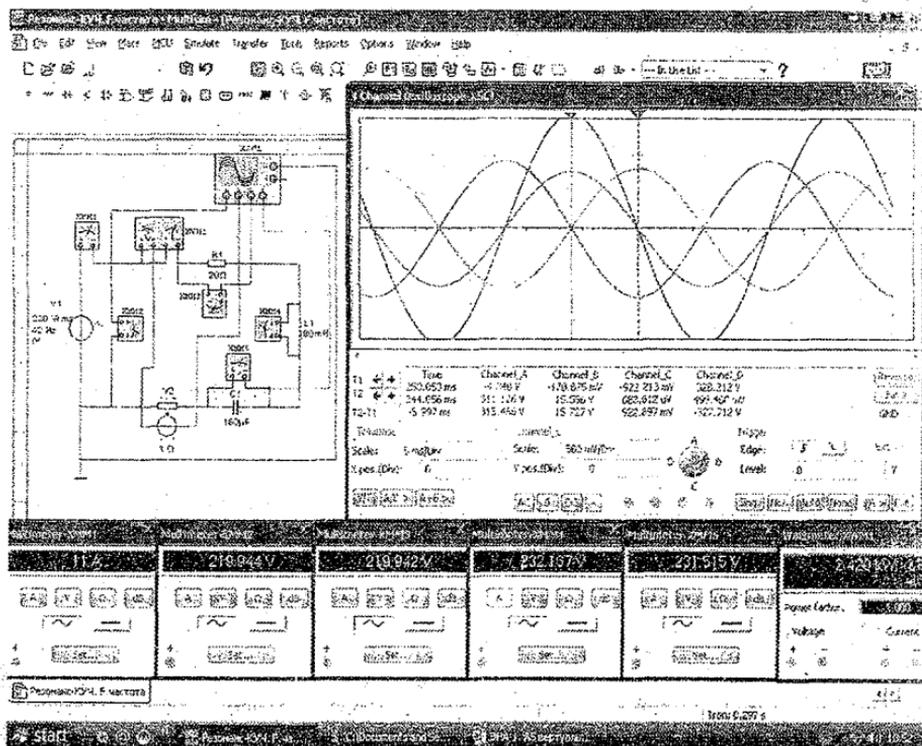


МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА

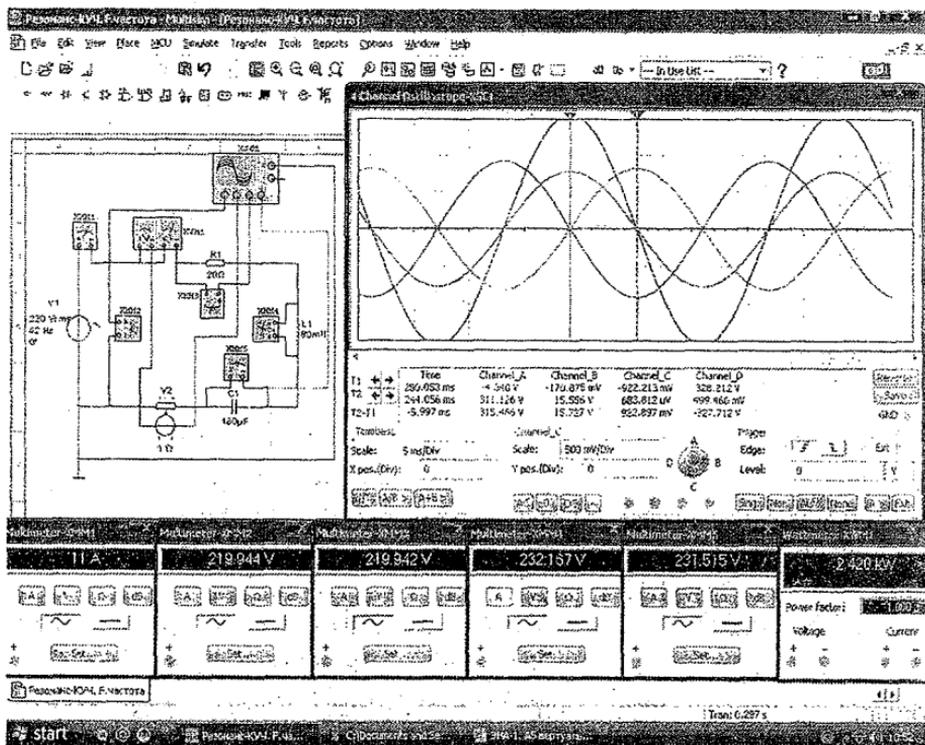
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



Ташкент 2020

**Бегматов Ш.Э., Идрисходжаева М.У.** «Электротехника и электроника»: Учебно-методическое пособие по выполнению виртуальных лабораторных работ. – Ташкент: ТашГТУ, 2020. – 126 стр.

Данное учебно-методическое пособие рекомендуется для проведения лабораторных работ в высших технических учебных заведениях по дисциплине “Электротехника и электроника” на основе схмотехнической программы моделирования «NI MultiSim 14.0».

В пособии указаны теоретические и практические этапы выполнения работ.

Учебно-методическое пособие способствует студентам высших технических учебных заведений в расширении знаний путём применения инновационных компьютерных технологий при выполнении лабораторных работ в виртуальном виде.

Печатается по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Рецензенты:

**Алимов М.А.** -заведующий кафедрой «Физики и электротехники» Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности

**Рахмонов И.У.** -заведующий кафедрой «Электроснабжение» Ташкентского государственного технического университета

## ВВЕДЕНИЕ

В «Концепции развития системы высшего образования Республики Узбекистан до 2030 года» среди стратегических целей и приоритетных направлений развития системы высшего образования предусмотрено **«Развитие использования современных программных продуктов в образовательном процессе, широко применяемых на международном уровне, исходя из специфики направлений и специальностей образования»**. Для решения данной задачи требуется более интенсивное применение современных образовательных технологий в учебном процессе.

Электротехника и электроника в высших технических учебных заведениях входят в число общепрофессиональных дисциплин.

Лабораторные работы, предусмотренные по учебной программе, играют важную роль в практическом освоении предмета. В процессе выполнения лабораторных работ студенты и учащиеся закрепляют свои теоретические знания на практике посредством выполнения экспериментов и, как следствие, формируют компетентные навыки.

В разработанном методическом пособии при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Электротехника и электроника» рекомендуется применять программный продукт схемотехнического моделирования «MultiSim14.0» (MS14.0), входящий в число современных информационно-образовательных технологий обучения.

Данное учебно-методическое пособие составлено на основе квалификационных требований образовательных направлений и специальностей, изучающих эту дисциплину и учебной программы по дисциплине «Электротехника и электроника».

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Преподаватель знакомит студентов с краткими теоретическими и практическими сведениями о программе «MS14.0». Далее студент самостоятельно:

- открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1) и изучает виртуальные электрические и электронные элементы (рис.2), виртуальные данные приборов измерения электрических показаний, устройства для визуального наблюдения за электрическими колебаниями и построения различных функциональных зависимостей (рис.3).

При запуске программы на мониторе компьютера открывается «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1). В верхней части «Главного окна» размещена обширная база виртуальных электрических и электронных элементов, а также ключи включения, паузы и выключения электрической схемы (рис.2), а в правой части размещена инструментальная база виртуальных приборов измерения электрических показаний, устройств для наблюдения за электрическими колебаниями и построения различных характерных зависимостей (рис.3).

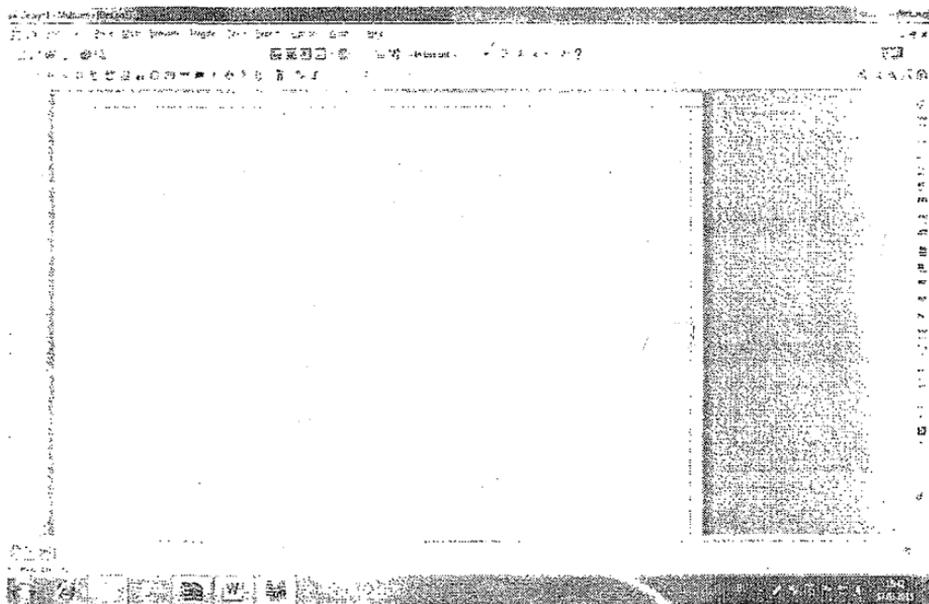


Рис.1. «Главное окно» программы «MS14.0».



- основываясь на порядке выполнения лабораторной работы, студент собирает виртуальную электрическую схему из элементной базы программы и соединяет в схему виртуальные контрольно-измерительные, визуально-наблюдательные устройства.

- преподаватель проверяет правильность сборки электрической схемы. затем нажимает кнопку пуска и запускает программу.

- студент изучает показания измерительных приборов и наблюдает за визуальными устройствами:

- записывает показания электрических величин в табл. измерений и распечатывает на принтере диаграммы и характеристики.

-заполняет таблицы расчетов лабораторных работ под руководством преподавателя;

- строит диаграммы, характеристики и графики на основе измерений и вычислений в таблицах и сравнивает их с экспериментальными данными;

- сдаёт отчёты по лабораторным работам преподавателю, отвечая на контрольные вопросы.

# Виртуальные лабораторные работы по разделу ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

#### 1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Экспериментальное исследование законов Ома и Кирхгоффа путем непосредственного измерения токов и напряжений в частях электрической цепи с помощью электрических измерительных приборов.

2. Изучение последовательного, параллельного и смешанного соединения активных сопротивлений в цепь постоянного тока и способы их расчета.

#### 1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис. 1.);

-из базы виртуальных элементов (рис.2.), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

#### **Электрическая цепь постоянного тока с последовательным соединением активных сопротивлений:**

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи постоянного тока с последовательным соединением активных сопротивлений и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значений тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности (рис.1.1.).

-Подключает осциллограф для наблюдения за осциллограммой напряжения и тока.

-Увеличивает форму виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.1.2.) и записывает по показаниям измерительных приборов значения тока, напряжения и мощности в табл. 1.1. в графе «Измерения», а затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгоффа.

-Наблюдает за осциллограммой напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.1.1.:

-Значение напряжения источника питания V1 постоянного тока: 36 В/.

-Значения активного сопротивления:  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ /,  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ /,  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ /.

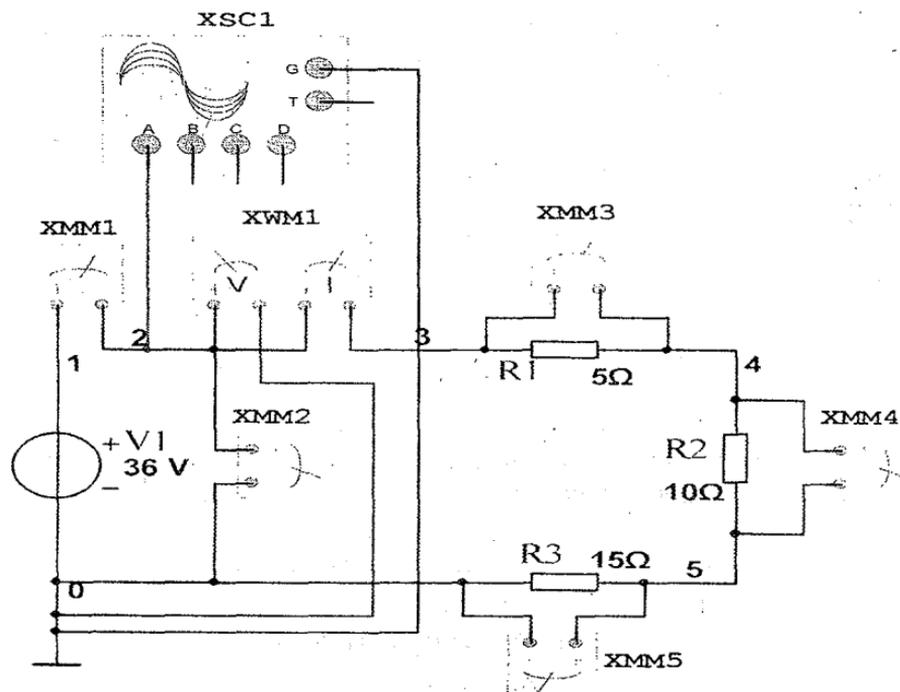


Рис.1.1. Виртуальная схема электрической цепи постоянного тока с последовательным соединением активных сопротивлений

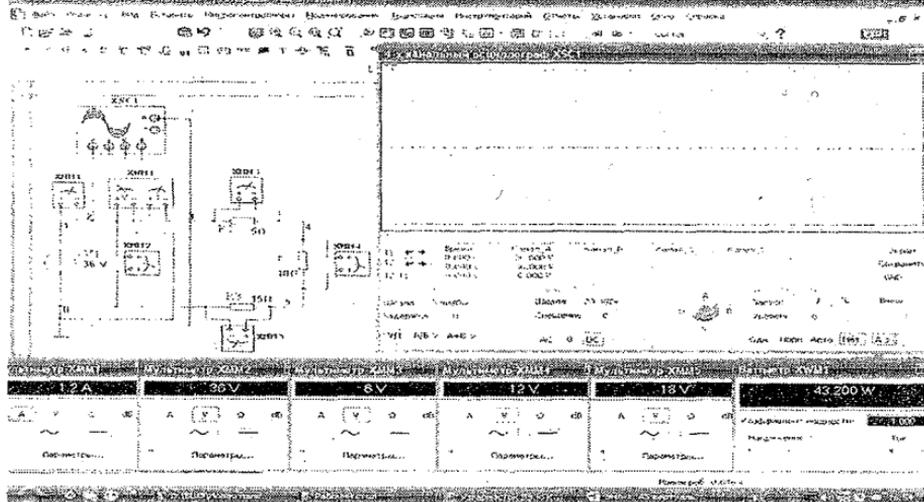


Рис.1.2. Модель электрической цепи постоянного тока с последовательным соединением активных сопротивлений

Таблица 1.1

Измерения							Вычисления		
I	U	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	P	cos φ	$U_1+U_2+U_3=U$	$R_{\text{экв}}=R_1+R_2+R_3$	$I=U/R_{\text{экв}}$
A	B	B	B	B	Вт	-	B	Ом	A

### Электрическая цепь постоянного тока с параллельным соединением активных сопротивлений

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи постоянного источника напряжения с последовательным соединением активных сопротивлений и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значение тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности (рис.1.3.).

-Подключает осциллограф для наблюдения за осциллограммой напряжения и тока.

-Увеличивает форму виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажатие кнопки «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.1.4.) и записывает в табл. 1.2. в графе «Измерения» значения

тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов, а затем заполняет графу «Вычисления» применяя законы Ома и Кирхгоффа.

-Наблюдает за осциллограммой напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис. 1.3:

-Значение напряжения источника питания V2 постоянного тока: 36 В/.

-Значения активного сопротивления: R1 = 5 /Ом/, R2 = 10 /Ом/, R3 = 15 /Ом/.

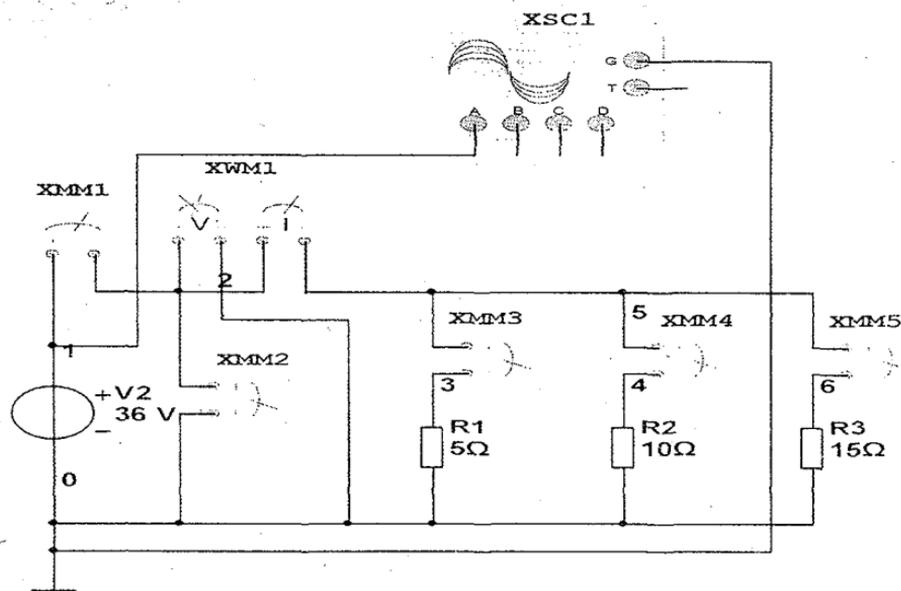


Рис.1.3. Виртуальная схема электрической цепи постоянного тока с параллельным соединением активных сопротивлений

Таблица 1.2

Измерения						Вычисления			
U	I	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	P	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>3</sub>	I	g <sub>экв</sub> = g <sub>1</sub> + g <sub>2</sub> + g <sub>3</sub>	I = U <sub>g<sub>экв</sub></sub>
В	А	А	А	А	Вт	А		1/Ом	А

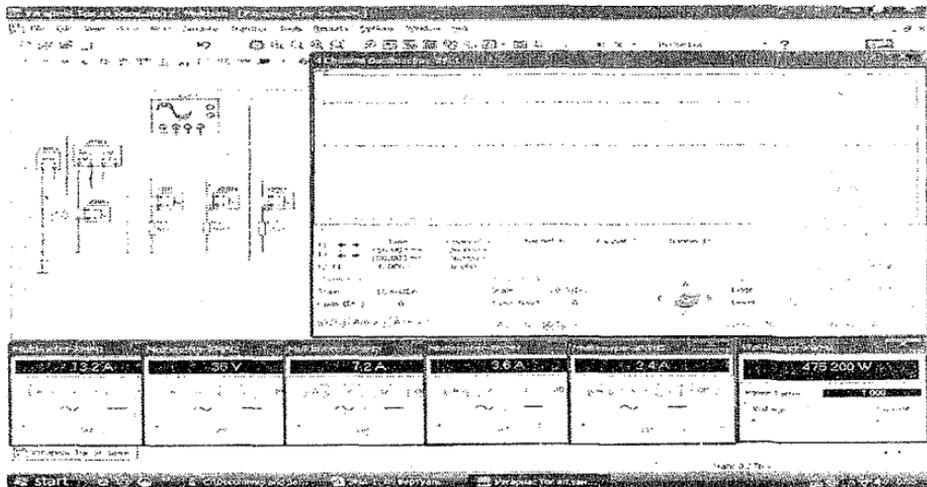


Рис.1.4. Модель электрической цепи постоянного тока с параллельным соединением активных сопротивлений

### Электрическая цепь постоянного тока со смешанным соединением активных сопротивлений

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением активных сопротивлений и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значение тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности (рис.1.5.).

-Подключает осциллограф для наблюдения за осциллограммой напряжения и тока.

-Увеличивает форму виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.1.6.) и записывает в табл. 1.3 в графу «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов, а затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгоффа.

-Наблюдает за осциллограммой напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.1.5.:

-Значение напряжения источника питания  $V_2$  постоянного тока: 36 В/.

-Значения активного сопротивления:  $R_1 = 5 \text{ /}\Omega\text{/}$ ,  $R_2 = 10 \text{ /}\Omega\text{/}$ ,  $R_3 = 15 \text{ /}\Omega\text{/}$ .

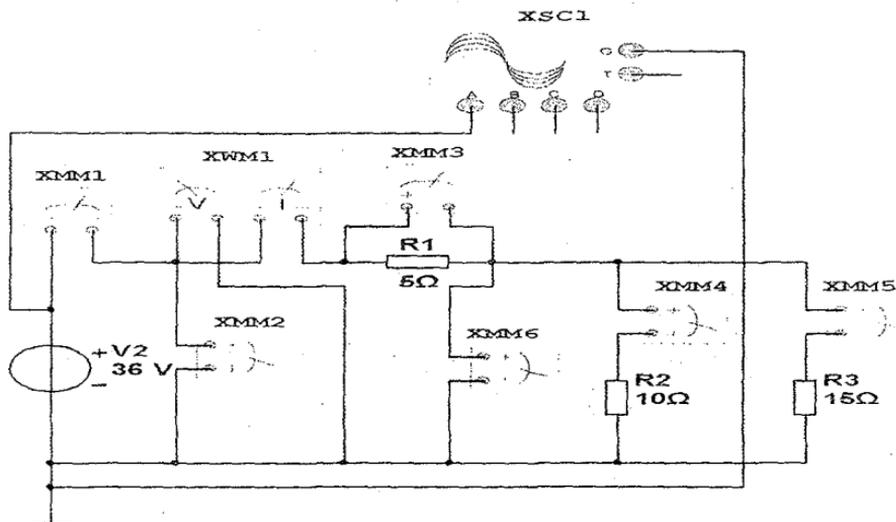


Рис.1.5. Виртуальная схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением активных сопротивлений

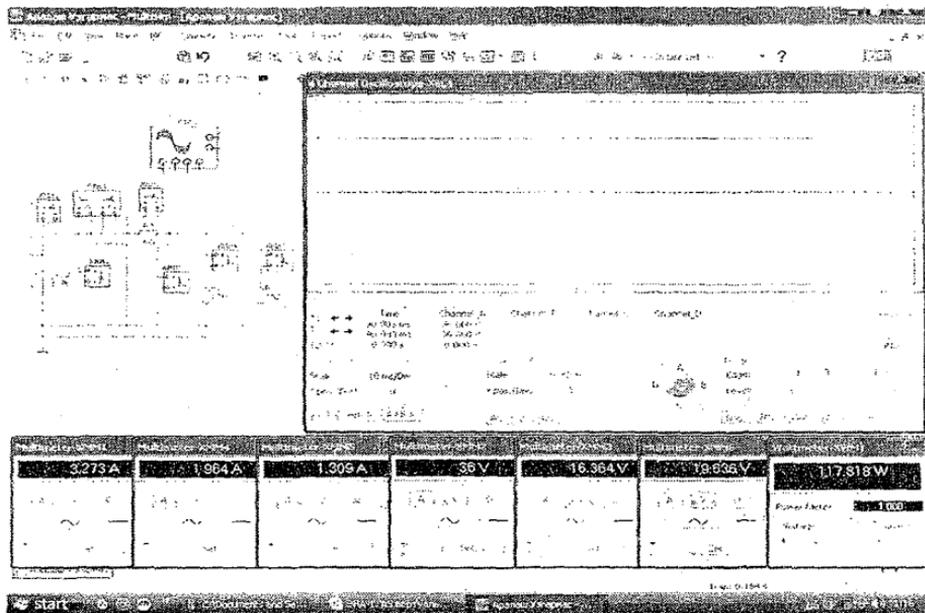


Рис.1.6. Модель электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением активных сопротивлений

Измерения							Вычисления			
U	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	P	$I_2 \cdot I_3$ I <sub>1</sub>	$U_1 \cdot U_2$ U	$R_{\text{экв}} = R_1 + (R_2 R_3 / (R_2 + R_3))$	$I = U / R_{\text{экв}}$
V	V	V	A	A	A	Вт	A	V	Ом	A

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение законам Ома и Кирхгоффа?
2. Объясните понятия разветвлённые и не разветвленные электрические цепи.
3. Сформулируйте законы Ома и Кирхгоффа в цепях постоянного тока с последовательным, параллельным и со смешанным соединением активного сопротивления.
4. Как определяется эквивалентное сопротивление и проводимость в электрических цепях с последовательным, параллельным и со смешанным соединением активного сопротивления?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗИСТОРА, ИНДУКТИВНОЙ КАТУШКИ И КОНДЕНСАТОРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ СИНУСОИДАЛЬНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

#### 2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение закона Ома при включении резистора, индуктивной катушки и конденсатора в электрическую цепь синусоидального переменного тока.
2. Расчет параметров электрической цепи и построение векторной диаграммы тока и напряжения.
3. Наблюдение за осциллограммой колебания напряжения и тока.

## 2.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### Включение резистора в электрическую цепь синусоидального переменного тока

Студент собирает виртуальную схему включения резистора в электрическую цепь синусоидального переменного тока и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности (рис.2.1.).

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.2.2.) и записывает в табл. 2.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности, по показаниям измерительных приборов, а затем заполняет графу «Вычисления», применяя закон Ома.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.2.1:

-Значение напряжения источника питания  $V1$  синусоидального тока  $220 \text{ В}$  / частота  $50 \text{ Гц}$  /.

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 50 \text{ Ом}$  /.

- Внутреннее сопротивление датчика тока  $V2: 1 \text{ Ом}$  /.



## Включение катушки индуктивности в электрическую цепь синусоидального переменного тока

Студент собирает виртуальную схему включения катушки индуктивности в электрическую цепь синусоидального переменного тока и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности (рис.2.3.).

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.2.4.) и записывает в табл. 2.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности, по показаниям измерительных приборов, а затем заполняет графу «Вычисления», применяя закон Ома.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.2.3:

-Значение напряжения источника питания синусоидального тока  $V1$  220 /В/, частота 50 /Гц/.

- Значение индуктивности катушки: 100 /мГн/.

- Внутреннее активное сопротивление катушки индуктивности:  $R_1=1$  /Ом/.

