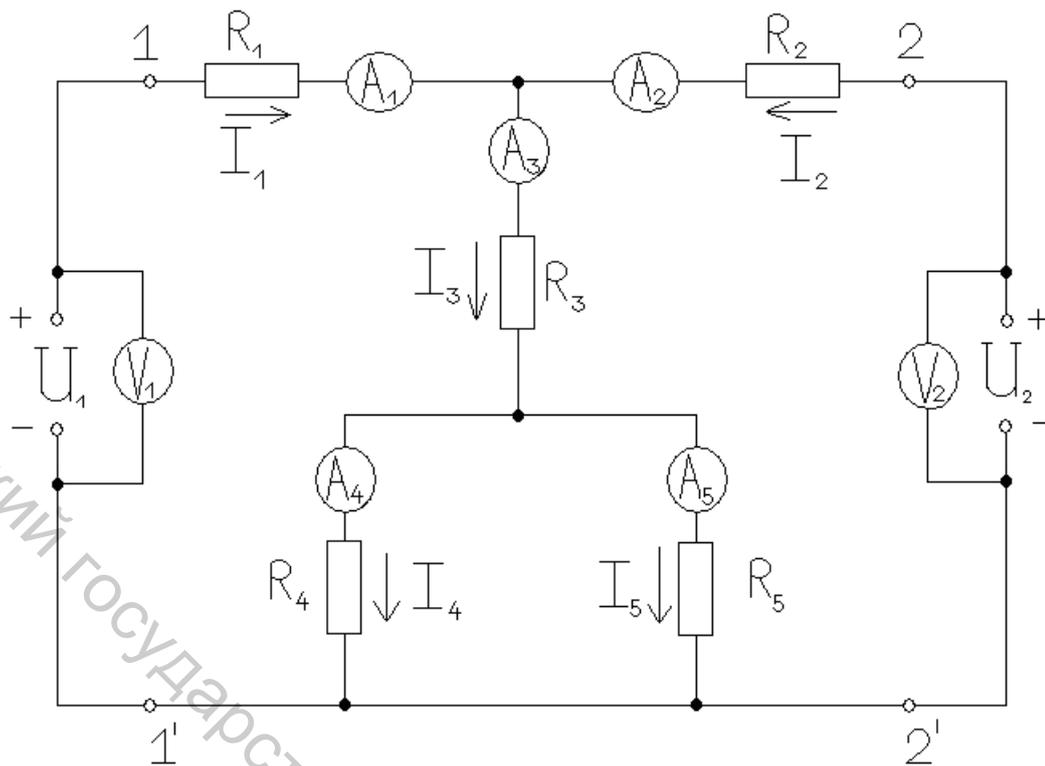


Рисунок 3.1

5. Отключить источник U_2 и замкнуть цепь в точках 2 и 2'. Раскратив цепь в точках 1 и 1', включить в цепь источник U_1 . Замерить частичные токи в ветвях, данные занести в таблицу 3.1.

При выполнении п.п. 4 и 5 учесть направления частичных токов в ветвях.

6. Используя метод наложения, определить истинные токи в ветвях и сравнить с данными п.3.

7. При несовпадении результатов, полученных по п.п. 3 и 6, повторить эксперимент.

8. Измерить с помощью омметра сопротивления резисторов $R_1 \div R_5$. Данные занести в таблицу 3.2.

9. Считая э.д.с. источников равными их напряжениям U_1 и U_2 и используя данные п.8, рассчитать токи в цепи методом непосредственного применения законов Кирхгофа.

10. Применяя принцип суперпозиции, рассчитать токи в цепи методом наложения.

Таблица 3.1

Наименование метода		U_1 , В	U_2 , В	I_1 , мА	I_2 , мА	I_3 , мА	I_4 , мА	I_5 , мА
По законам Кирхгофа	измерено							
	вычислено							

Окончание таблицы 3.1

Метод наложения	при действии источника U_1	измерено							
		вычислено							
	при действии источника U_2	измерено							
		вычислено							
	при действии обоих источников								

Таблица 3.2

$R_1, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$R_3, \text{ Ом}$	$R_4, \text{ Ом}$	$R_5, \text{ Ом}$

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа.
2. Дайте определение ветви, узла и контура электрической цепи.
3. Какая цепь называется сложной?
4. Какие методы применяются при расчёте сложных электрических цепей?
5. Как рассчитывается цепь методом наложения?
6. Какой контур называется независимым?

Лабораторная работа 4

Исследование явления резонанса напряжений

Цель работы: исследование режимов работы цепи переменного тока, содержащей последовательное соединение резистивного, индуктивного и емкостного элементов.

Общие сведения

Рассмотрим цепь, в которой последовательно включены активное сопротивление r , индуктивность L и емкость C (рис. 4.1). Пусть она подключена к источнику синусоидального напряжения, в ней будет протекать

синусоидальный ток $i = I_m \sin \omega t$. Мгновенное значение напряжения всей цепи согласно второму закону Кирхгофа:

$$\begin{aligned}
 u &= u_r + u_L + u_C = r \cdot i + L \frac{\partial i}{\partial t} + \frac{1}{C} \int i \cdot dt = \\
 &= r \cdot I_m \cdot \sin \omega t + \omega L \cdot I_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) + \frac{1}{\omega C} \cdot I_m \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) = \\
 &= U_{mr} \cdot \sin \omega t + U_{mL} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) + U_{mC} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (4.1)
 \end{aligned}$$

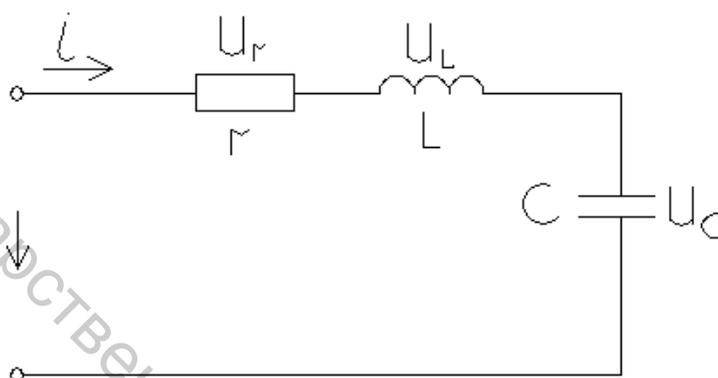


Рисунок 4.1

В соответствии с уравнением (4.1) построим векторную диаграмму. За исходный вектор возьмём вектор амплитуды тока I_m (рис. 4.2). Вектор амплитуды напряжения на индуктивном элементе $U_{mL} = \omega L I_m$ будет опережать вектор тока на 90° , а вектор амплитуды напряжения на емкостном элементе $U_{mC} = I_m / \omega C$ – отстает от вектора тока на 90° , то есть векторы U_{mL} и U_{mC} будут направлены противоположно. Вектор амплитуды напряжения на активном сопротивлении $U_{mr} = r \cdot I_m$ будет сонаправлен с вектором тока.

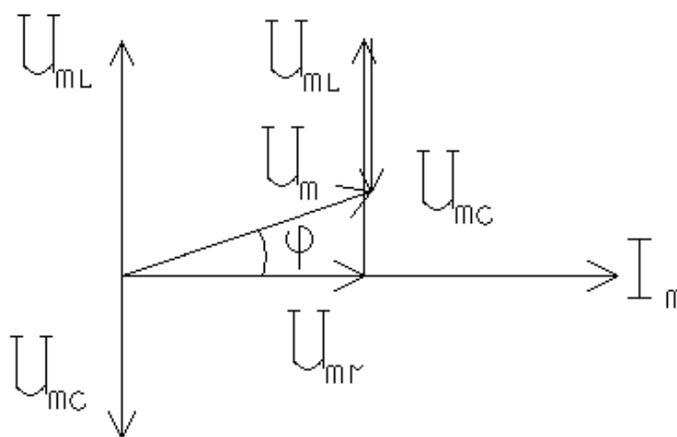


Рисунок 4.2

Из векторной диаграммы следует, что

$$\vec{U}_m = \vec{U}_{mr} + \vec{U}_{mL} + \vec{U}_{mC}.$$

Амплитуда общего напряжения U_m в соответствии с векторной диаграммой будет равна

$$U_m = \sqrt{U_{mr}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2},$$

откуда

$$U_m = \sqrt{(I_m \cdot r)^2 + (\omega L I_m - \frac{1}{\omega C} \cdot I_m)^2} = I_m \sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}. \quad (4.2)$$

ωL и $1/\omega C$ – индуктивное X_L и емкостное X_C сопротивления соответственно, действующие значение синусоидального тока I :

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{U}{Z}.$$

Это выражение даёт возможность узнать модуль тока, но не определяет величину сдвига фаз между напряжением и током. Знаменатель $Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}$ представляет собой модуль полного сопротивления цепи. Угол сдвига фаз между током и напряжением определяется по формулам

$$\varphi = \arccos \frac{r}{Z} = \arcsin \frac{X}{Z} = \operatorname{arctg} \frac{X}{r} = \operatorname{arctg} \frac{U_L - U_C}{U_r}.$$

При равенстве индуктивного сопротивления емкостному ($X_L = X_C$) возникает резкое возрастание амплитуды тока – резонанс напряжений:

$$X_L - X_C = 0$$

и, следовательно,

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{r},$$

то есть сопротивление цепи минимально, модуль тока достигает максимального значения. При этом $\cos \varphi = 1$, ток совпадает по фазе с напряжением, а нагрузка цепи имеет активный характер.

При резонансе на емкостном и индуктивном элементах напряжения равны по величине и противоположны по фазе. Напряжение на конденсаторе и катушке индуктивности во столько раз больше подведенного напряжения, во сколько раз реактивные сопротивления элементов L и C больше активного:

$$U_r = r \cdot I = r \cdot (U/r) = U ,$$

$$U_L = X_L \cdot I = X_L \cdot (U/r) = (X_L/r) \cdot U ,$$

$$U_C = X_C \cdot I = X_C \cdot (U/r) = (X_C/r) \cdot U .$$

Порядок выполнения работы

1. По заданным преподавателем значениям емкости (индуктивности) рассчитать значение индуктивности (емкости), необходимой для выполнения условия резонанса напряжений на частоте, равной 4 кГц, а также значение активного сопротивления, необходимое для выполнения следующего условия $U_L = U_C > U_r$.

2. Собрать на наборном поле стенда схему, представленную на рисунке 4.3, используя элементы с требуемыми номиналами из блоков переменного сопротивления, индуктивности, емкости (R_4, L_4, C_4).

3. Включить питание стенда, установить на входе цепи напряжение 10–15 В и поддерживать его постоянным при выполнении работы. Ручку регулировки частоты «плавно» вывести в крайнее правое положение.

4. Изменяя с помощью переключателя частоту напряжения от нуля до 8 кГц (с интервалом 1 кГц), записать в таблицу 4.1 значения всех измеряемых величин (U, U_r, U_L, U_C, I) для каждого нового значения частоты.

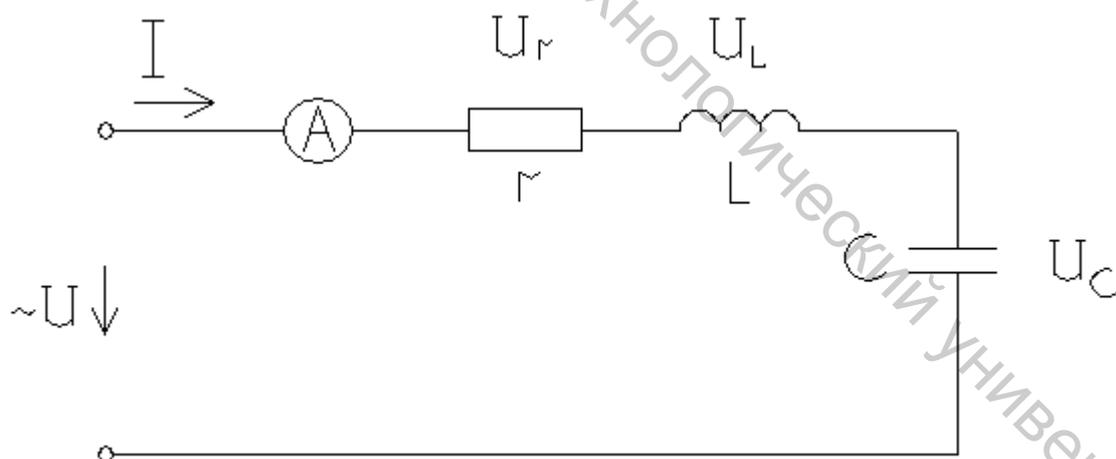


Рисунок 4.3

5. Используя экспериментальные данные, определить для каждого опыта: величину полного сопротивления цепи Z , емкостное сопротивление X_C , индуктивное сопротивление X_L , $\cos \varphi$.

