

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

ХАБАРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ (филиал)
(ХИИК СибГУТИ)

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Стерлигова И.И.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
для специальности:
11.02.15 «Инфокоммуникационные сети и
системы связи»**

Хабаровск, 2023

УДК 621.3.011.7

ББК 32.97

С 797

Стерлигова И.И. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория электрических цепей» для специальности 11.02.15 «Инфокоммуникационные сети и системы связи» / И.И. Стерлигова. – Хабаровск: ХИИК (филиал) СибГУТИ, 2023. – 47с.

РЕЦЕНЗЕНТ

Шешера Н.Г. – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии» ХИИК (филиал) СибГУТИ (г. Хабаровск)

Данное учебное издание предназначено для студентов дневного обучения среднего профессионального образования изучающих дисциплину «Теория электрических цепей» для специальности 11.02.15 «Инфокоммуникационные сети и системы связи».

Издаётся согласно Плана работы
ХИИК (филиал) ФГБОУ ВО СибГУТИ на 2023 год

© Стерлигова И.И., 2023.

© ХИИК (филиал) ФГБОУ ВО «СибГУТИ», 2023.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Исследование нагрузочных характеристик источника напряжения.....	7
Лабораторная работа № 2. Исследование закона Ома при последовательном и параллельном соединении резисторов.....	10
Лабораторная работа № 3. Экспериментальная проверка законов Кирхгофа в резистивных цепях.....	
Лабораторная работа № 4. Исследование электрической цепи переменного тока при последовательном соединении RL-цепи.....	16
Лабораторная работа № 5. Исследование электрической цепи переменного тока при последовательном соединении RC.....	19
Лабораторная работа № 6. Исследование входных частотных характеристик.....	23
Лабораторная работа № 7. Исследование передаточных частотных характеристик.....	28
Лабораторная работа № 8. Исследование резонанса напряжений...	33
Лабораторная работа № 9. Исследование переходных процессов в электрических цепях первого порядка.....	36
Лабораторная работа № 10. Исследование дифференцирующих и интегрирующих цепей.....	40

Лабораторная работа №1

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

1. Цель работы: Изучить нагрузочные характеристики источников напряжения и тока. Познакомиться с управляемыми источниками напряжения и тока.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- закон Ома и второй закон Кирхгофа;
- режимы работы электрической цепи.

Должен уметь:

- анализировать работу простейшей электрической цепи.

Иметь навыки:

- снимать нагрузочные характеристики источников напряжения.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по указанной теме;
- Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

- включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench;
- смоделировать схему, приведенную на рисунке 1.1;
- снять показания приборов и записать в таблицу 1.1;
- по результатам опытных данных рассчитать мощность на источнике и нагрузке;

- по результатам опытных и расчетных данных построить графики.

6. Содержание отчета:

6.1. Наименование и цель работы.

6.2. Функциональная схема.

6.3. Таблица 1.1.

6.4. Графики зависимости мощностей от сопротивления R_1 .

6.5. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

7.1. Что такое P_1 , P_2 , P_i ?

7.2. Написать второе уравнение Кирхгофа для простейшей цепи.

7.3. При каких условиях P_2 максимально?

8. Подготовка к выполнению работы.

8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows

9. Порядок выполнения работы:

9.1. Порядок моделирования схемы в программе, смоделируйте схему на рисунке 1.1, для этого:

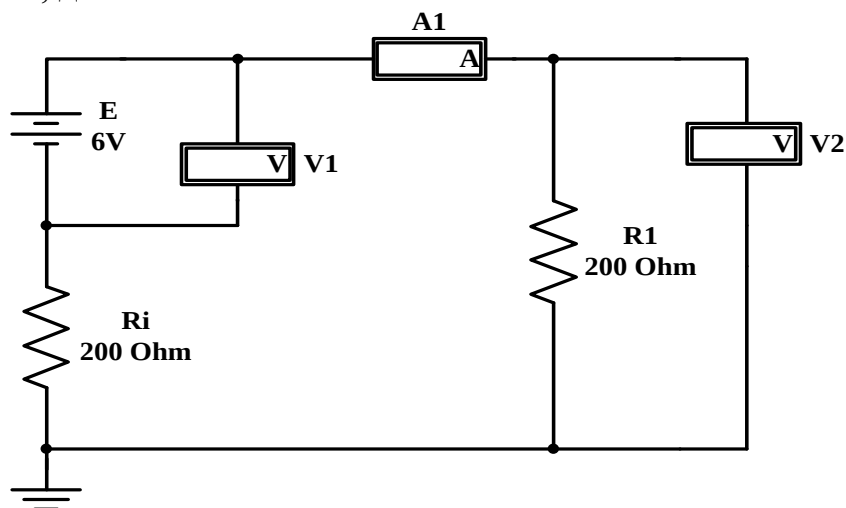


Рисунок 1.1.

9.1.1. Наведите курсор на иконку отображающую семейство элементов, в

которое входит нужный вам элемент - .

9.1.2. В появившемся меню переведите курсор на иконку, отображающую нужный вам элемент и выберите его нажатием левой кнопки мыши.

9.1.3. Не отпуская кнопки мыши, перенесите данный элемент в окно для проектирования схем, после чего отпустите кнопку мыши и закройте окно с элементами (если оно вам не нужно) путем нажатия на кнопку «закрыть».

9.1.4. Выведите, таким образом, все элементы необходимые вам в окно для проектирования схем и расположите их в нужном порядке.

9.1.5. При необходимости повернуть элемент выделите его левой кнопкой мыши и нажмите на правую кнопку мыши, в появившемся меню нажмите левой кнопки мыши на пункт Rotate.

9.1.6. Генератор и другие измерительные приборы находятся в меню

«Instruments» . Вольтметры и амперметры находятся в меню

«Indicators» . Сопротивления и емкости находятся в меню .

«Basic». Источник питания в меню «Sources» - .

9.1.7. Для соединения элементов схемы проводником, необходимо направить курсор на контакт элемента, который нужно соединить, при этом вместо курсора должна появиться точка. После ее появления нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместите курсор к нужному контакту (должна появиться линия), затем после установки курсора отпустите кнопку мыши. Если операция проведена правильно, то контакты будут соединять линия, обозначающая проводник.

9.1.8. После создания схемы необходимо установить номиналы элементов, для этого:

- 1) Нажмите левой кнопкой мыши два раза на резистор в схеме.
- 2) Должно появиться окно «Resistor Properties»:

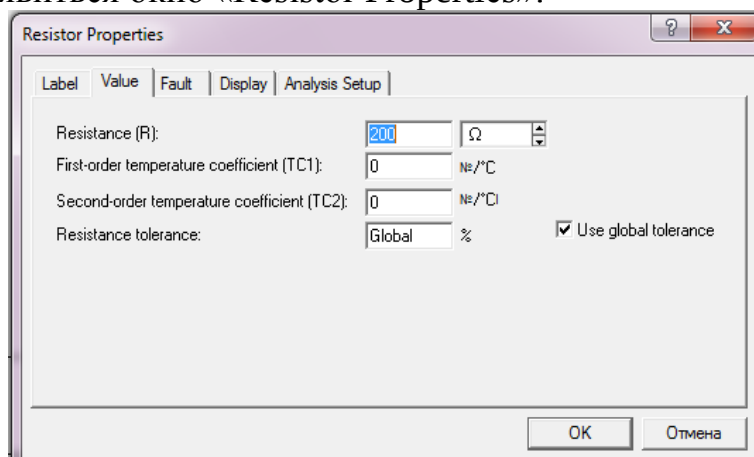


Рисунок 1.2. Resistor Properties

После появления окна щелкните левой кнопкой мыши на закладку Value и установите номинал сопротивления для $R_i = 200 \text{ Ом}$, а для R_1 – установить по очереди значения, указанные в таблице 1.1. Нажмите ОК.

9.2. Экспериментально исследовать нагрузочные характеристики источников напряжения и тока.

9.2.1. Установить напряжение источника питания 6 В.

9.2.2. На R_1 установить самое маленькое сопротивление. Для этого перед R_1 необходимо поставить перемычку, а вольтметр оставить подключенным. Измерить напряжение U_2 . Вы убеждаетесь в этом случае, что U_2 покажет величину близкую нулю.

9.2.3. Изменяя сопротивление резистора R_1 (путем изменения величины в окошке Value, см. выше) найти такое сопротивление, при котором напряжение уменьшится в два раза. Полученное значение R_1 будет равно внутреннему сопротивлению источника R_i .

9.2.4. Установить на R1 величины сопротивлений в соответствии с данными, измерить напряжение на этих сопротивлениях, результаты измерений записать в таблицу 1.1.

9.2.5. На R1 установить самое большое сопротивление. Для этого R1 отключить (достаточно выделить один из проводников R1, соединяющих его со схемой и нажать клавишу Delete), а вольтметр оставить подключенным. Измерить напряжение U2. Вы убеждаетесь в этом случае, что вольтметр V2 покажет величину E.

Таблица 1.1

Задано			Получено экспериментально		Расчет по экспериментальным данным		
U1, В	Ri, Ом	R1, Ом	U2, В	I, мА	P1 = E·I, мВт	P2 = U2·I, мВт	Pi = P1-P2, мВт
6	200	0					
6	200	100					
6	200	200					
6	200	400					
6	200	500					
6	200	700					
6	200	900					
6	200	∞					

9.3. По результатам опытных данных рассчитать мощность на источнике, нагрузке и внутреннем сопротивлении.

9.4 По результатам опытных и расчетных данных построить графики зависимости мощностей от сопротивления R1.

10. Завершение работы.

Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНА ОМА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ И ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ РЕЗИСТОРОВ

1. Цель работы: Изучить способы соединения резисторов.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- закон Ома, первый закон Кирхгофа;
- режимы работы электрической цепи.

Должен уметь:

- рассчитывать напряжение на любом участке электрической цепи;
- рассчитывать ток на любом участке электрической цепи.

Иметь навыки:

- измерять напряжение и ток на любом участке электрической цепи.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по указанной теме;
- Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

- Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench.
- Смоделировать схему, приведенную на рисунке 2.1 и рисунке 2.3 и измерить необходимые величины.
- Построить график зависимости напряжения при изменении величины одного из резисторов.
- Построить график зависимости тока при изменении величины одного из резисторов.
- Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

- 6.1. Цель работы;
- 6.2. Схема, таблица с полученными значениями;
- 6.3. Графики зависимости тока и напряжения от сопротивления.

7. Контрольные вопросы:

- 7.1. Где используется последовательное соединение резисторов?

7.2. Напишите первый закон Кирхгофа.

8. Подготовка к выполнению работы.

8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows.

9. Порядок выполнения работы:

9.1. Смоделируйте схему последовательного соединения резисторов R1 и R2 (См. Рис. 2.1)

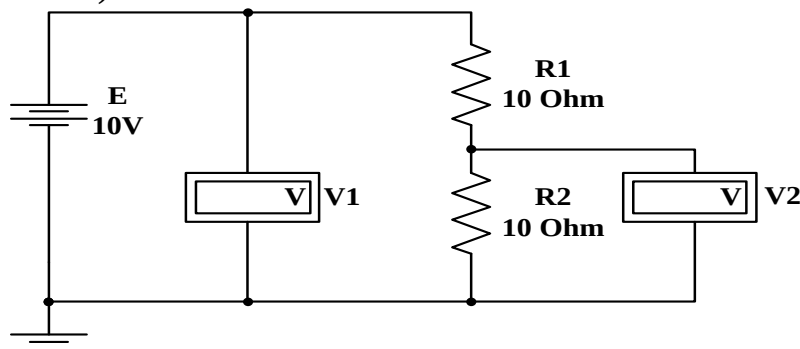


Рисунок 2.1

9.2. После создания схемы необходимо установить номиналы элементов, для этого:

9.2.1. Нажмите два раза левой кнопкой мыши на резистор в схеме.