- Внутреннее сопротивление датчика тока  $V2$ : 1 /Ом/.

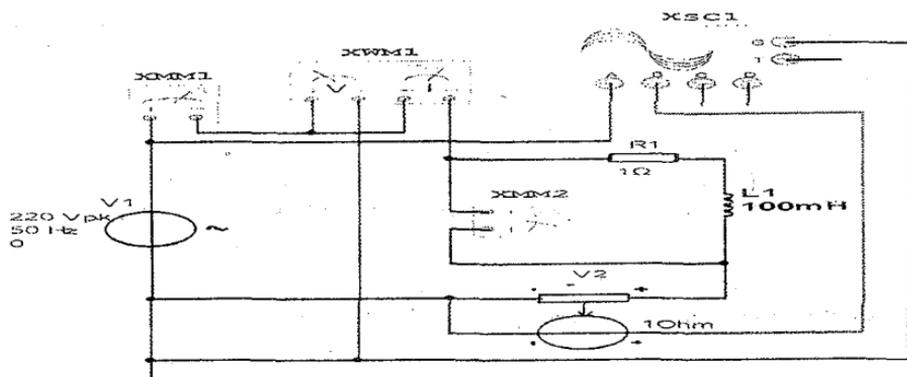


Рис.2.3. Виртуальная схема с включением катушки индуктивности в электрическую цепь синусоидального переменного тока

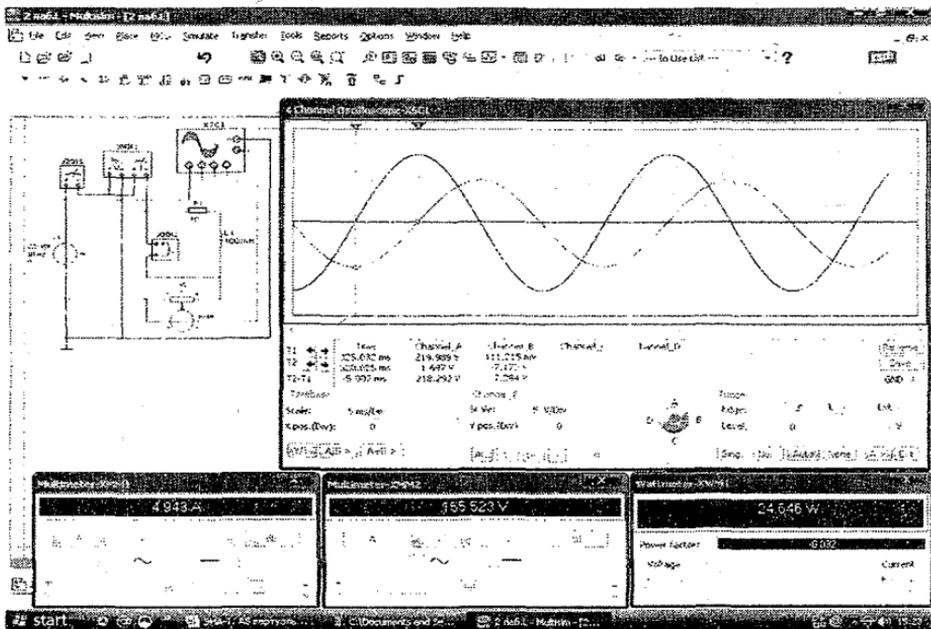


Рис. 2.4. Модель виртуальной схемы с включением катушки индуктивности в электрическую цепь синусоидального переменного тока

### Включение конденсатора в электрическую цепь синусоидального переменного тока

Студент собирает виртуальную схему включения конденсатора в электрическую цепь синусоидального переменного тока и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности (рис.2.5.).

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.2.6.) и записывает в табл. 2.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности, по показаниям измерительных приборов, а затем заполняет графу «Вычисления», применяя закон Ома.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.2.5:

- Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 /В/, частота 50 / Гц /:
- Значение емкости конденсатора: 10 /мкФ /.
- Внутреннее сопротивление датчика тока V2: 1 /Ом /.

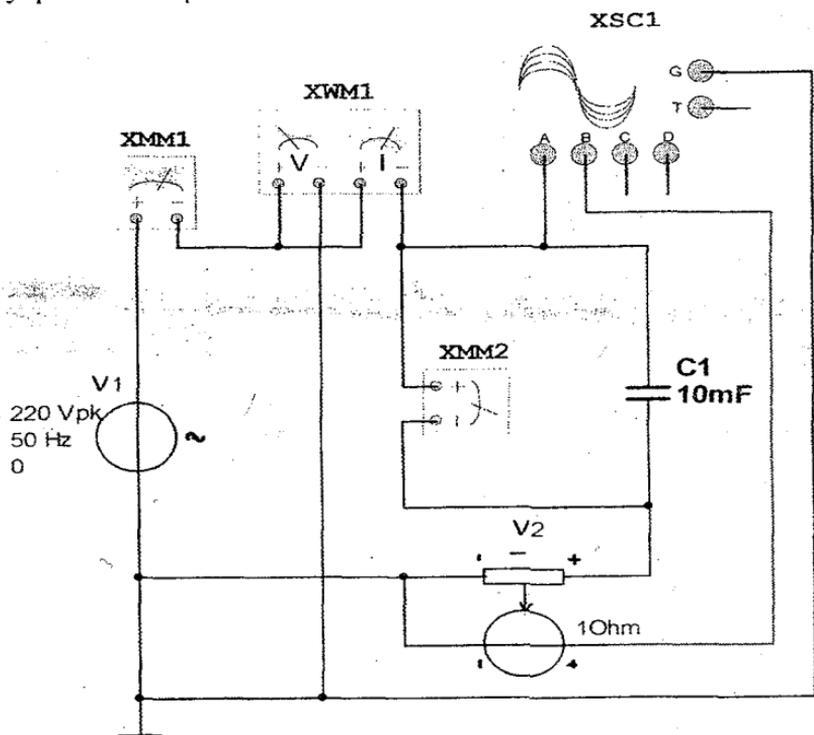


Рис. 2.5. Виртуальная схема с включением конденсатора в электрическую цепь синусоидального переменного тока

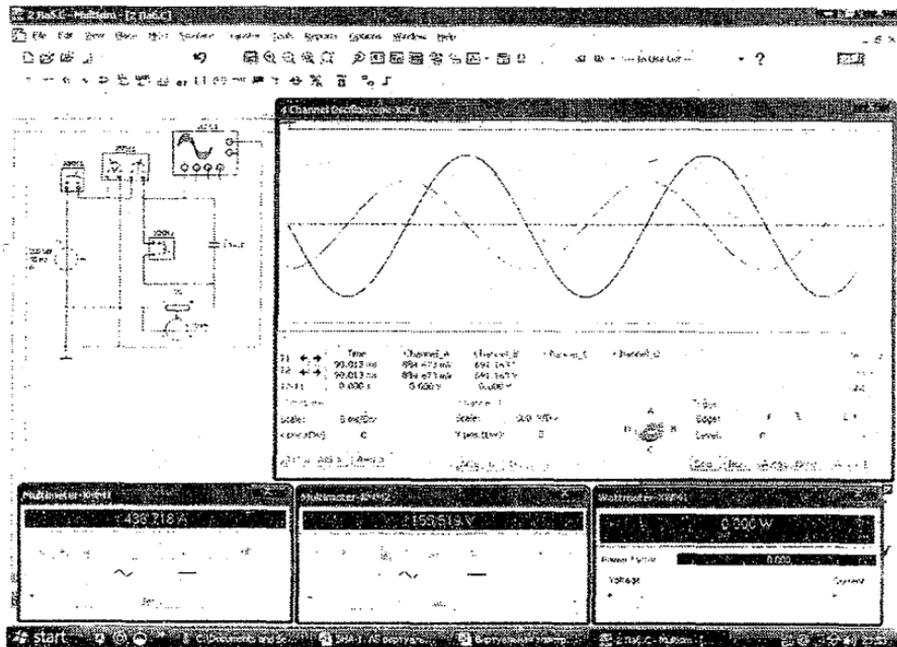


Рис.2.6. Модель виртуальной схемы с включением конденсатора в электрическую цепь синусоидального переменного тока

Таблица 2.1

Виртуальная схема	Измерения			Вычисления					
	I A	U В	P Вт	r Ом	X <sub>L</sub> Ом	X <sub>C</sub> Ом	L Гн	C Ф	cosφ
Резистор					-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-					
Конденсатор				-	-				

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение закона Ома для цепей синусоидального переменного тока.
2. Как определяется активное и реактивное сопротивление элементов?
3. Что такое угол сдвига фаз между напряжением и током?
4. Как определяется активная и реактивная мощность?
5. Что такое коэффициент мощности?

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ РЕЗИСТОРА, КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И КОНДЕНСАТОРА

### 3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение закона Ома и правил Кирхгофа для электрических цепей синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности, конденсатора и построение векторной диаграммы тока и напряжений.

2. Расчет параметров электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

3. Наблюдение за осциллограммой колебания напряжения и тока.

### 3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент :

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис. 1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### Электрическая цепь синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при $X_L > X_C$

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $X_L > X_C$  (рис. 3.1.) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис. 3.2.) и записывает в табл. 3.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов, а затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгофа.

-Наблюдает за осциллограммой колебаний напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис. 3.1.:

-Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 В/, частота 50 Гц /.

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 8 \text{ Ом/}$ .

- Значение индуктивности катушки:  $L1 = 20 \text{ мГн/}$ .

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1 = 2 \text{ мкФ/}$ .

- Внутреннее сопротивление датчика тока V2:  $1 \text{ Ом/}$ .

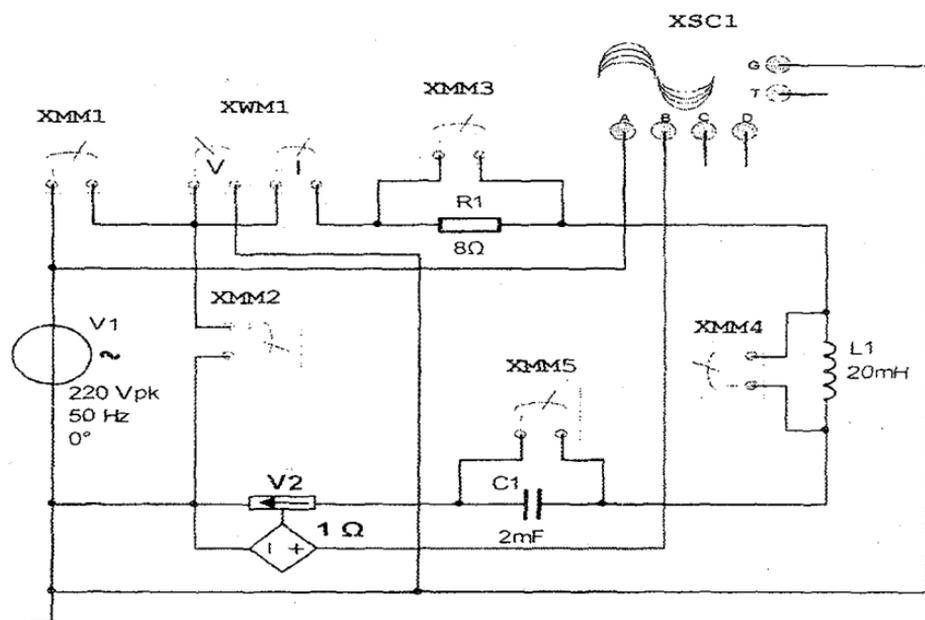


Рис.3.1. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $X_L > X_C$ .



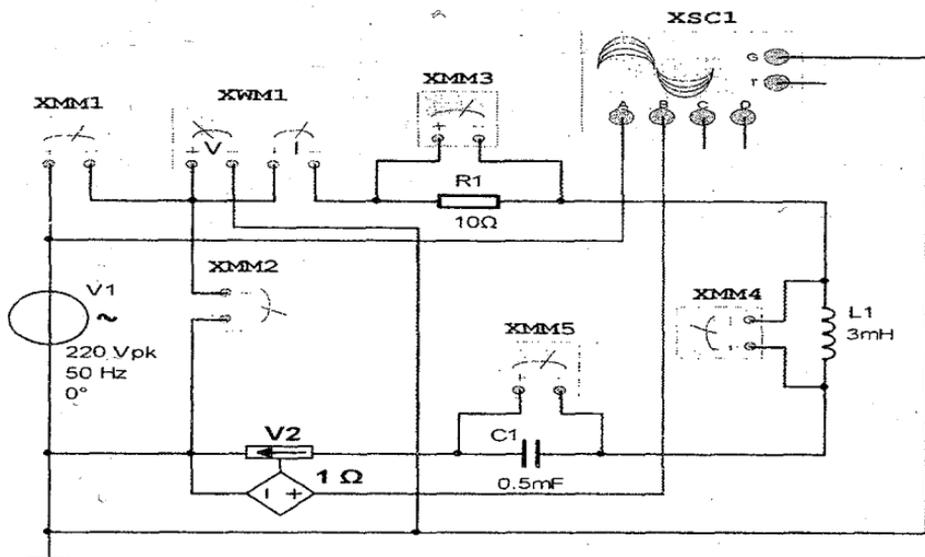


Рис.3.3. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $X_L < X_C$

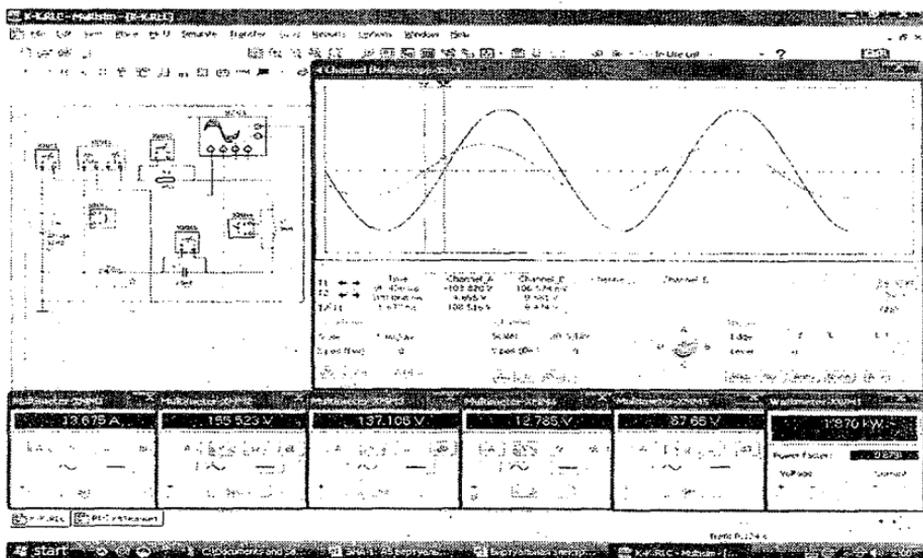


Рис.3.4. Виртуальная модель электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $X_L < X_C$

Таблица 3.1

Виртуальная схема	Измерения			Вычисления							
	I	U	P	r	$X_L$	$X_C$	L	C	X	Z	cosφ
	А	В	Вт	Ом	О М	Ом	Гн	Ф	Ом	Ом	-
при $X_L > X_C$											
Резистор					-	-	-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-		-		-	-	-	
Конденсатор				-	-		-		-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-			
При $X_L < X_C$											
Резистор					-	-	-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-		-		-	-	-	
Конденсатор				-	-		-		-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-			

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение законам Ома и Кирхгоффа для электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушка индуктивности и конденсатора.

2. Что такое активное, индуктивное, емкостное и полное сопротивление?

3. Объясните начальную фазу и угол сдвига фаз.

4. Как определяются активная, реактивная и полная мощности?

Объясните треугольник мощностей.

5. Что такое коэффициент мощности?

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ РЕЗИСТОРА, КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И КОНДЕНСАТОРА

### 4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение законов Ома и Кирхгофа для электрических цепей синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора и построение векторной диаграммы тока и напряжения.

2. Расчет параметров электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением активного сопротивления, катушки индуктивности и ёмкости.

3. Наблюдение осциллограммой колебаний напряжения и тока.

### 4.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент :

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис. 1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

#### Электрическая цепь синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при $V_L > V_C$

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $V_L > V_C$  (рис.4.1.) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.4.2.) и записывает в табл. 4.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгофа.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.4.1.:

-Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 10 \text{ Ом/}$ .

- Значение индуктивности катушки:  $L1 = 5 \text{ мГн/}$ .

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1 = 1 \text{ мкФ/}$ .

- Внутреннее сопротивление датчика тока V2:  $1 \text{ Ом/}$ .

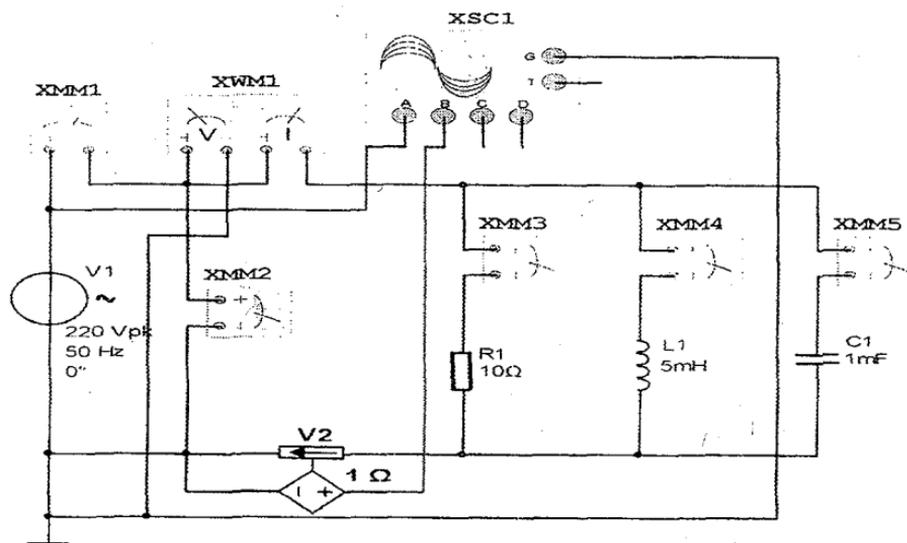


Рис.4.1. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $V_i > V_c$

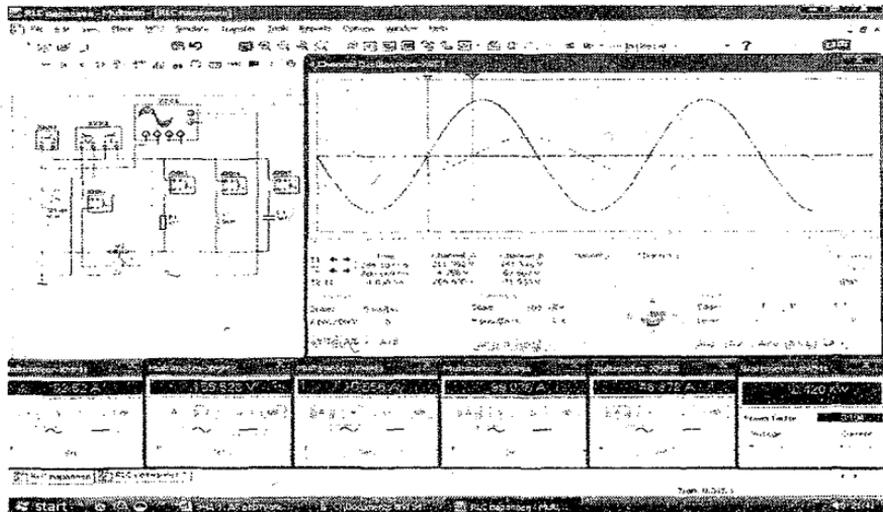


Рис. 4.2. Виртуальная модель электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $V_L > V_C$

### Электрическая цепь синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при $V_L < V_C$

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $V_L < V_C$  (рис.4.3.)

– Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.4.4.) и записывает в табл. 4.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов и затем заполняет графу «Вычисления» применяя законы Ома и Кирхгоффа.

– Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.4.3.:

- Значение напряжения источника питания  $V_1$  синусоидального тока 220 /В/, частота сети 50 /Гц/.
- Значение активного сопротивления резистора:  $R_1 = 5$  /Ом/.
- Значение индуктивности катушки:  $L_1 = 10$  /мГн/.
- Значение ёмкости конденсатора:  $C_1 = 2$  /мкФ/.
- Внутреннее сопротивление датчика тока  $V_2$ : 1 /Ом/.

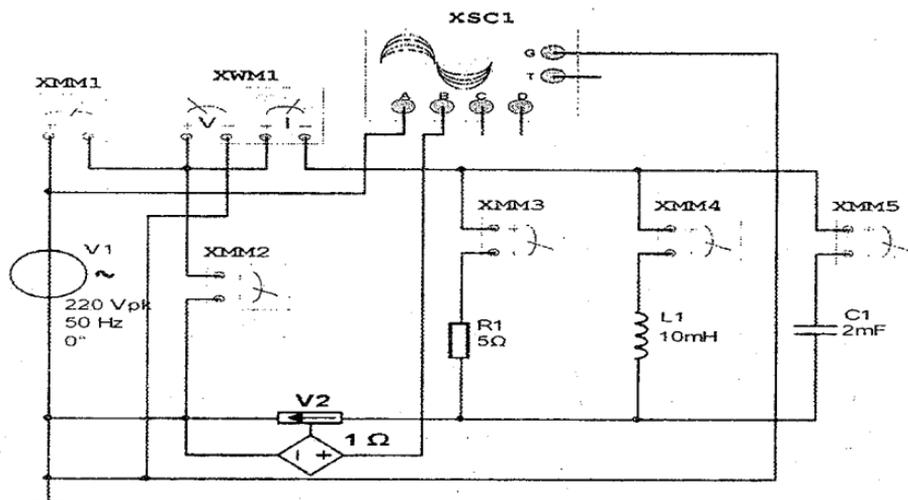


Рис.4.3. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $V_L < V_C$ .

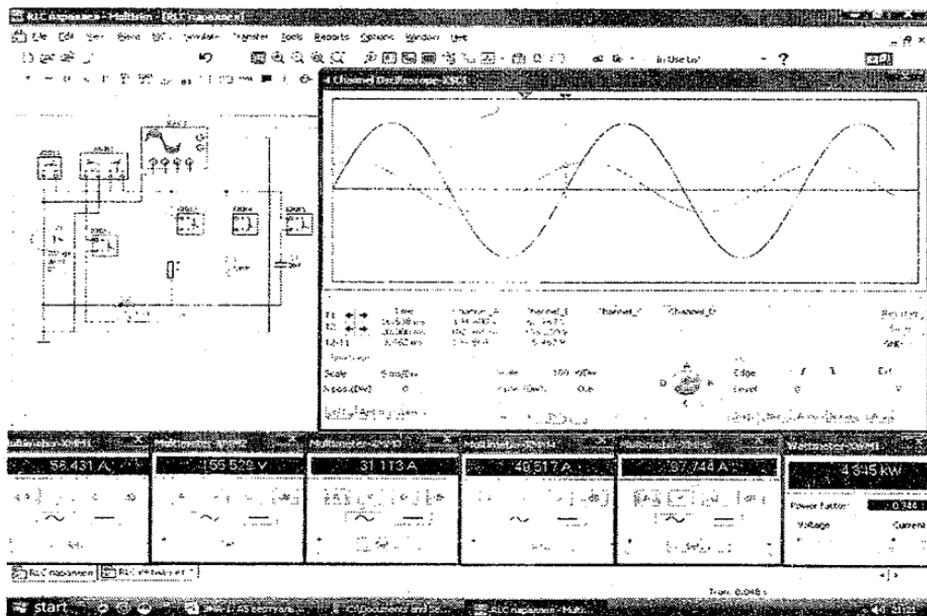


Рис.4.4. Виртуальная модель электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора при  $V_L < V_C$ .

Таблица 4.1

Виртуальная схема	Измерения			Вычисления							
	I	U	P	G	$B_L$	$B_C$	L	C	B	Y	$\cos\varphi$
	A	B	Вт	См	См	См	Гн	Ф	С м	См	-
при $B_L > B_C$											
Резистор					-	-	-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-		-		-	-	-	
Конденсатор				-	-		-		-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-	-		
При $B_L < B_C$											
Резистор					-	-	-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-		-		-	-	-	
Конденсатор				-	-		-		-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-	-		

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение законам Ома и Кирхгоффа для электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

2. Как рассчитываются активная, индуктивная, емкостная и полная проводимости?

3. Объясните начальную фазу и угол сдвига фаз.

4. Как определяются активные, реактивные и полные мощности? Объясните, как получается треугольник мощностей.

5. Что такое коэффициент мощности?

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СО СМЕШАННЫМ СОЕДИНЕНИЕМ  
РЕЗИСТОРА, КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И  
КОНДЕНСАТОРА**

**5.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Изучение законов Ома и Кирхгоффа для электрических цепей синусоидального тока со смешанным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора, и построение векторной диаграммы тока и напряжения.
2. Расчет параметров электрической цепи синусоидального тока со смешанным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора.
3. Наблюдение за осциллограммой колебания напряжения и тока.

**5.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

На основе лабораторного задания студент :

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис. 1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

**Электрическая цепь синусоидального тока с  
последовательным соединением резистора и параллельным  
соединением катушки индуктивности и конденсатора**

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора и параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора (рис.5.1.) и подключает виртуальные измерительные приборы для

измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.5.2) и записывает в табл. 5.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгоффа.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.5.1.:

-Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 /Гц/ .

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 10 \text{ /Ом/}$  .

- Значение индуктивности катушки:  $L1=30 \text{ /мГн/}$ .

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1=1 \text{ /мкФ/}$ .

- Внутреннее сопротивление датчика тока V2:  $1 \text{ /Ом/}$  .