6. По результатам измерений и вычислений построить в соответствующем масштабе:

– три векторные диаграммы токов и напряжений для случаев

$$X_L > X_C; \quad X_L < X_C; \quad X_L = X_C;$$

– зависимости $I(f); U(f); U_L(f); U_C(f); Z(f); \cos \varphi(f)$.

Таблица 4.1

№ п/п	Экспериментальные данные					Расчётные данные				
	f кГц	U , В	U_r , В	U_L , В	U_C , В	I , мА	Z , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	$\cos \varphi$
1										
.										
.										
9										

Контрольные вопросы

1. Почему в цепи с последовательным соединением r , L и C напряжение на входе цепи не равно арифметической сумме напряжений на отдельных элементах цепи?
2. Как построить диаграмму напряжений для цепи с последовательным соединением r , L и C ?
3. По каким данным электрической цепи можно вычислить $\cos \varphi$?
4. В каких цепях и при каком условии наблюдается резонанс напряжений?
5. Каковы признаки наличия резонанса напряжений в цепи?
6. Как получить резонанс напряжений при постоянной частоте тока?

Лабораторная работа 5

Исследование явления резонанса токов

Цель работы: исследование режимов работы цепи переменного тока, содержащей параллельное соединение активного, индуктивного и емкостного элементов.

Общие сведения

При параллельном соединении активного сопротивления r , индуктивности L и емкости C (рис. 5.1) параллельные ветви электрической цепи находятся под одним напряжением $u = U_m \sin \omega t$. Мгновенное значение тока всей цепи согласно первому закону Кирхгофа:

$$\begin{aligned}
 i &= i(r) + i(L) + i(C) = \frac{u}{r} + \frac{1}{L} \int u \delta t + C \frac{\partial u}{\partial t} = \\
 &= \frac{U_m}{r} \cdot \sin \omega t + \frac{U_m}{\omega L} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) + \omega C U_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) = \\
 &= I_{mr} \cdot \sin \omega t + I_{mL} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) + I_{mC} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)
 \end{aligned}$$

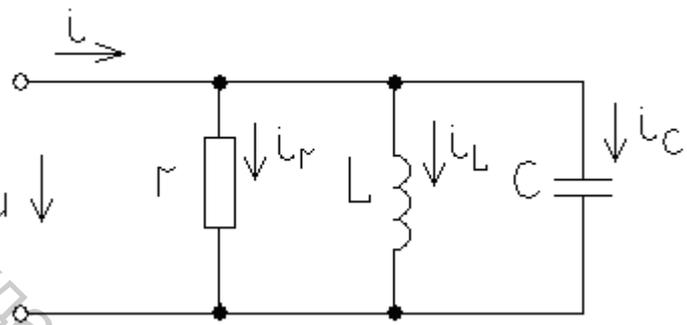


Рисунок 5.1

При построении векторной диаграммы исходный вектор, вектор амплитуды напряжения U_m (рис. 5.2). Вектор амплитуды тока в индуктивном элементе $I_{mL} = U_m / \omega L$ отстает от вектора напряжения на 90° , вектор амплитуды тока в емкостном элементе $I_{mC} = U_m \cdot \omega C$ – опережает вектор напряжения на 90° . Вектор амплитуды тока в активном сопротивлении $I_{mr} = U_m / r$ направлен, как и вектор напряжения.

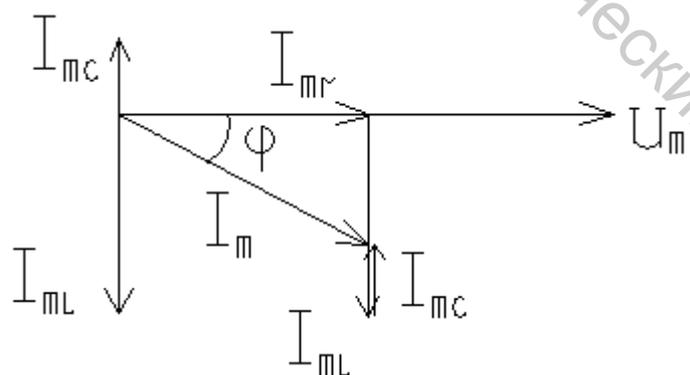


Рисунок 5.2

Из векторной диаграммы следует:

$$\vec{I}_m = \vec{I}_{mr} + \vec{I}_{mL} + \vec{I}_{mC}$$

Амплитуда общего тока, как следует из векторной диаграммы, будет равна:

$$I_m = \sqrt{I_{mr}^2 + (I_{mL} - I_{mC})^2} \quad (5.1)$$

Запишем выражение (5.1) для действующих значений синусоидального тока I и напряжения U :

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{I_r^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{\left(\frac{U}{r}\right)^2 + \left(\frac{U}{\omega L} - \frac{U}{1/\omega C}\right)^2} = U \cdot \sqrt{\frac{1}{r^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} = \\ &= U \cdot \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} = U \sqrt{g^2 + b^2} = U \cdot y \end{aligned}$$

Величины g , b , y , имеющие размерность проводимости, называются соответственно активной, реактивной и полной проводимостями, $b_L = 1/\omega L$ и $b_C = \omega C$ — индуктивной и емкостной проводимостями соответственно.

Угол сдвига фаз между общим током и напряжением определяется:

$$\varphi = \arctg \frac{I_L - I_C}{I_r} = \arctg \frac{b}{g} = \arcsin \frac{b}{y} = \arccos \frac{g}{y}$$

При равенстве индуктивной и емкостной проводимостей ветвей $b_L = b_C$ в электрической цепи возникает резонанс токов. Полная проводимость и действующее значение общего тока в цепи имеют минимальные значения: $y = g$, $I = Ug$; ток совпадает по фазе с напряжением, $\cos \varphi = 1$.

Действующие значения токов в ветвях при резонансе будут равны:

$$I_r = U \cdot g = I; \quad I_L = U \cdot b_L; \quad I_C = U \cdot b_C, \quad I_L = I_C.$$

При $b_L = b_C > g$ $I_L = I_C > I$, то есть токи в индуктивном и емкостном элементах будут больше общего тока цепи, а между магнитным полем катушки индуктивности и электрическим полем конденсатора происходит непрерывный периодический обмен энергией.

В общем случае сложных цепей возникновение режима резонанса токов может зависеть от параметров L и C и от активных сопротивлений ветвей. Для схемы, исследуемой в данной работе (рис. 5.3), условием получения резонанса

является равенство проводимостей b_L и b_C обеих ветвей. Но если $b_C = \omega C$, то b_L и g определяются более сложными выражениями:

$$b_L = \frac{\omega L}{r_K^2 + (\omega L)^2}; \quad g = \frac{r_K}{r_K^2 + (\omega L)^2}.$$

Условием резонанса будет равенство

$$\omega C = \frac{\omega L}{r_K^2 + (\omega L)^2}. \quad (5.2)$$

Порядок выполнения работы

1. По заданным преподавателем значениям активного сопротивления и частоты рассчитать по формуле (5.2) значение индуктивности, необходимое для выполнения условия резонанса токов при величине емкости в 0,5 мкФ для цепи, представленной на рисунке 5.3.

2. Собрать схему, представленную на рисунке 5.3, используя элементы с требуемыми номиналами из блоков переменных сопротивления, индуктивности, емкости (R_4, L_4, C_4).

3. Включить питание стенда и установить напряжение на входе цепи 10–15 В. Ручку регулировки частоты «плавно» вывести в крайнее правое положение. Изменяя частоту f от нуля до 8 кГц с интервалом 1 кГц, записать в таблицу 5.1 значения всех измеряемых величин.

4. Используя экспериментальные данные, определить: активную проводимость цепи g ; полную проводимость цепи y ; емкостную проводимость b_C ; индуктивную проводимость b_L ; $\cos \varphi$.

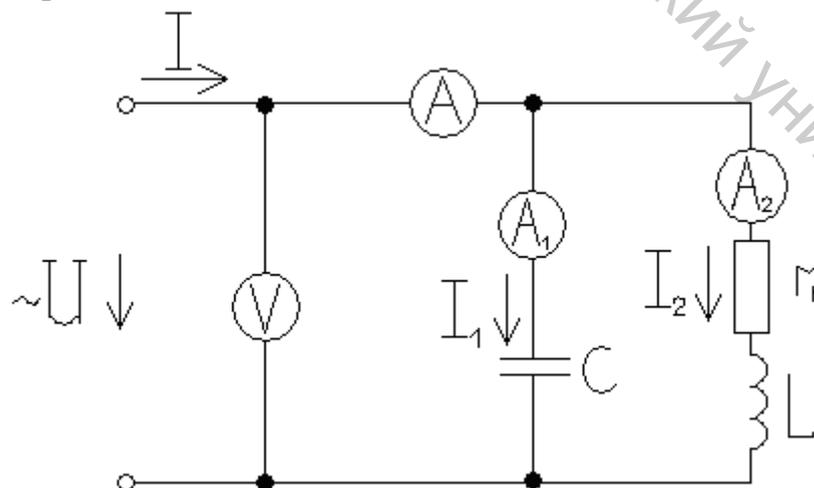


Рисунок 5.3

5. По результатам измерений и вычислений построить в соответствующем масштабе:

– три векторные диаграммы токов и напряжений для случаев

$$b_L > b_C; \quad b_L < b_C; \quad b_L = b_C;$$

– зависимости $I(f)$, $I_1(f)$, $I_2(f)$, $y(f)$.

Таблица 5.1

№ п/п	Экспериментальные данные					Расчетные данные				
	f , кГц	U , В	I , мА	I_1 , мА	I_2 , мА	y , См	g , См	b_C , См	b_L , См	$\cos \varphi$
1										
.										
.										
10										

Контрольные вопросы

1. В каких цепях и при каком условии наблюдается резонанс токов?
2. Как построить векторную диаграмму токов и напряжения разветвленной части цепи?
3. Почему ток в неразветвленной части цепи не равен арифметической сумме токов в ветвях с активной, индуктивной и емкостной нагрузками?
4. Какие признаки наличия резонанса токов в цепи?

Лабораторная работа 6

Исследование трехфазной цепи при соединении фаз источника и приемника звездой

Цель работы: изучить особенности работы и свойства трехфазной цепи при соединении звездой фаз источника и приемника.

Общие сведения

Трехфазная электрическая цепь может быть представлена как совокупность трех однофазных цепей, в которых действуют э.д.с. одной и той же частоты, сдвинутые относительно друг друга на угол 120° .

Схема соединения имеет вид (рис. 6.1):

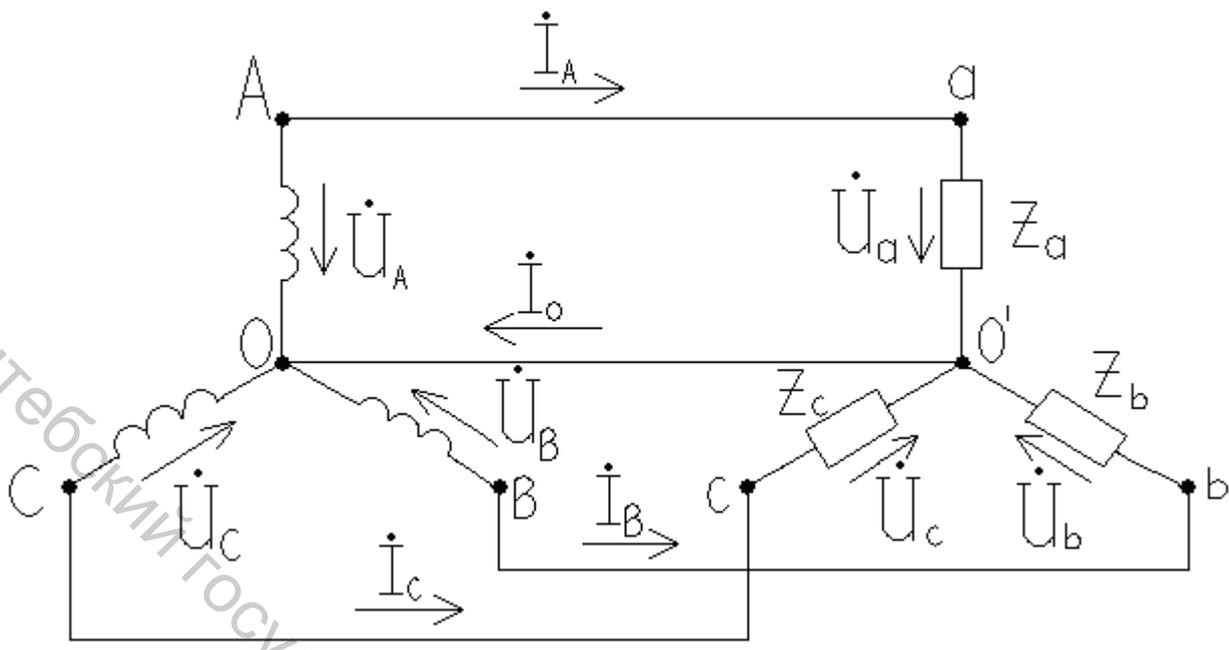


Рисунок 6.1

Напряжения на фазах генератора U_A, U_B, U_C и нагрузки U_a, U_b, U_c принято называть фазными. Напряжения между линейными проводами U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} и токи в линейных проводах называются линейными.