9.2.2. Должно появиться окно «ResistorProperties»:

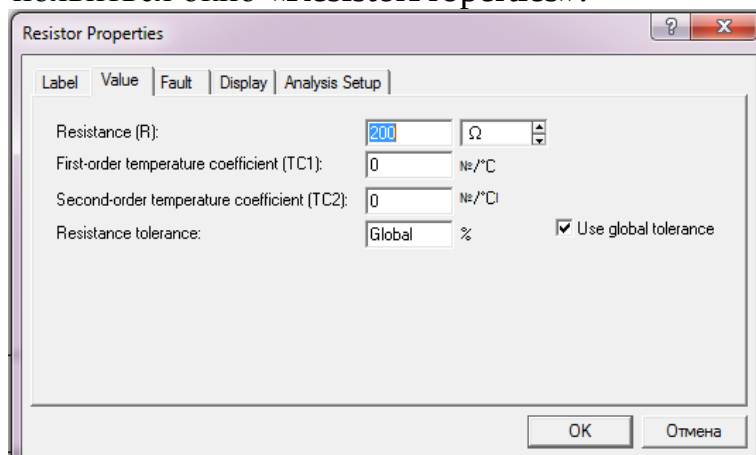


Рисунок 2.2 – Resistor Properties

После появления окна щелкните левой кнопкой мыши на закладку Value и установите номинал сопротивления для R2 = 10 Ом.

9.3. Также установите напряжение батареи 10 В.

9.4. Для R1 по очереди установите значения из таблицы 2.1 и записывайте значение напряжения для каждой конкретной величины сопротивления R1.

9.5. Проверьте напряжение батареи на вольтметре V1, это и будет напряжение U1.

Таблица 2.1

R1, Ом	2	4	6	8	10	12	15	20
--------	---	---	---	---	----	----	----	----

U2, В								
$R_{\text{общ.}} = R1 + R2$								

9.6. Заполнив таблицу 2.1, сделайте вывод о зависимости напряжения участка цепи от сопротивления этого участка в соответствии с законом Ома

9.7. Соберите схему с параллельным соединением резисторов (См. Рис. 2.3)

9.8. Установите напряжение источника 2 В и сопротивление $R1 = 10 \text{ Ом}$, как описывалось выше.

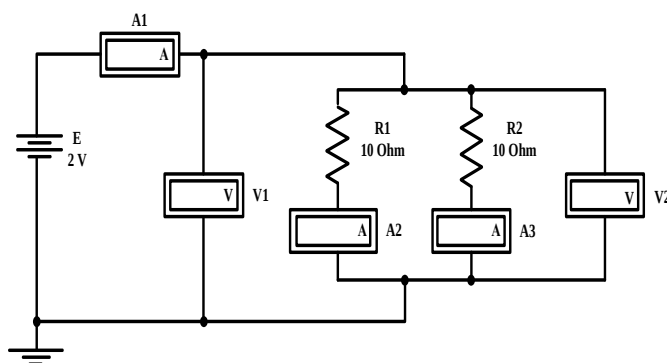


Рисунок 2.3

9.9. Для $R2$ устанавливайте значения из таблицы 2.2 и записывайте показания $A3$ для конкретных значений сопротивления $R2$. Обратите внимание, что напряжение на элементах $V2$ остается постоянным и равно входному напряжению $V1$. Также обратите внимание, что ток, измеряемый $A2$ не изменяется.

Таблица 2.2

R2, Ом	1	2	4	5	8	10	16	20
A1, А								
A3, А								
$R_{\text{общ.}} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$, Ом								

9.10. Рассчитайте общее сопротивление для обеих цепей, постройте графики зависимости для последовательной цепи – напряжения $U2$ от сопротивления $R1$ и от общего сопротивления $R_{\text{общ.}}$. Для параллельной цепи зависимость тока на резисторе $R2$ ($A3$) от сопротивления $R2$ и зависимость общего тока ($A1$) от общего сопротивления $R_{\text{общ.}}$.

10. Завершение работы.

Лабораторная работа № 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ КИРХГОФА В РЕЗИСТИВНЫХ ЦЕПЯХ

1. Цель работы: Проверить выполнение первого и второго законов Кирхгофа в разветвленной цепи.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- закон Ома, первый и второй законы Кирхгофа;
- режимы работы электрической цепи.

Должен уметь:

- рассчитывать напряжение на любом участке электрической цепи;
- рассчитывать ток на любом участке электрической цепи.

Иметь навыки:

- измерять напряжение и ток на любом участке электрической цепи.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по теме «Резистивные электрические цепи»;
- Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

- Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench;
- Смоделировать схему, приведенную на рисунке 3.1 и измерить в ней токи и напряжения;
- Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

6.1. Цель работы;

6.2. Схема, таблица с полученными значениями;

6.3. Выводы

7. Контрольные вопросы:

7.1. Напишите первый закон Кирхгофа.

7.2. Формулировка второго закона Кирхгофа

8. Подготовка к выполнению работы.

8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows

9. Порядок выполнения работы:

9.1. Порядок моделирования схемы в программе. Смоделируйте схему (См. Рис. 3.1)

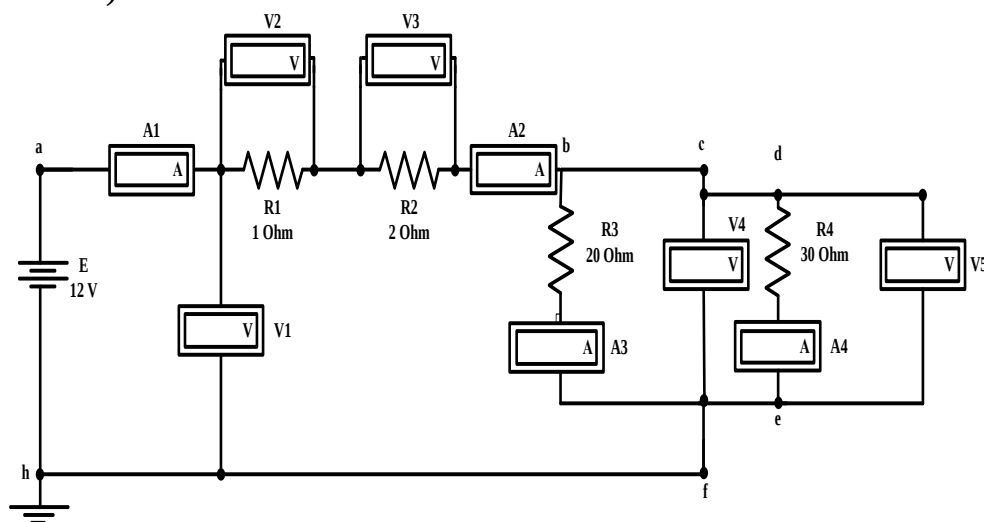


Рисунок 3.1

9.2. После создания схемы необходимо установить номиналы элементов $R1=1\text{ Ом}$, $R2=2\text{ Ом}$, $R3=20\text{ Ом}$, $R4=30\text{ Ом}$

9.3. Измерьте токи, текущие через каждое сопротивление. Запишите показания приборов в Таблицу 3.1:

Таблица 3.1

Эксперимент					Расчет	
I общ, А (A1)	I 1, А (A1)	I 2, А (A2)	I 3, А (A3)	I 4, А (A4)	$U_{abfha} = I1 \cdot R1 + I2 \cdot R2 + I3 \cdot R3$	$U_{acdefa} = I1 \cdot R1 + I2 \cdot R2 + I4 \cdot R4$

9.4. Проверьте экспериментально, что в последовательной цепи ток одинаков через все сопротивления, а в параллельной цепи разделяется так, что сумма всех токов через параллельно соединенные элементы, равна общему току

9.5. Проверьте соответствие второму закону Кирхгофа рассчитанных контурных напряжений

9.6. Измерьте напряжения на каждом сопротивлении. Запишите показания приборов в Таблицу 3.2

Таблица 3.2

U _{общ} , В(V1)	U ₁ , В (V2)	U ₂ , В(V3)	U ₃ , В(V4)	U ₄ , В(V5)

9.7. Проверьте экспериментально, что в последовательной цепи напряжение на всем участке равно сумме напряжений на каждом элементе, а в параллельной цепи, напряжение одно и то же на каждом элементе и сделайте вывод.

10. Завершение работы.

Лабораторная работа № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ RL-ЦЕПИ

1. Цель работы: Исследовать неразветвленные цепи RL при гармоническом воздействии.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- закон Ома и второй закон Кирхгофа в символической форме.

Должен уметь:

- рассчитывать комплексные значения сопротивлений, напряжений и мощностей.

Иметь навыки:

- по построению треугольников сопротивлений, напряжений и мощностей.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по теме «Линейные электрические цепи переменного тока»;
- Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

- 5.1. Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench.
- 5.2. Смоделировать схему, приведенную на рисунке 4.1. Измерить входное напряжение, напряжение на каждом элементе схемы. Результаты занести в таблицу 4.1.
- 5.3. По результатам опытных данных рассчитать мощности P , Q , S .
- 5.4. По результатам опытных и расчетных данных построить векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений.
- 5.5. Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

- 6.1. Наименование работы
- 6.2. Цель работы
- 6.3. Электрическая схема (См. Рис. 4.1)
- 6.4. Таблица 4.1
- 6.5. Векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений.
- 6.4. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

- 7.1. От каких величин зависит индуктивное сопротивление?
- 7.2. Каковы соотношения между мощностями P , Q , S при угле сдвига фаз в 30° ?
- 7.3. На какой частоте в цепях RL имеет место соотношения: $R = X_L$.
- 7.4. Определить угол сдвига фаз в этой цепи при увеличении частоты в три раза.

8. Подготовка к выполнению работы.

- 8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows.

9. Порядок выполнения работы:

- 9.1. Смоделируйте схему для исследования неразветвленной цепи (См. Рис. 4.1)

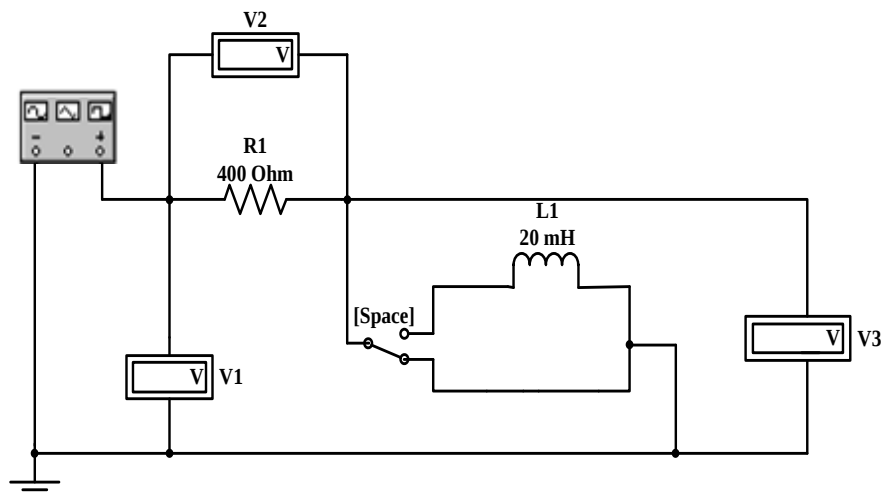


Рисунок 4.1

9.2. После создания схемы необходимо установить номиналы элементов:
 $R = 400 \text{ Ом}$; $L = 20 \text{ мГн}$, для этого:

9.2.1. Нажмите левой кнопкой мыши два раза на индуктивность в схеме.