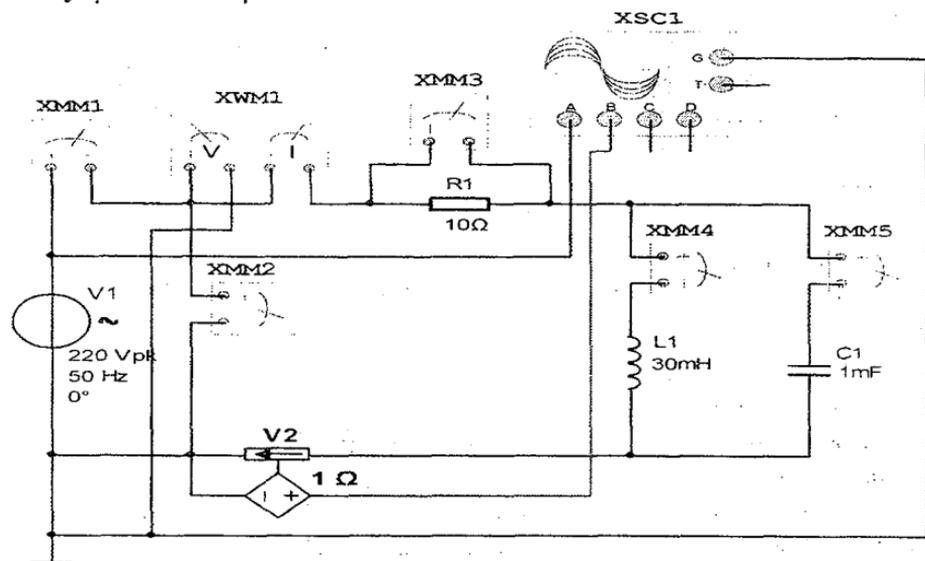


Рис.5.1. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора и параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора

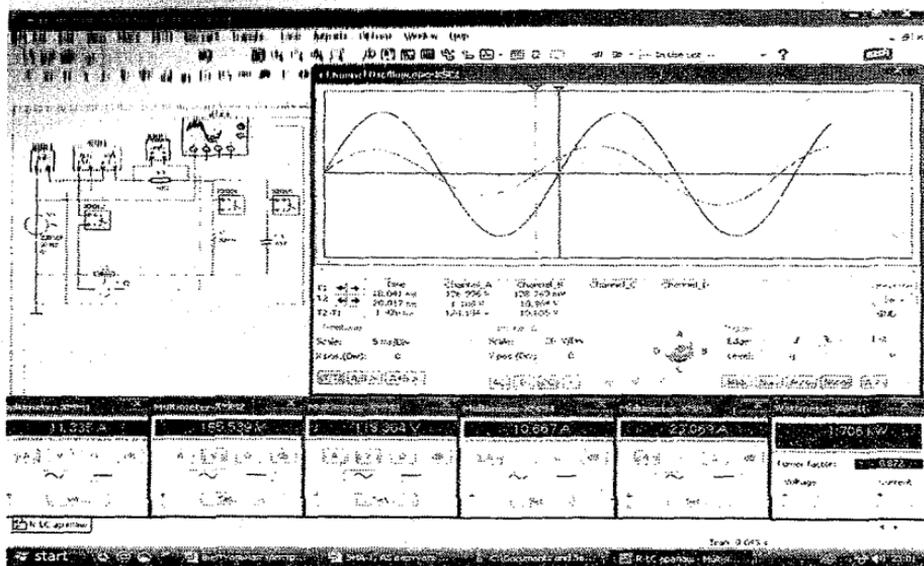


Рис. 5.2. Виртуальная модель электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора и параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора

### Электрическая цепь синусоидального тока с последовательным соединением катушки индуктивности и параллельным соединением резистора и конденсатора

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением катушки индуктивности и параллельным соединением резистора и конденсатора (рис.5.3.) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.5.4.) и записывает в табл. 5.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгоффа.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.5.3.:

- Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 В, частота сети 50 Гц/.
- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 5 \text{ Ом}$  /.
- Значение индуктивности катушки:  $L1 = 40 \text{ мГн}$  /.
- Значение ёмкости конденсатора:  $C1 = 1 \text{ мкФ}$  /.
- Внутреннее сопротивление датчика тока V2:  $1 \text{ Ом}$  /.

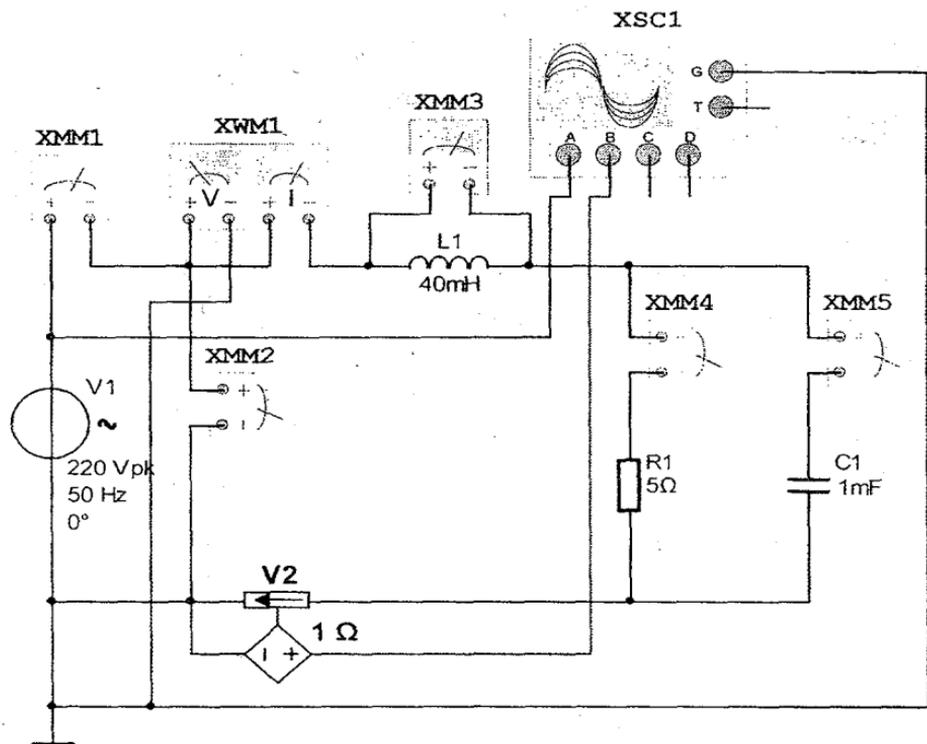


Рис.5.3. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением катушки индуктивности и параллельным соединением резистора и конденсатора

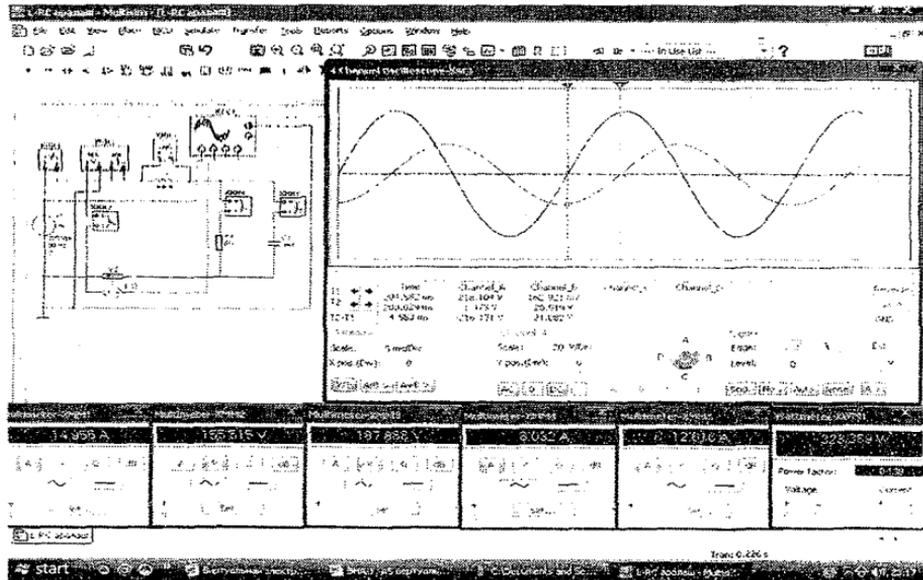


Рис. 5.4. Виртуальная модель электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением катушки индуктивности и параллельным соединением резистора и конденсатора

### Электрическая цепь синусоидального тока с последовательным соединением конденсатора и параллельным соединением резистора и катушки индуктивности

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением конденсатора и параллельным соединением резистора и катушки индуктивности (рис.5.5) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.5.6.) и записывает в табл. 5.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных

приборов, затем заполняет графу «Вычисления», применяя законы Ома и Кирхгофа.

-Наблюдает за осциллограммой напряжения и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.5.5.:

-Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1=10 \text{ Ом/}$ .

- Значение индуктивности катушки:  $L1=20 \text{ мГн/}$ .

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1=1 \text{ мкФ/}$ .

- Внутреннее сопротивление датчика тока V2:  $1 \text{ Ом/}$ .

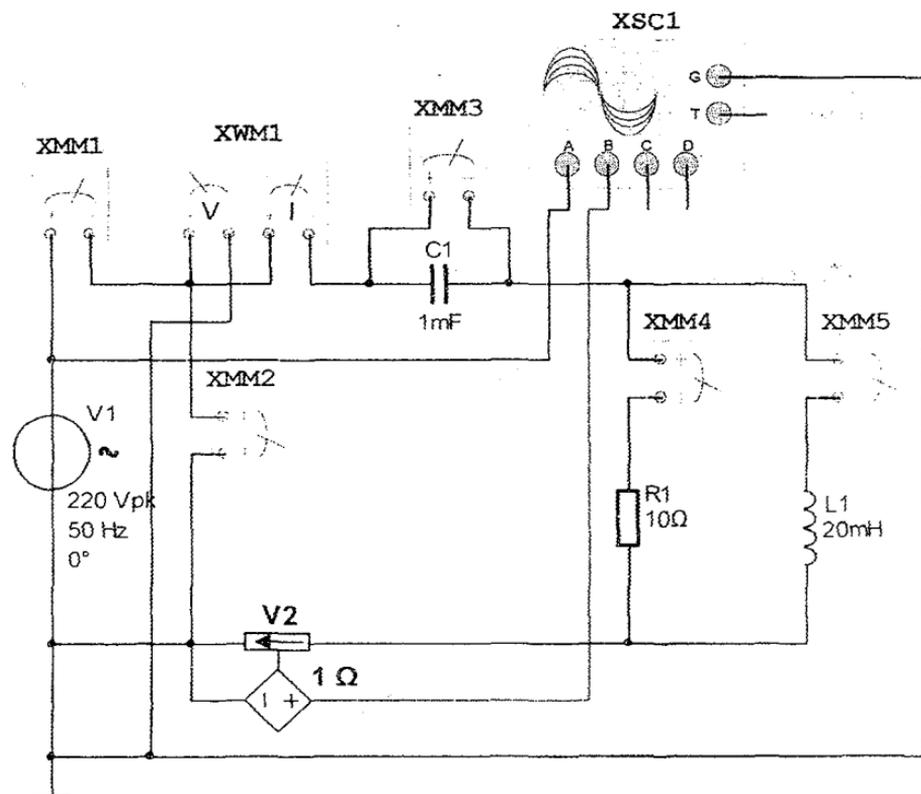


Рис.5.5. Виртуальная схема электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением конденсатора и параллельным соединением резистора и катушки индуктивности

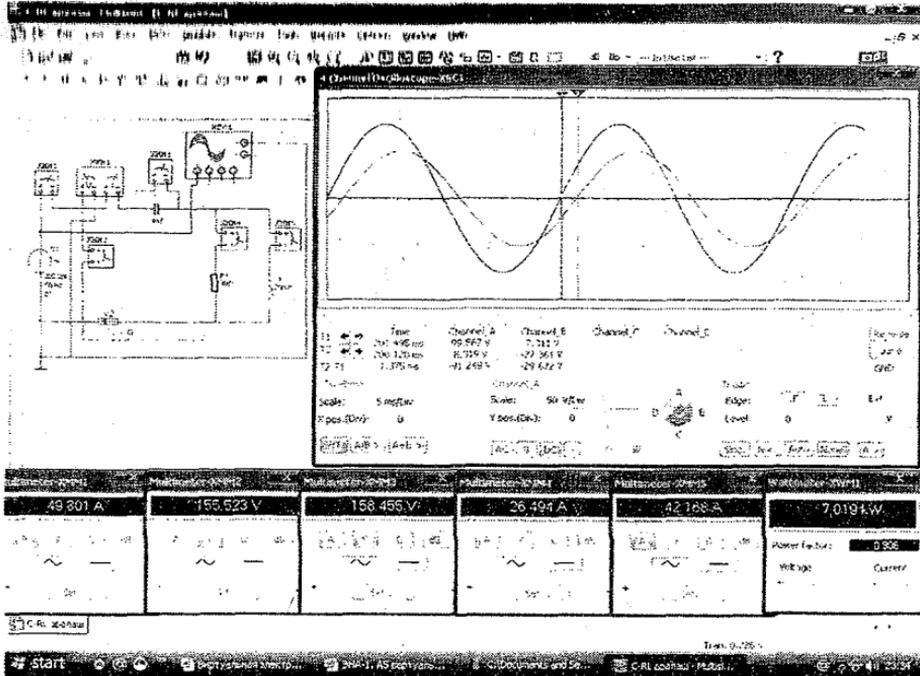


Рис.5.6. Виртуальная модель электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением конденсатора и параллельным соединением резистора и катушки индуктивности

Таблица 5.1

Виртуальная схема	Измерения			Вычисления								
	I	U	P	Z	г	X	X <sub>L</sub>	X <sub>C</sub>	L	C	cosφ	
	А	В	Вт	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Гн	Ф	-	
				См	См	См	См	См				
Электрическая цепь с последовательным соединением резистора и параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора												
Резистор				-	-	-	-	-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-	-	-	-	-	-	-	-	
Конденсатор				-	-	-	-	-	-	-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-	-	-	-	

Электрическая цепь с последовательным соединением катушки индуктивности и параллельным соединением резистора и конденсатора										
Катушка индуктивности				-	-	-	-	-	-	
Резистор				-	-	-	-	-	-	
Конденсатор				-	-	-	-	-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-	-	
Электрическая цепь с последовательным соединением конденсатора и параллельным соединением резистора и катушки индуктивности										
Конденсатор				-	-	-	-	-	-	
Резистор				-	-	-	-	-	-	
Катушка индуктивности				-	-	-	-	-	-	
Вся цепь				-	-	-	-	-	-	

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение законам Ома и Кирхгофа для электрической цепи синусоидального тока со смешанным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора.
2. Как рассчитываются активное, индуктивное, емкостное и полное сопротивления?
3. Как рассчитываются активная, индуктивная, емкостная и полная проводимости?
4. Объясните начальные фазы и угол сдвига фаз между напряжением и током.
5. Как определяются активная, реактивная и полная мощности? Объясните, как получается треугольник мощностей.
6. Что такое коэффициент мощности?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ

#### 6.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение резонанса в электрической цепи с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора к источнику синусоидального напряжения.

2. Создать резонанс напряжений в электрической цепи изменяя значение индуктивности катушки или ёмкости конденсатора.
3. Создать резонанс напряжений в электрической цепи изменяя частоту источника синусоидального напряжения.
4. Расчет параметров электрической цепи при резонансе напряжений.
5. Построение частотных характеристик.
6. Наблюдение за осциллограммой колебаний напряжения и тока.

## 6.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент :

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MSI4.0» (рис. 1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### **Резонанс напряжений изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора**

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора (рис.6.1.) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.6.1.) и изменяя значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора создаёт резонанс напряжений достигая условия равенства напряжений  $U_1=U_c$  (рис.6.2. и рис.6.3.). Затем записывает в табл. 6.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжений и мощности по показаниям измерительных приборов и заполняет графу «Вычисления».

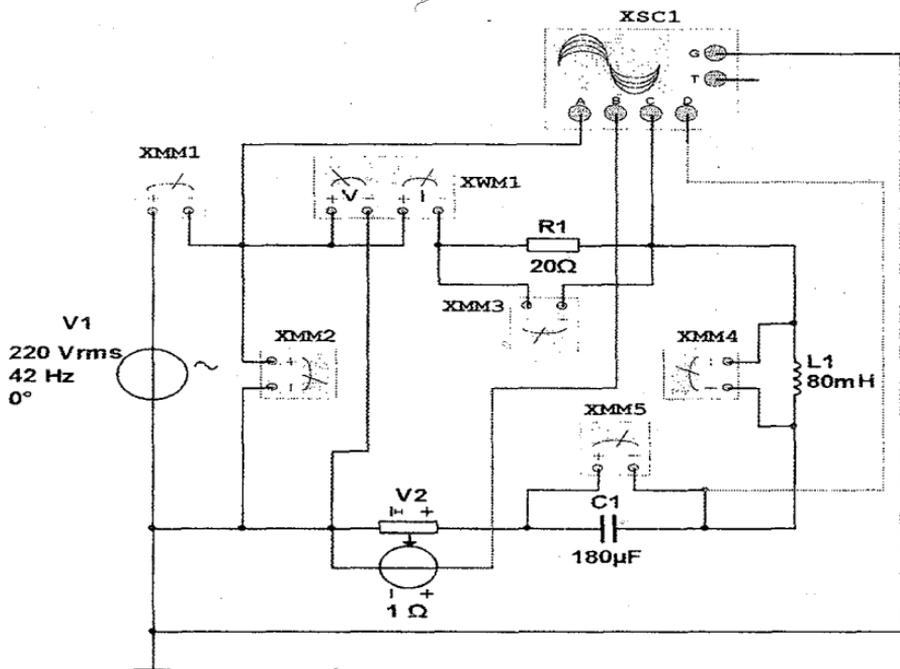


Рис. 6.1. Виртуальная схема электрической цепи до резонанса напряжений с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.6.2.:

-Значение напряжения источника питания  $V1$  синусоидального тока  $220 \text{ В}$ , частота сети  $50 \text{ Гц}$ .

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 20 \text{ Ом}$ .

- Значение индуктивности катушки:  $L1 = 50 \text{ мГн}$ .

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1 = 203 \text{ мкФ}$ .

- Внутреннее сопротивление датчика тока  $V2$ :  $1 \text{ Ом}$ .

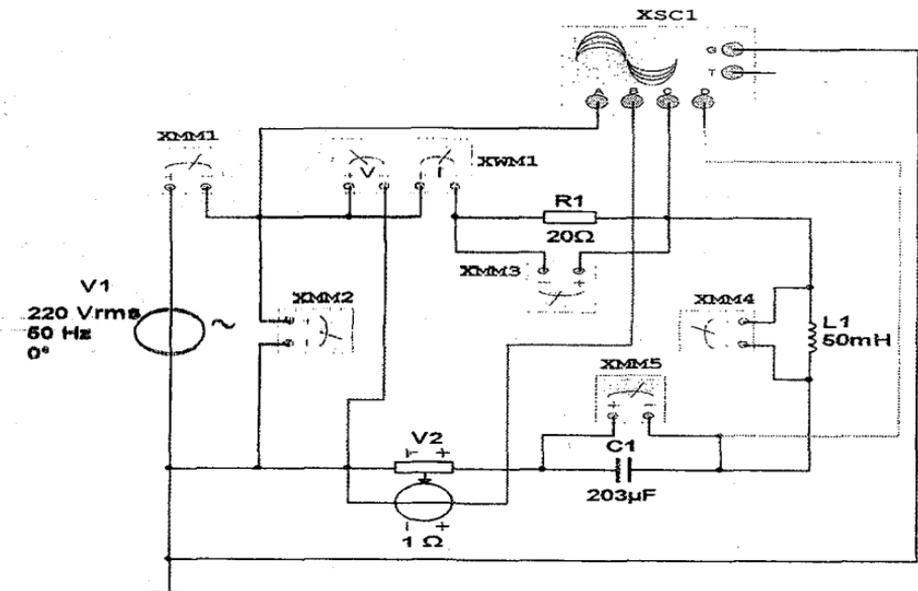


Рис. 6.2. Виртуальная схема электрической цепи с резонансом напряжений с изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора.

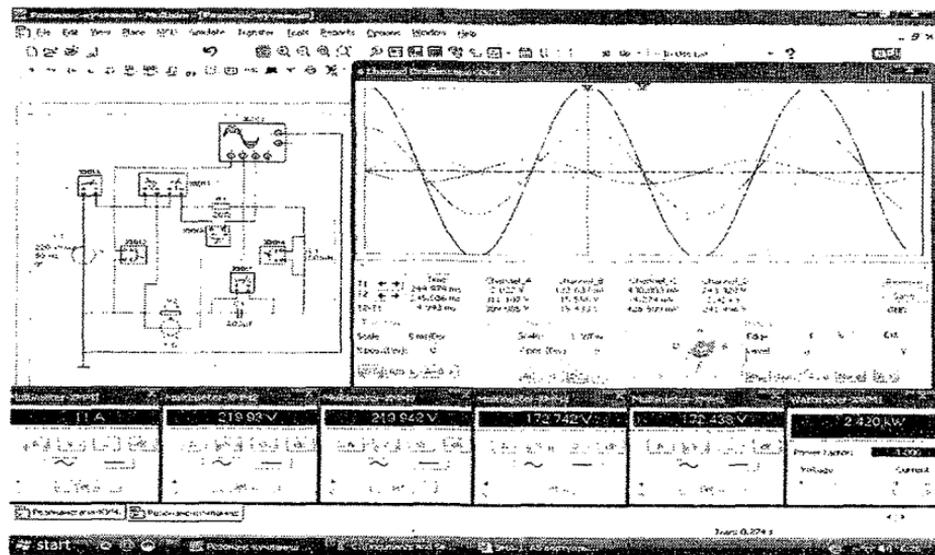


Рис.6.3. Модель виртуальной электрической цепи с резонансом напряжений с изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора.

## Резонанс напряжений изменением частоты синусоидального переменного напряжения

Студент нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.6.1.) и изменяя значение частоты синусоидального напряжения создаёт резонанс напряжений достигая равенства напряжений  $U_L = U_C$  (рис.6.4. и рис.6.5.). Затем записывает в табл. 6.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов и заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений и тока.

В виртуальной электрической цепи на рис.6.4.:

-Значение напряжения источника питания  $V1$  синусоидального тока 220 /В/, частота сети 42 /Гц/ .

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 20$  /Ом/.

- Значение индуктивности катушки:  $L1=80$  /мГн/.

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1=180$  /мкФ/.

- Внутреннее сопротивление датчика тока  $V2$ : 1 /Ом/.

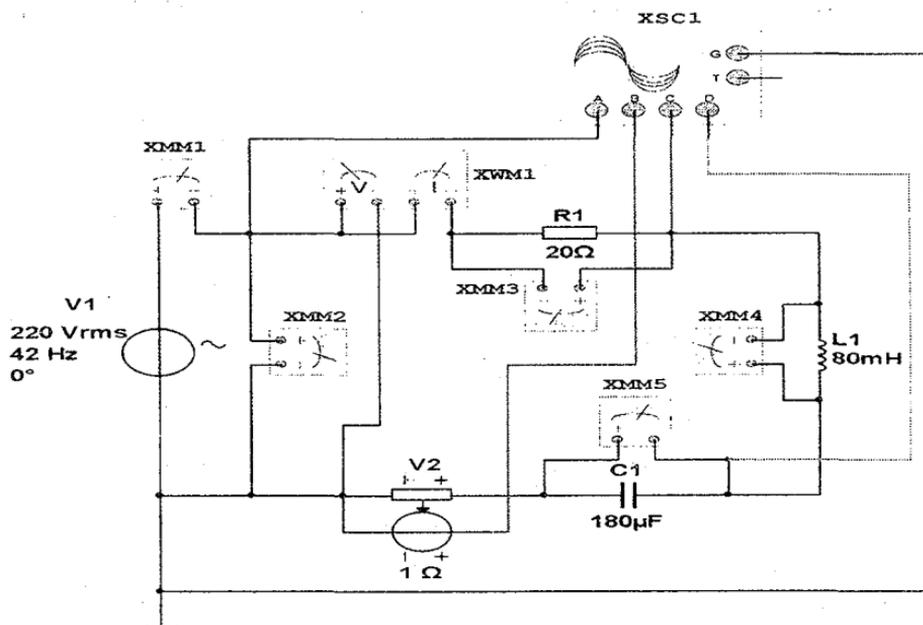


Рис. 6.4. Виртуальная схема электрической цепи с резонансом напряжений с изменением значения частоты синусоидального переменного напряжения

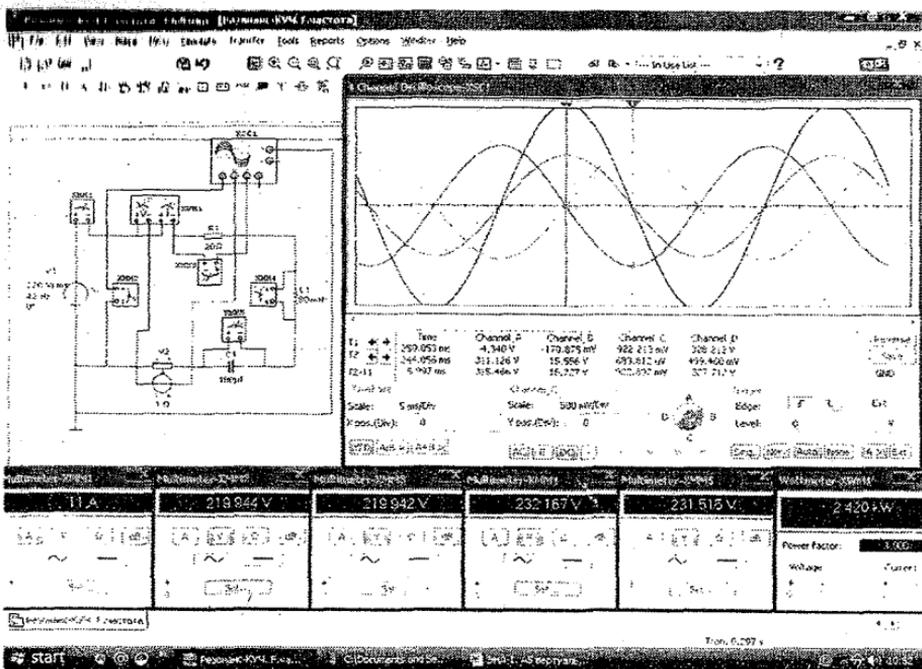


Рис.6.5. Виртуальная модель электрической цепи с резонансом напряжений с изменением значения частоты синусоидального переменного напряжения

Таблица 6.1

Виртуальная схема	Измерения			Вычисления							
	I	U	P	r	X <sub>L</sub>	X <sub>C</sub>	L	C	X	Z	cos φ
	A	V	Вт	Ом	Ом	Ом	Гн	Ф	Ом	Ом	-
<b>Электрическая цепь до резонанса напряжений</b>											
Резистор	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Катушка индуктивности	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Конденсатор	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вся цепь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Резонанс напряжений в электрической цепи с изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора**

Резистор	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Катушка индуктивности	-		-	-		-	-	-		-	-
Конденсатор	-		-		-	-	-		-	-	-
Вся цепь				-	-	-	-	-			

**Резонанс напряжений в электрической цепи с изменением значения частоты синусоидального переменного напряжения**

Резистор	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Катушка индуктивности	-		-	-		-	-	-		-	-
Конденсатор	-		-		-	-	-		-	-	-
Вся цепь				-	-	-	-	-			

**Контрольные вопросы**

1. Каковы условия резонанса напряжений в электрических цепях при последовательном соединении резистора, катушки индуктивности и конденсатора?
2. Объясните способы создания резонанса напряжений.
3. Какое влияние оказывает на резонанс напряжений изменение значения частоты синусоидального переменного напряжения?
4. Объясните частотные характеристики резонанса напряжений.
5. Каково практическое значение резонанса напряжений?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА ТОКОВ**

**7.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Изучение резонанса в электрической цепи с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора к источнику синусоидального напряжения.