Из схемы (рис. 6.1) следует, что

$$I_L = I_\Phi.$$

По первому закону Кирхгофа для узла O' можем записать:

$$\dot{I}_O = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C. \quad (6.1)$$

Если принять сопротивление проводов равным нулю, то фазные напряжения нагрузки будут равны фазным напряжениям генератора:

$$\dot{U}_A = \dot{U}_a; \quad \dot{U}_B = \dot{U}_b; \quad \dot{U}_C = \dot{U}_c.$$

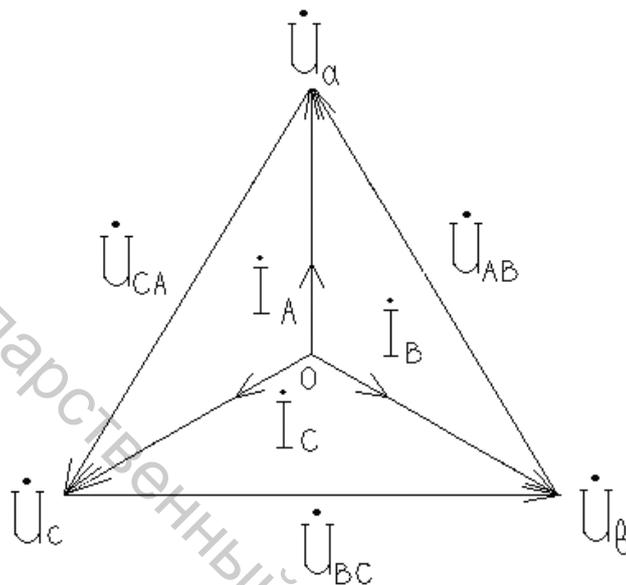
Отсюда фазные токи будут определяться фазными напряжениями генератора и, в общем случае, полным сопротивлением фаз приемника:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_a}{Z_a}; \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_b}{Z_b}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_c}{Z_c}, \quad (6.2)$$

где $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ – комплексные действующие значения фазных напряжений;

Z_a, Z_b, Z_c – полные сопротивления фаз в комплексной форме.

Соединение по рисунку 6.1 обеспечивает независимую работу фаз, изменение нагрузки в одной из фаз не оказывает влияния на режим работы других фаз. Векторные диаграммы для различных режимов нагрузки имеют следующий вид:



а – одинаковая нагрузка

Для построения векторных диаграмм использованы выражения (6.1) и (6.2).

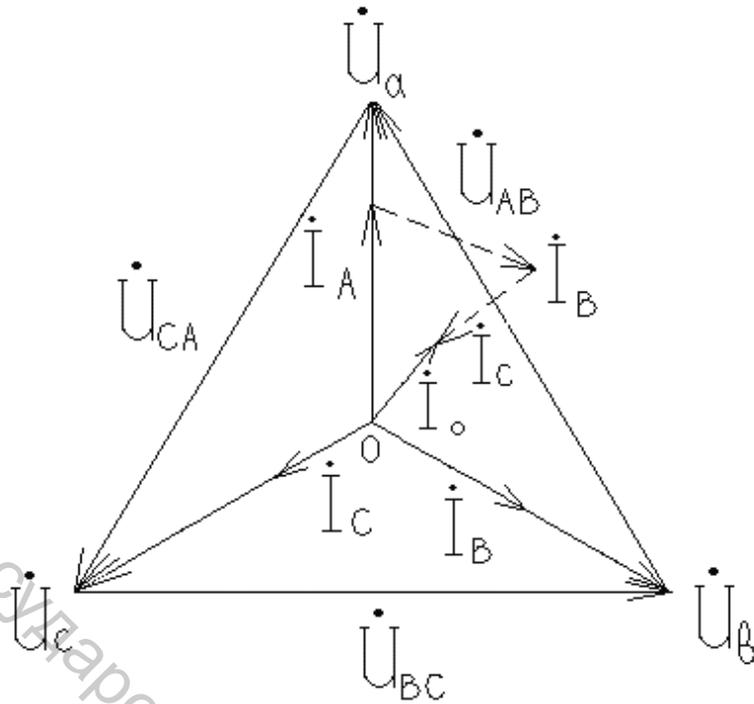
Векторы линейных напряжений связаны с векторами фазных напряжений следующими соотношениями:

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}_a - \dot{U}_b; \quad \dot{U}_{bc} = \dot{U}_b - \dot{U}_c; \quad \dot{U}_{ca} = \dot{U}_c - \dot{U}_a.$$

Из равнобедренного треугольника, образованного двумя фазными и одним линейным напряжениями следует, что

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_\phi. \quad (6.3)$$

При изменении нагрузок изменяются токи только тех фаз, где произошло изменение. При этом появляется ток в нулевом проводе.



б – неодинаковая нагрузка

При равномерной нагрузке ток $I_0 = 0$. Следовательно, в этом режиме отпадает необходимость в нулевом проводе, и система будет являться трехпроводной.

Эта система может использоваться только при симметричной нагрузке. При изменении сопротивления хотя бы в одной фазе, между точками $O - O'$ появляется напряжение, определяемое по методу 2 узлов.

$$\dot{U}_{oo'} = \frac{\dot{U}_a \cdot Y_a + \dot{U}_b \cdot Y_b + \dot{U}_c \cdot Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c},$$

где Y_a, Y_b, Y_c – полные проводимости отдельных фаз в комплексной форме.

Вследствие этого фазные напряжения нагрузки не будут равны фазным напряжениям генератора. Они будут определяться выражениями:

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_{oo'} ; \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_{oo'} ; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C - \dot{U}_{oo'} .$$

В случае короткого замыкания одной из фаз (например, фазы C) фазные напряжения \dot{U}_a и \dot{U}_b достигают наибольших значений, равных линейным напряжениям.

Векторная диаграмма для трехпроводной системы при неравномерной нагрузке имеет вид:

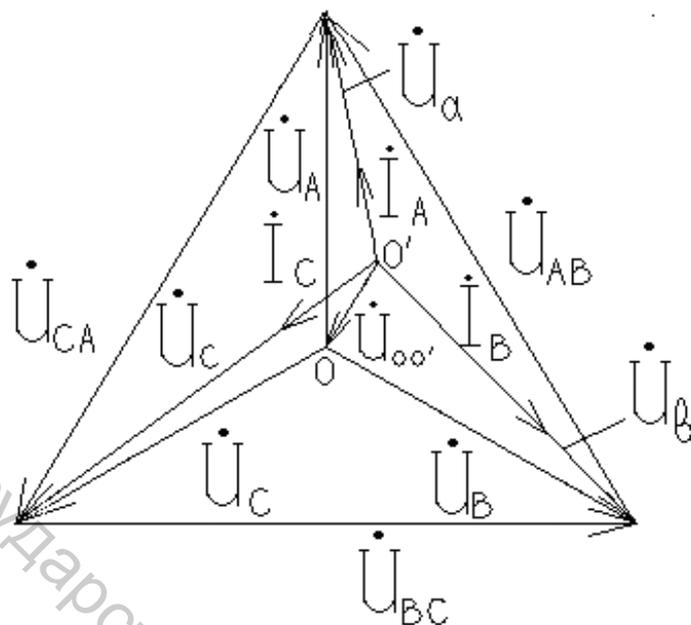


Рисунок 6.2

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему (рис. 6.3). В качестве нагрузок фаз R_a , R_b , R_c использовать имеющиеся в наборах резисторы от R_{01} до R_{10} и при необходимости блок переменных сопротивлений.

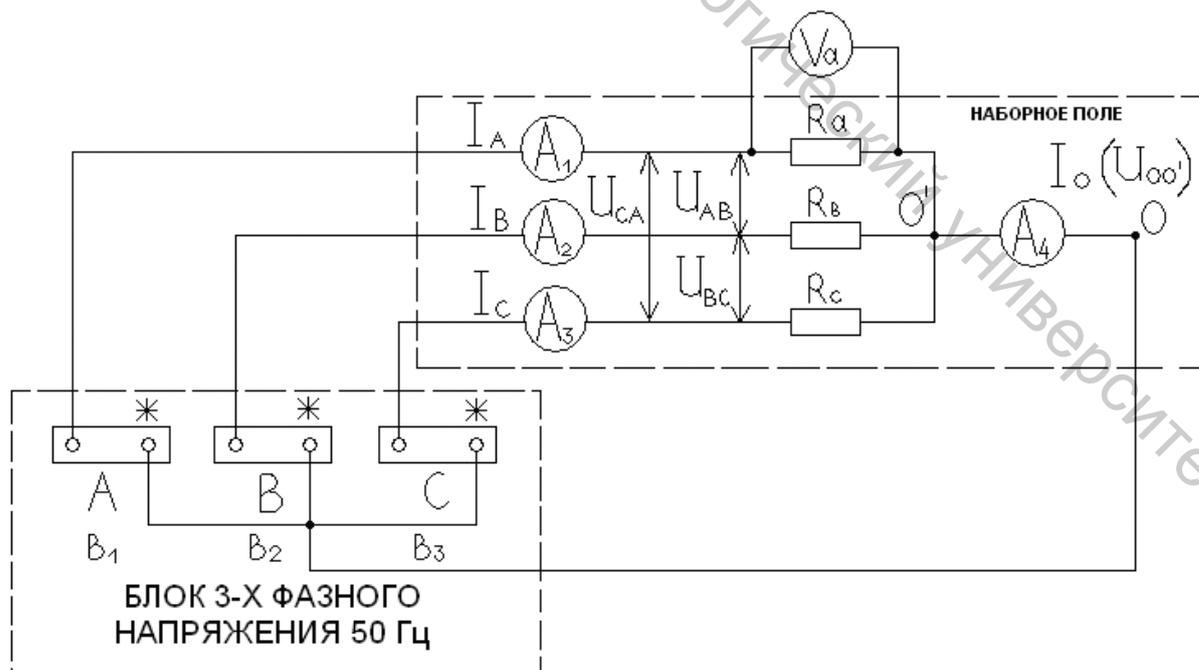


Рисунок 6.3

Таблица 6.1

Схема	Режим	I_A	I_B	I_C	I_o	U_a	U_b	U_c	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	$U_{oo'}$
		mA	mA	mA	mA	В	В	В	В	В	В	В
4-проводная	одинаковая нагрузка											
	неодинаковая нагрузка											
	разгрузка фазы А											
3-проводная	одинаковая нагрузка											
	неодинаковая нагрузка											
	разгрузка фазы А											
	короткое замыкание фазы А											

2. Для записанных в таблицу 6.1 режимов измерить в указанных на схеме пунктиром участках цепи все обозначенные электрические величины:

I_A, I_B, I_C – фазные (они же линейные токи);

U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} – линейные напряжения;

U_a, U_b, U_c – фазные напряжения (на резисторах R_a, R_b, R_c);

I_o – ток в нулевом проводе;

$U_{oo'}$ – напряжение между нулевыми точками генератора и нагрузки.

3. По результатам опытов построить векторные диаграммы для 3 режимов, указанных преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Что такое 3- и 4-проводные системы?
2. Объясните назначение нулевого провода.
3. Область применения 3- и 4-проводной систем.
4. Объяснить особенности режима неравномерной нагрузки при обрыве нулевого провода.
5. Как связаны фазные и линейные токи и напряжения?
6. Показать на схеме фазные и линейные токи и напряжения.