9.2.2. Должно появиться окно «Capacitor Properties»:

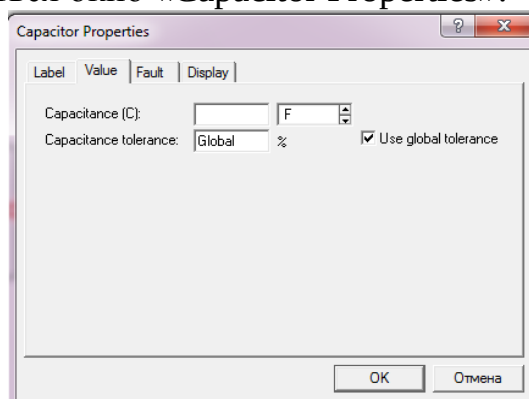


Рисунок 4.2.

После появления окна щелкните левой кнопкой мыши на закладку Value и установите номинал индуктивности.

9.2.3. Проведите те же операции с резистором.

9.2.4. Таким же образом откройте окно свойств вольтметров и в окне Mode выберите AC (переменное напряжение):

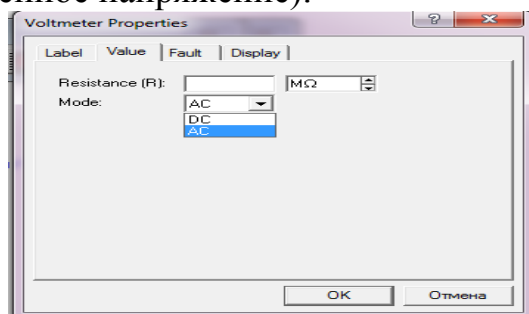


Рисунок 4.3.

9.3. Исследование неразветвленных цепей заключается в снятии напряжения на отдельных элементах схемы:

9.3.1. Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку ;

9.3.2. Двойным нажатием левой кнопки мыши на генератор открывается окно «Function Generator» (См. Рис. 4.4):

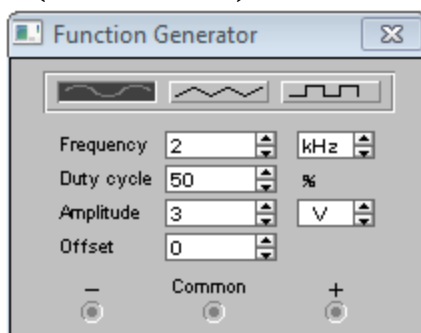


Рисунок 4.4

В строке Amplitude установите напряжение равное 3 В. Проверьте его действующее значение на вольтметре V1, это и будет входное напряжение цепи.

9.3.3. Не изменяя положение ключа, измерьте напряжение V2 и V3 и запишите в таблицу 4.1 (V2 – напряжение на резисторе, V3 – напряжение на индуктивности).

9.3.4. Переключите ключ на индуктивность, для этого достаточно нажать пробел. Если переключение не происходит, то нужно закрыть генератор и выделить заголовок (шапку) рабочего окна, нажав на нее левой кнопкой мыши. Измерьте, опять же напряжение на резисторе (V2) и напряжение на индуктивности (V3), запишите значения в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Результаты измерений					Результаты вычислений						
	R	U(V1)	U _R (V2)	U _L (V3)	I	Z	X _L	φ	P	Q	S
кГц	Ом	В	В	В	мА	Ом	Ом	град	мВт	Вар	ВА
2	00										

9.4. Далее определите и запишите в таблицу расчетные величины по следующим формулам:

$$I = \frac{U}{R}; \quad X_L = \frac{U_L}{I}; \quad X_L = \omega L = 2\pi fL \quad \varphi = \arctg\left(\frac{X_L}{R}\right);$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}; \quad P = I^2 \cdot R; \quad Q = I^2 \cdot X_L; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

10. Завершение работы

Лабораторная работа № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ RC

1. Цель работы: Исследовать неразветвленные цепи RC при гармоническом воздействии.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- закон Ома и второй закон Кирхгофа в символической форме.

Должен уметь:

- рассчитывать комплексные значения сопротивлений, напряжений и мощностей.

Иметь навыки:

- по построению треугольников сопротивлений, напряжений и мощностей.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по теме «Линейные электрические цепи переменного тока»;
- Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

- 5.1. Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench
- 5.2. Смоделировать схему, приведенную на рисунке 5.1. Измерить входное напряжение, напряжение на каждом элементе схемы. Результаты занести в таблицу 5.1.
- 5.3. По результатам опытных данных рассчитать мощности P , Q , S .
- 5.4. По результатам опытных и расчетных данных построить векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений.
- 5.5. Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

- 6.1. Наименование работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Электрическая схема (рисунок 5.1).
- 6.4. Таблица 5.1.
- 6.5. Векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений, мощностей.
- 6.4. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

- 7.1. От каких величин зависит емкостное сопротивление?

7.2. Каковы соотношения между мощностями P , Q , S при угле сдвига фаз в 30° ?

7.3. На какой частоте в цепях RC имеет место соотношения: $R = X_C$.

7.4. Определить угол сдвига фаз в этой цепи при увеличении частоты в три раза.

8. Подготовка к выполнению работы.

8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows:

9. Порядок выполнения работы:

9.1. Смоделируйте схему для исследования неразветвленной цепи (См. Рис.

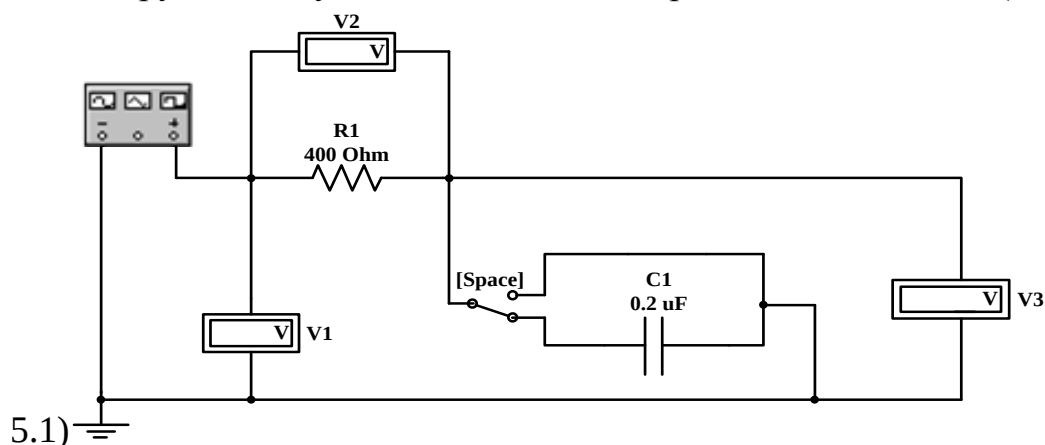


Рисунок 5.1

9.2. После создания схемы необходимо установить номиналы элементов: $R = 400 \text{ Ом}$; $C = 0,2 \text{ мкФ}$, для этого:

9.2.1. Нажмите левой кнопкой мыши два раза на индуктивность в схеме.

9.2.2. Должно появиться окно «Capacitor Properties»:

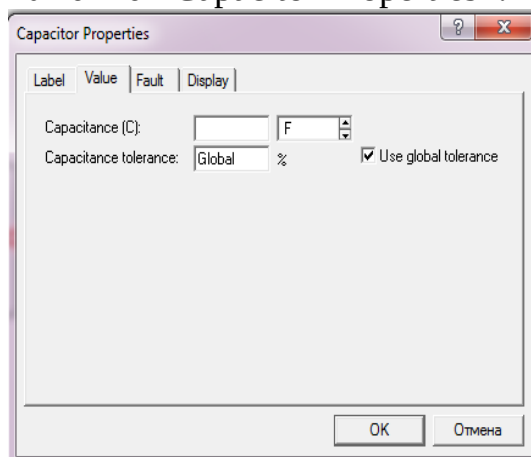


Рисунок 5.2.

После появления окна щелкните левой кнопкой мыши на закладку Value и установите номинал емкости.

9.2.3. Прodelайте те же операции с резистором.

9.2.4. Таким же образом откройте окно свойств вольтметров и в окне Mode выберите AC (переменное напряжение):

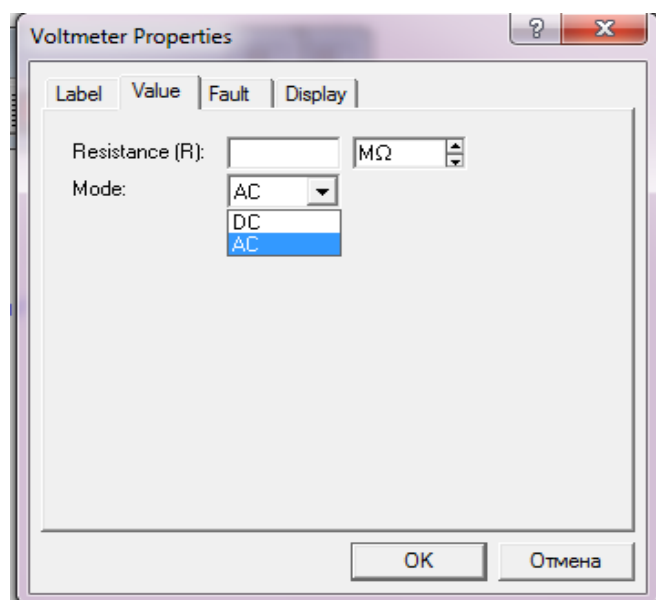


Рисунок 5.3.

9.3. Исследование неразветвленных цепей заключается в снятии напряжения на отдельных элементах:

9.3.1. Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку

9.3.2. Двойным нажатием левой кнопки мыши на генератор открывается окно «Function Generator» (См. Рис. 5.4):

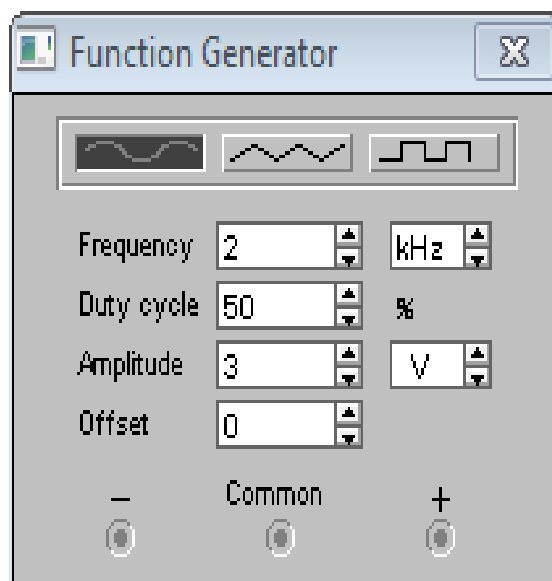


Рисунок 5.4

В строке Amplitude установите напряжение равное 3 В. Проверьте его действующее значение на вольтметре V1, это и будет входное напряжение цепи.

9.3.3. Не изменяя положение ключа, измерьте напряжение V2 и V3 и запишите в таблицу 5.1 (V2 – напряжение на резисторе, V3 – напряжение на емкости).