2. Создать резонанс токов в электрической цепи, изменяя значение индуктивности катушки или ёмкости конденсатора.
3. Создать резонанс токов в электрической цепи, изменяя частоту источника синусоидального напряжения.
4. Расчет параметров электрической цепи при резонансе токов.
5. Построение частотных характеристик.
6. Наблюдение за осциллограммой колебаний напряжения и токов.

## 7.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MSI4.0» (рис. 1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### **Резонанс токов изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора.**

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи синусоидального тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора (рис.7.1.) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения токов, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности.

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями синусоидального напряжения и тока.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.7.1.) и изменяя значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора создаёт резонанс токов достигая условия равенства токов  $I_L=I_C$  (рис.7.2. и рис.7.3.). Затем записывает в табл. 7.1. в графе «Измерения» значения токов, напряжения и мощности по показаниям измерительных приборов и заполняет графу «Вычисления».

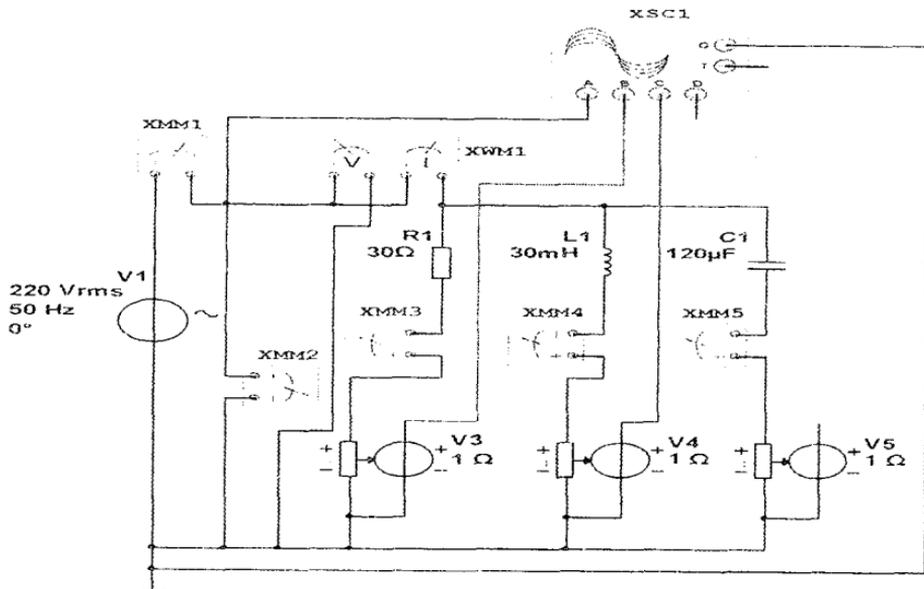


Рис. 7.1. Виртуальная схема электрической цепи до резонанса токов с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

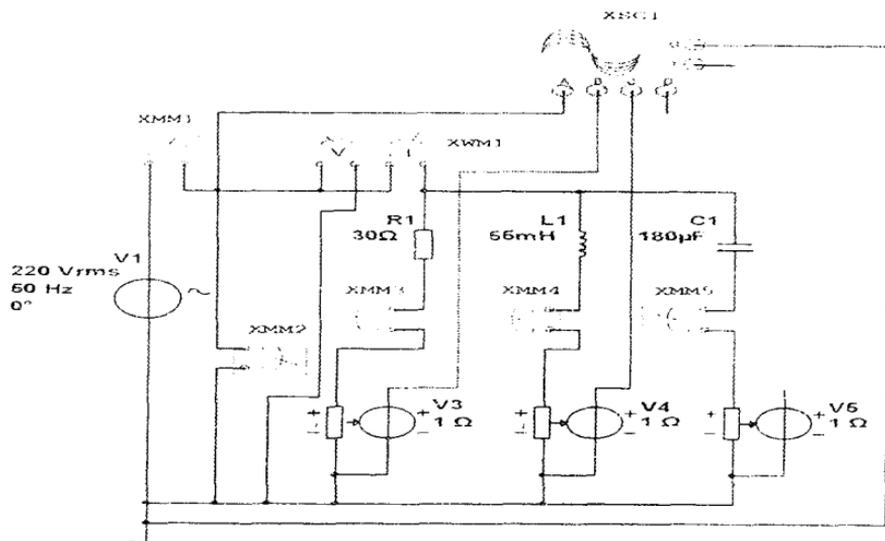


Рис.7.2. Виртуальная схема электрической цепи с резонансом токов с изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора

Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и токов.

В виртуальной электрической цепи на рис.7.2.:

Значение напряжения источника питания  $V1$  синусоидального тока  $220 \text{ В}$ , частота сети  $50 \text{ Гц}$ .

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 30 \text{ Ом}$ .
- Значение индуктивности катушки:  $L1 = 55 \text{ мГн}$ .
- Значение ёмкости конденсатора:  $C1 = 180 \text{ мкФ}$ .
- Внутреннее сопротивление датчиков тока  $V3, V4$  и  $V5$ :  $1 \text{ Ом}$ .

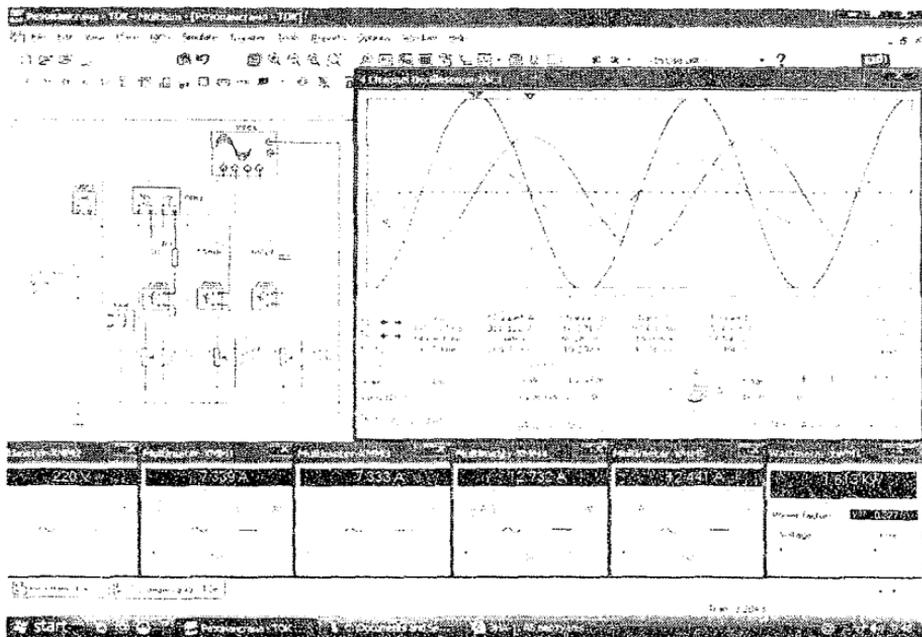


Рис.7.3. Модель виртуальной электрической цепи с резонансом токов с изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора.

### Резонанс токов с изменением частоты синусоидального переменного напряжения

Студент нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.7.1.) и изменяя значение частоты синусоидального напряжения создаёт резонанс токов достигая равенства токов  $I_L = I_C$  (рис.7.4. и рис.7.5.). Затем записывает в табл. 7.1. в графе «Измерения» значения токов, напряжения и мощности по

показаниям измерительных приборов и заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжения и токов.

В виртуальной электрической цепи на рис.7.4.:

-Значение напряжения источника питания V1 синусоидального тока 220 /В/, частота сети 84 /Гц/.

- Значение активного сопротивления резистора:  $R1 = 30 \text{ /Ом/}$ .

- Значение индуктивности катушки:  $L1=30 \text{ /мГн/}$ .

- Значение ёмкости конденсатора:  $C1=120 \text{ /мкФ/}$ .

- Внутреннее сопротивление датчиков тока V3, V4 и V5:  $1 \text{ /Ом/}$ .

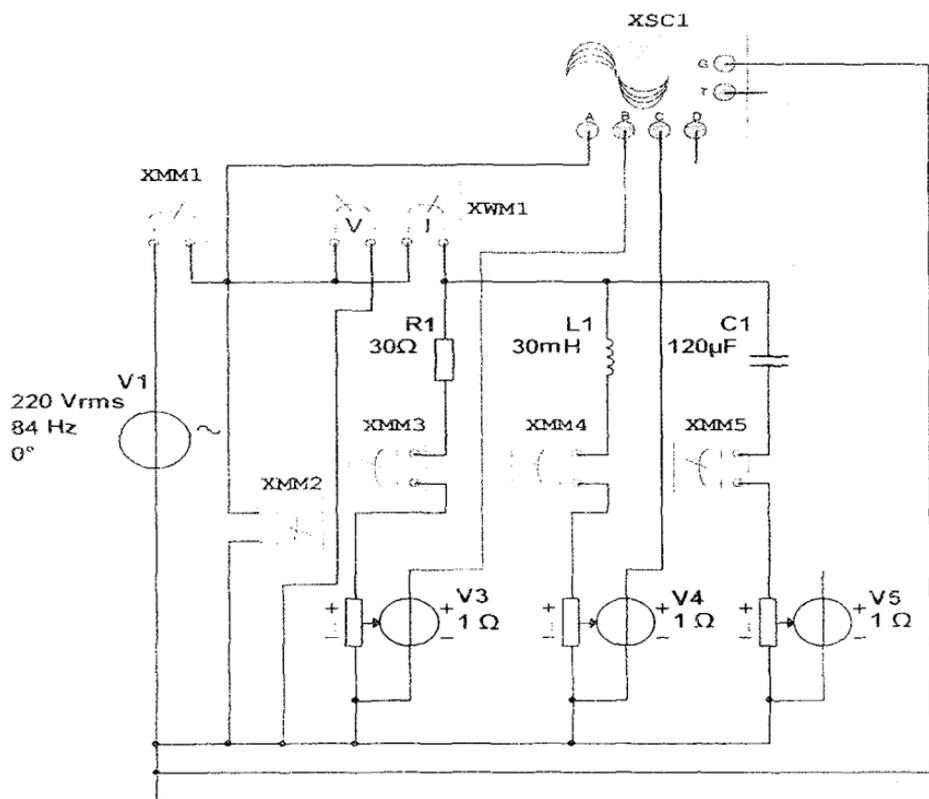


Рис.7.4. Виртуальная схема электрической цепи с резонансом токов с изменением значения частоты синусоидального переменного напряжения

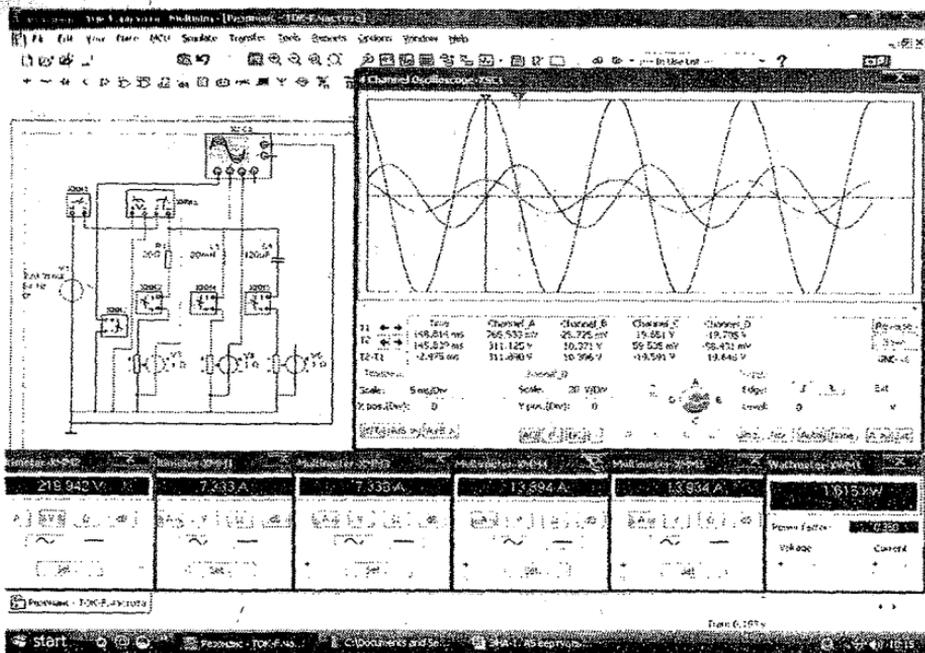


Рис.7.6. Модель виртуальной электрической цепи с резонансом токов с изменением значения частоты синусоидального переменного напряжения

Таблица 7.1

Виртуальная схема	Измерения			Вычисления							
	I	U	P	g	b <sub>L</sub>	b <sub>C</sub>	L	C	b	Y	cos φ
	A	V	Вт	См	См	См	Гн	Ф	См	См	-
<b>Электрическая цепь до резонанса токов</b>											
Резистор	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Катушка индуктивности	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Конденсатор	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вся цепь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<b>Резонанс токов с изменением значения индуктивности катушки или ёмкости конденсатора</b>											
Резистор			-	-		-	-	-	-	-	-
Катушка индуктивности			-	-	-		-		-	-	-
Конденсатор			-	-	-	-		-		-	-
Вся цепь					-	-	-	-	-		
<b>Резонанс токов с изменением значения частоты синусоидального переменного напряжения</b>											
Резистор			-	-		-	-	-	-	-	-
Катушка индуктивности			-	-	-		-		-	-	-
Конденсатор			-	-	-	-		-		-	-
Вся цепь					-	-	-	-	-		

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы условия резонанса токов в электрических цепях при параллельном соединении резистора, катушки индуктивности и конденсатора?
2. Объясните способы создания резонанса токов.
3. Какое влияние оказывает на резонанс токов изменение значения частоты синусоидального переменного напряжения?
4. Объясните частотные характеристики резонанса токов.
5. Каково практическое значение резонанса токов?

## ТРЕХФАЗНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, СОЕДИНЁННАЯ ПО СХЕМЕ «ЗВЕЗДА»

### 8.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение трехфазной электрической цепи соединённой по схеме «звезда».
2. Изучение симметричного режима в схеме соединения «звезда».
3. Изучение несимметричного режима в схеме соединения «звезда» с нейтральным проводом.
4. Изучение несимметричного режима в схеме соединения «звезда» при обрыве нейтрального провода.
5. Изучение режима при обрыве фазного провода в схеме соединения «звезда».
6. Изучение режима при обрыве линейного провода в схеме соединения «звезда».
7. Изучение функции нейтрального провода в схеме соединения «звезда».
8. Построение векторных диаграмм напряжений и токов.

### 8.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

#### Симметричный режим в схеме соединения «звезда»

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи, соединённую схемой «звезда» с симметричным режимом и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значения токов и напряжений (рис.8.1).

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжений.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис. 8.2.) и записывает в табл. 8.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.8.1.:

-Значение напряжения источника питания V1, V2, V3 трёхфазного синусоидального тока 220 В/В/, частота сети 50 Гц/.

-Значение активных сопротивлений R1, R2, R3=100 Ом/.

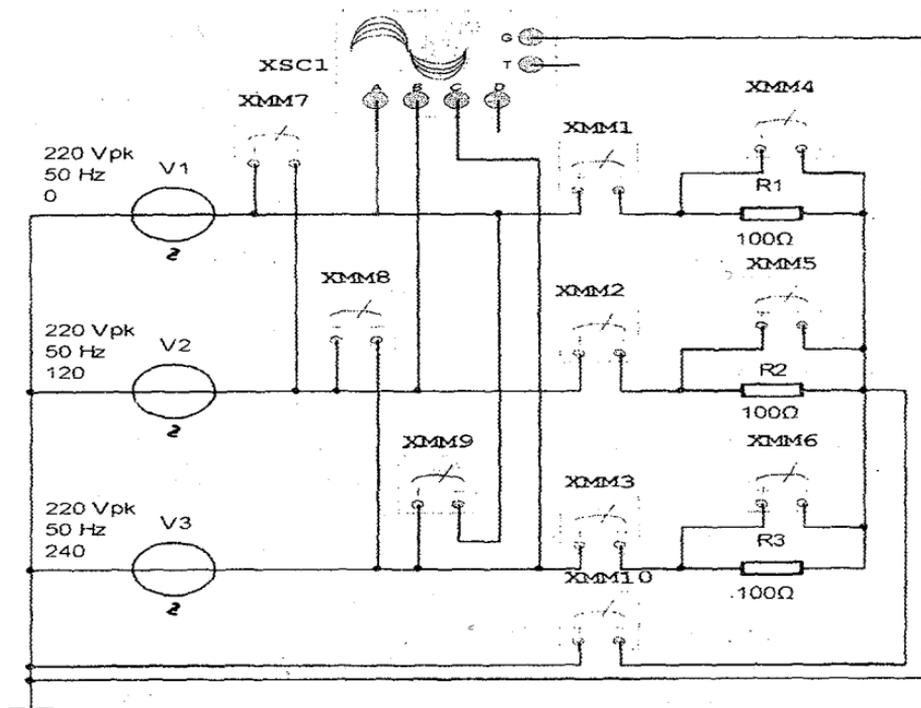


Рис.8.1. Виртуальная схема электрической цепи, соединённая схемой «звезда» с симметричным режимом.

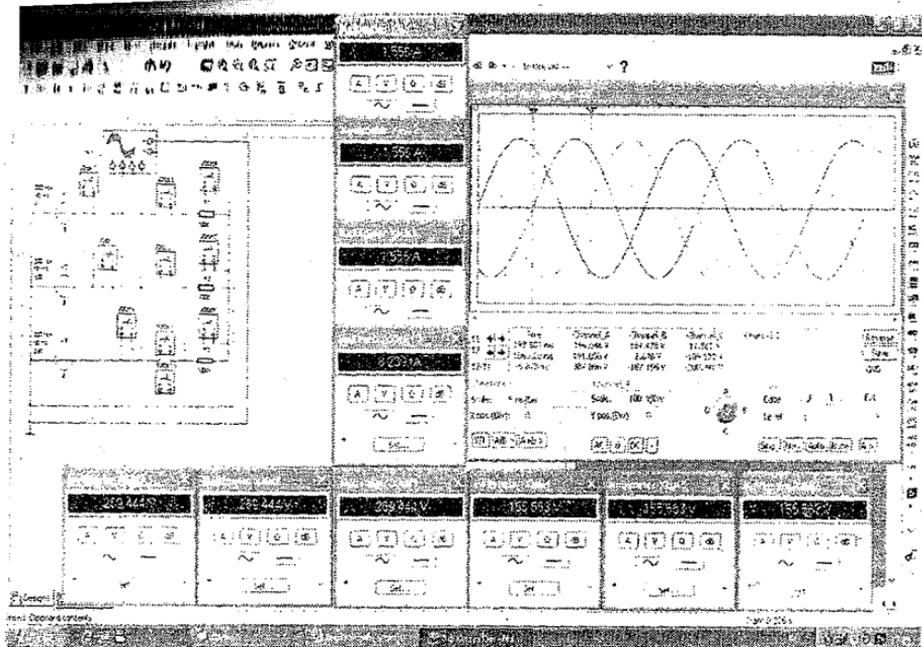


Рис.8.2. Модель виртуальной электрической цепи, соединённой схемой «звезда» с симметричным режимом.

### Несимметричный режим в схеме соединения «звезда» с нейтральным проводом.

Студент изменяет значение сопротивлений R2 и R3 в виртуальной электрической схеме на рис.8.1.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.8.3. и рис.8.4.) и записывает в табл. 8.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.8.3.:

-Значение напряжения источника питания V1, V2, V3 трёхфазного синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

-Значение активных сопротивлений R1 =100 Ом/, R2=150 Ом/, R3=200 Ом/.

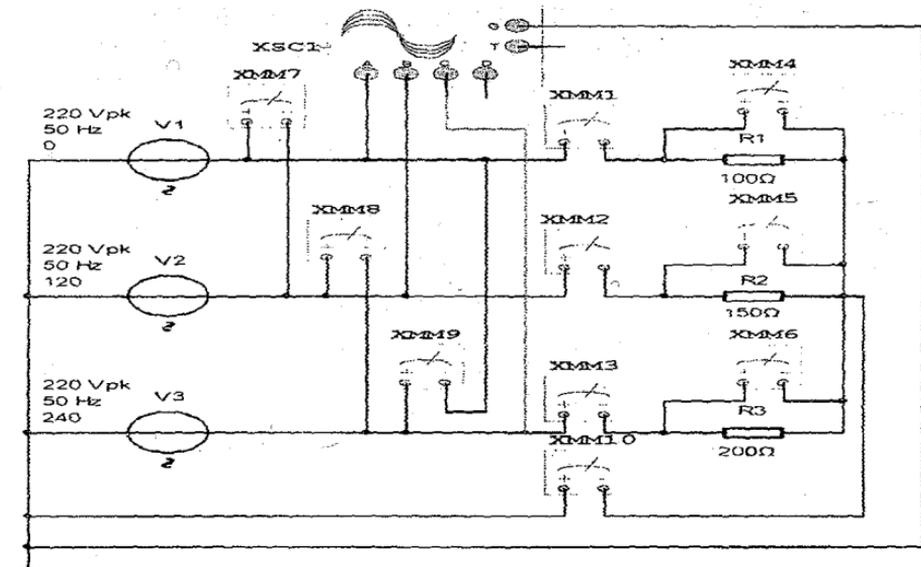


Рис.8.3. Виртуальная схема электрической цепи, соединённая схемой «звезда» с нейтральным проводом при несимметричном режиме

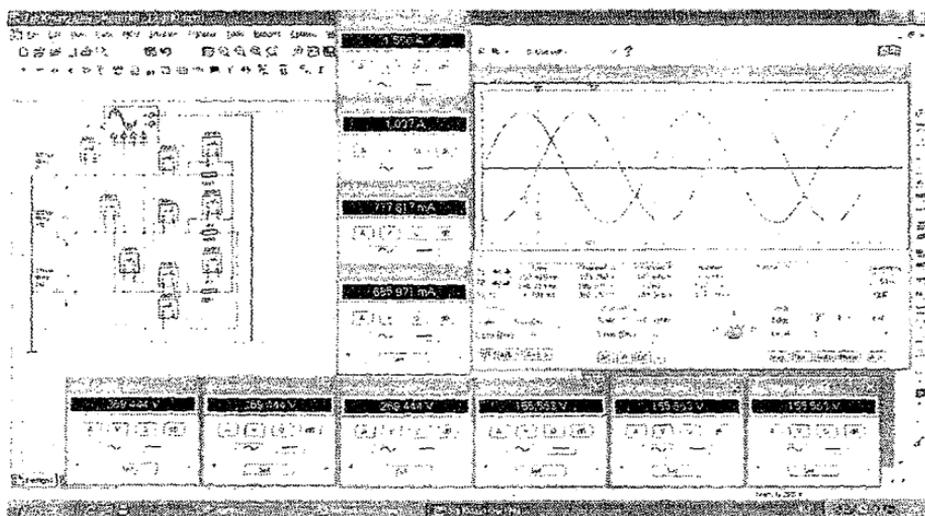


Рис. 8.4. Модель виртуальной электрической цепи, соединённая схемой «звезда» с нейтральным проводом при несимметричном режиме

## Несимметричный режим в схеме соединения «звезда» при обрыве нейтрального провода

Студент обрывает нейтральный провод в виртуальной электрической схеме на рис.8.3.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.8.5. и рис.8.6.) и записывает в табл. 8.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов. затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.8.5.:

-Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока  $220 \text{ В}$ , частота сети  $50 \text{ Гц}$ .

-Значение активных сопротивлений  $R1=100 \text{ Ом}$ ,  $R2=150 \text{ Ом}$ ,  $R3=200 \text{ Ом}$ .