Лабораторная работа 7

Исследование трехфазной цепи при соединении треугольником

Цель работы: опытная проверка свойств и соотношений, присущих трехфазным цепям синусоидального тока при соединении приемников треугольником.

Общие сведения

При соединении треугольником $U_{\text{л}} = U_{\phi}$. Если пренебречь сопротивлением линейных проводов, то фазные напряжения на нагрузке будут равны линейным напряжением генератора.

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{ab}; \quad \dot{U}_{BC} = \dot{U}_{bc}; \quad \dot{U}_{CA} = \dot{U}_{ca}.$$

При известных сопротивлениях нагрузки Z_{ab} , Z_{bc} , Z_{ca} фазные токи

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_{ab}}; \quad \dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{Z_{bc}}; \quad \dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{Z_{ca}}. \quad (7.1)$$

Следовательно, соединение треугольником обеспечивает независимую работу фаз; изменение нагрузки в любой из фаз не влияет на работу остальных.

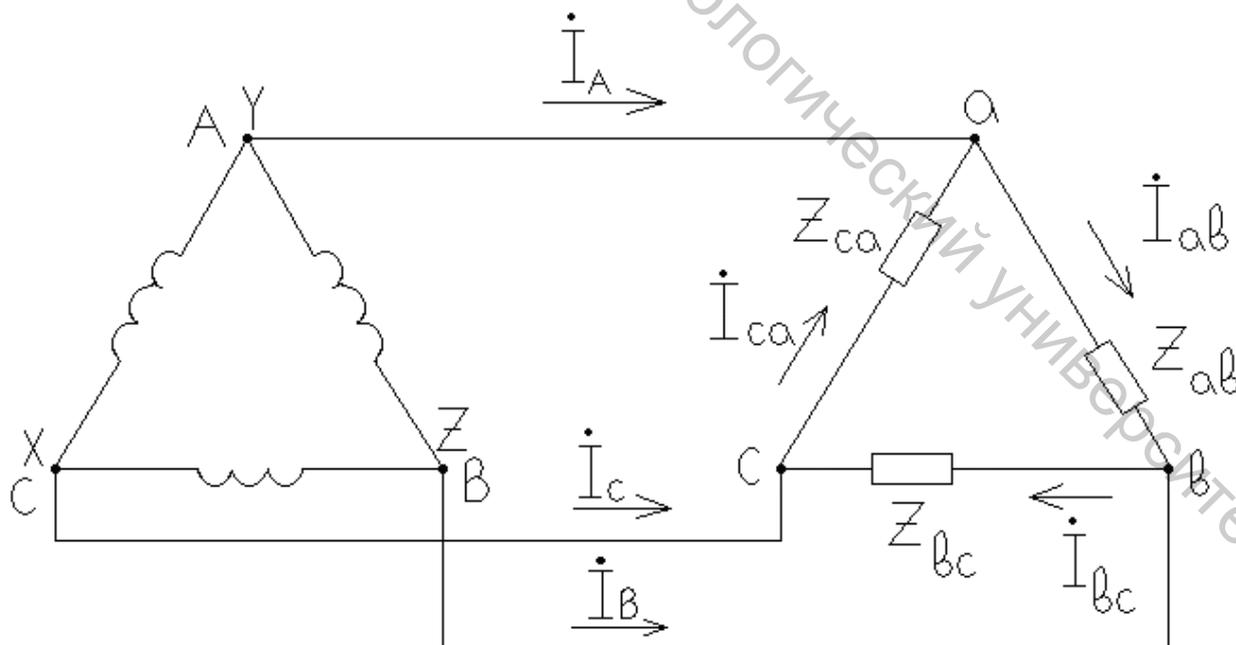


Рисунок 7.1

Токи \dot{I}_A , \dot{I}_B , \dot{I}_C , протекающие в линейных проводах, называются линейными токами. Используя первый закон Кирхгофа для узлов а, в, с:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}, \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}, \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}. \quad (7.2)$$

Складывая правые и левые части уравнений (7.2), получим

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0, \quad (7.3)$$

геометрическая сумма линейных токов всегда равна нулю. При построении векторных диаграмм необходимо использовать выражение (7.1) и (7.2). При этом учитывается, что векторы линейных напряжений \dot{U}_{AB} , \dot{U}_{BC} , \dot{U}_{CA} образуют симметричную трехлучевую звезду, то есть равны по величине и сдвинуты относительно друг друга на угол 120° .

В случае симметричной нагрузки ($Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$) векторы фазных токов, определенные выражениями (7.1), сдвинуты по фазе относительно векторов линейных напряжений на одинаковый угол φ и образуют симметричную звезду. Векторы линейных токов, построенные согласно выражениям (7.2), также образуют симметричную звезду, сдвинутую относительно системы фазных токов на угол 30° . Линейные токи в $\sqrt{3}$ больше фазных токов:

$$I_L = \sqrt{3}I_\phi.$$

При неравномерной нагрузке фаз симметрия фазных напряжений остается. Однако симметрия фазных и линейных токов будут нарушена. Напряжение на фазах нагрузки в случае соединения треугольником будет изменяться только при обрыве одного из линейных проводов.

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему (рис. 7.2), состоящую из резисторов R_1 , R_2 , R_3 одинаковых номиналов, амперметров $A_1 \div A_6$, вольтметра V.
2. Отключить нагрузку R_1 , то есть выполнить разгрузку фазы А. Измерить токи и напряжения в этом режиме.
3. Собрать схему для режима симметричной нагрузки. Отсоединить линейный провод фазы А, измерить токи и напряжения.

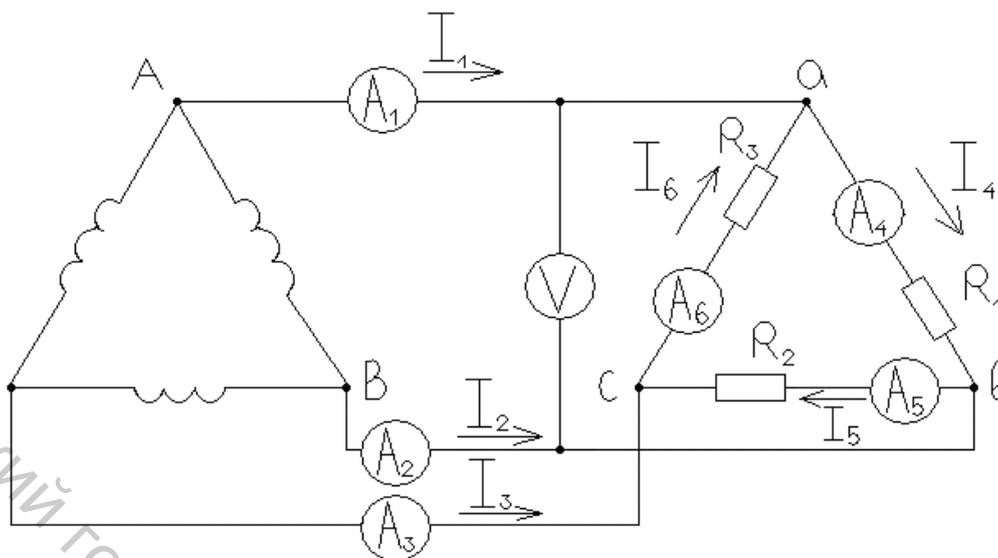


Рисунок 7.2

6. По результатам опытов построить векторные диаграммы напряжений и токов для первых трех режимов.

Таблица 7.1

Режимы	I_1 mA	I_2 mA	I_3 mA	I_4 mA	I_5 mA	I_6 mA	U_{ab} В	U_{bc} В	U_{ca} В
Одинаковая нагрузка									
Неодинаковая нагрузка									
Разгрузка фазы А									
Обрыв линейного провода									

Контрольные вопросы

1. Какое соединение приемников трехфазного тока называется треугольником?

2. Какие зависимости связывают комплексы линейных и фазных напряжений и токов?

3. Когда имеет место соотношение $I_L = \sqrt{3}I_\phi$?

4. Как скажется изменение сопротивления одной из фаз на токи и напряжения в других фазах?

Лабораторная работа 8

Ознакомление с программным обеспечением для моделирования работы электронных схем

Цель работы: сформировать общие навыки работы в программе Electronics Workbench.

Электронная система моделирования EWB имитирует реальное рабочее место исследователя. Она позволяет исследовать работу простых и сложных аналоговых и цифровых устройств.

В верхней части окна программы расположен ряд ниспадающих меню.

Наиболее часто используемые:



– открыть сохраненную схему моделирования



– сохранить схему моделирования



– копировать выделенный участок схемы в буфер обмена



– вставить содержимое буфера обмена на схему



– поворот выделенного элемента

Меню выбора электронных компонентов. Открытие панелей производится одиночным кликом левой клавишей мыши.



– панель Sources. Включает в себя различные источники питания и сигналов.

Наиболее часто используемые:



– земля, ноль. Относительно этого элемента программа производит расчет всех напряжений в схеме



– источник постоянного напряжения



– источник переменного напряжения синусоидальной формы



– панель Basic. Набор простейших элементов и устройств

Наиболее часто используемые:



– точка соединения проводников. Используется для подведения проводника к уже проведенному



– резистор, сопротивление



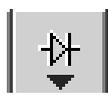
– конденсатор



– катушка индуктивности



– трансформатор с трехвыводной вторичной обмоткой



– панель Diodes. Содержит различные типы диодов и их разновидностей



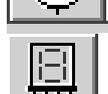
– земля, ноль. Относительно этого элемента программа производит расчет всех напряжений в схеме



– источник постоянного напряжения



– источник переменного напряжения синусоидальной формы



– Indicators. Приборы измерения и индикации. Наиболее часто используемые устройства генерации и наблюдения электрических сигналов.

Наиболее часто используемые:



– двулучевой осциллограф

Большинство моделей элементов имеют возможность настройки параметров. Параметры: Voltage (V) – напряжение; Current (I) – ток; Frequency – частота; Phase – фаза, в градусах.

Модели **амперметра** и **вольтметра** имеют во вкладке Value свойств две строки: Resistance (R) – внутреннее сопротивление прибора (не рекомендуется изменять ввиду возможности некорректного моделирования схемы) и Mode – режим работы (AC – постоянный ток, DC – переменный ток).

На изображении приборов черная черта обозначает отрицательный вывод.

Двулучевой осциллограф (рис. 8.1) – устройство, предназначенное для отображения формы электрического сигнала во времени.

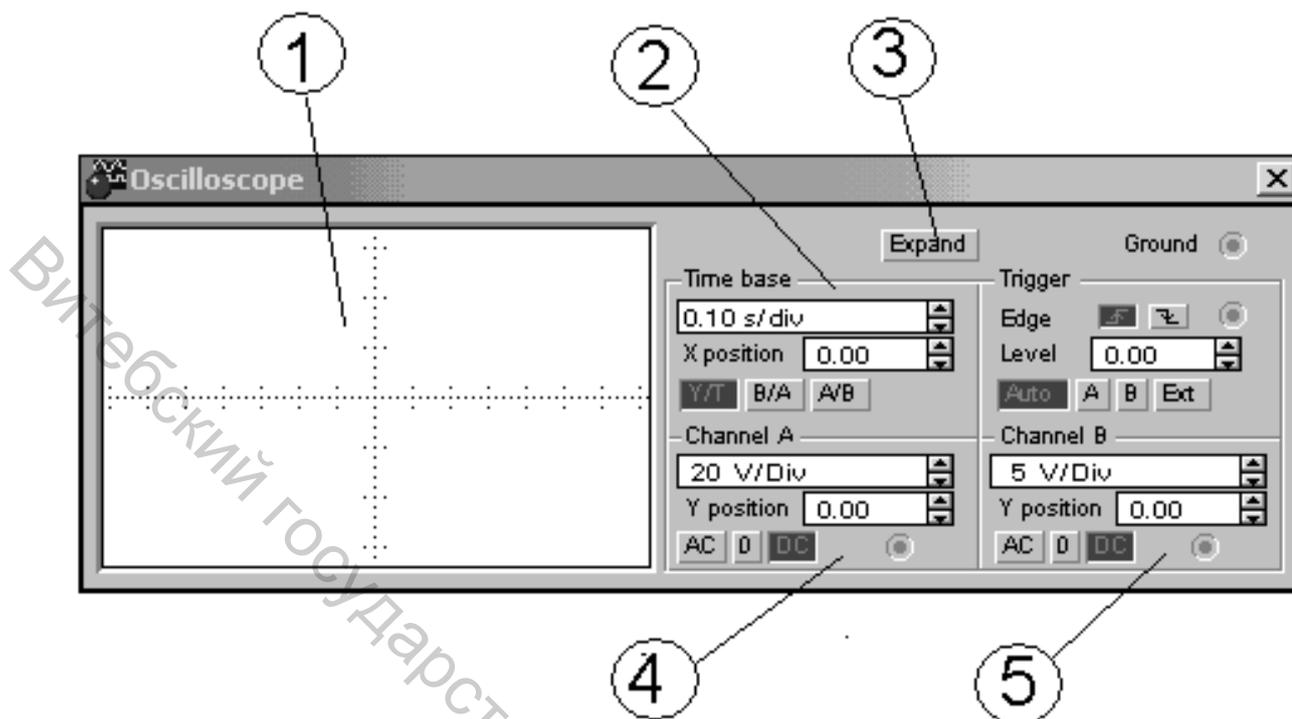


Рисунок 8.1 – Внешний вид окна осциллографа

Интерфейс модели максимально приближен к внешнему виду прибора. Верхний правый вход – общий. Нижний правый – синхровход. Для открытия окна свойств прибора по нему следует произвести двойной левый клик.