9.3.4. Переключите ключ на емкость, для этого достаточно нажать пробел. Если переключение не происходит, то нужно закрыть генератор и

выделить заголовок (шапку) рабочего окна, нажав на нее левой кнопкой мыши. Измерьте, опять же напряжение на резисторе (V2) и напряжение на емкости (V3), запишите значения в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Результаты измерений					Результаты вычислений						
f	R	U(V1)	UR(V2)	UC(V3)	I	Z	Xc	φ	P	Q	S
кГц	Ом	В	В	В	мА	Ом	Ом	град.	мВт	Вар	ВА
2	400										

9.4. Далее определите и запишите в таблицу расчетные величины по следующим формулам:

$$I = \frac{U}{R}; \quad X_C = \frac{U_C}{I}; \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}; \quad \varphi = -\arctg\left(\frac{X_C}{R}\right);$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}; \quad P = I^2 * R; \quad Q = I^2 * X_C; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

10. Завершение работы.

Лабораторная работа № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

1. Цель работы: Исследовать изменения входного напряжения и сдвига фазы между напряжением и током при изменении частоты.

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- понятия АЧХ и ФЧХ.

Должен уметь:

- рассчитывать входное сопротивление электрической цепи и сдвиг фаз между входным напряжением и током цепи.

- снимать АЧХ и ФЧХ электрических цепей.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. –

(Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

4.1. Изучить материал по теме «Линейные электрические цепи переменного тока»

4.2. Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

5.1. Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench;

5.2. Смоделировать схему, приведенную на рисунках 6.1 и 6.6, снять входные частотные характеристики $Z_{вх}(f)$ и $\varphi_{вх}(f)$. Результаты измерений занести в таблицу 6.1 и в таблицу 6.2

5.3. По результатам измерений рассчитать значения токов и модулей входных сопротивлений и построить графики.

5.4. Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

6.1. Наименование работы

6.2. Цель работы

6.3. Электрическая схема

6.4. Таблицы

6.5. Графики $Z_{вх}(f)$, $\varphi_{вх}(f)$ для цепей RC и RL (всего четыре графика)

6.6. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

7.1. Запишите формулу $Z_{вх}$ для цепи рисунков 6.1 и 6.6;

7.2. Чему равно $Z_{вх}$, если $f = \infty$?

7.3. Чему равно $Z_{вх}$, если $f = 0$?

7.4. Запишите формулу φ , для рисунков 6.1 и 6.6.

7.5. φ – это разность фаз, между какими величинами?

7.6. Чему равно φ , если $f = \infty$?

7.7. Чему равно φ , если $f = 0$?

8. Подготовка к выполнению работы.

8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows

9. Порядок выполнения работы:

9.1. Смоделируйте схему (рисунок 6.1) и установите номиналы.

Номиналы: $R = 100 \text{ Ом}$, $C = 0,2 \text{ мкФ}$.

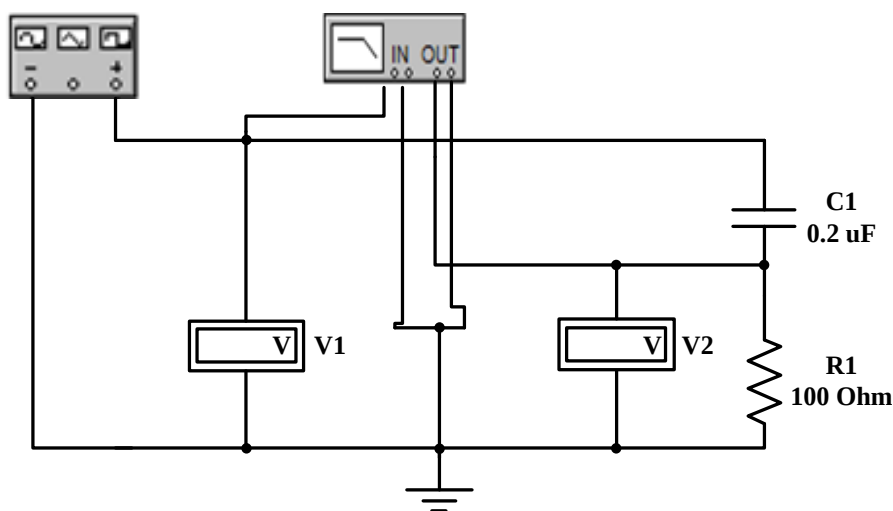


Рисунок 6. 1

9.1.1. Наведите курсор на иконку отображающую семейство элементов, в которое входит нужный вам элемент - . Вольтметры находятся в меню

«Indicators» . Генератор в меню «Instruments» - , генератор - .

Откройте окно свойств вольтметров и в окне Mode выберите AC (переменное напряжение):

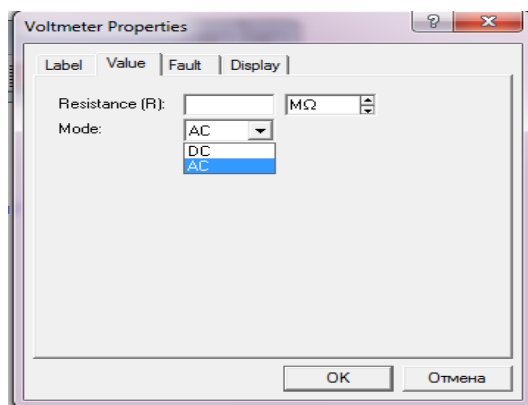


Рисунок 6.2. Voltmeter Properties

9.2. Снятие входных характеристик заключается в том, что, изменяя частоту, необходимо измерить значение напряжения и фазы на сопротивлении, для этого:

9.2.1. Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку .

9.2.2. Двойным нажатием левой кнопки мыши на генератор открывается окно «Function Generator»:

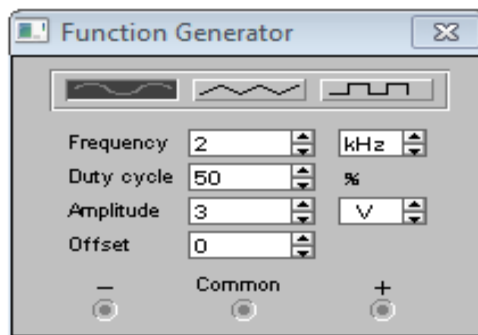


Рисунок 6.3. Function Generator

В строке Amplitude установите напряжение равное 3 В. Проверьте его действующее значение на вольтметре V1, это и будет входное напряжение цепи (U_1).

9.2.3. В строке «Frequency» по очереди устанавливайте частоту, указанную в Таблице 6.1. При этом измеряйте выходное напряжение (U_2) на вольтметре V2 и записывайте измеренные величины напряжения для соответствующей частоты в таблицу 6.1.

Таблица 6.1.

f	Результаты измерений			Результаты вычислений	
	U_1	U_2	φ_{ex}	$I_{\text{ex}} = \frac{U_2}{R_1}$	$Z_{\text{ex}} = \frac{U_1}{I_{\text{ex}}}$
кГц	В	В	град	А	Ом
2					
4					
6					
8					
10					
16					

9.3. Для измерения фазы в схему добавлен фазоизмеритель - ,

который находится в том же меню, что и генератор - «Instruments» - .

Для измерения фазы откройте окно «Bode Plotter» (См. Рис. 6.5) и дважды нажмите левой кнопкой мыши на фазоизмеритель, далее:

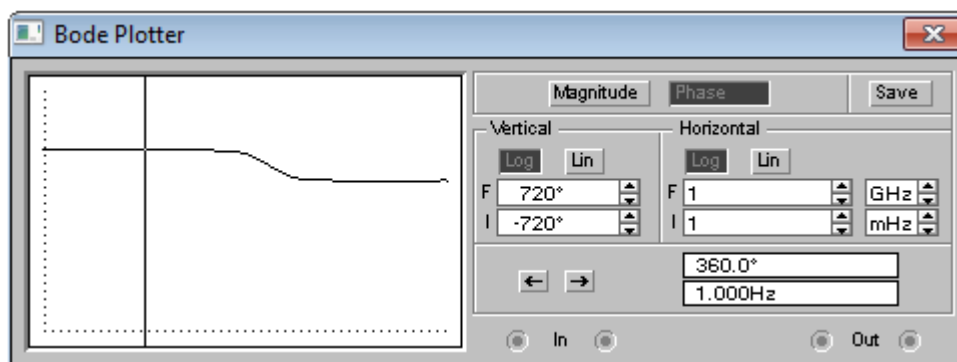


Рисунок 6.5. Измеритель фазы

9.3.1. Нажмите на кнопку Phase, теперь в окне того графика, что вы видите слева по горизонтали – значение частоты, а по вертикали – значение изменения фазы. В самом начале графика есть вертикальный маркер, передвигая его (схватив его нажатием на левую кнопку мыши) вы можете выбрать координаты графика. Значение выбираемой частоты указывается в нижней строке справа, подстроить значение можно стрелками. Значение фазы в градусах указано над строкой частоты. Перемещая маркер, установите по очереди в нижней правой строке частоту, указанную в таблице 6.1 и запишите значение фазы отдельно для каждой частоты. Внимание: в программе EWB фазный угол указывается с обратным знаком. Для RC цепи знак должен быть отрицательным, для RL цепи – положительным. Записывайте значения, которые показывает фазометр, учитывая это обстоятельство.

9.4. Для измерения входных параметров RL-цепи (рисунок 6.6) достаточно вместо емкости включить индуктивность. Удалить емкость можно, нажав на нее правой кнопкой мыши и выбрав пункт Delete. Измерения проводятся аналогичным образом, как и в предыдущей схеме. Результаты измерений запишите в таблицу 7.2. Номиналы: $R = 100 \text{ Ом}$; $L = 20 \text{ мГн}$.

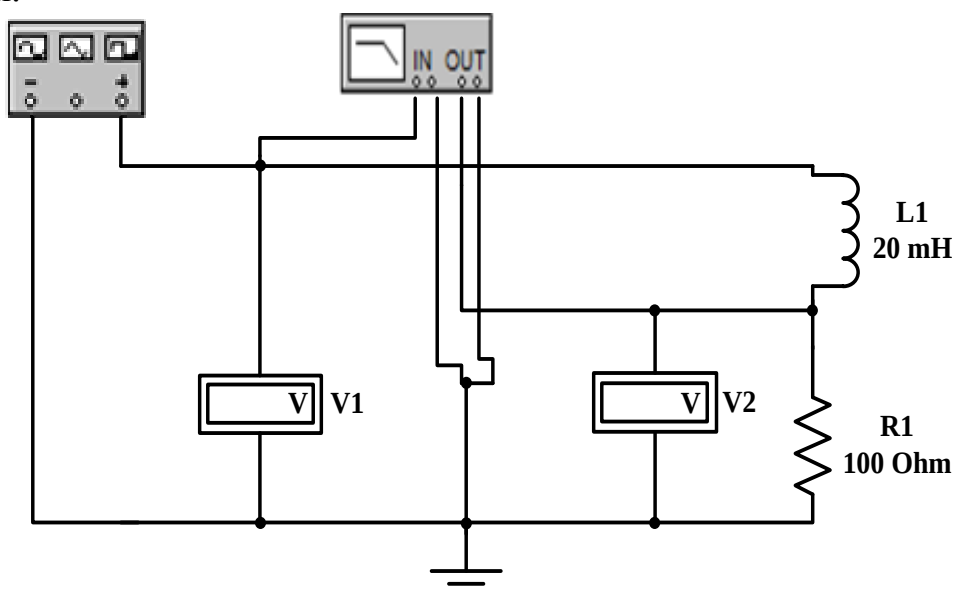


Рисунок 6.6

Таблица 6.2

f	Результаты измерений			Результаты вычислений	
	U_1	U_2	$\Phi_{\text{вх}}$	$I_{\text{вх}} = \frac{U_2}{R_1}$	$Z_{\text{вх}} = \frac{U_1}{I_{\text{вх}}}$
кГц	В	В	град	А	Ом
0.2					
0.4					
0.6					
0.8					
1.0					
1.6					

10. Завершение работы.