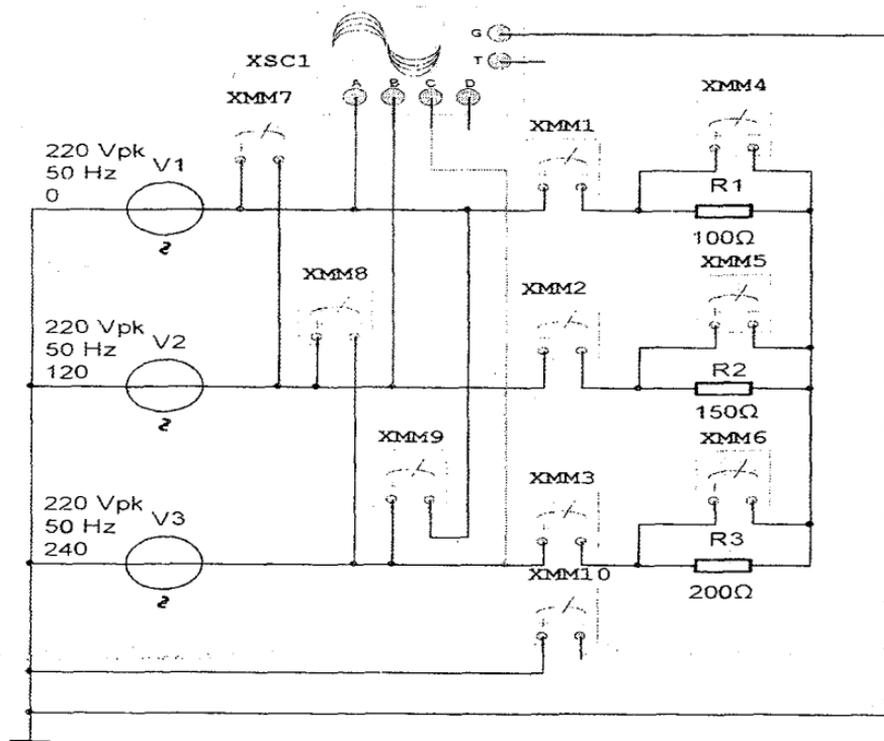


Рис.8.5. Виртуальная схема электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «звезда» при обрыве нейтрального провода

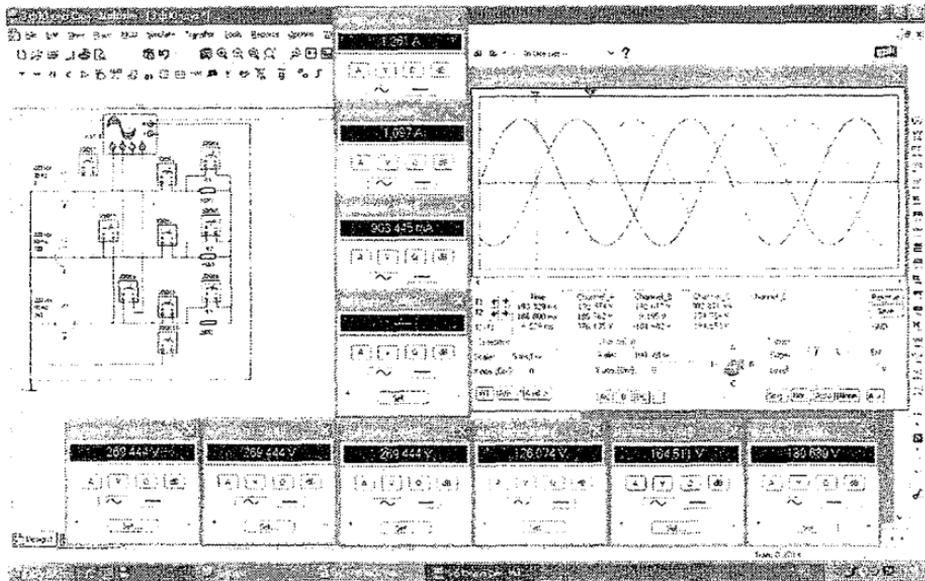


Рис.8.6. Модель виртуальной электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «звезда» при обрыве нейтрального провода

### Несимметричный режим в схеме соединения «звезда» при обрыве фазного провода

Студент обрывает фазный провод в виртуальной электрической схеме на рис.8.3.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.8.7. и рис.8.8.) и записывает в табл. 8.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.8.7.:

-Значение напряжения источника питания V1, V2, V3 трёхфазного синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

-Значение активных сопротивлений R1=100/Ом/, R2=150 /Ом/, R3=200 /Ом/.

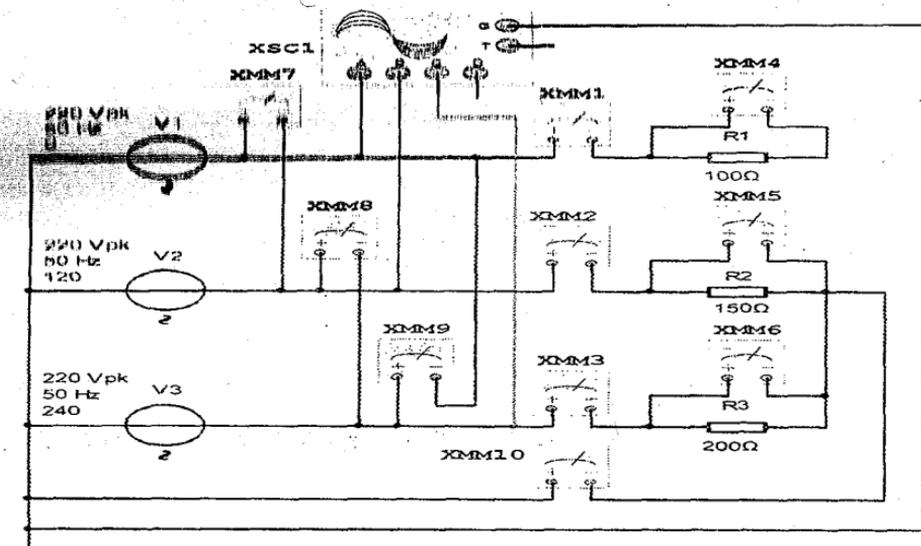


Рис.8.7. Виртуальная схема электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «звезда» при обрыве фазного провода

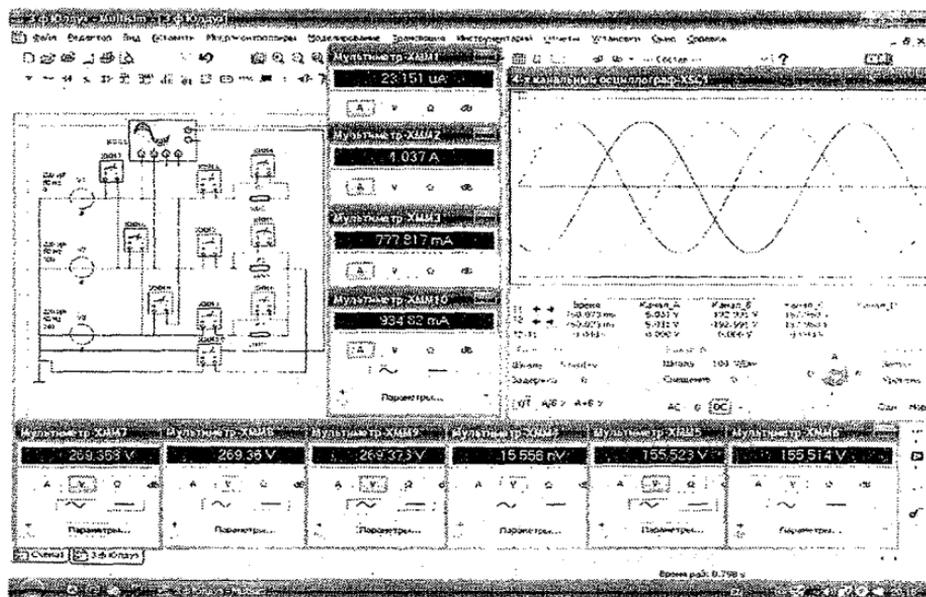


Рис.8.8. Модель виртуальной электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «звезда» при обрыве фазного провода

## Несимметричный режим в схеме соединения «звезда» при обрыве линейного провода

Студент обрывает линейный провод в виртуальной электрической схеме на рис.8.3.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.8.9. и рис.8.10.) и записывает в табл. 8.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.8.9.:

-Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока  $220 \text{ В}$ , частота сети  $50 \text{ Гц}$ .

-Значение активных сопротивлений  $R1=100 \text{ Ом}$ ,  $R2=150 \text{ Ом}$ ,  $R3=200 \text{ Ом}$ .

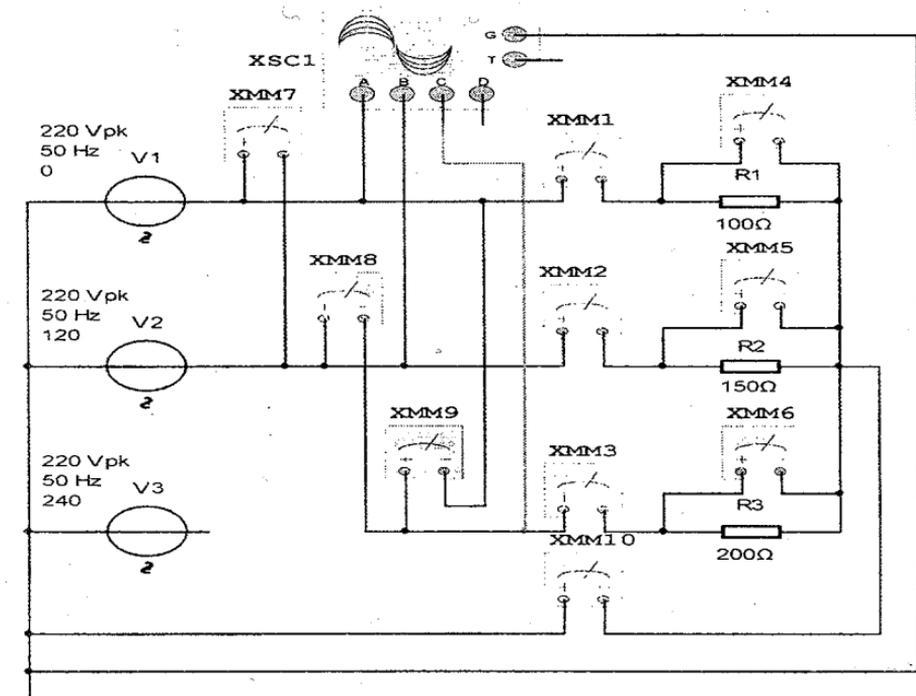


Рис.8.9. Виртуальная схема электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «звезда» при обрыве линейного провода

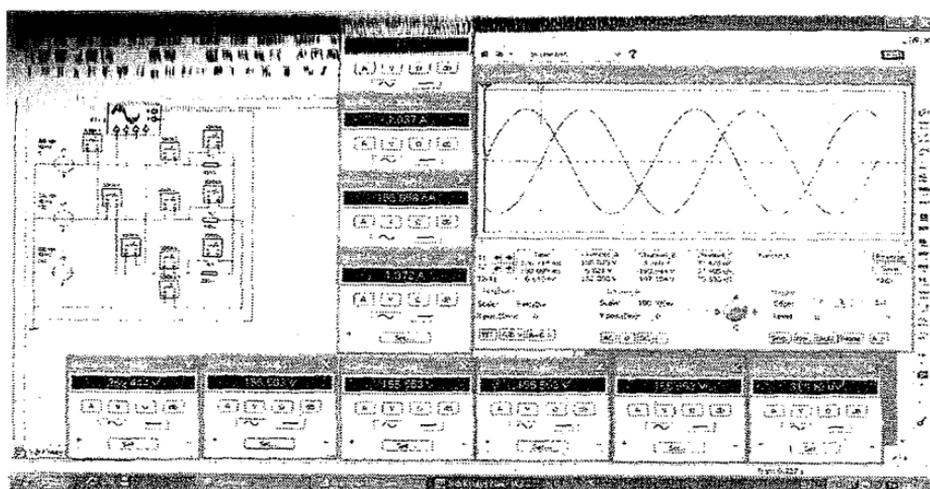


Рис.8.10. Модель виртуальной электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «звезда» при обрыве линейного провода

Таблица 8.1

Режим	Измерения										Вычисления		
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_0$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$
	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_0$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$U_A$	$U_B$	$U_C$
Симметричный	Λ	Λ	Λ	Λ	В	В	В	В	В	В	-	-	-
Несимметричный													
Несимметричный при обрыве нейтрального провода													
Несимметричный при обрыве фазного провода													
Несимметричный при обрыве линейного провода													

## Контрольные вопросы

1. Объясните трехфазную симметричную и несимметричную систему в схеме соединения «звезда»?
2. Как собирается схема соединения «звезда»?
3. Какова функция нейтрального провода в электрической цепи «звезда»?
4. Как связаны линейные и фазные напряжения в электрической цепи «звезда»?
5. Как влияет обрыв одной фазы на симметричную систему в схеме «звезда»?
6. Как влияет обрыв одной линии на симметричную систему в схеме «звезда»?
7. Почему в трёхфазных цепях с четырехпроводными линиями поперечное сечение нейтрального провода меньше поперечного сечения фазного провода?
5. Приведите примеры применения соединения «звезда».

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

### ТРЕХФАЗНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, СОЕДИНЁННАЯ ПО СХЕМЕ «ТРЕУГОЛЬНИК»

#### 9.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение трехфазной электрической цепи, соединённой по схеме «треугольник».
2. Изучение симметричного режима в схеме соединения «треугольник».
3. Изучение несимметричного режима в схеме соединения «треугольник».
4. Изучение режима при обрыве фазного провода в схеме соединения «треугольник».
5. Изучение режима при обрыве линейного провода в схеме соединения «треугольник».
6. Построение векторных диаграмм напряжения и токов.

#### 9.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент :

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

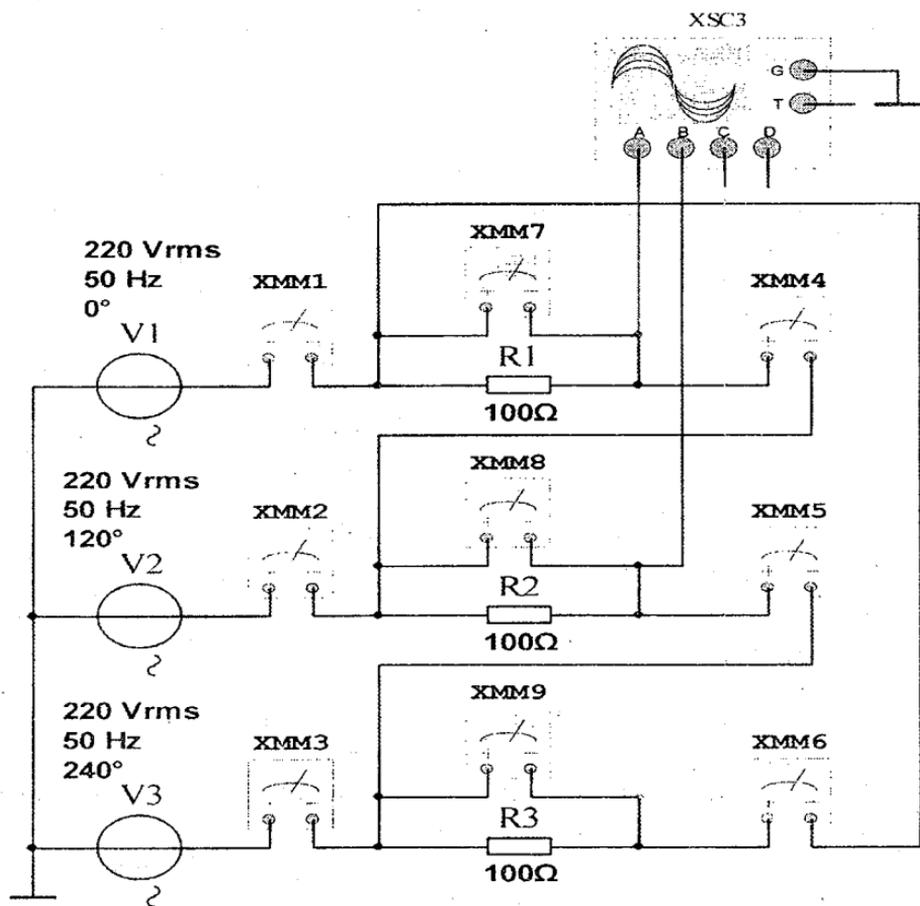


Рис.9.1. Виртуальная схема электрической цепи с симметричным режимом в схеме соединения «треугольник».

## Симметричный режим в схеме соединения «треугольник»

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи, соединённую схемой «треугольник» с симметричным режимом и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значения напряжений и токов (рис.9.1).

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжений.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис. 9.2.) и записывает в табл. 9.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.9.1.:

-Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока 220 /В/, частота сети 50 /Гц/.

-Значение активных сопротивлений  $R1, R2, R3=100$  /Ом/.

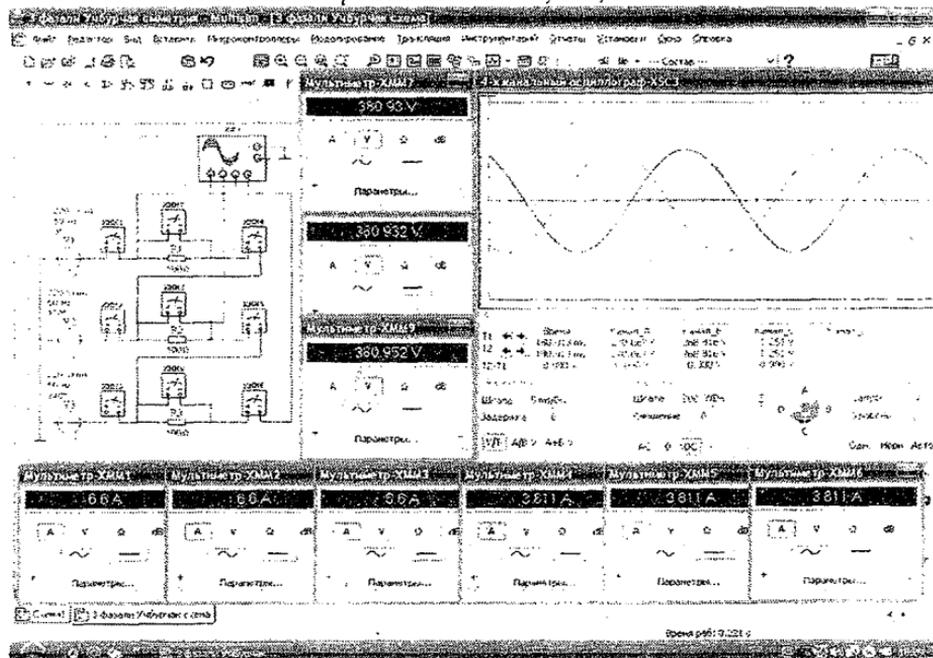


Рис.9.2. Модель виртуальной электрической цепи с симметричным режимом в схеме соединения «треугольник»

## Несимметричный режим в схеме соединения «треугольник»

Студент изменяет значение сопротивлений  $R_1$  и  $R_3$  в виртуальной электрической схеме на рис.9.1.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.9.3. и рис.9.4.) и записывает в табл. 9.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.9.3.:

-Значение напряжения источника питания  $V_1, V_2, V_3$  трёхфазного синусоидального тока  $220 \text{ В/}$ , частота сети  $50 \text{ Гц/}$ .

-Значение активных сопротивлений  $R_1 = 50 \text{ Ом/}$ ,  $R_2 = 100 \text{ Ом/}$ ,  $R_3 = 150 \text{ Ом/}$ .

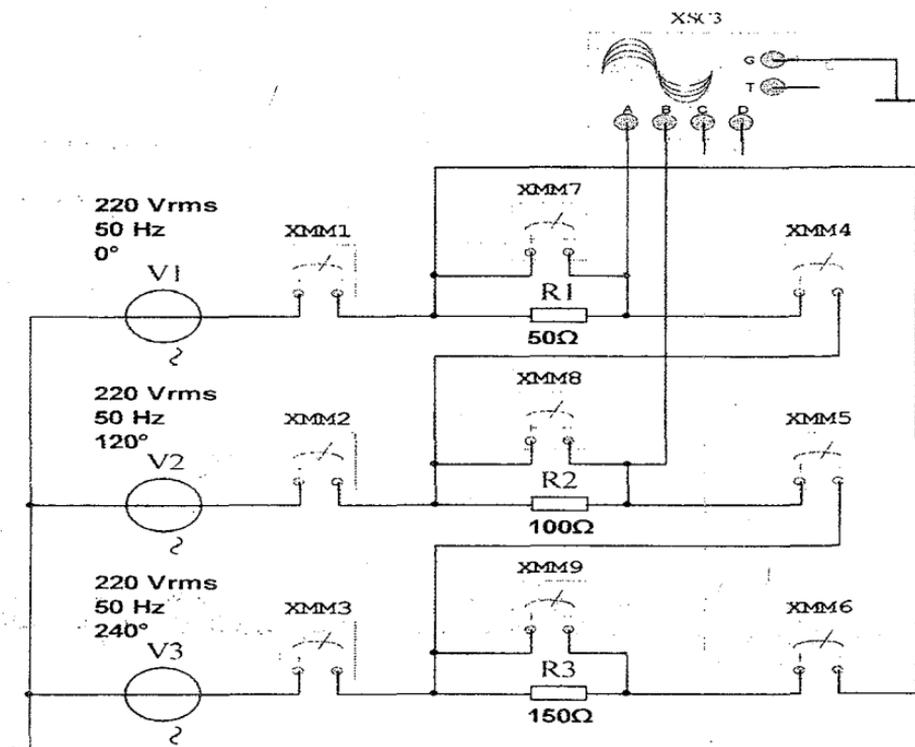


Рис.9.3. Виртуальная схема электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «треугольник».

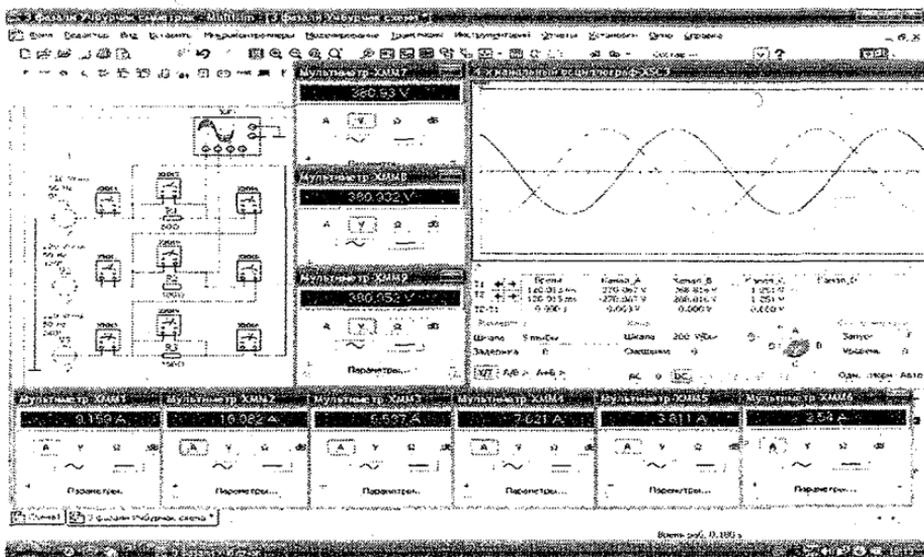


Рис.9.4. Модель виртуальной электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «треугольник».

### Несимметричный режим в схеме соединения «треугольник» при обрыве фазного провода

Студент обрывает фазный провод в виртуальной электрической схеме на рис.9.3.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.9.5. и рис.9.6.) и записывает в табл. 9.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.9.5.:

-Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока  $220 \text{ В}$ , частота сети  $50 \text{ Гц}$ .

-Значение активных сопротивлений  $R1 = 50 \text{ Ом}$ ,  $R2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R3 = 150 \text{ Ом}$ .