На рисунке 8.1 следующие позиционные обозначения: 1 – поле отображения информации; 2 – блок временных настроек, строка Time base устанавливает масштаб сетки по времени, X position – положение отображаемого сигнала относительно оси X; 3 – кнопка включения расширенного отображения прибора.

Меняется лицевая панель осциллографа – увеличивается размер экрана, появляется возможность прокрутки изображения по горизонтали и его сканирования с помощью вертикальных визирных линеек (синего и красного цвета), которые могут быть за треугольные ушки (обозначенные цифрами 1 и 2) курсором установлены в любое место экрана. При этом в индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линейками).

Изображение можно инвертировать нажатием кнопки REVERSE и записать в файл нажатием кнопки SAVE. Возврат к исходному виду осциллографа производится нажатием кнопки REDUCE; 4 – блок настроек канала А. В верхней строке устанавливается масштаб по напряжению (по вертикали). В нижней (Y position) указывается смещение сигнала по вертикали относительно оси времени. Выбор режима по входу осуществляется нажатием курсором мыши кнопок AC/0/DC. 5 – блок настроек канала В.

Порядок выполнения работы

1. Вынести на рабочее поле в программе Electronics Workbench генератор прямоугольных импульсов, задать параметры в соответствии с номером рабочего места: частота в кГц, амплитуда напряжения в В.
2. Подключить осциллограф, учитывая, что измерения проводятся относительно общего заземления.
3. Включить схему в работу на короткий период времени 2–5 с.
4. Развернуть окно осциллографа и настроить для отображения осциллограммы выходного сигнала.
5. Вынести на рабочее поле в программе Electronics Workbench источник синусоидального напряжения, задать параметры в соответствии с номером рабочего места: частота в Гц*10, амплитуда напряжения в В.
6. К выходу источника одним выводом подключить сопротивление в кОм*номер рабочего места, второй вывод на заземление.
7. Вынести на рабочее поле вольтметр, амперметр (либо использовать мультиметр) и подключить, в соответствии с методикой измерения, для определения тока и напряжения в резисторе при переменном напряжении питания.
8. Включить схему, снять показания.

Контрольные вопросы

Объяснить и уметь показать методику работы при исследовании электрических схем в программе Electronics Workbench.

Лабораторная работа 9

Монтаж и исследование расширяющей и укорачивающей RC-цепи

Цель работы: исследование электрических процессов при прохождении прямоугольных импульсов через линейные RC-цепи.

Общие сведения

В электронных устройствах формирование напряжения заданной формы из напряжения другой формы осуществляют с помощью линейных электрических цепей, образованных соответствующим соединением активных сопротивлений, конденсаторов и (или) катушек индуктивности. Рассмотрим прохождение прямоугольных импульсов через RC-цепи. Схема дифференцирующей RC-цепи представлена на рисунке 9.1.

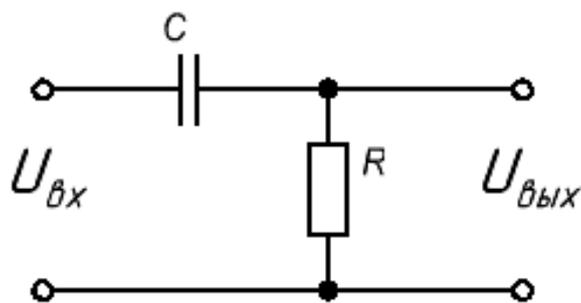


Рисунок 9.1 – Дифференцирующая RC-цепочка

Схема интегрирующей RC-цепи представлена на рисунке 9.2.

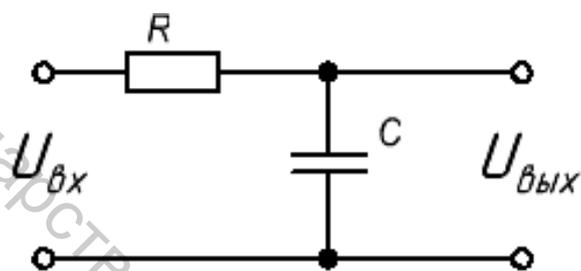


Рисунок 9.2 – Интегрирующая RC-цепочка

Схема форсирующей RC-цепи представлена на рисунке 9.3. Цепь представляет делитель напряжения, образованный резисторами R_1 и R_2 , в котором сопротивление R_1 шунтировано емкостью C .

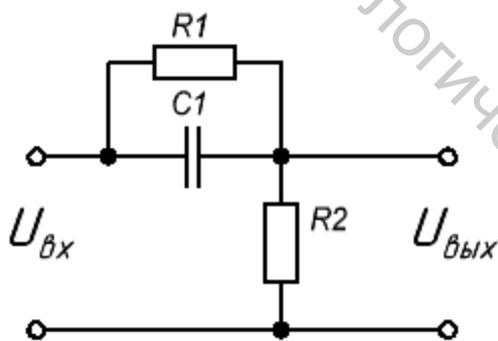


Рисунок 9.3 – Форсирующая RC-цепочка

Порядок выполнения работы

1. Собрать в программе Electronics Workbench схему рисунке 9.4.
2. Зарисовать осциллограммы входных и выходных импульсов RC-цепи (для двух случаев $C=330$ пФ, 750 пФ).

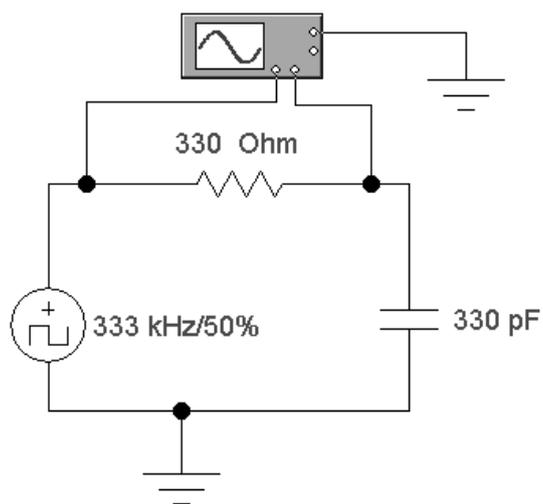


Рисунок 9.4 – Схема для исследования интегрирующей RC-цепочки

3. Собрать схему (рис. 9.5).

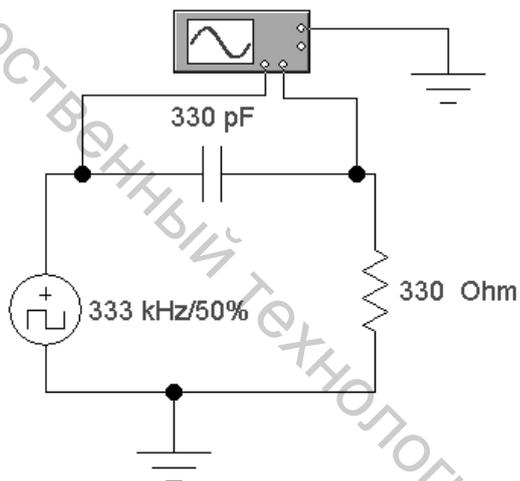


Рисунок 9.5 – Схема для исследования дифференцирующей RC-цепочки

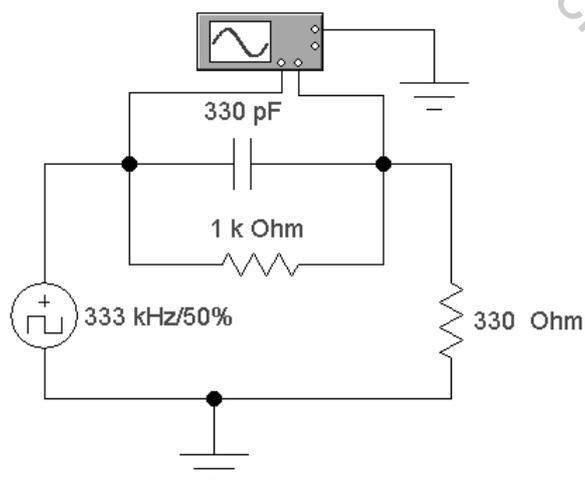


Рисунок 9.6 – Схема для исследования форсирующей RC-цепочки

4. Зарисовать осциллограммы входных и выходных импульсов RC-цепи (для двух случаев $C=330$ пФ, 750 пФ).

5. Собрать на универсальном лабораторном стенде схему рис. 9.6.
6. Зарисовать осциллограммы входных и выходных импульсов RC цепи (для двух случаев $C=330$ пФ, 750 пФ).

Контрольные вопросы

1. Какие из исследуемых цепей можно назвать расширяющими импульсный сигнал?
2. Объяснить физические процессы, происходящие в интегрирующей цепочке при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения.
3. Как изменится форма выходного сигнала интегрирующей цепи, если изменить сопротивление, емкость цепи, длительность и период повторения входных импульсов?

Лабораторная работа 10 Монтаж и исследование диодных ключей

Цель работы: исследовать работу диодных ключей.

Общие сведения

Амплитудным ограничителем называют четырехполюсник, у которого выходное напряжение повторяет форму входного напряжения до определенного значения.

В качестве нелинейных приборов используют полупроводниковые диоды, индуктивные катушки с ферромагнитными сердечниками, работающие в режиме насыщения, усилительные схемы, выполненные на транзисторах (транзисторные ключи, усилители-ограничители).

Порядок выполнения работы

1. Исследовать работу диодного ключа, изображенного на рисунке 10.1, при подаче на его вход биполярных сигналов.

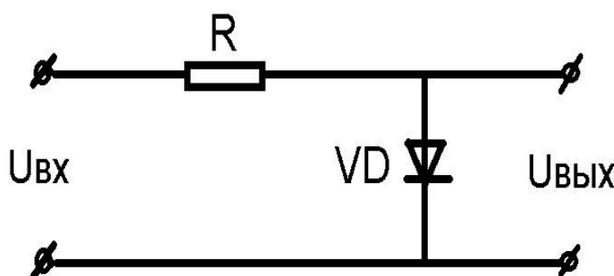


Рисунок 10.1 – Диодный ключ с параллельным включением

Для этого собрать в программе Electronics Workbench схему, изображенную на рисунке 10.2.

2. Зарисовать импульсы на входе и импульсы на выходе исследуемой цепи с указанием цены деления по времени и по напряжению.