Лабораторная работа № 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

1. Цель работы: Приобрести практический навык по измерению передаточных характеристик и расчету коэффициента передачи при изменении частоты

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- что такое передаточная частотная характеристика.

Должен уметь:

- определить коэффициент передачи электрической цепи.

- снимать АЧХ и ФЧХ.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт,

2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по теме «Линейные электрические цепи переменного тока»
- Подготовить бланк отчета.

5.Задание:

- 5.1.Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench;
- 5.2.Смоделировать схему, приведенную на рисунке 7.1, а затем схему на рисунке 7.5, снять выходные характеристики $U_2(f)$ и $\varphi(f)$. Результаты измерений занести в таблицы 7.1 и 7.2;
- 5.3.

По результатам измерений рассчитать значение $k =$

$\frac{U_2}{U_1}$ и построить графики;

- 5.4.Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

- 6.1. Наименование работы;
- 6.2. Цель работы;
- 6.3. Электрические схемы;
- 6.4. Таблицы;
- 6.5. Графики $k(f)$, $\varphi(f)$ для цепей RC и RL (всего четыре графика);
- 6.4. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

- 7.1.В каком случае коэффициент передачи в цепи RC уменьшается, а в каком случае увеличивается?
- 7.2. В каком случае коэффициент передачи в цепи RL уменьшается, а в каком случае увеличивается?
- 7.3. Как графически на АЧХ и ФЧХ определить граничную частоту?

8. Подготовка к выполнению работы.

- 8.1. Запуск программы Electronics Workbench в системе Windows

9. Порядок выполнения работы:

9.1. Смоделируйте схему (См. Рис. 8.1) и установите номиналы: $R = 100 \text{ Ом}$, $C = 0,2 \text{ мкФ}$.

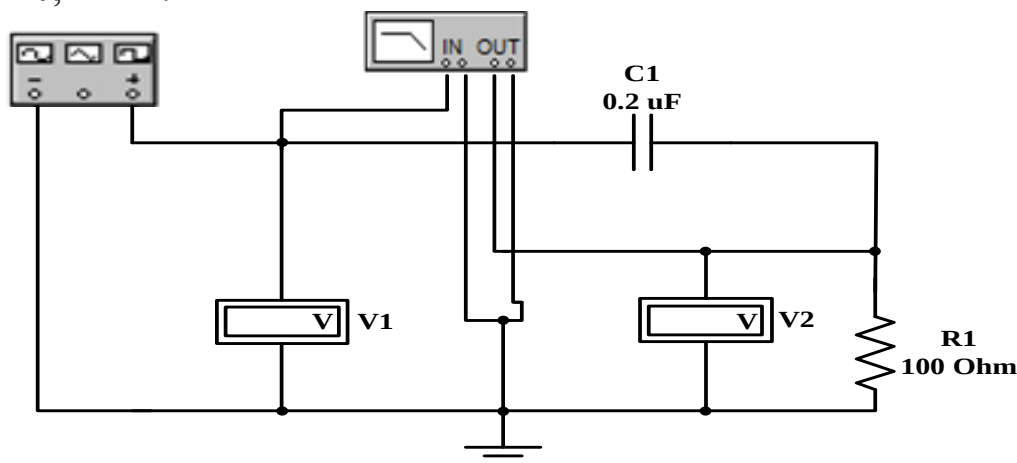
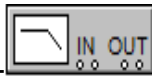


Рисунок 7.1

9.1.2. Наведите курсор на иконку отображающую семейство элементов, в

которое входит нужный вам элемент - . Вольтметры, находятся в

меню «Indicators» . Генератор и фазоизмеритель в меню «Instruments»

- , генератор - , измеритель фазы - .

Откройте окно свойств вольтметров и в окне Mode выберите AC (переменное напряжение):

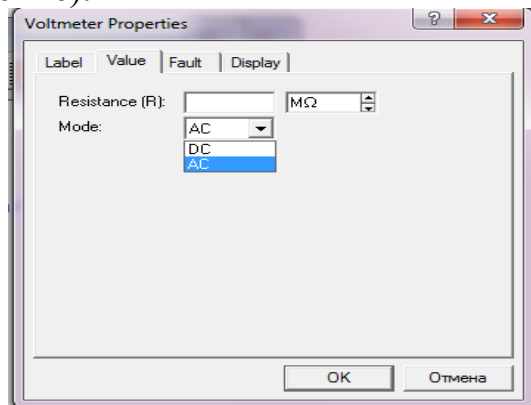


Рисунок 7.2. Voltmeter Properties

9.1.3. Нажимая на значки элементов, не отпуская кнопки мыши, перенесите необходимые элементы в окно для моделирования схемы. При необходимости повернуть элемент выделите его левой кнопкой мыши и нажмите на правую кнопку мыши, в появившемся меню нажмите левой кнопки мыши на пункт Rotate.

9.2. Снятие выходных характеристик заключается в том, что, изменяя частоту необходимо измерить значение напряжения и фазы на сопротивлении.

9.2.1. Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку ;

9.2.2. Двойным нажатием левой кнопки мыши на генератор открывается окно «Function Generator»:

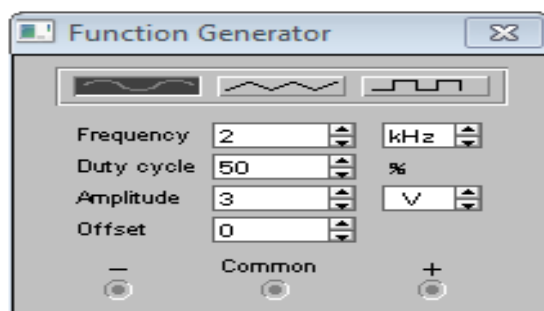


Рисунок 7.3. Function Generator

В строке Amplitude установите напряжение равное 3 В. Проверьте его действующее значение на вольтметре V1, это и будет входное напряжение цепи (U1).

9.2.3. В строке «Frequency» по очереди устанавливайте частоту, указанную в таблице 7.1, при этом, измеряйте выходное напряжение (U2) на вольтметре V2 и записывайте измеренные величины напряжений для соответствующей частоты в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

F	Результаты измерений			Результаты вычислений
	U1	U2	φ	$k = \frac{U2}{U1}$
кГц	В	В	град	-
2				
4				
6				
8				
10				
16				

9.3. Для измерения фазы откройте окно «Bode Plotter» (См. Рис. 7.4), дважды нажав левой кнопкой мыши на фазоизмеритель.

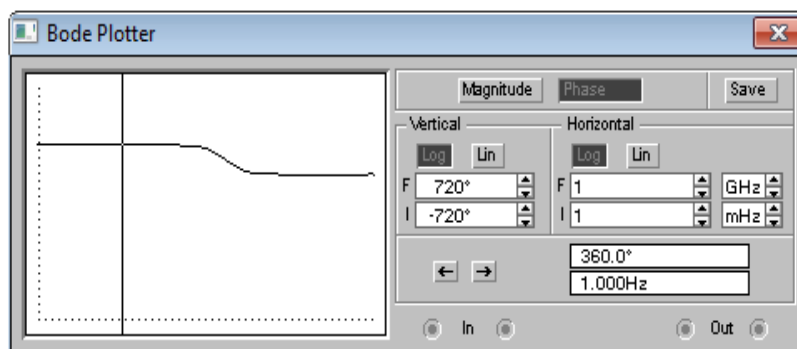


Рисунок 7.4. Измеритель фазы

9.3.1. Нажмите на кнопку Phase, теперь в окне того графика, что вы видите слева по горизонтали – значение частоты, а по вертикали – значение изменения фазы.

9.3.2. В самом начале графика есть вертикальный маркер, передвигая его (схватив его нажатием на левую кнопку мыши) вы можете выбрать координаты графика. Значение выбираемой частоты указывается в нижней строке справа, подстроить значение можно стрелками. Значение фазы в градусах указано над строкой частоты.

9.3.3. Перемещая маркер, установите по очереди в нижней правой строке частоту, указанную в таблице 8.1 и запишите значение фазы отдельно для каждой частоты.

Внимание: в программе **EWB фазный угол указывается с обратным знаком. Для RC цепи знак должен быть отрицательным, для RL цепи – положительным.**

Записывайте значения, которые показывает фазометр, учитывая это обстоятельство.

9.4. Прodelав первую часть лабораторной работы по измерению входных параметров RC цепи, проделайте то же с цепью RL (рисунок 7.5), для этого достаточно вместо емкости включить индуктивность. Удалить емкость можно, нажав на нее правой кнопкой мыши и выбрав пункт Delete. Измерения проводятся аналогичным образом, как и в предыдущей схеме. Результаты измерений запишите в таблицу 7.2. Номиналы: R = 100 Ом; L = 20 мГн.

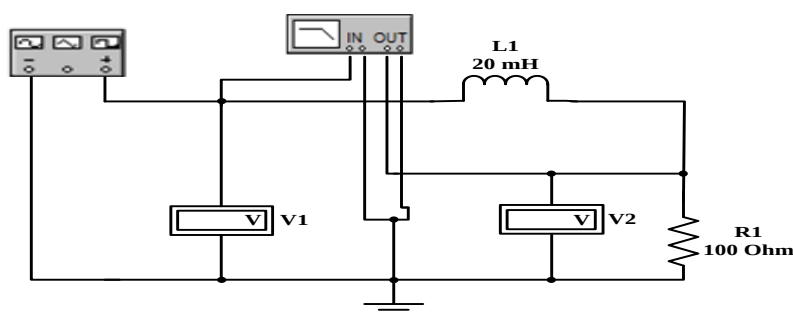


Рисунок 7.5

Таблица 7.2

F	Результаты измерений			Результаты вычислений
	U1	U2	φ	$k = \frac{U2}{U1}$
кГц	В	В	град	-

0.2				
0.4				
0.6				
0.8				
1.0				
1.6				

10. Завершение работы.

Лабораторная работа № 8 ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ

1. Цель работы: Изучить свойства последовательного резонансного контура

2. Требования к знаниям, умениям и навыкам студента:

Студент должен знать:

- принципы работы колебательного контура;
- условия резонанса.

Должен уметь:

- рассчитывать характеристики колебательного контура.

Иметь навыки:

- по построению передаточных характеристик

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. - 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. –

Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

- Изучить материал по теме «Резонансные явления в электрических цепях»;
- Подготовить бланк отчета.

5. Задание:

- Включить ЭВМ и запустить программу Electronics Workbench
- Смоделировать схему, приведенную на рисунке 8.1
- Снять и построить АЧХ последовательного контура
- Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 8.1
- Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчета:

- 6.1. Наименование работы;
- 6.2. Цель работы;
- 6.3. Схема исследования последовательного контура (См. Рис. 8.1);
- 6.4. Таблица экспериментальных данных;
- 6.5. График АЧХ, построенный на основе экспериментальных данных;
- 6.6. Расчет параметров
- 6.7. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

- 7.1. Как практически можно определить состояние резонанса напряжений в последовательном R, L, C контуре?
- 7.2. Как определяется частота собственных колебаний контура?
- 7.3. Какой характер (индуктивный, емкостный или резистивный) имеет входное сопротивление контура при $f < f_0$?
- 7.4. Какой характер (индуктивный, емкостный или резистивный) имеет входное сопротивление контура при $f > f_0$?
- 7.5. Какой характер (индуктивный, емкостный или резистивный) имеет входное сопротивление контура при $f = f_0$?
- 7.6. Чему равно $Z_{вх}$ на f_0 ?