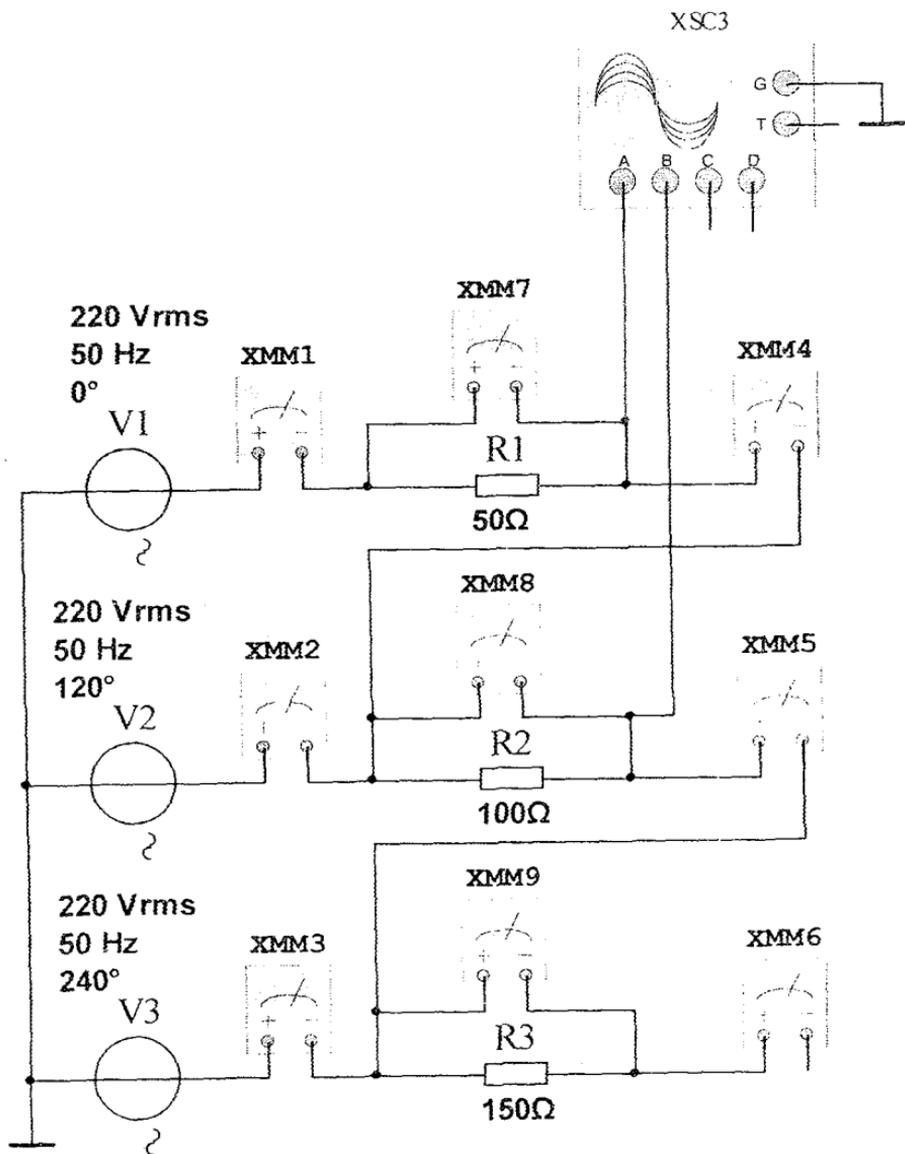


Рис.9.5. Виртуальная схема электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «треугольник» при обрыве фазного провода

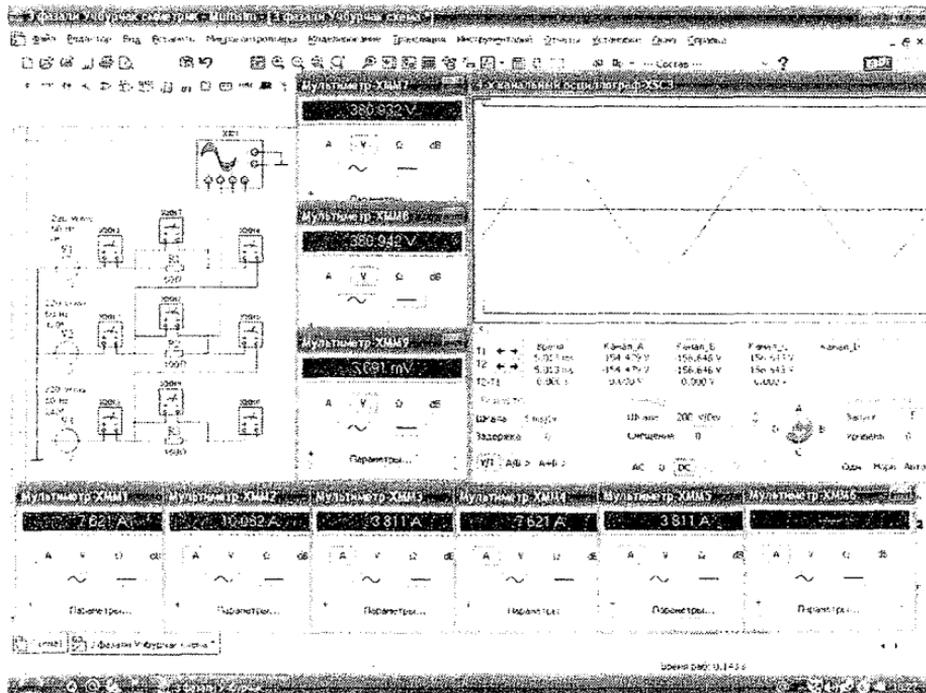


Рис.9.6. Модель виртуальной электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «треугольник» при обрыве фазного провода

### Несимметричный режим в схеме соединения «звезда» при обрыве линейного провода

Студент обрывает линейный провод в виртуальной электрической схеме на рис.9.3.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.9.7. и рис.9.8.) и записывает в табл. 8.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.9.7.:

-Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

-Значение активных сопротивлений  $R1 = 50 \text{ Ом/}$ ,  $R2 = 100 \text{ Ом/}$ ,  $R3 = 150 \text{ Ом/}$ .

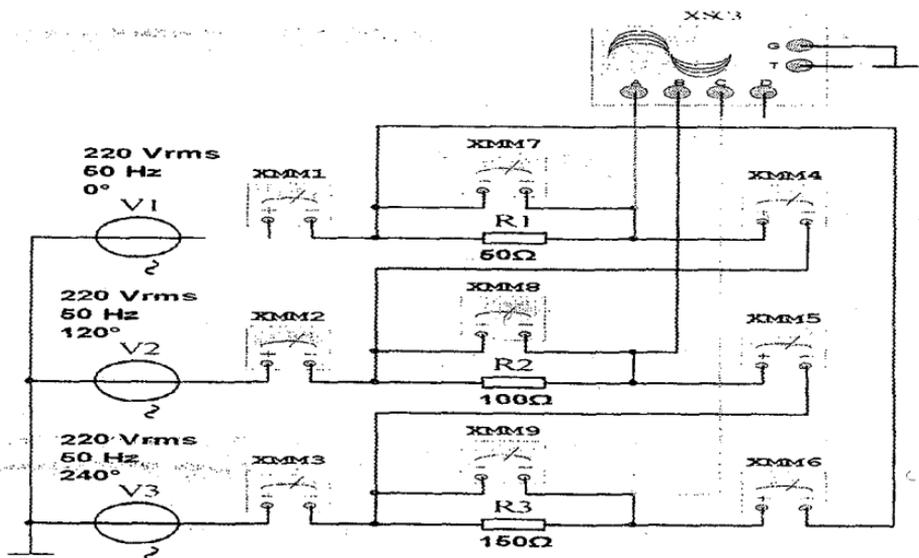


Рис.9.7. Виртуальная схема электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «треугольник» при обрыве линейного провода

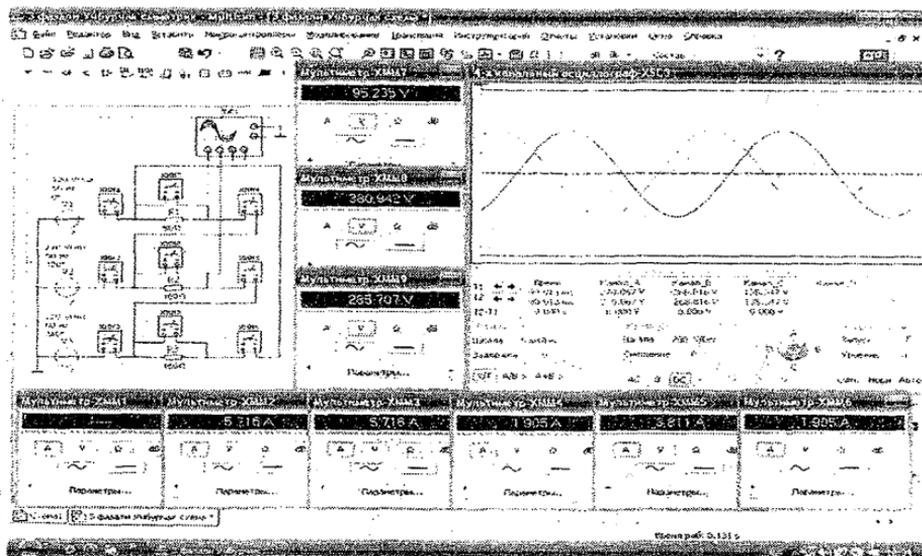


Рис.9.8. Модель виртуальной электрической цепи с несимметричным режимом в схеме соединения «треугольник» при обрыве линейного провода

Таблица 9.1

Режим	Измерения									Вычисления		
	$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$
	A	A	A	A	A	A	B	B	B	-	-	-
Симметричный												
Несимметричный												
Несимметричный при обрыве фазного провода												
Несимметричный при обрыве линейного провода												

### Контрольные вопросы

1. Объясните трехфазную симметричную и несимметричную систему в схеме соединения «треугольник»?
2. Как собирается схема соединения «треугольник»?
3. Как связаны линейные и фазные токи в электрической цепи «треугольник»?
4. Как влияет обрыв одной фазы на симметричную систему в схеме «треугольник»?
5. Как влияет обрыв одной линии на симметричную систему в схеме «треугольник»?
6. Приведите примеры применения соединения «треугольник»?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

### ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

#### 10.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с устройством и принципом работы электрического устройства-ваттметра для измерения мощностей в электрических цепях.

2. Изучение измерения мощностей в электрических цепях однофазного переменного тока.

3.Изучение измерения мощностей в электрических цепях трёхфазного переменного тока.

## **10.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

На основе лабораторного задания студент :

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MSI4.0» (рис.1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### **Измерения мощностей в электрических цепях однофазного переменного тока**

Студент собирает виртуальную электрическую цепь смешанного соединения элементов - резистора  $R$ , катушки индуктивности  $L$  и конденсатора  $C$  и соединяет измерительные приборы для измерения значений переменного тока, напряжения, активной мощности и коэффициента мощности. Для наблюдения за колебаниями синусоидального тока и напряжения подключает виртуальный осциллограф (рис.10.1).

- Соединяет ключ 0-1 и запускает электрическую цепь (рис.10.2).
- В табл. 10.1 записывает значения токов, напряжений, активной мощности и коэффициента мощности по показаниям измерительных приборов.

В виртуальной электрической цепи на рис.10.1.:

- Значение напряжения источника питания  $V_1$  синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.
- Значение активного сопротивления резистора  $R_1=10$  Ом/.
- Значение индуктивности катушки  $L_1=30$  мГн /.
- Значение ёмкости конденсатора  $C_1=1$  мкФ/.

### **Измерение мощностей в электрических цепях трёхфазного переменного тока**

**Измерение мощности в электрической цепи «звезда» в симметричном режиме одним ваттметром**

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи, соединённую схемой «звезда» в симметричном режиме и соединяет

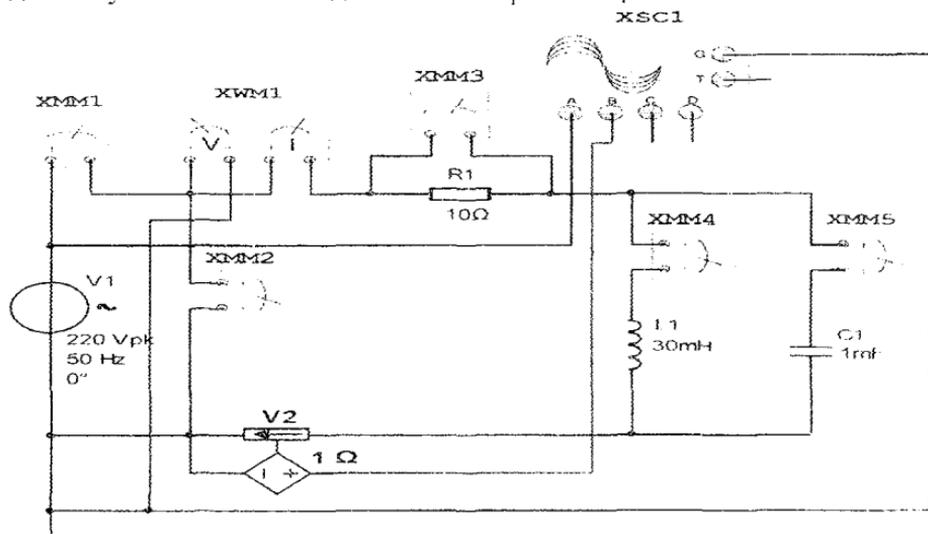


Рис.10.1. Виртуальная схема электрической цепи для измерения активной мощности однофазного переменного тока.

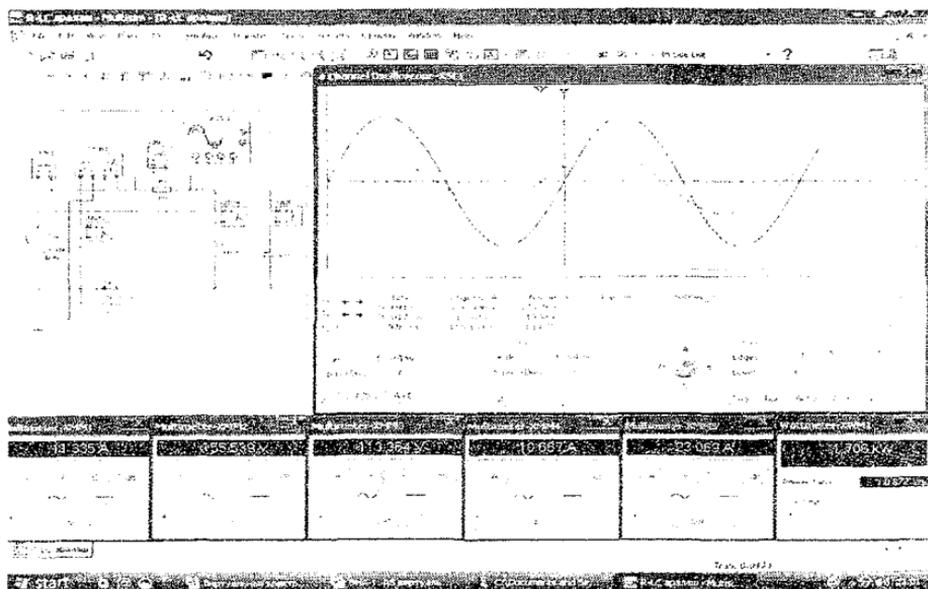


Рис.10.2. Модель виртуальной электрической цепи для измерения активной мощности однофазного переменного тока.

виртуальные измерительные приборы для измерения значения токов, напряжений, активной мощности и коэффициента мощности (рис.10.3).

-Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжений.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1) запускает виртуальную цепь (рис. 10.4.) и записывает в табл. 10.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений на фазах, а также активной мощности и коэффициента мощности на одной фазе по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания линейных напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.10.3.:

-Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

-Значение активных сопротивлений на фазах  $R1, R2, R3=100 \text{ Ом}/$ .

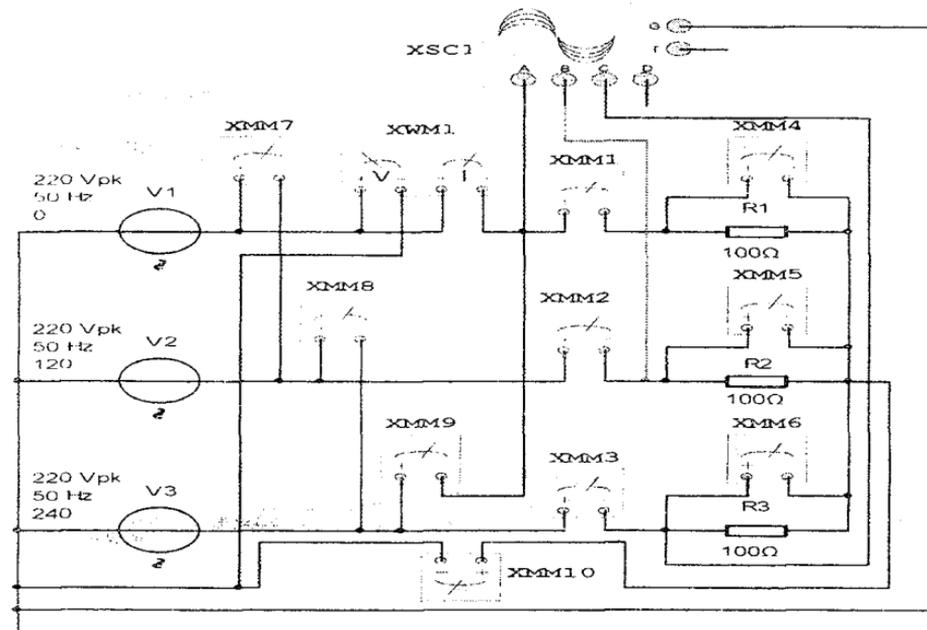


Рис.10.3. Виртуальная схема измерения мощности в электрической цепи «звезда» в симметричном режиме одним ваттметром

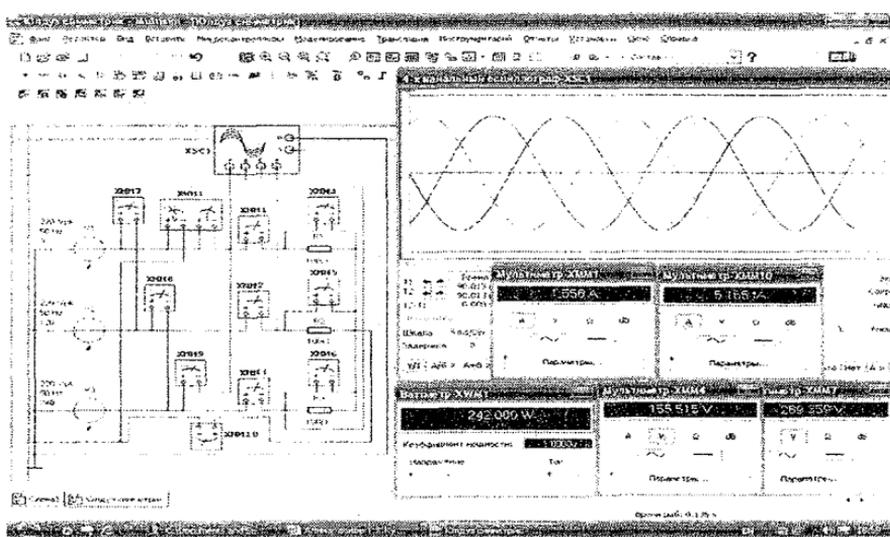


Рис.10.4. Виртуальная модель измерения мощности в электрической цепи «звезда» в симметричном режиме одним ваттметром

### Измерение мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме с тремя ваттметрами

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи соединённую схемой «звезда» в несимметричном режиме и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значения токов, напряжений, активной мощности и коэффициента мощности (рис.10.5).

- Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжений.
- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.
- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.10.6.) и записывает в табл. 10.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений, а также активной мощности и коэффициента мощности на фазах по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».
- Наблюдает за осциллограммой колебания линейных напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.10.5.:

- Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока 220 /В/, частота сети 50 /Гц/.

-Значение активного сопротивления резистора на фазе «А»  $R1=50$  /Ом/.

-Значение активного сопротивления резистора и индуктивности катушки на фазе «В»  $R2=10$  /Ом/ и  $L1=40$  /мГн/.

-Значение активного сопротивления резистора и ёмкости конденсатора на фазе «С»  $R3=5$  /Ом/ и  $C1=1$  /мкФ/.

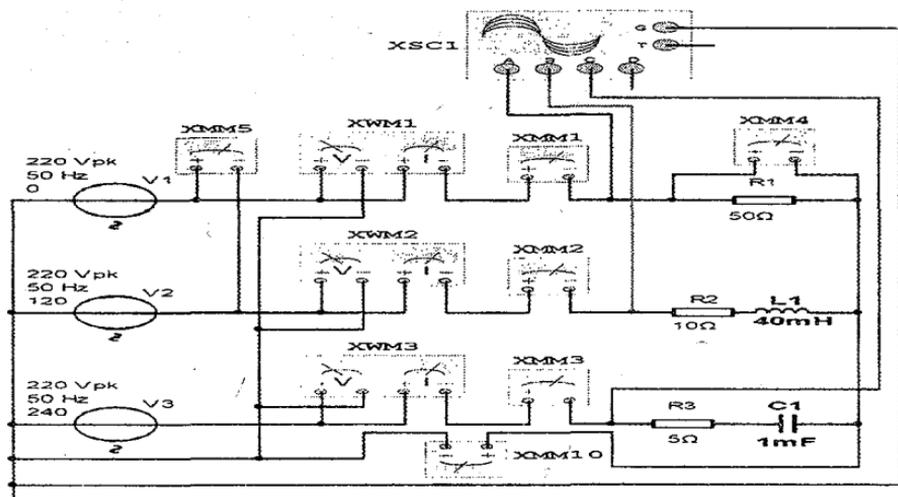


Рис.10.5. Виртуальная схема измерения мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме тремя ваттметрами

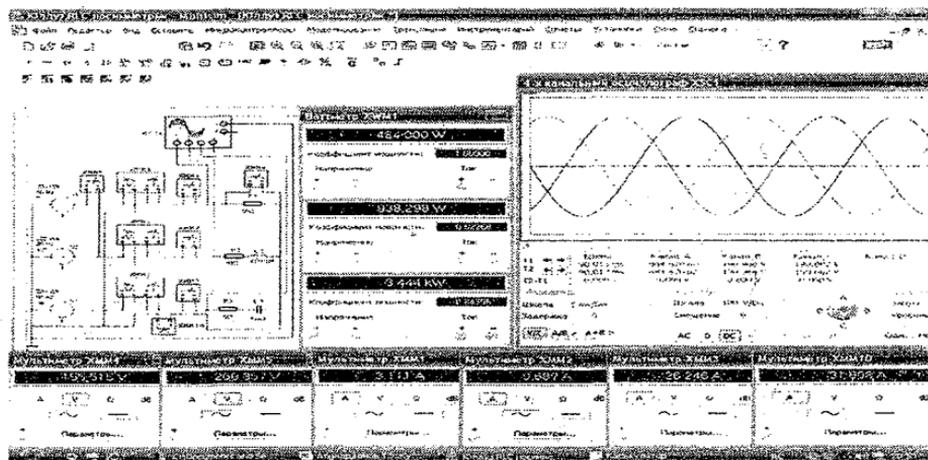


Рис.10.6. Виртуальная модель измерения мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме тремя ваттметрами

## Измерение мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме трёхэлементным ваттметром

Студент в виртуальной электрической цепи рис.10.5. изменяет схему соединения ваттметров на фазах (рис.10.7).

- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.10.8.) и записывает в табл. 10.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений, а также активной мощности и коэффициента мощности на фазах по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания линейных напряжений.

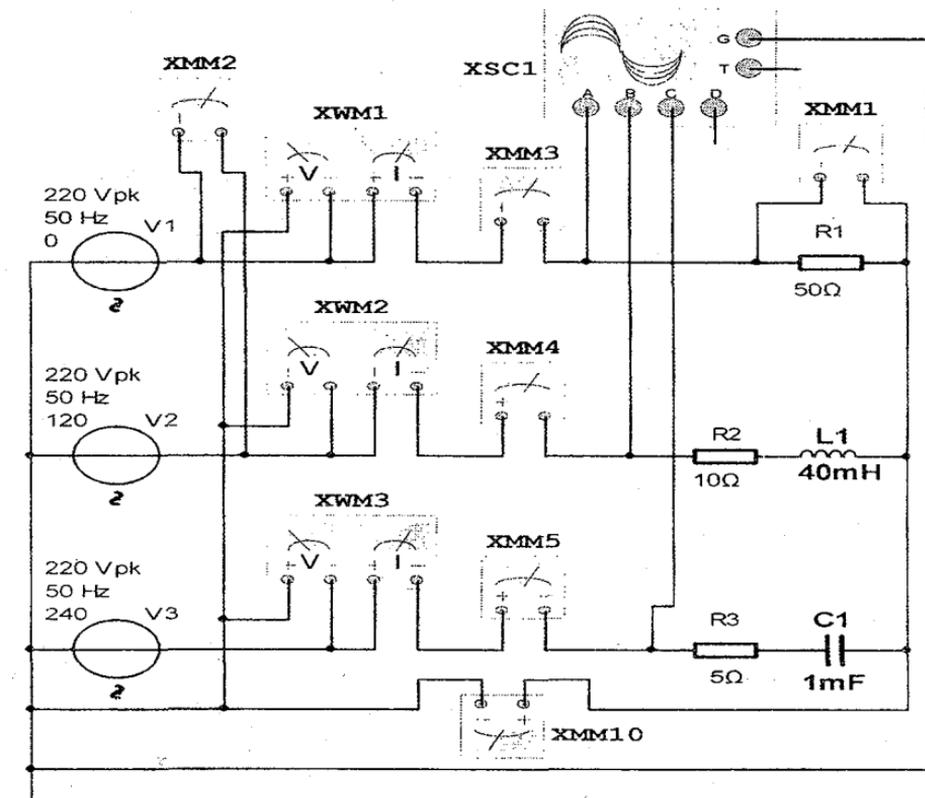


Рис.10.5. Виртуальная схема измерения мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме трёхэлементным ваттметром

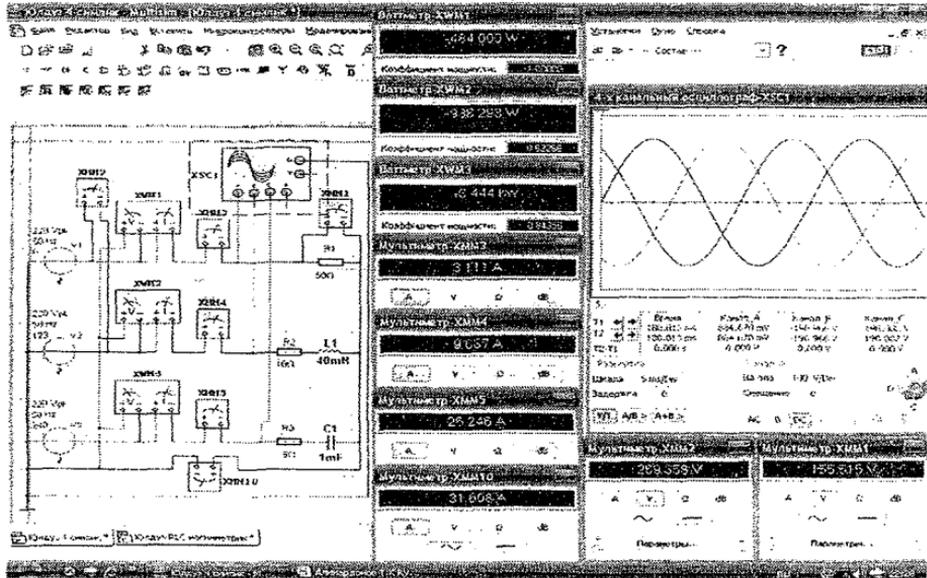


Рис. 10.6. Виртуальная модель измерения мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме трёхэлементным ваттметром

### Измерение мощности в электрической цепи «треугольник» в симметричном режиме двумя ваттметрами

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи, соединённую схемой «треугольник» в симметричном режиме и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значения токов, напряжений, активной мощности и коэффициента мощности (рис. 10.7).

- Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжений.
- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.
- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис. 10.8.) и записывает в табл. 10.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений на фазах, а также активной мощности и коэффициента мощности на двух фазах: по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».
- Наблюдает за осциллограммой колебания линейных напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.10.7.:

-Значение напряжения источника питания V1, V2, V3 трёхфазного синусоидального тока 220 /В/, частота сети 50 /Гц/.