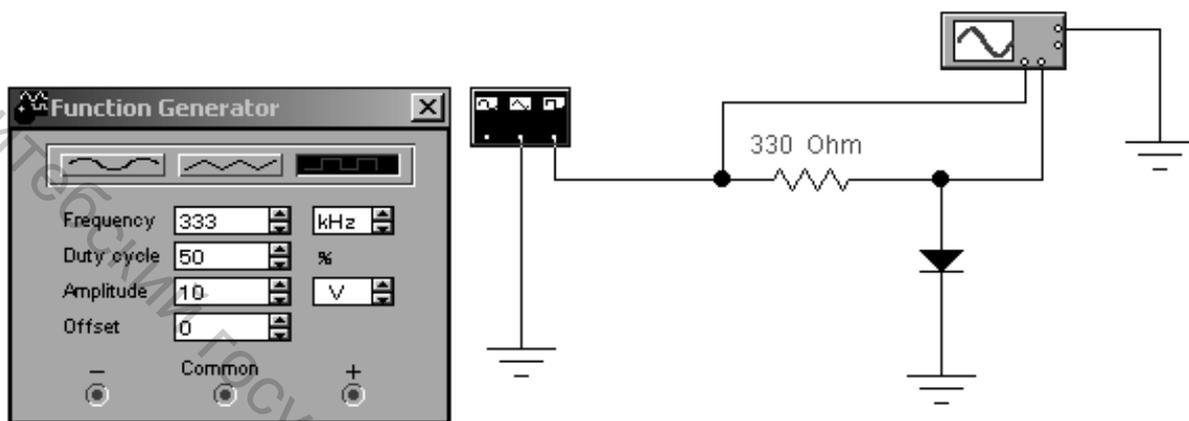


Рисунок 10.2 – Схема моделирования параллельного диодного ключа

3. Исследовать работу диодного ключа, изображенного на рисунке 10.3, при подаче на его вход биполярных сигналов.

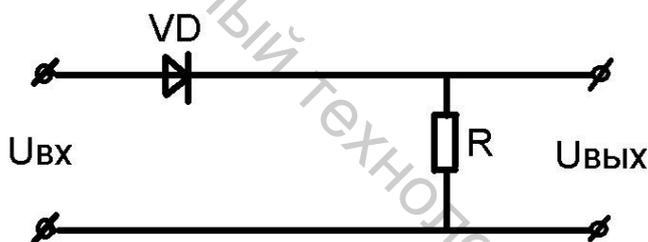


Рисунок 10.3 – Диодный ключ с последовательным включением

Для исследования собрать схему, изображенную на рисунке 10.4.

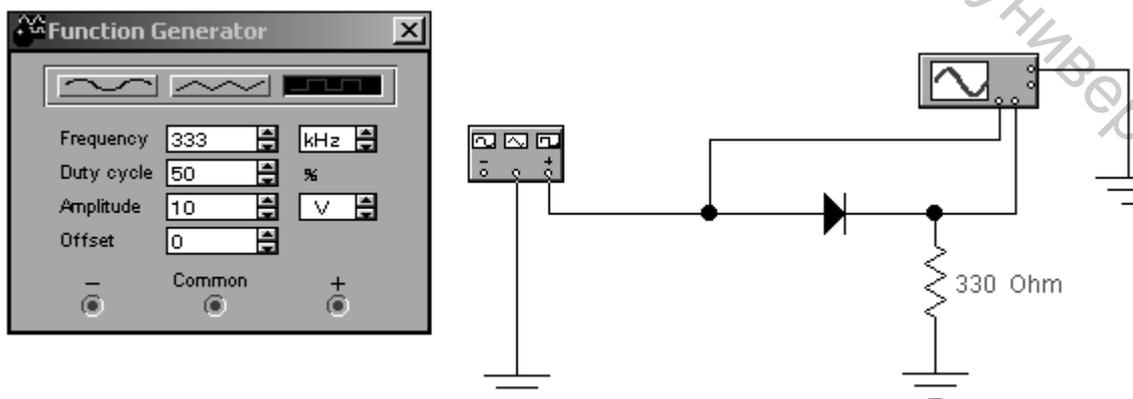


Рисунок 10.4 – Схема моделирования последовательного диодного ключа

4. Зарисовать импульсы на входе и импульсы на выходе исследуемой цепи с указанием цены деления по времени и по напряжению.

5. Исследовать работу диодного ключа, изображенного на рисунке 10.5, при подаче на его вход биполярных сигналов.

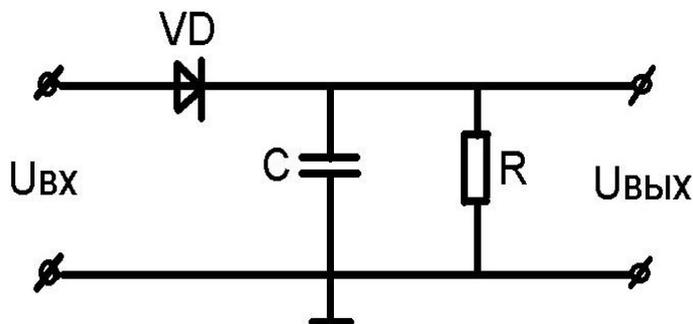


Рисунок 10.5

Для исследования собрать схему, изображенную на рисунке 10.6.

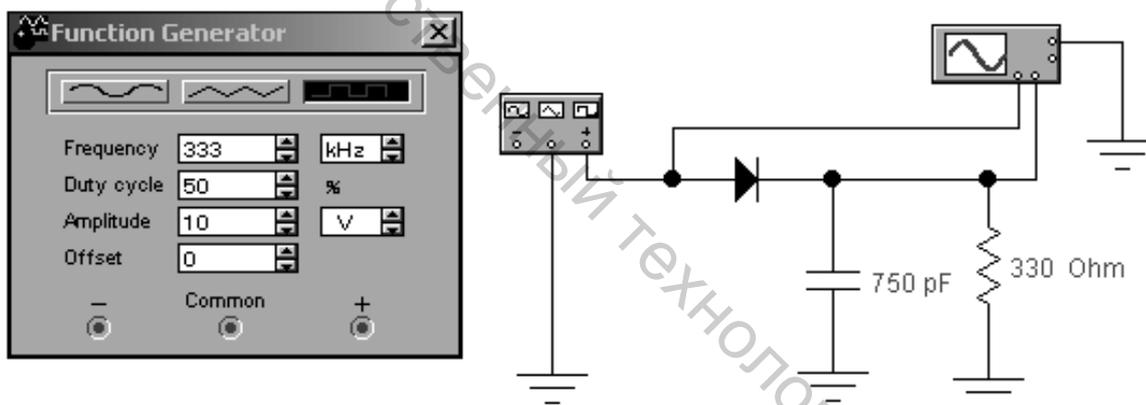


Рисунок 10.6

7. Снять осциллограммы напряжения на входе и выходе исследуемой схемы при следующих значениях C : $C=750$ пф и $C=2400$ пф.

Контрольные вопросы

1. Разновидности ключей, их назначение.
2. Как влияет величина емкости на выходной импульс?
3. Пояснить принцип работы диодных ключей.

Лабораторная работа 11

Применение п/п диодов в источниках электропитания: моделирование и исследование схем выпрямления

Цель работы: моделирование и исследование работы одно- и трехфазных схем выпрямления.

Общие сведения

Выходными параметрами выпрямителя являются следующие величины: среднее значение выпрямленного напряжения; среднее значение выпрямленного тока; частота основной гармоники выпрямленного напряжения; коэффициент пульсации выпрямленного напряжения.

Трехфазные схемы выпрямления

Трехфазная схема выпрямления с нулевым выводом состоит из трансформатора и трех диодов (рис. 11.1).

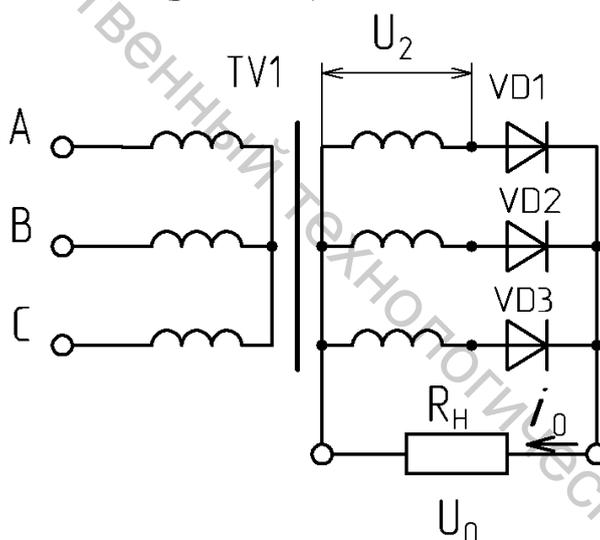


Рисунок 11.1 – Трехфазная схема выпрямления с нулевым выводом

Трехфазная мостовая схема выпрямления образована трехфазным трансформатором и шестью диодами (рис. 11.2).

Диоды VD1, VD3, VD5 образуют так называемую катодную группу, а диоды VD2, VD4, VD6 – анодную группу.

Например, в течение интервала времени от t_1 до t_2 ток проходит по контуру: $W_a - VD1 - R_H - VD4 - W_b - W_a$, а в течение интервала от t_2 до t_3 : $W_a - VD1 - R_H - VD6 - W_c - W_a$.

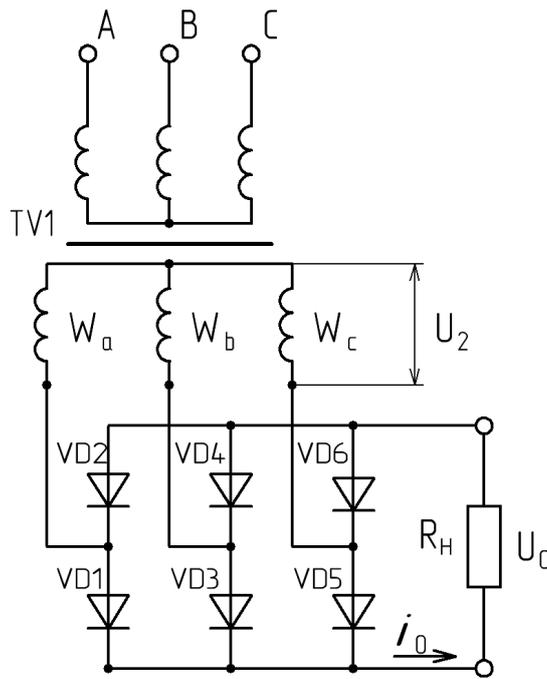


Рисунок 11.2 – Трехфазная мостовая схема выпрямления

Порядок выполнения работы

1. Создать при помощи программы Electronics Workbench модель схемы, приведенной на рисунке 11.3.
2. Задать следующие параметры моделируемых элементов: напряжение источника питания $E=120$ В, сопротивление нагрузки $R=(\text{№ компьютера})$ кОм.
3. Произвести моделирование схемы, зарисовав в масштабе формы напряжения на входе схемы и на нагрузке.

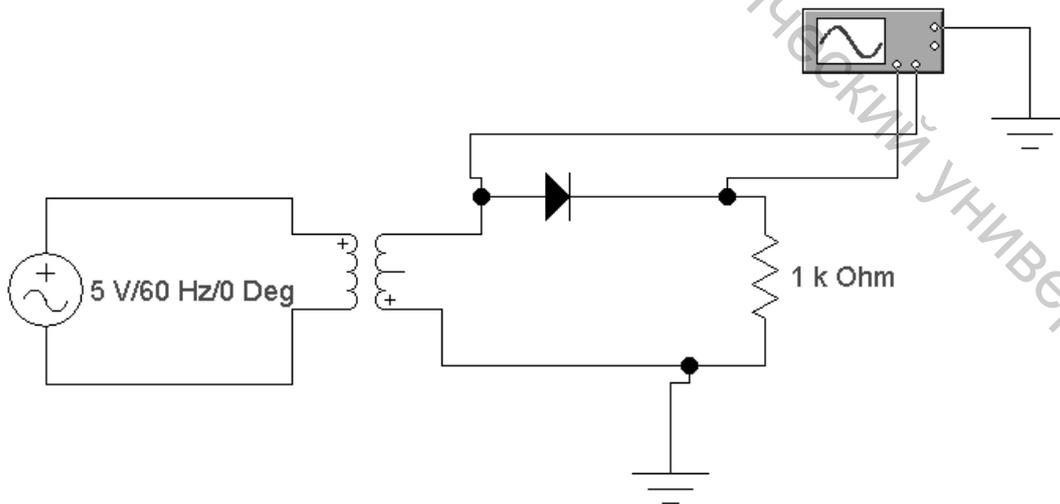


Рисунок 11.3 – Схема моделирования однополупериодного выпрямителя

4. Создать при помощи программы Electronics Workbench модель схемы, приведенной на рисунке 11.4.

5. Задать следующие параметры моделируемых элементов: напряжение источника питания $E=120$ В, сопротивление нагрузки $R=(N_{\text{№}} \text{ компьютера})$ кОм.

6. Произвести моделирование схемы, зарисовав в масштабе формы напряжения на входе схемы и на нагрузке.