8. Порядок выполнения работы:

- 8.1. Смоделируйте схему (См. Рис. 8.1):

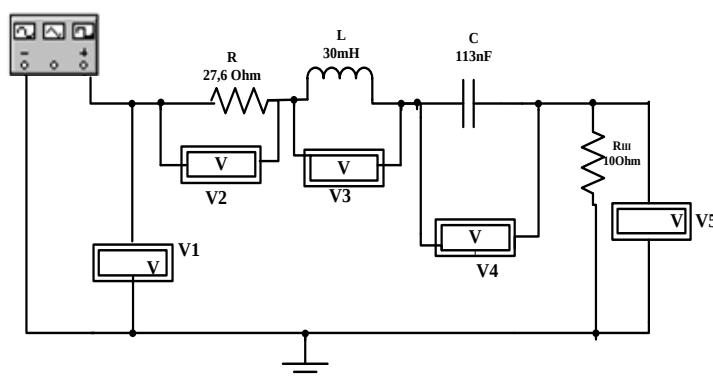


Рисунок 8.1

8.2. На функциональном генераторе (окно «Function Generator») установите синусоидальное напряжение с амплитудой 1В с плавной регулировкой частоты. Далее задайте параметры элементов схемы: емкость $C = 113 \text{ нФ}$, сопротивление катушки $R = 27,6 \text{ Ом}$, индуктивность катушки $L = 30 \text{ мГн}$, сопротивление $R_{\text{ш}} = 10 \text{ Ом}$.

8.3. Откройте окно свойств вольтметров (См. Рис.8.2) и в окне Mode выберите AC (переменное напряжение):

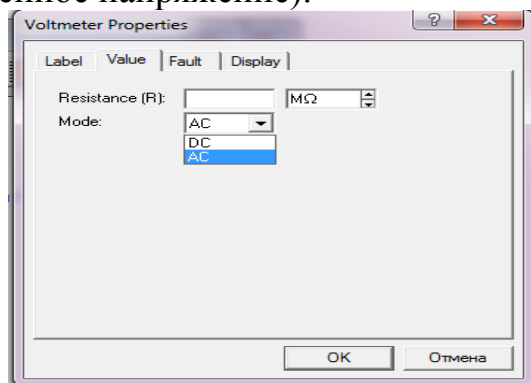


Рисунок 8.2

8.4. Изменяя частоту генератора в окрестности расчетного значения f_0 (2,7 кГц), найдите резонансную частоту цепи f_0 по максимальному показанию вольтметра V4 (что соответствует выполнению условия резонанса).

8.5. Экспериментальные данные занести в таблицу 8.1. Рассчитайте $I, X_L, X_C, X_{\text{э}}, Z_{\text{э}}$ в зависимости от частоты.

Таблица 8.1

Частота, кГц	Эксперимент					Расчет				
	U, В	U _R , В	U _L , В	U _C , В	U _{Rш} , В	I, А	X _L , Ом	X _C , Ом	X _э , Ом	Z _э , Ом
0,5										
1,0										
1,5										
2,0										
2,5										
2,7										
3,0										
3,5										
4,0										
4,5										
5,0										

Примечание: $U_{\text{вх}}$ смотрите на вольтметре $V1$, а не на генераторе; при U на генераторе 1 В вольтметр $V1$ покажет $\sim 1,4\text{ В}$ – амплитудное значение!!!.

8.5. Построить графики зависимостей $U_L(f)$; $U_C(f)$ при изменении частоты.

8.6. Рассчитать и построить графики зависимости $I(f)$; $X_L(f)$; $X_C(f)$; $X_{\Sigma}(f)$; $Z_{\Sigma}(f)$ на тех же частотах.

9. Завершение работы.

Лабораторная работа № 9 ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

1. Цель работы: Изучить переходные процессы в цепях первого порядка и экспериментально определить форму сигналов на выходе при отключении цепи к источнику постоянного тока и отключении от него

2. Требования к знаниям, умениям, навыкам.

Студент должен знать:

- понятие переходных цепей;
- понятие постоянной времени RC и RL-цепи.
- законы коммутации;

Студент должен уметь:

- рассчитывать условия переходных процессов (номиналы элементов цепи);
- рассчитывать постоянную τ .

Студент должен иметь навыки:

- снятия осциллограмм выходных напряжений.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. –

Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Подготовка к работе:

4.1. Изучите тему «Переходные процессы в цепях первого порядка»

4.2. Сделайте предварительные расчёты переходных процессов в RC-цепи, и занесите полученные результаты в таблицу 9.1.

- Дано: $R=10 \text{ кОм}$, $C=1 \text{ мкФ}$, $U=10\text{В}$ (общее напряжение). Определить постоянную времени цепи τ , напряжение на ёмкости при значениях $t=\tau$, $t=4\tau$.

- Дано: $\tau=100\text{мс}$, $R=10 \text{ кОм}$, $U=10\text{В}$. Определить величину ёмкости конденсатора C и напряжение на ней при значениях $t=\tau$, $t=4\tau$ после включения напряжения.

Таблица 9.1.

Номер цепи	Номиналы элементов цепи				
	C, мкФ	R, кОм	τ , мс	$U_C(\tau)$	$U_C(4\tau)$
1					
2					

4.3. Сделайте предварительные расчёты для переходных процессов в RL-цепи, и занесите полученные результаты в таблицу 10.2.

- Дано: $R=100 \text{ Ом}$, $L=1 \text{ Гн}$, $U=10\text{В}$. Определить постоянную времени цепи τ , напряжение на индуктивности при значениях $t=\tau$, $t=4\tau$ после включения напряжения.

- Дано: $\tau=100\text{мс}$, $R=10 \text{ Ом}$, $U=10\text{В}$. Определить величину индуктивности и напряжение на ней при значениях $t=\tau$, $t=4\tau$.

Таблица 9.2.

Номер цепи	Номиналы элементов цепи				
	L, Гн	R, кОм	τ , мс	$U_L(\tau)$	$U_L(4\tau)$
1					
2					

4.4. Подготовьте бланк отчёта по лабораторной работе.

5. Задание:

5.1. Сделать и занести в бланк отчёта предварительные расчёты (таблица 10.1 и таблица 10.2).

5.2. Смоделировать схему, приведенную на рисунке 9.1, снять и зарисовать осциллограммы напряжений на выходе.

5.3. Смоделировать схему, приведенную на рисунке 9.4, снять и зарисовать осциллограммы напряжений на выходе.

5.4. Ответить на контрольные вопросы.

6. Содержание отчёта:

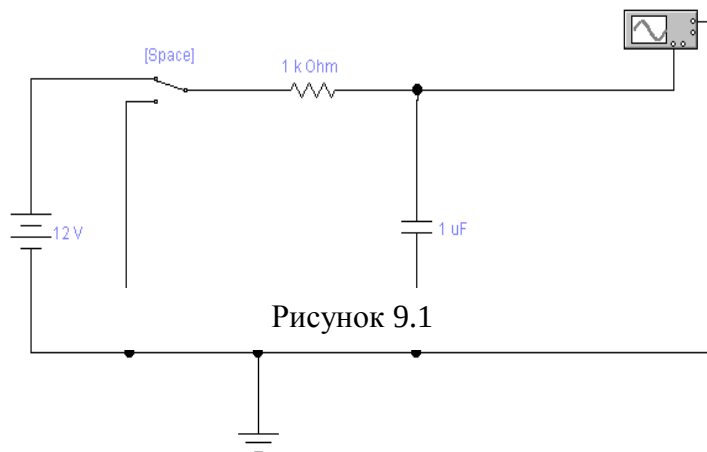
- 6.1. Номер работы и наименование работы.
- 6.2. Цель работы.
- 6.3. Электрические схемы (См. Рис. 9.1 и 9.4).
- 6.4. Осциллограммы выходных напряжений RC-цепи при подключении цепи к источнику постоянного напряжения и отключении от него.
- 6.5. Осциллограммы выходных напряжений RL-цепи при подключении цепи к источнику постоянного напряжения и отключении от него.
- 6.6. Ответы на контрольные вопросы.

7. Контрольные вопросы:

- 7.1. Сформулируйте первый и второй законы коммутации.
- 7.2. Почему напряжение на конденсаторе не может изменяться скачком, а ток через конденсатор может?
- 7.3. Почему ток в катушке не может изменяться скачком, а напряжение на катушке может?
- 7.4. Напишите формулы для определения постоянной времени RC-цепи и RL-цепи.
- 7.5. От чего зависит форма напряжения на выходе RC-цепи и RL-цепи при подключении цепи к источнику постоянного напряжения и отключении от него?

8. Порядок выполнения работы:

- 8.1. Смоделируйте схему для исследования переходных процессов в RC-цепи (См. Рис. 9.1).
- 8.2. Установите заданные параметры элементов (пункт 4.2). Снимите осциллограммы выходных напряжений, для этого:



- Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку .
- Двойным нажатием левой кнопкой мыши на осциллогарфе откройте окно «Oscilloscope» (См. Рис. 9.2). Для расширения возможностей осциллографа нажмите кнопку «Expand» (См. Рис. 9.3).

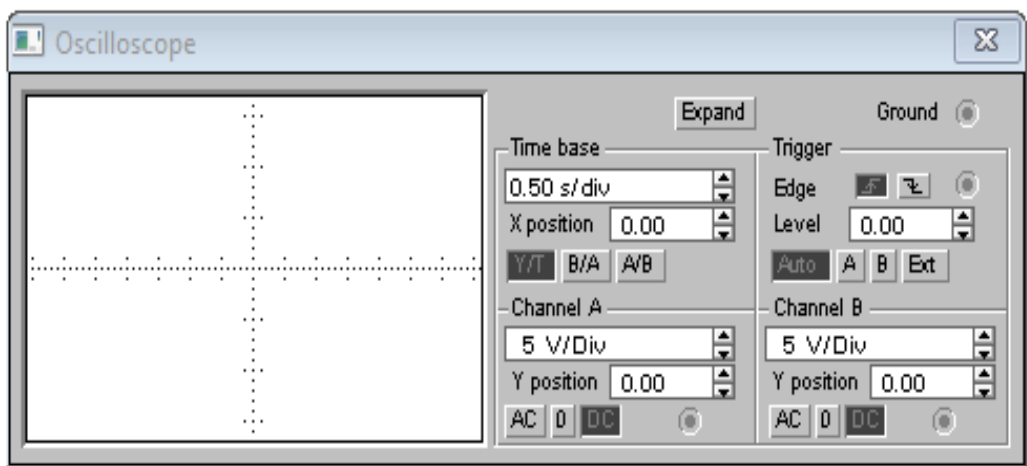


Рисунок 9.2

- Изменяя значение «Timebase» получите отчётливое изображение осциллограммы.
- Нажмите кнопку «Space» на клавиатуре, чтобы подключить переходную цепь к источнику постоянного напряжения.
- Нажав левой кнопкой мыши на кнопку «Pause» зарисуйте полученную осциллограмму в отчёт.
- Нажмите кнопку «Space» на клавиатуре, чтобы отключить переходную цепь от источника постоянного напряжения.
- Нажав левой кнопкой мыши на кнопку «Pause» зарисуйте полученную осциллограмму в отчёт.