-Значение активных сопротивлений на фазах R1, R2, R3=50 /Ом

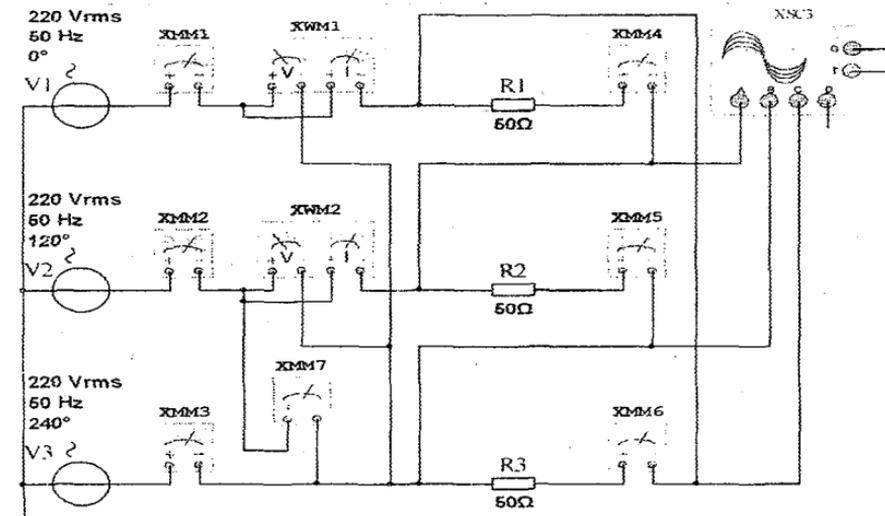


Рис.10.7. Виртуальная схема измерения мощности в электрической цепи «треугольник» в симметричном режиме двумя ваттметрами

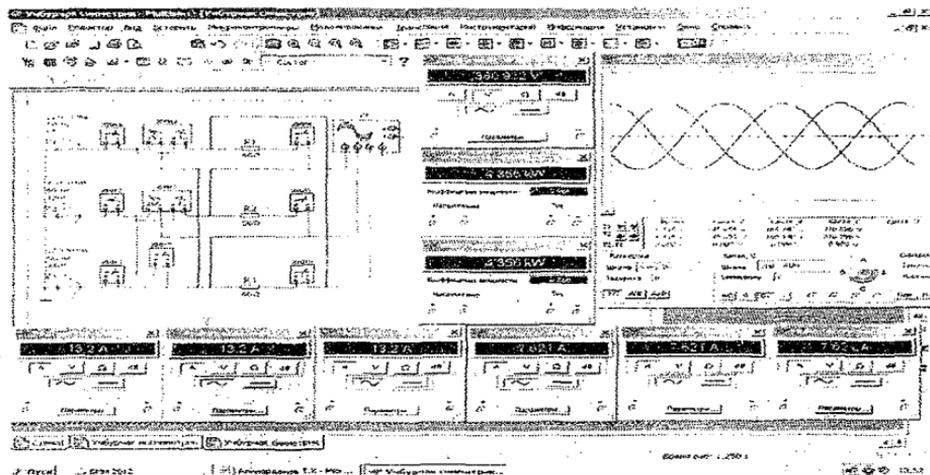


Рис.10.8. Виртуальная модель измерения мощности в электрической цепи «треугольник» в симметричном режиме двумя ваттметрами

## **Измерение мощности в электрической цепи «треугольник» в несимметричном режиме с тремя ваттметрами**

Студент собирает виртуальную схему электрической цепи, соединённую схемой «треугольник» в несимметричном режиме и соединяет виртуальные измерительные приборы для измерения значения токов, напряжений, активной мощности и коэффициента мощности (рис.10.9).

- Подключает осциллограф для наблюдения за колебаниями напряжений.

- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.10.10.) и записывает в табл. 10.1. в графе «Измерения» значения токов и напряжений, а также активной мощности и коэффициента мощности на фазах по показаниям измерительных приборов, затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания линейных напряжений.

В виртуальной электрической цепи на рис.10.9.:

- Значение напряжения источника питания  $V1, V2, V3$  трёхфазного синусоидального тока 220 В/, частота сети 50 Гц/.

- Значение активного сопротивления резистора на фазе «А»  $R1=200$  /Ом/.

- Значение активного сопротивления резистора и индуктивности катушки на фазе «В»  $R2=40$  /Ом/ и  $L1=20$  /мГн /.

- Значение активного сопротивления резистора и ёмкости конденсатора на фазе «С»  $R3=10$  /Ом/ и  $C1=10$  /мкФ/.

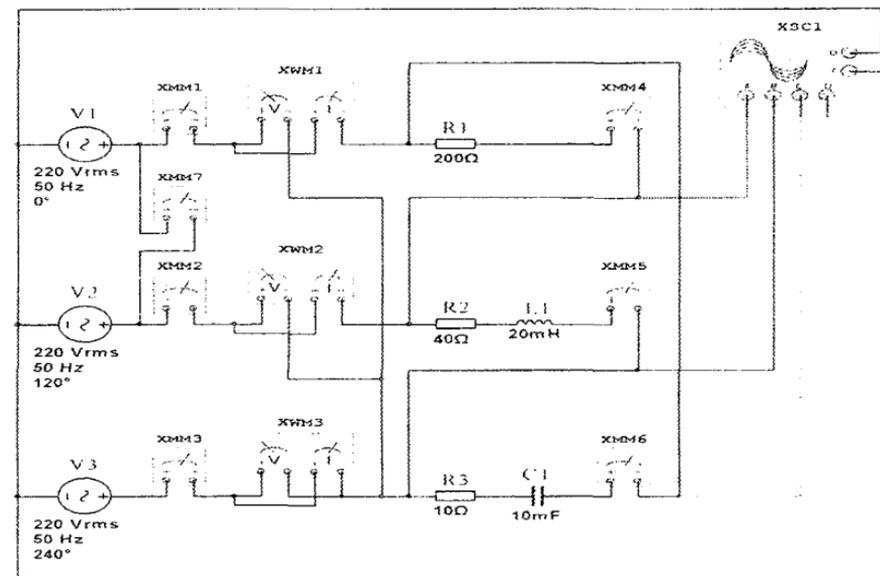


Рис.10.9. Виртуальная схема измерения мощности в электрической цепи «треугольник» в несимметричном режиме тремя ваттметрами

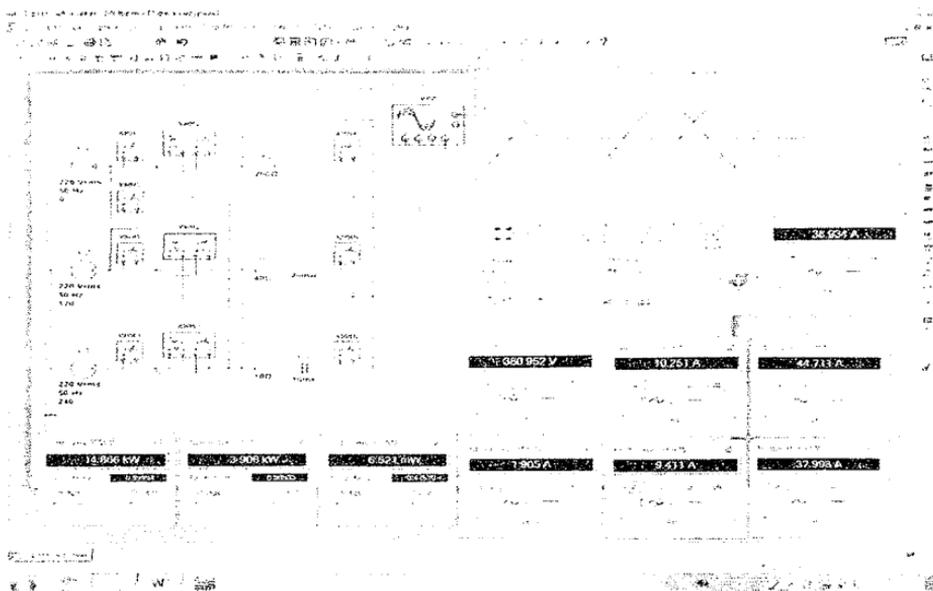


Рис.10.10. Виртуальная модель измерения мощности в электрической цепи «треугольник» в несимметричном режиме тремя ваттметрами



## Контрольные вопросы

1. Как соединяется ваттметр в электрическую цепь?
2. Какие величины показывает ваттметр, соединённый в электрическую цепь однофазного переменного тока?
3. Сколько ваттметров необходимо для измерения активной мощности в симметричной и несимметричной системе трёхфазной цепи соединением «звезда»?
4. Чем отличается схема измерения мощности в электрической цепи «звезда» в несимметричном режиме трёхэлементным ваттметром?
5. Сколько ваттметров необходимо для измерения активной мощности в симметричной и несимметричной системе трёхфазной цепи соединением «треугольник»?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

#### 11.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с устройством и принципом действия однофазного трансформатора.
2. Исследование однофазного трансформатора в режимах холостого хода, под нагрузкой и короткого замыкания.
3. Расчёт параметров трансформатора в различных режимах работы и построение рабочих характеристик.

#### 11.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

## Исследование трансформатора в режиме холостого хода

Студент собирает виртуальную электрическую цепь в которой первичная обмотка трансформатора подключена к источнику переменного напряжения, а вторичная обмотка находится в разомкнутом состоянии и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значения напряжений, тока, активной мощности и коэффициента мощности (рис.11.1.).

- Для наблюдения за диаграммой тока первичной обмотки и напряжений обмоток подключает осциллограф и увеличивает размеры виртуальных приборов.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.11.2.) и записывает в табл. 11.1. в графе «Измерения» значение тока, напряжений, мощности и коэффициента мощности по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебаний тока и напряжений на обмотках трансформатора.

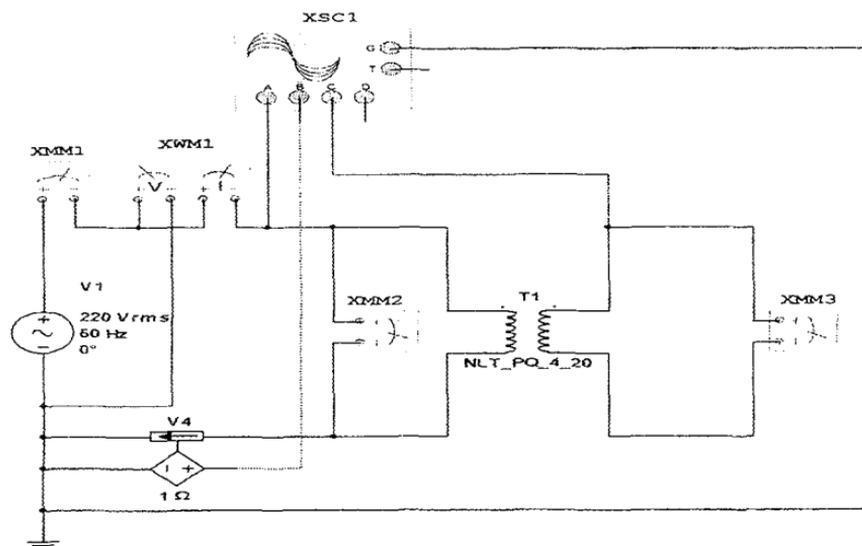


Рис.11.1. Виртуальная схема исследования трансформатора в режиме холостого хода

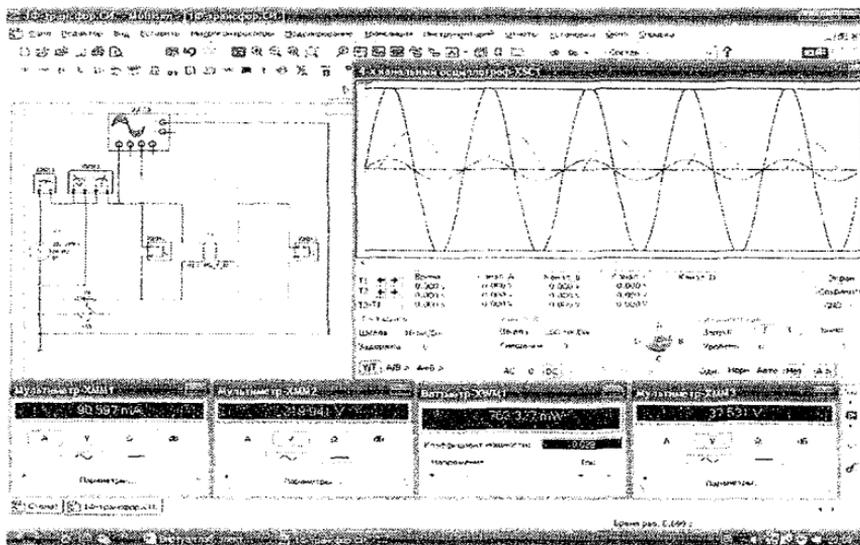


Рис.11.2. Виртуальная модель исследования трансформатора в режиме холостого хода

Таблица 11.1

Измерения					Вычисления			
$U_1$	$U_0$	$I_0$	$P_0$	$\cos\varphi_0$	$I_0/I_{1H}$	$Z_0$	$R_0$	$X_0$
В	В	А	Вт	-	-	Ом	Ом	Ом

### Исследование трансформатора в режиме нагрузки

Студент вторичную обмотку трансформатора включает на сопротивление  $R_1$ . Для измерения значения токов, напряжений, мощностей и коэффициента мощности на обмотках трансформатора включает виртуальные измерительные приборы (рис.11.3.).

- Для наблюдения за диаграммой токов и напряжений на обмотках подключает осциллограф и увеличивает размеры виртуальных приборов.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1) запускает виртуальную цепь (рис.11.4.) и записывает в табл. 11.2. в графе «Измерения» значения токов, напряжений, мощностей и коэффициента мощности по

показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебаний токов и напряжений на обмотках трансформатора.

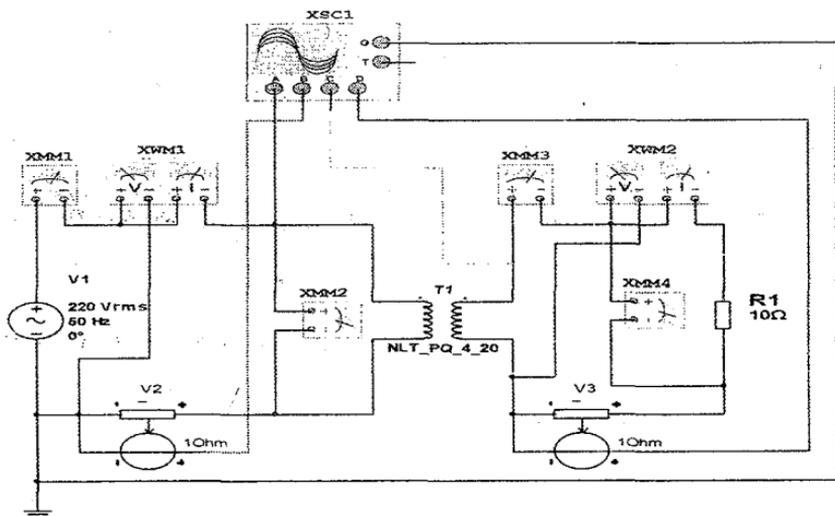


Рис.11.3. Виртуальная схема исследования трансформатора в режиме нагрузки

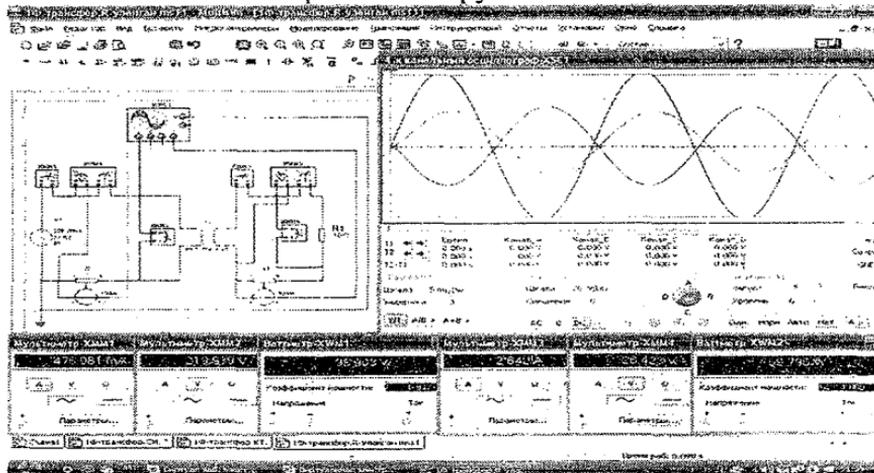


Рис.11.4. Виртуальная модель исследования трансформатора в режиме нагрузки

Измерения									Вычисления			
$R_1$	$U_1$	$I_1$	$P_1$	$\cos\varphi_1$	$U_2$	$I_2$	$P_2$	$\cos\varphi_2$	$\eta^+$	$\eta^{**}$	$\Delta U_2$	$\cos\varphi$
Ом	В	А	Вт	-	В	А	Вт	-	%	%	%	-
10												
20												
30												
40												
50												
60												

### Исследование трансформатора в режиме короткого замыкания

Студент уменьшает значение переменного напряжения источника питания и вторичную обмотку трансформатора замыкает амперметром. Для измерения значения токов, напряжения мощности и коэффициента мощности на обмотках трансформатора включает виртуальные измерительные приборы (рис.11.5.).

- Для наблюдения за диаграммой токов и напряжений на обмотках подключает осциллограф и увеличивает размеры виртуальных приборов.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.11.6.) и записывает в табл. 11.3. в графе «Измерения» значения токов, напряжения, мощности и коэффициента мощности по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебаний токов и напряжения на обмотках трансформатора.

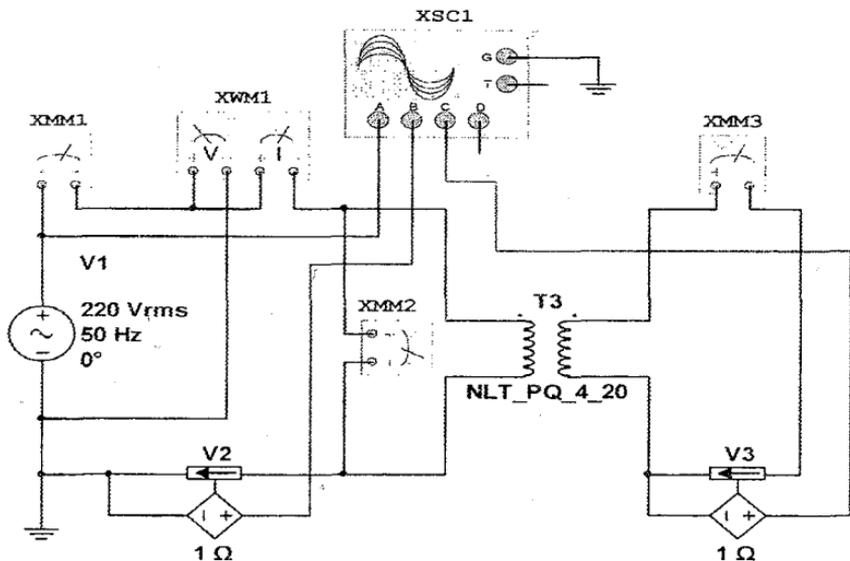


Рис.11.5. Виртуальная схема исследования трансформатора в режиме короткого замыкания

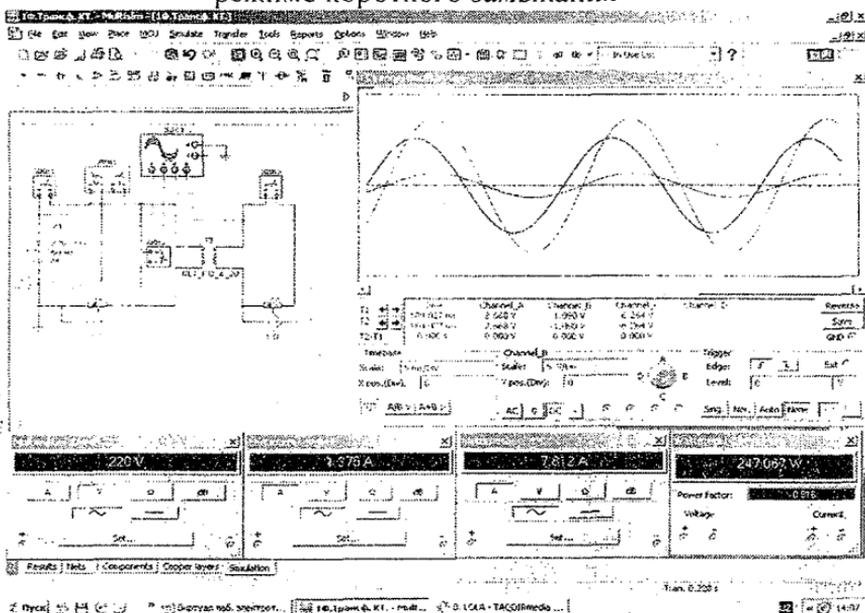


Рис.11.6. Виртуальная модель исследования трансформатора в режиме короткого замыкания

Таблица 11.3

Измерения					Вычисления			
$U_1$	$I_1$	$I_2$	$P_1$	$\cos\varphi_1$	$Z_k$	$R_k$	$X_k$	$\Delta U_k$
В	А	А	Вт	-	Ом	Ом	Ом	%

### Контрольные вопросы

1. Объясните устройство и принцип действия трансформатора.
2. Что такое коэффициент трансформации и как он определяется?
3. Какие параметры трансформатора можно определить в режиме холостого хода?
4. Какие параметры трансформатора можно определить в нагрузочном режиме?
5. Какие параметры трансформатора можно определить в режиме короткого замыкания?
6. Дайте внешнюю характеристику трансформатора.
7. Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

### ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

#### 12.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с устройством и принципом действия асинхронного двигателя (АД) с фазным ротором.
2. Исследование прямого пуска и регулирования скорости АД.
3. Исследование реостатного пуска и искусственных характеристик АД.
4. Исследование режимов работы и построение рабочих характеристик АД.

## 12.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент :

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы:
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### Исследование пуска асинхронного двигателя

Студент собирает виртуальную электрическую схему пуска АД. К выходу АД подключает генератор постоянного тока с самовозбуждением (M3) с активной нагрузкой (R7). Затем подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значения напряжений, токов и частот, а также осциллограф для наблюдения за осциллограммой переменных напряжений АД и постоянного напряжения генератора постоянного тока (рис.12.1.).

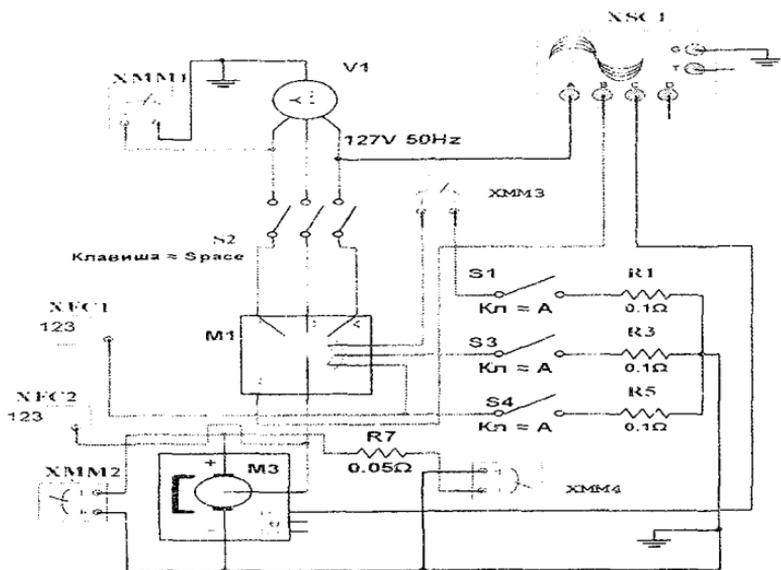


Рис.12.1. Виртуальная схема исследования пуска АД.

## Исследование прямого пуска асинхронного двигателя

-Замыкает выключатель S2 и производит прямой пуск АД (рис.12.2.). Изменяя сопротивление R7 в цепи якоря генератора постоянного тока регулирует скорость вращения ротора АД. Записывает в табл. 12.1. в графе «Измерения» показания измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления». По значениям в табл. 12.1. строит рабочие характеристики АД. Наблюдает за осциллограммой напряжений АД и генератора постоянного тока (рис.12.3.).

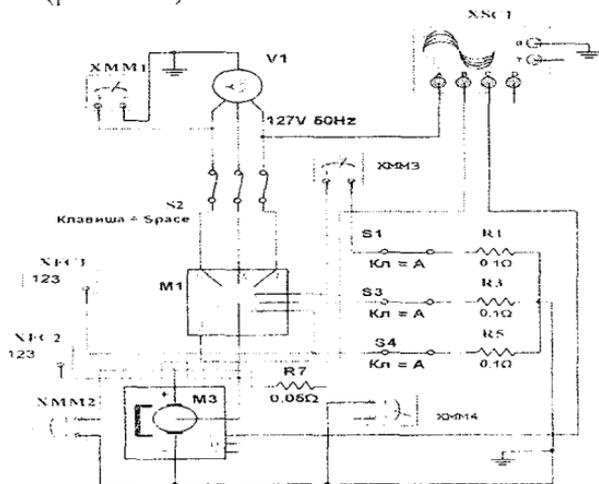


Рис.12.2. Виртуальная схема исследования прямого пуска АД.