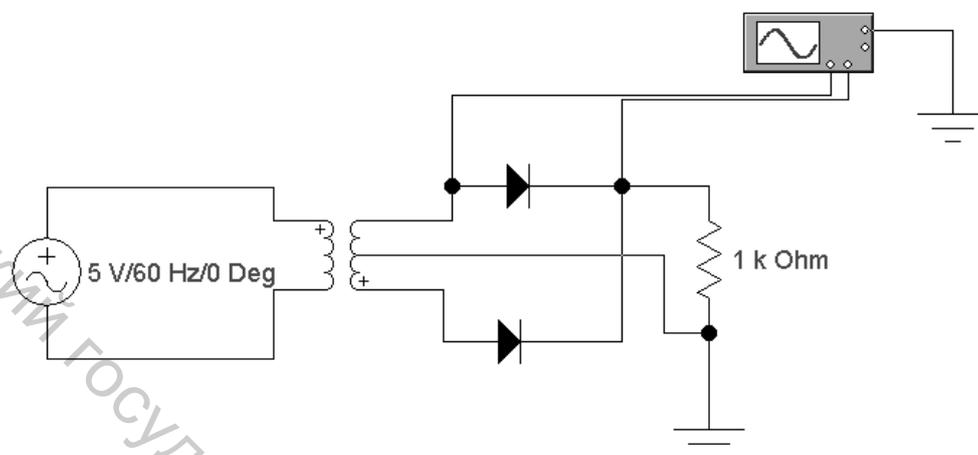


Рисунок 11.4 – Схема моделирования двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой

7. Создать при помощи программы Electronics Workbench модель схемы, приведенной на рисунке 11.5.

8. Задать следующие параметры моделируемых элементов: напряжение источника питания $E=120$ В, сопротивление нагрузки $R=(N_{\text{№}} \text{ компьютера})$ кОм.

9. Произвести моделирование схемы, зарисовав в масштабе формы напряжения на входе схемы и на нагрузке.

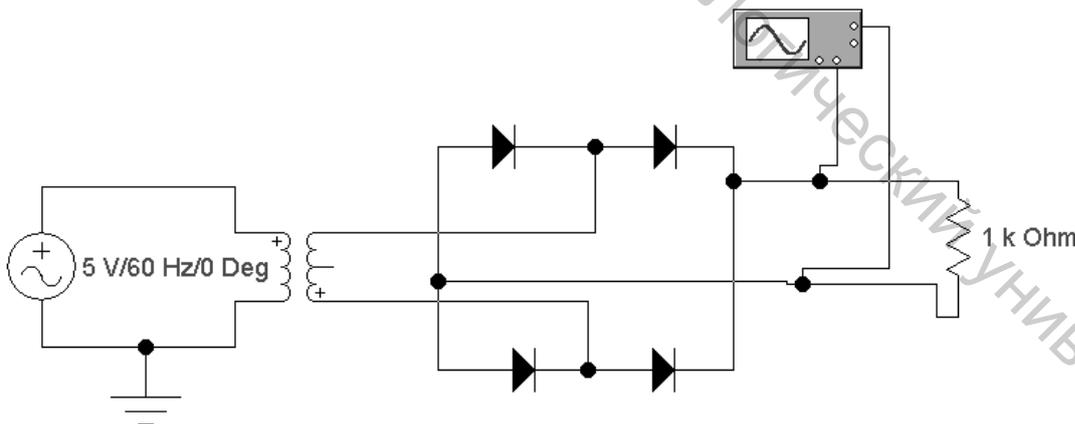


Рисунок 11.5 – Схема моделирования однофазного мостового выпрямителя

10. Создать при помощи программы Electronics Workbench модель схемы, приведенной на рисунке 11.6.

Витебский государственный технологический университет

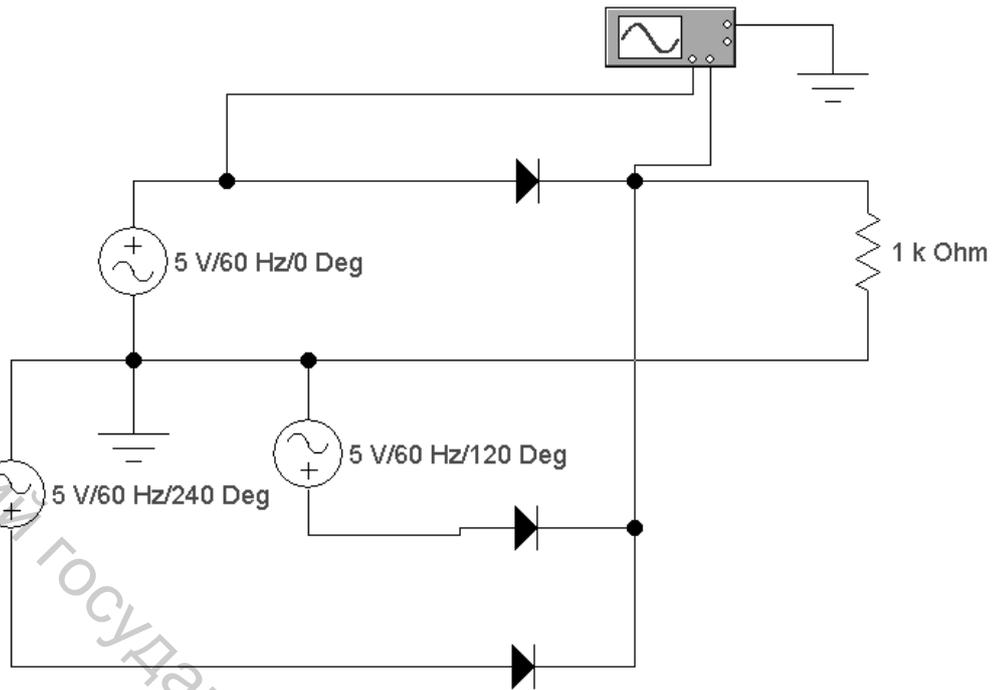


Рисунок 11.6 – Схема моделирования трехфазного выпрямителя с нулевым выводом

11. Задать следующие параметры моделируемых элементов: напряжение источника питания $E=120$ В, сопротивление нагрузки $R=(\text{№ компьютера})$ кОм.
12. Произвести моделирование схемы, зарисовав в масштабе формы напряжений на входе схемы и на нагрузке.

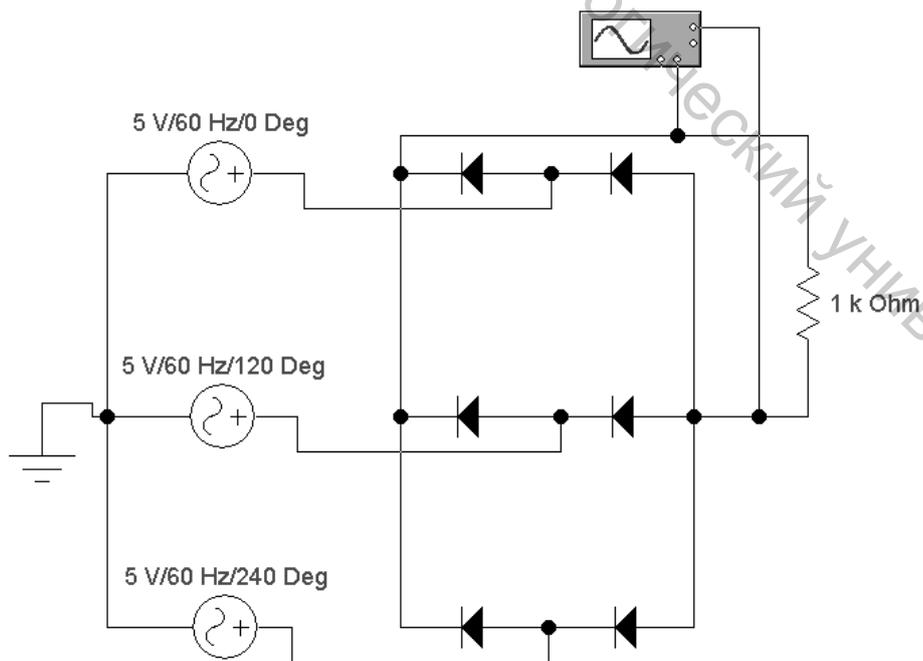


Рисунок 11.7

13. Создать при помощи программы Electronics Workbench модель схемы, приведенной на рисунке 11.7.

14. Задать следующие параметры моделируемых элементов: напряжение источника питания $E=120$ В, сопротивление нагрузки $R=(N\text{№ компьютера})$ кОм.

15. Произвести моделирование схемы, зарисовав в масштабе формы напряжения на входе схемы и на нагрузке.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия однополупериодной схемы выпрямления, ее достоинства и недостатки.

2. Объясните принцип действия двухполупериодной схемы выпрямления с нулевой точкой, ее достоинства и недостатки.

3. Дайте сравнительную оценку однофазных и трехфазных схем выпрямления.

4. Объясните принцип действия трехфазной схемы выпрямления с нулевой точкой. Каковы ее достоинства и недостатки?

Лабораторная работа 12

Исследование цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с резисторной сеткой «R-2R»

Цель работы: моделирование и исследование цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с резисторной сеткой «R-2R».

Общие сведения

Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) предназначены для преобразования сообщений из цифровой формы представления в аналоговую. Основу ЦАП составляет резисторная матрица типа «R-2R» (рис. 12.1).

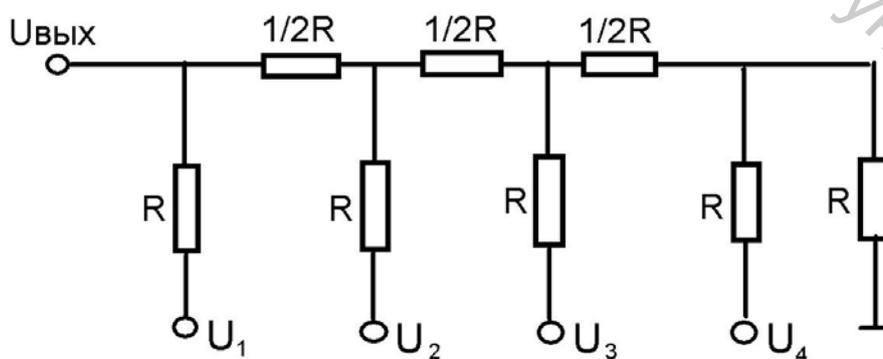


Рисунок 12.1 – Пассивный ЦАП на резистивной матрице

Структурная схема нашего ЦАП будет иметь следующий вид (рис. 12.2).

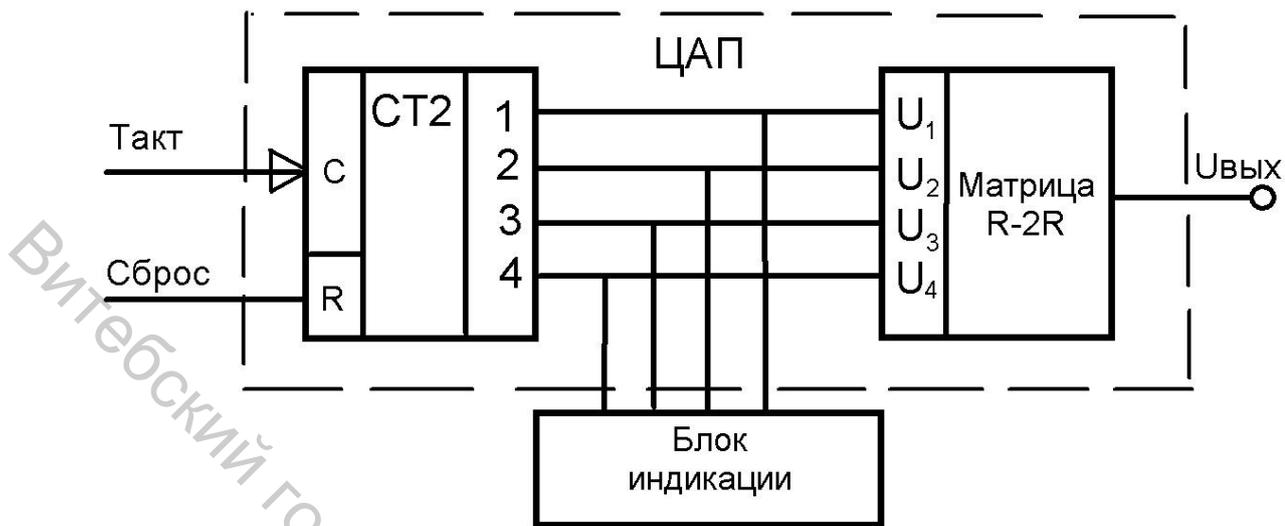


Рисунок 12.2 – 4-разрядный ЦАП

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему моделирования ЦАП, приведенную на рисунке 12.3.
2. Собрать схему ЦАП и подключить ее к выходам шифратора. На выход матрицы «R-2R» присоединить вольтметр.
3. Исследуем ЦАП в ручном режиме. Осуществить нанесение информации в счетчик. После каждого занесения информации убедиться по индикатору в правильности выполняемого счета. Кроме того, измерить напряжение на выходе матрицы «R-2R». Результаты измерений свести в таблицу 12.1.