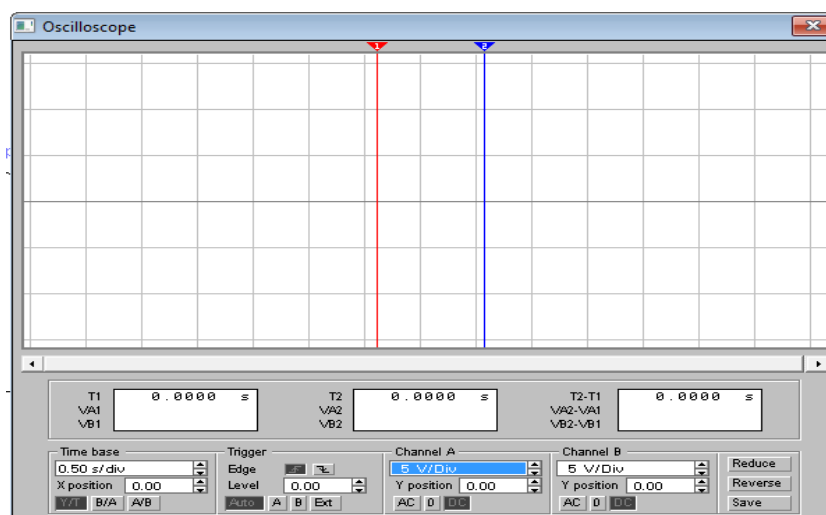


Рисунок 9.3

- Определите для $t = \tau$ и значение напряжения на конденсаторе. Для этого установите красную линию на начало переходной характеристики (но не осциллограммы), а синюю линию отставьте от красной на значение τ , контролируя её величину в строке «T2-T1». Значение напряжения в этой точке определяется в строке VA2. После отставьте синюю линию от

красной на значение 4τ и определите значение напряжения в этой точке. - Сравните данные, полученные экспериментальным путём, с данными которые были рассчитаны ранее.

- Изменяя номиналы резистора и конденсатора, в соответствии с таблицей 10.1, снимите оставшиеся осциллограммы выходных напряжений и сравните данные, полученные экспериментальным путём, с данными которые были рассчитаны ранее.

- Смоделируйте схему для исследования переходных характеристик в RL-цепях (См. Рис. 10.4). Выбирая в соответствии с таблицей 10.2 номиналы резистора и индуктивности, снимите и зарисуйте в отчёт осциллограммы выходных напряжений и сравните результаты, полученные экспериментальным путём с рассчитанными ранее. Для этого проделайте операции, которые были описаны выше.

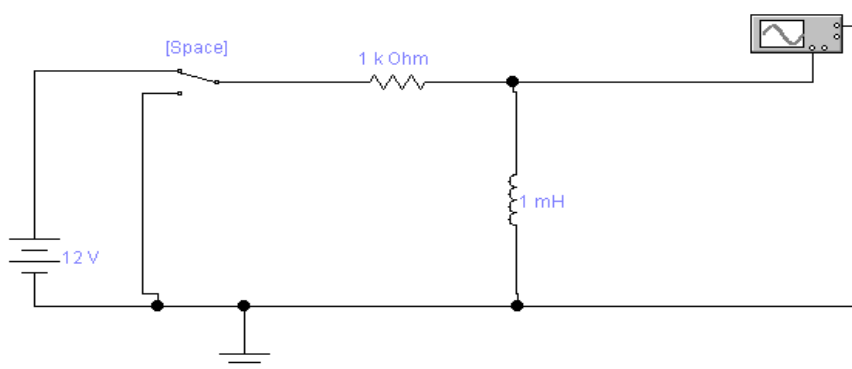


Рисунок 9.4

9. Завершение работы

Лабораторная работа № 10 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИХ И ИНТЕГРИРУЮЩИХ ЦЕПЕЙ

1. Цель работы: Экспериментально определить форму сигналов на выходе дифференцирующих и интегрирующих цепей при различных соотношениях постоянной времени цепи и длительности сигнала.

2. Требования к знаниям, умениям, навыкам:

Студент должен знать:

- понятие дифференцирующей/интегрирующей цепи;
- понятие τ - постоянной времени RC-цепи;

Студент должен уметь:

- рассчитывать условия дифференцирования/интегрирования (номиналы элементов цепи);
- рассчитывать постоянную времени τ ;

Студент должен иметь навыки:

- снятия осциллограмм выходных напряжений.

3. Литература:

3.1 Попов, В.П. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 1: учебник для среднего профессионального образования / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 378с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05465-1.

3.2 Ляшев, В.А. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2: учебник для среднего профессионального образования / В.А. Ляшев, Н.И. Мережин, В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 323с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-05467-5.

3.3 Нефедов, В.И. Теория электросвязи: учебник для среднего профессионального образования / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под редакцией В.И. Нефедова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 495 с. – (Серия «Профессиональное образование»). – ISBN 978-5-534-01470-9. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/433791>.

3.4 Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Вострецова, С.М. Зраенко, Ю.В. Шилов; под научной редакцией А.С. Лучинина. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 135с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10096-9.

4. Задание:

4.1. По одному из рекомендованных литературных источников изучите:

- принцип работы дифференцирующих и интегрирующих цепей при периодических воздействиях;
- основные параметры дифференцирующих и интегрирующих цепей – постоянная времени τ , скважность S и методы их расчёта.

4.2. Сделайте предварительные расчёты для дифференцирующих цепей и занести полученные результаты в таблицу 10.1.

- Дано: $R=1$ кОм, $C=500$ мкФ, $F=100$ Гц, $S=2$. Определить постоянную времени цепи τ и длительность импульса τ_u .

- Дано: $R=1$ кОм, $C=5$ мкФ, $F=100$ Гц, $S=2$. Определить постоянную времени цепи τ и длительность импульса τ_u .

- Дано: $\tau=2$ мс, $R=10$ кОм, $\tau_u=5$ мс, $F=100$ Гц. Определить величину емкости конденсатора C и скважность импульса S .

- Дано: $C=2$ нФ, $\tau=20$ мкс, $F=100$ Гц, $S=2$. Определить величину сопротивления резистора R и длительность импульса τ_u .

Таблица 10.1.

Вид цепи	Номиналы элементов цепи				
	C , мкФ	R , кОм	τ , мс	S	τ_u
Дифференцирование отсутствует					

(переходная цепь) $t_u \ll \tau$					
Слабое дифференцирование $t_u = \tau$					
Глубокое дифференцирование $t_u = 2,5\tau$					
Дифференцирование близкое к идеальному $t_u \gg \tau$					

4.3. Сделайте предварительные расчёты для интегрирующих цепей и занести полученные результаты в таблицу 11.2.

- Дано: $R=1$ кОм, $C=0.1$ мкФ, $F=100$ Гц, $S=2$. Определить постоянную времени цепи τ и длительность импульса τ_u .

- Дано: $\tau=5$ мс, $R=1$ кОм, $\tau_u=5$ мс, $F=100$ Гц. Определить величину емкости конденсатора C и скважность импульса S .

- Дано: $C=5$ мкФ, $\tau=10$ мс, $F=100$ Гц, $S=2$. Определить величину сопротивления резистора R и длительность импульса τ_u

Таблица 10.2 .

Вид цепи	Номиналы элементов цепи				
	C, мкФ	R, кОм	τ , мс	S	τ_u
Интегрирование отсутствует (переходная цепь) $t_u \gg \tau$					
Слабое интегрирование $t_u = \tau$					
Глубокое интегрирование $t_u = 5\tau$					

4.4. Подготовьте бланк отчёта по лабораторной работе.

4.5. Ответьте на контрольные вопросы

5.Содержание отчёта:

5.1.Номер работы и наименование работы.

5.2.Цель работы.

5.3.Электрические схемы (См. Рис. 10.1 и 10.2).

5.4.Осциллограммы напряжений на выходе дифференцирующей/интегрирующей цепи.

5.5.Ответы на контрольные вопросы.

6.Контрольные вопросы:

6.1.Напишите формулу для расчёта постоянной времени RC-цепи.

6.2.При каком условии RC-цепь является дифференцирующей?

6.3.Назовите условие для идеального дифференцирования в RC-цепи?

6.4.Применение дифференцирующих цепей.

6.5.Напишите формулу для расчёта постоянной времени RC-цепи.

6.6.При каком условии RC-цепь является интегрирующей?

6.7. Почему дифференцирующую цепь называют укорачивающей цепью, а интегрирующую называют удлиняющей цепью?

6.8. Назовите условие для идеального интегрирования в RC-цепи?

6.9. Применение интегрирующих цепей.

7. Порядок выполнения работы.

7.1. Смоделируйте схему для исследования выходных характеристик в дифференцирующих цепях (См. Рис. 10.1). Установите заданные параметры элементов (См. Табл. 10.1.)

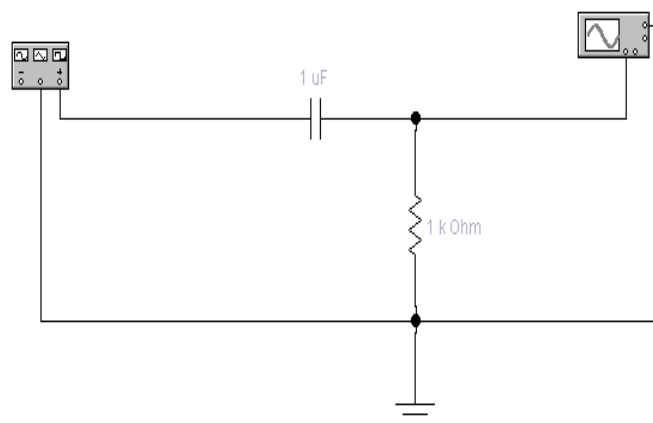


Рисунок 10.1

7.2. Двойным нажатием левой кнопки мышки на генератор открывается окно «Function Generator» (См. Рис. 10.2);

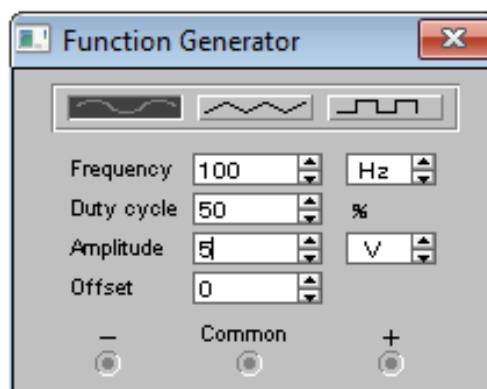
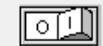


Рисунок 10.2

Установите «Function Generator» в режим выработки прямоугольных импульсов. В строке «Frequency» установите частоту равную 100 Гц. В строке «Amplitude» установите напряжение равное 5 В. В строке «Duty cycle» установите значение 50%, это будет длительность импульса за период, выраженная в процентах.

7.3. Снимите выходные осциллограммы напряжений, для этого:

7.3.1. Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку .

7.3.2. Двойным нажатием левой кнопкой мыши на осциллографе откройте окно «Oscilloscope» (См. Рис. 10.3). Для расширения возможностей осциллографа нажмите кнопку «Expand»

7.3.3. Изменяя значение «Time base» получите отчётливое изображение осциллограммы.

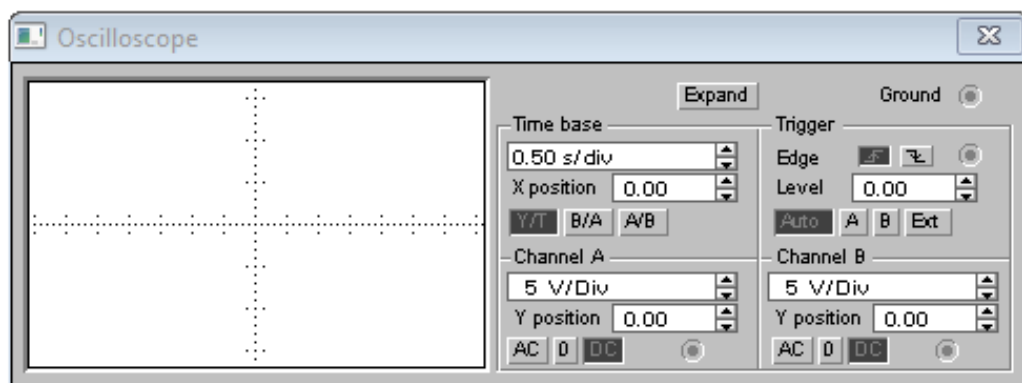


Рисунок 10.3

7.3.4. Нажав левой кнопкой мыши на кнопку  или на кнопку «Pause» и зарисуйте полученную осциллограмму в отчёт, согласовав во времени с входным сигналом (См. Рис. 10.4).

7.3.5. Изменяя номиналы резистора и конденсатора, в соответствии с таблицей 11.1, снимите остальные осциллограммы выходных напряжений.

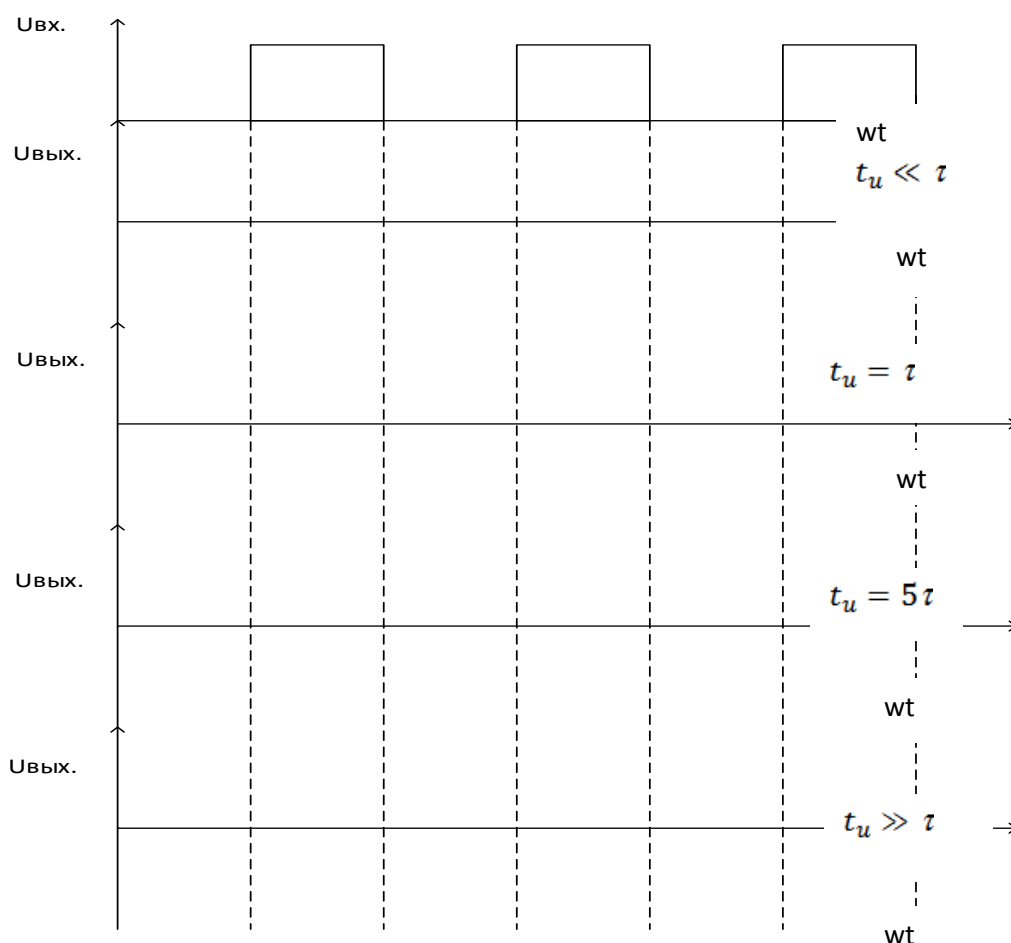


Рисунок 10.4

7.4.Смоделируйте схему для исследования выходных характеристик в интегрирующих цепях (См. Рис. 10.5).Выбирая в соответствии с таблицей 11.2 номиналы резистора и конденсатора, снимите и зарисуйте в отчёт осциллограммы напряжений на выходе, согласовав во времени с входным сигналом.

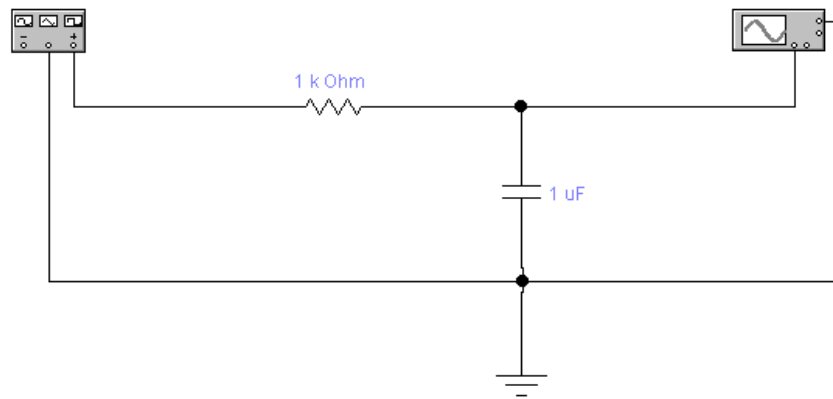


Рисунок 10.5

7.5.Двойным нажатием левой кнопки мышки на генератор открывается окно «FunctionGenerator» (См. Рис. 10.6);

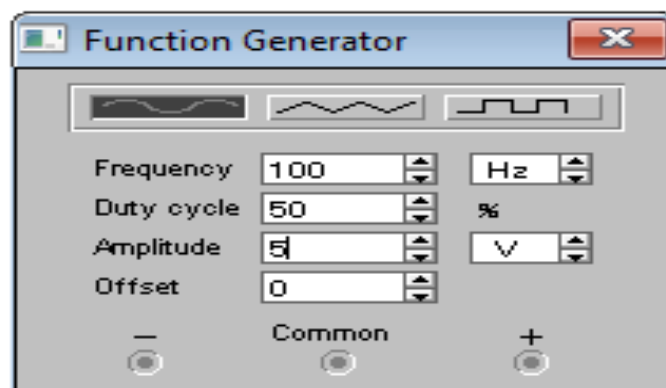


Рисунок 10.6

Установите «FunctionGenerator» в режим вырабатывания прямоугольных импульсов. В строке «Frequency» установите частоту равную 100 Гц. В строке «Amplitude» установите напряжение равное 5В. В строке «Dutycycle» установите значение 50%, это будет длительность импульса за период, выраженная в процентах.

7.6. Снимите выходные осциллограммы напряжений, для этого:

- Включить схему, нажав левой кнопкой мыши на кнопку .

- Двойным нажатием левой кнопкой мыши на осциллографе откройте окно «Oscilloscope» (См. Рис. 10.7). Для расширения возможностей осциллографа нажмите кнопку «Expand»

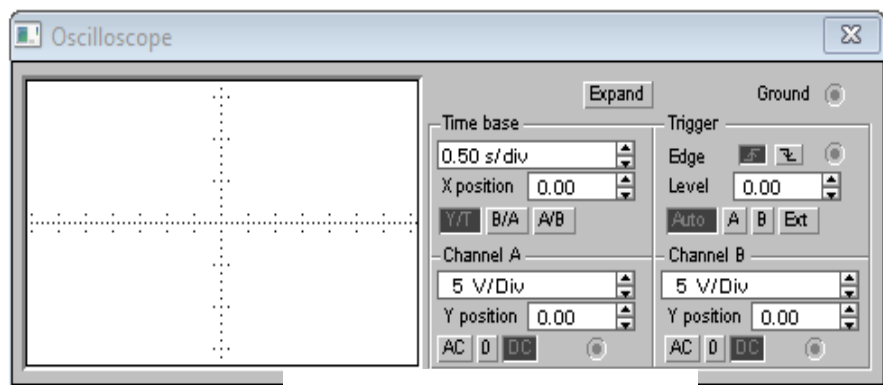
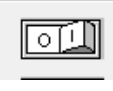


Рисунок 10.7

- Изменяя значение «Timebase» получите отчётливое изображение осциллограммы.



- Нажав левой кнопкой мыши на кнопку  или на кнопку «Pause» и зарисуйте полученную осциллограмму в отчёт, согласовав во времени с входным сигналом (рисунок 10.8).

- Изменяя номиналы резистора и конденсатора, в соответствии с таблицей 11.2, снимите остальные осциллограммы выходных напряжений.

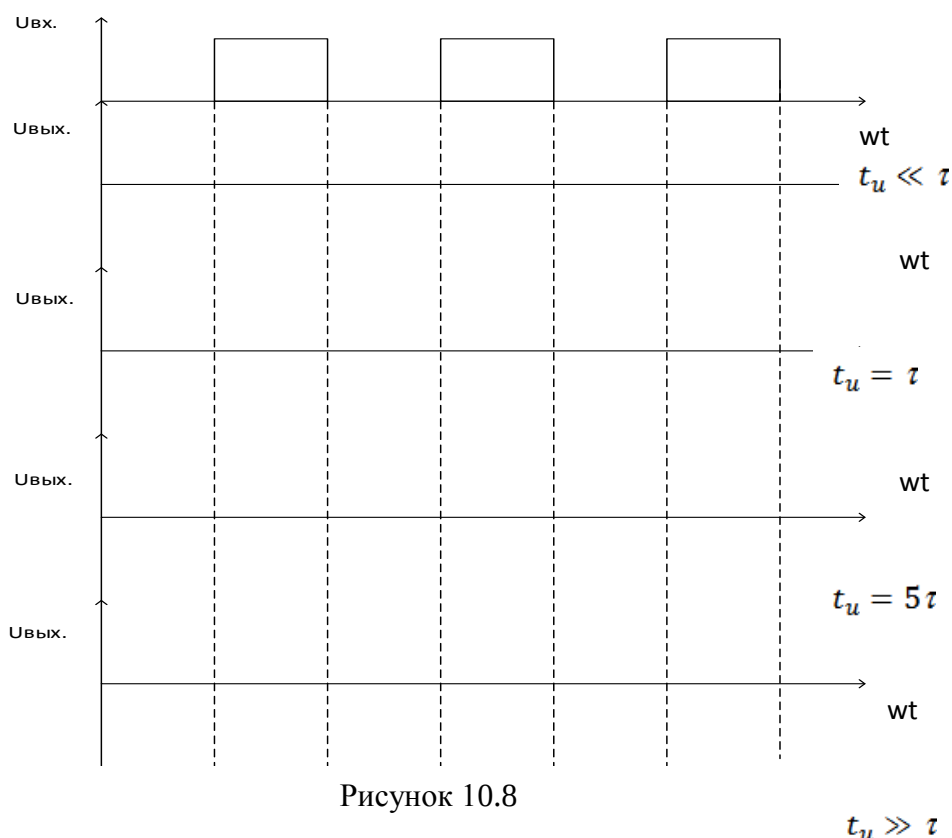


Рисунок 10.8

8. Завершение работы

Учебное издание

Стерлигова И.И.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
для специальности:
11.02.15 «Инфокоммуникационные сети и
системы связи»**

Подписано в печать _____._____.2023г.

Сдано в печать _____._____.2023г.

Бумага для множительных аппаратов.

Формат 60x84/16. Тираж 60 экз. Усл. печ. л. 2,7

Редакционно-издательская группа
Хабаровский институт инфокоммуникай (филиал) ФГОБУ ВО
«Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»
ХИИК СибГУТИ
680000, г. Хабаровск, ул. Ленина 73