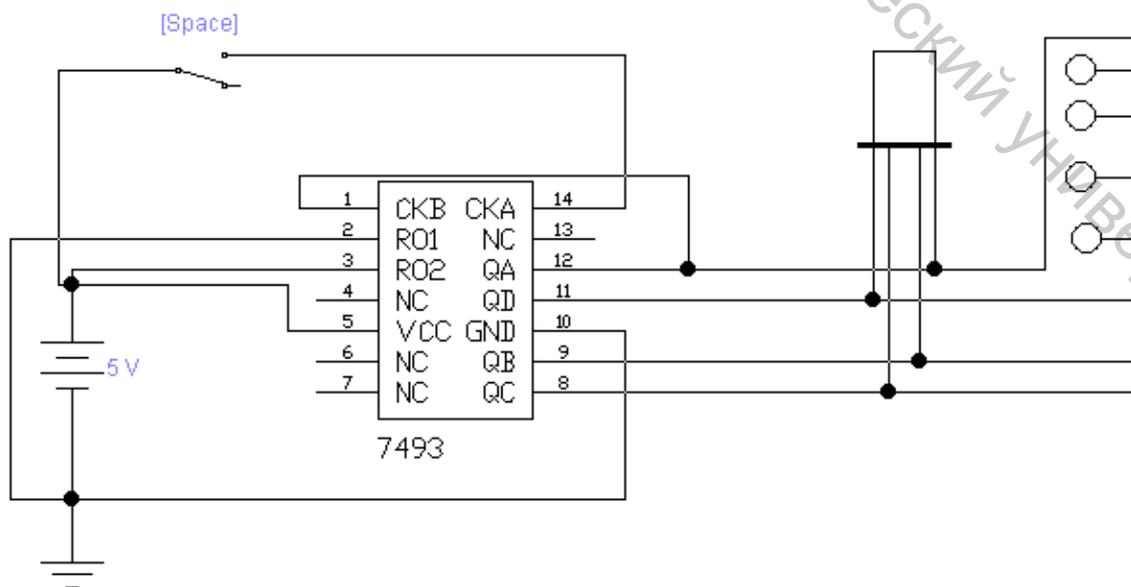


Рисунок 12.3

Таблица 12.1

Двоичный код				Индикатор	Увых , В
8	4	2	1		
0	0	0	0	0	
0	0	0	1	1	
0	0	1	0	2	
0	0	1	1	3	
0	1	0	0	4	
0	1	0	1	5	
0	1	1	0	6	
0	1	1	1	7	
1	0	0	0	8	
1	0	0	1	9	
1	0	1	0	A	
1	0	1	1	B	
1	1	0	0	C	
1	1	0	1	D	
1	1	1	0	E	
1	1	1	1	F	

Контрольные вопросы

1. В чем состоит принцип построения цифро-аналоговых преобразователей?
2. Какие факторы влияют на точность ЦАП?
3. В чем состоит принцип построения цифро-аналоговых преобразователей?
4. Нарисовать условно-графическое изображение ЦАП.

Лабораторная работа 13

Моделирование и исследование аналого-цифрового преобразователя (АЦП)

Цель работы: моделирование и исследование 4-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП)

Общие сведения

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – это устройство, преобразующее информацию, заданную в виде аналоговых сигналов в цифровой код. АЦП в устройствах автоматики является промежуточным звеном между датчиками различных физических величин (напряжения,

температуры, давления и т. д.) и вычислительной машиной. АЦП может быть и самостоятельным измерительным прибором (вольтметр, амперметр).

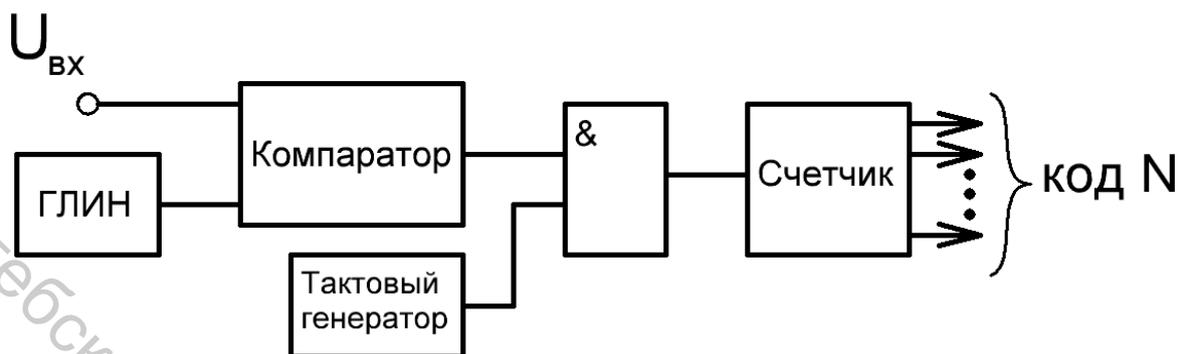


Рисунок 13.1 – Схема интегрирующего АЦП

Погрешность интегрирующего АЦП определяется, в основном, изменением наклона пилообразного напряжения, которое определяется постоянной времени RC интегратора (генератора пилообразного напряжения).

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему моделирования АЦП поразрядного кодирования, приведенную на рисунке 13.2.

2. Изменяя входное напряжение $U_{вх}$ от 0 В до 1 В с шагом 0,1 В и далее от 1 В до 5 В с шагом 0,5 В занесите соответствующие показания вольтметра (выходное напряжение ЦАП) и показания индикатора в таблицу.

3. Получить осциллограммы входного напряжения схемы $U_{вх}$ и выходного напряжения ЦАП. Объяснить полученную форму кривой.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит назначение и принцип построения аналого-цифровых преобразователей?

2. Пояснить принцип работы схем АЦП.

3. Рассказать исследование АЦП по схеме.

Витебским Государственным Технологическим университетом

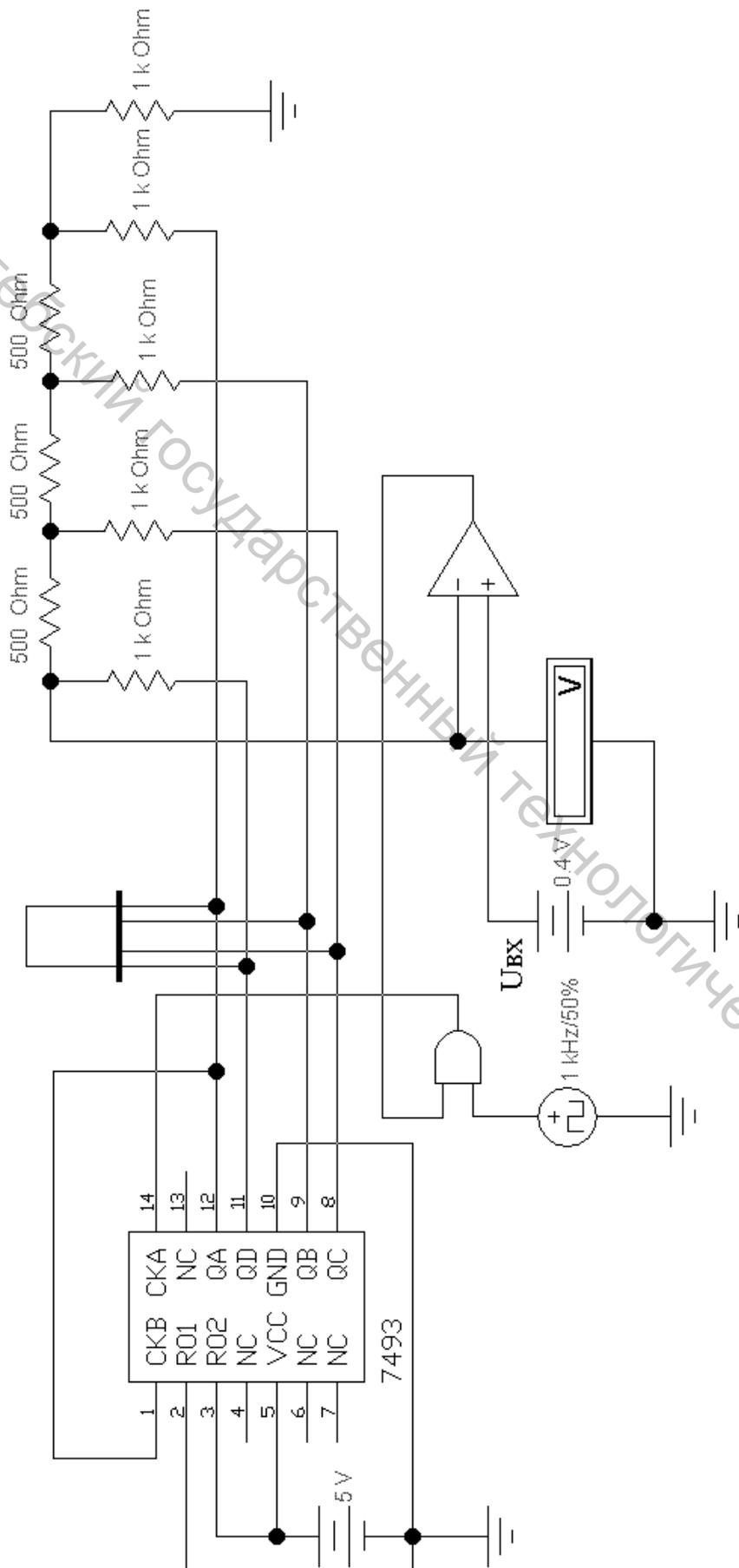


Рисунок 13.2 – Схема моделирования АЦП

Литература

1. Электротехника / под ред. В. С. Пантюшина. – М. : Высшая школа, 1976. – 593 с.
2. Борисов, Ю. М. Электротехника / Ю. М. Борисов [и др.]. – М. : Энергоиздат, 1985. – 559 с.
3. Касаткин, А. С. Электротехника / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – М. : Высшая школа, 1983. – 442 с.
4. Электротехника / под ред. В. Г. Герасимова. – М. : Высшая школа, 1985. – 768 с.
5. Ткаченко, Ф. А. Техническая электроника : учеб. пособие для вузов / Ф. А. Ткаченко. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.: ил.
6. Валенко, В. С. Электроника и микросхемотехника : учеб. пособие для вузов / В. С. Валенко, М. С. Хандогин. – Мн.: Беларусь, 2000. – 320 с.: ил.
7. Лачин, В. И. Электроника : учебное пособие для студентов технических вузов / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. – 4-е изд. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. – 576 с.
8. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : учебник для вузов / Ю. С. Забродин. – М. : Высшая школа, 1982. – 495 с.: ил.
9. Тугов, Н. М. Полупроводниковые приборы : учебник для вузов по специальности «Промышленная электроника» / Н. М. Тугов, Б. А. Глебов, Н. А. Чарыков; под ред. В. А. Лабунцова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.: ил.
10. Жеребцов, И. П. Основы электроники / И. П. Жеребцов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
11. Электрические цепи: методические указания к выполнению лабораторных работ по электротехнике для студентов механических и технологических специальностей / Ю. А. Букин, В. Ф. Куксевич. – Витебск: УО «ВГТУ», 2006. – С. 36.
12. Электроника и микропроцессорная техника: методические указания к выполнению лабораторных работ по электротехнике для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / К. Н. Ринейский, В. В. Леонов, А. С. Кусков. – Витебск: УО «ВГТУ», 2013. – С. 70.

Учебное издание

Электротехника и основы промышленной электроники

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Составитель:

Новиков Юрий Васильевич

Редактор *Т. А. Осипова*

Корректор *Т.А. Осипова*

Компьютерная верстка *Ю.В. Новиков*

Подписано к печати 14.12.2018. Формат 60x90^{1/16}. Усл. печ. листов 2,9.
Уч.-изд. листов 3,1. Тираж 40 экз. Заказ № 368.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.