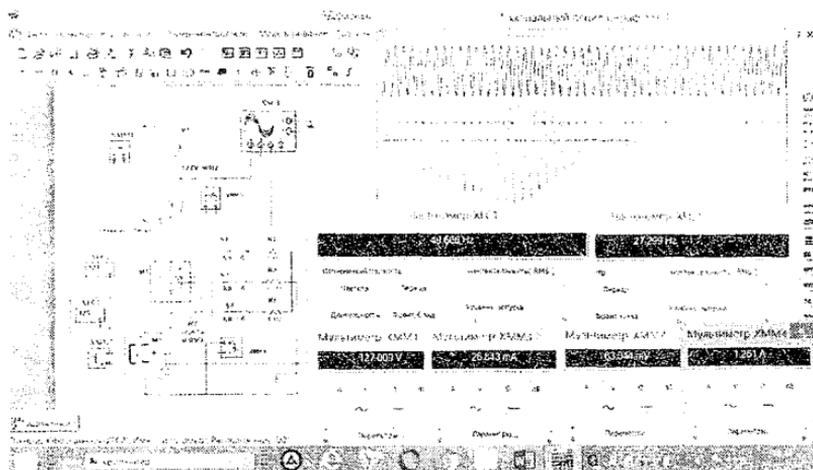


Рис.12.3. Виртуальная модель исследования прямого пуска АД.

Таблица 12.1

Измерения								Вычисления				
$U_{сг}$	$I_{сг}$	$P_{сг}$	$f_{сг}$	$U_{ген}$	$I_{ген}$	$P_{ген}$	$f_{ген}$	$P_2$	$M$	$\eta$	$\cos \varphi$	$S$
В	А	Вт	Гц	В	А	Вт	Вт	Вт	Нм	%	-	%

### Исследование реостатного пуска асинхронного двигателя

-Замыкает выключатели S1,S3,S4 и производит реостатный пуск АД (рис.12.4.). Изменяя сопротивление реостатов R1, R3, R5 в цепи ротора АД генератора постоянного тока регулирует скорость вращения ротора АД. Записывает в табл. 12.2. в графе «Измерения» показания измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления». По значениям в таблице 12.2. строить искусственные (реостатные) характеристики АД. Наблюдает за осциллограммой напряжений АД и генератора постоянного тока (рис.12.5.).

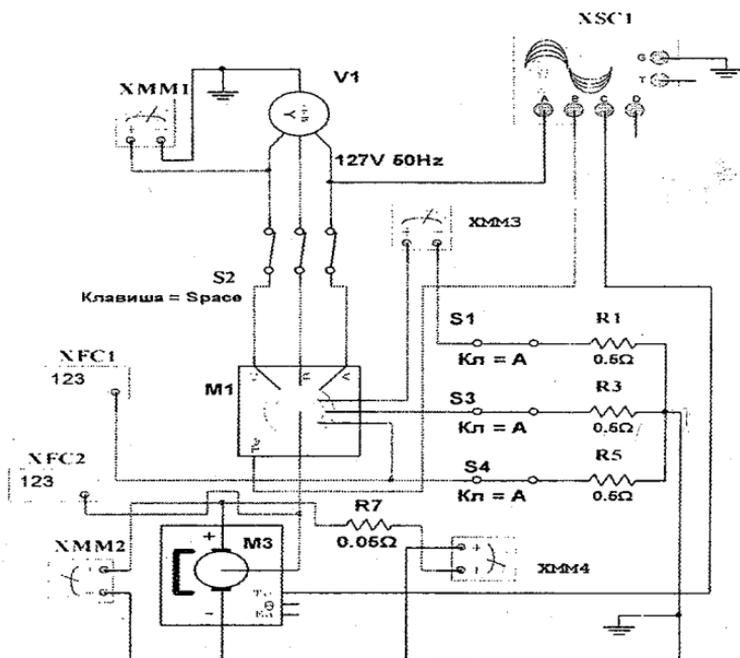


Рис.12.4. Виртуальная схема исследования реостатного пуска АД.

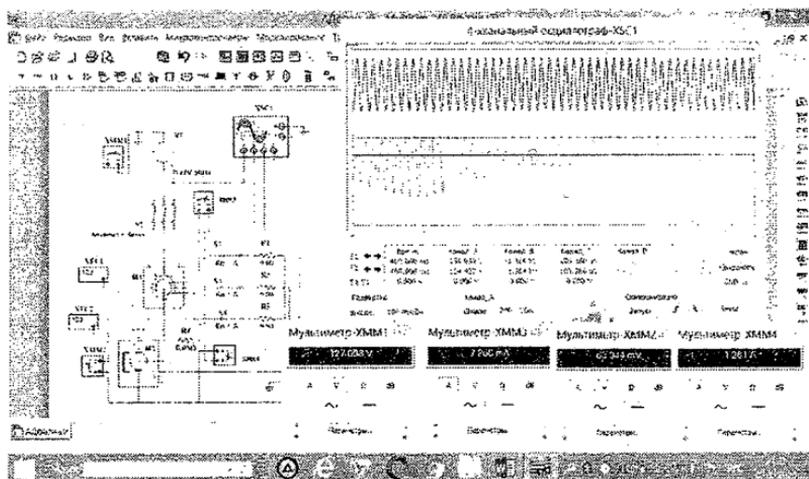


Рис.12.5. Виртуальная модель исследования реостатного пуска АД.

Таблица 12.2

Измерения								Вычисления				
$U_{AD}$	$I_{AD}$	$P_{AD}$	$f_{AD}$	$U_{гн}$	$I_{гн}$	$P_{гн}$	$f_{гн}$	$P_2$	$M$	$\eta$	$\cos \phi$	$S$
В	А	Вт	Гц	В	А	Вт	Гц	Вт	Нм	%	-	%

Таблица 12.3

Сопротивление реостатов $R_1, R_3, R_5$	Измерения			Вычисления			
	$U_{гн}$	$I_{гн}$	$f_{гн}$	$n_0$	$P_{гн}$	$P_2$	$M$
Ом	В	А	Гц	об/мин	Вт	Вт	Нм

## Контрольные вопросы

1. Каковы основные части асинхронного двигателя с фазным ротором?
2. Каков порядок пуска асинхронного двигателя с фазным ротором?
3. Для чего применяется пусковой реостат и его влияние на ток и пусковой момент?
4. Что такое скольжение и чему оно равно при работе двигателя?
5. Объясните рабочие характеристики асинхронного двигателя?
6. Как располагается искусственная механическая характеристика по отношению к естественной?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКА СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

#### 13.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с устройством и принципом действия синхронного (СГ).
2. Исследование прямого пуска СГ к трёхфазному переменному напряжению.
3. Исследование реостатного пуска СГ к трёхфазному переменному напряжению.
4. Исследование режимов работы и построение рабочих характеристик СГ.

#### 13.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

## Исследование пуска синхронного генератора

Студент собирает виртуальную электрическую схему прямого (включатель S2 замкнуть, включатель S4 разомкнуть) и реостатного (включатель S4 замкнуть, включатель S2 разомкнуть) пуска СГ (M4) к трёхфазному переменному напряжению. К выходу СГ подключает генератор постоянного тока с самовозбуждением (M3). Затем подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений напряжения и частоты, а также осциллограф для наблюдения за осциллограммой переменных напряжений СГ и постоянного напряжения генератора постоянного тока (рис. 13.1.).

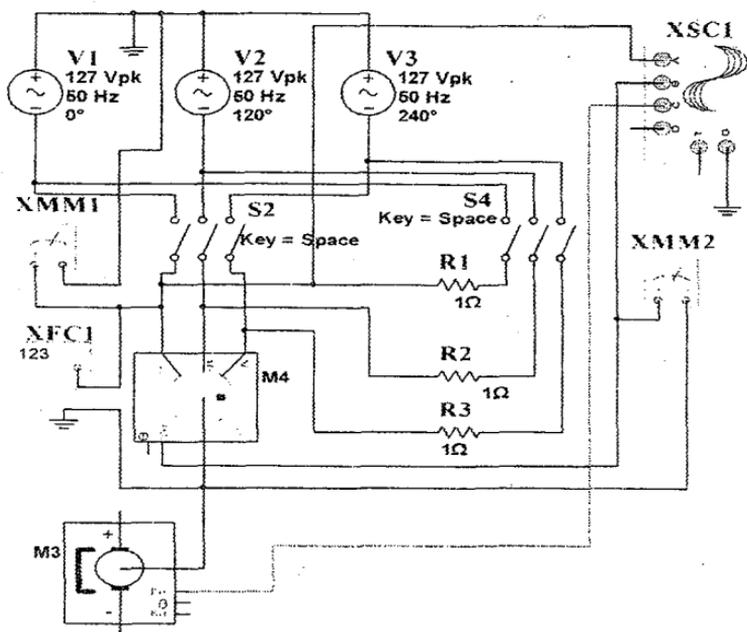


Рис.13.1. Виртуальная схема исследования пуска СГ.

## Исследование прямого пуска синхронного генератора

Студент замыкает включатель S2 и осуществляет прямой пуск СГ (рис.13.2.) и записывает в табл. 13.1. в графе «Измерения» значения напряжений и частоты по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой переменных напряжений СГ и постоянного напряжения генератора постоянного тока (рис. 13.3).

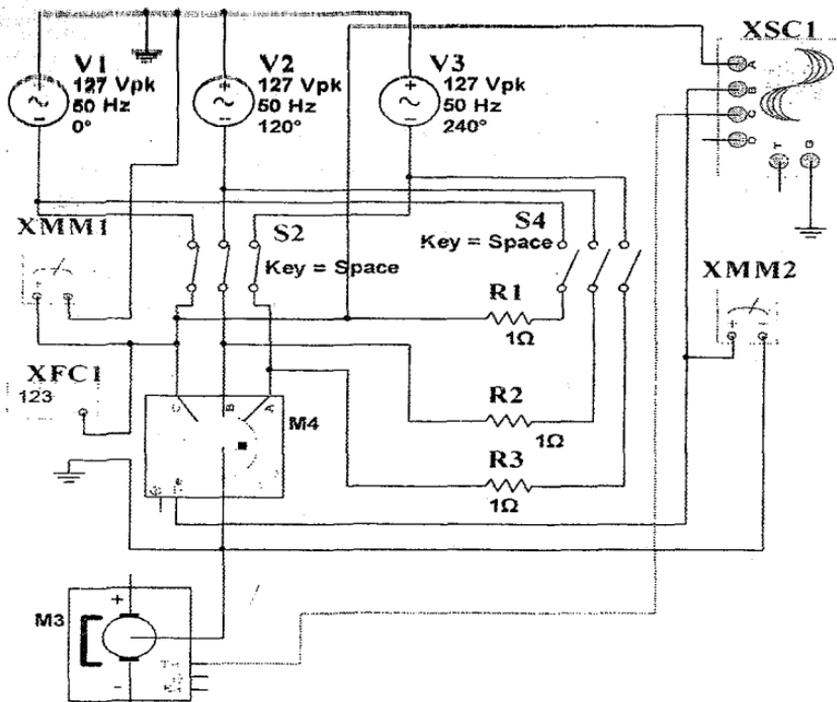


Рис.13.2. Виртуальная схема прямого пуска СГ.

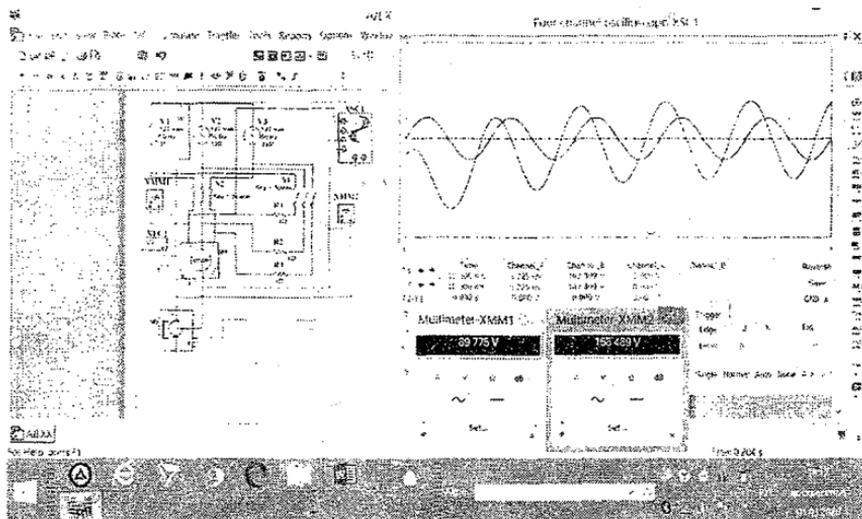


Рис.13.3. Виртуальная модель прямого пуска СГ.

## Исследование реостатного пуска синхронного генератора

Студент размыкает включатель S2, замыкает включатель S4 и осуществляет реостатный пуск СГ (рис.13.4.) и записывает в табл. 13.1. в графе «Измерения» значения тока, напряжения и частоты по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой переменных напряжений СГ и постоянного напряжения генератора постоянного тока (рис.13.5).

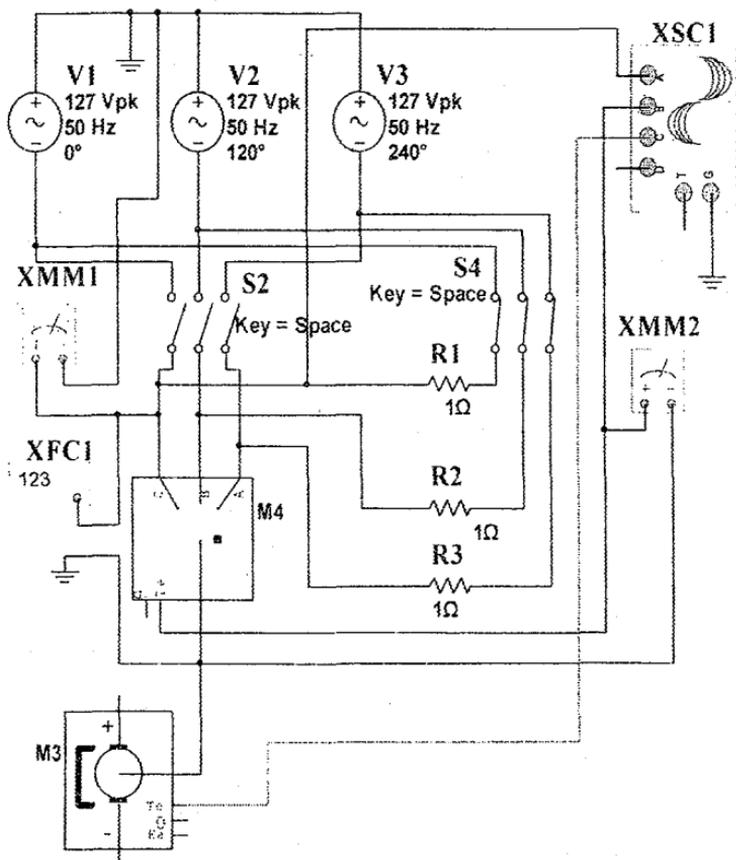


Рис.13.4. Виртуальная схема реостатного пуска СГ.

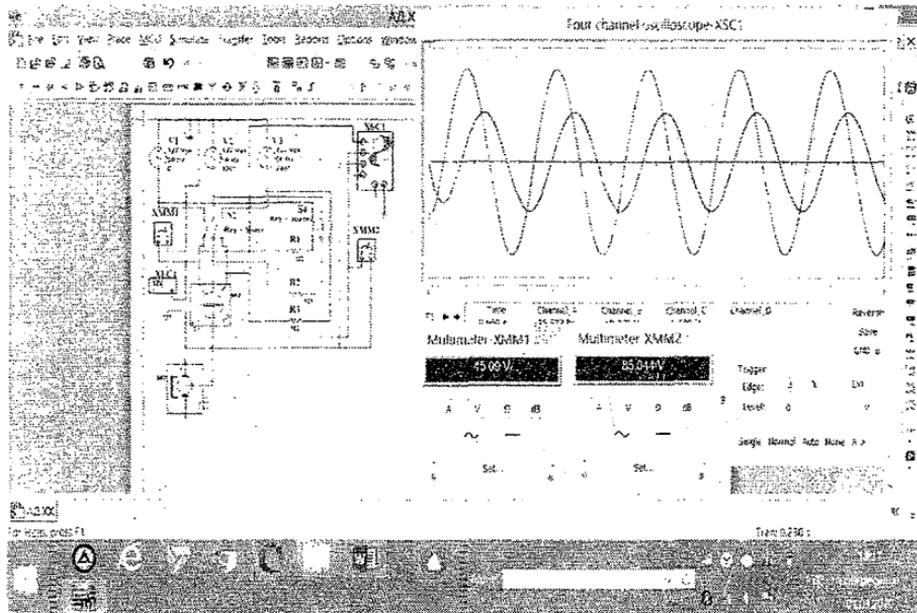


Рис. 13.5. Виртуальная модель реостатного пуска СГ.

Таблица 13.1

Схема пуска	Измерения					Вычисления		
	U <sub>ф</sub>	I <sub>φ</sub>	U <sub>0</sub>	I <sub>0</sub>	f <sub>СГ</sub>	P <sub>0</sub>	cos φ	η
	В	А	В	А	Гц	Вт	-	%
Прямой								
Реостатный								

### Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип действия синхронного генератора.
2. Объясните прямой пуск синхронного генератора.
3. Как изменяется форма напряжения при прямом пуске СГ?
4. Объясните реостатный пуск синхронного генератора.
5. Как влияют реостаты на форму выходного напряжения СГ?

# Виртуальные лабораторные работы по разделу ЭЛЕКТРОНИКА

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ ОДНОФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

#### 14.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение электрических цепей выпрямления однофазного переменного напряжения.
2. Определение коэффициента выпрямления на основе экспериментальных значений и сравнения с теоретическими расчетами.
3. Изучение влияния электрических фильтров на форму выпрямленного напряжения.
4. Наблюдение за осциллограммой колебания напряжений.

#### 14.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);
- из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

#### Одно-полупериодная схема выпрямления однофазного переменного напряжения

Студент собирает одно-полупериодную схему выпрямления однофазного переменного напряжения с ёмкостным фильтром и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений тока и напряжения (рис.14.1.).

-Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой напряжений.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

• Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь без ёмкостного фильтра (рис.14.2.) и записывает в табл. 14.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем, заполняет графу «Вычисления».

- Включает виртуальную цепь с ёмкостным фильтром (рис.14.3.) и записывает в табл. 14.1. значения токов и напряжений. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

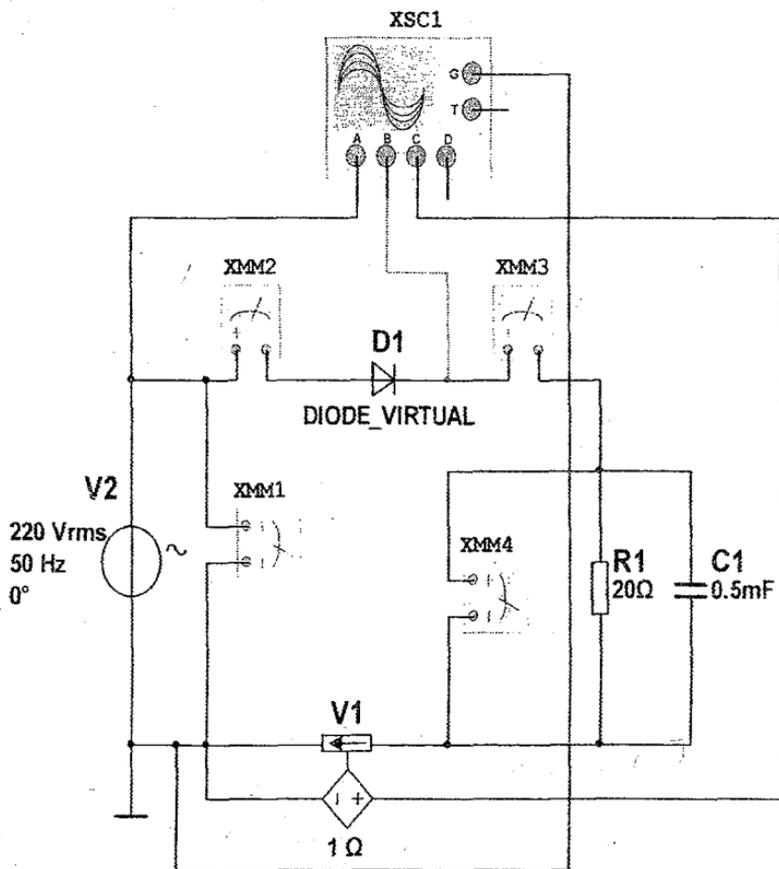


Рис.14.1. Виртуальная схема одно-полупериодного выпрямления однофазного переменного напряжения

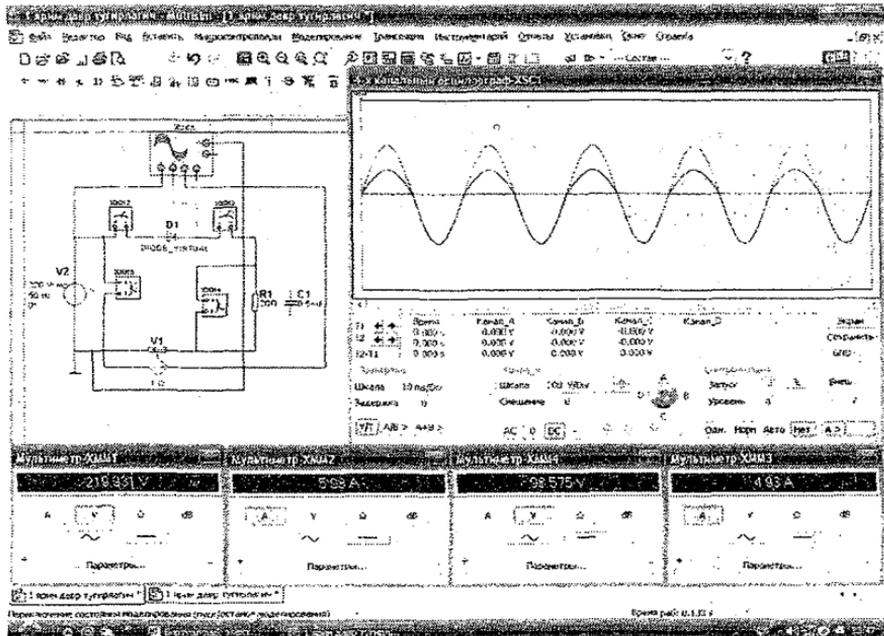


Рис.14.2. Виртуальная модель одно-полупериодного выпрямления однофазного переменного напряжения без электрического фильтра

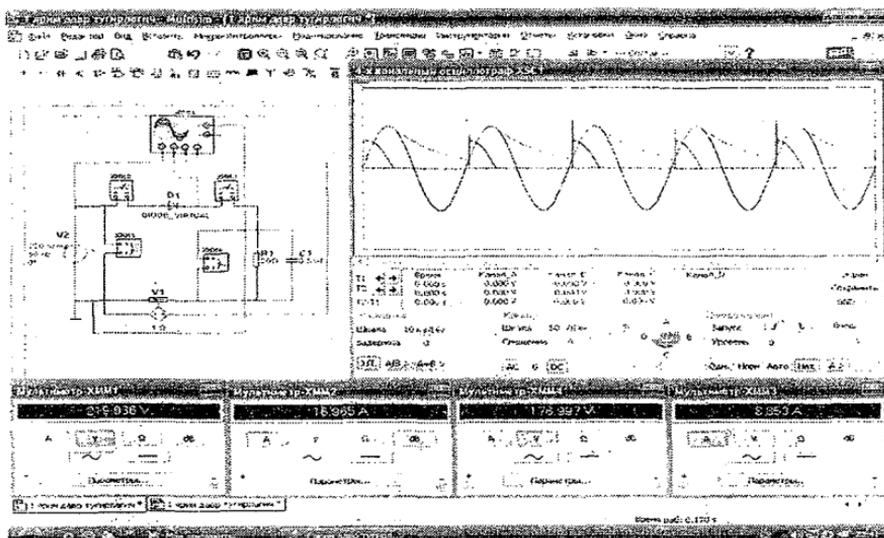


Рис.14.3. Виртуальная модель одно-полупериодного выпрямления однофазного переменного напряжения с емкостным фильтром

## Двух-полупериодная схема выпрямления однофазного переменного напряжения с подключением потребителя к средней точке трансформатора

Студент собирает двух-полупериодную схему выпрямления однофазного переменного напряжения с подключением потребителя к средней точке трансформатора и с ёмкостным фильтром а также подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений тока и напряжения (рис.14.4.).

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой напряжений.

- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь без ёмкостного фильтра (рис.14.5.) и записывает в табл. 14.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем, заполняет графу «Вычисления».

- Включает виртуальную цепь с ёмкостным фильтром (рис.14.6.) и записывает в табл. 14.1. значения токов и напряжений. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

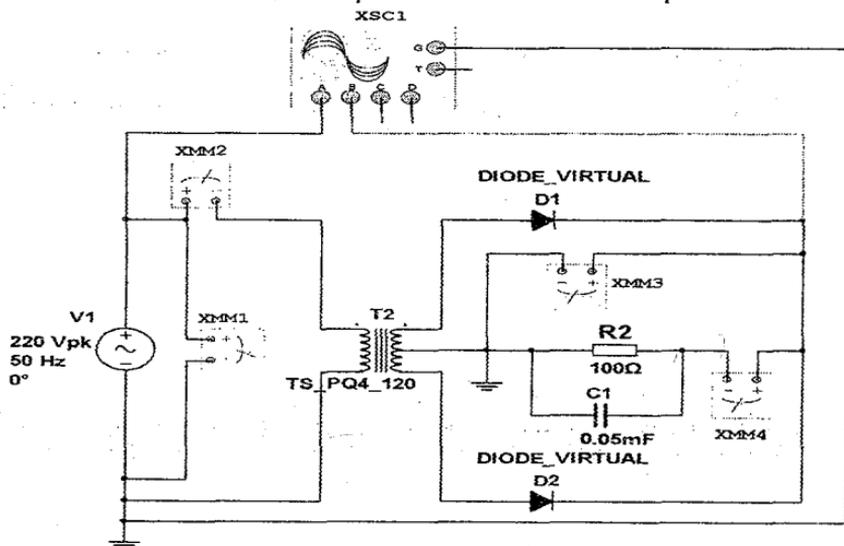


Рис.14.4. Виртуальная схема двух-полупериодного выпрямления однофазного переменного напряжения с подключением потребителя к средней точке трансформатора



## Двух-полупериодная мостовая схема выпрямления однофазного переменного напряжения

Студент собирает двух-полупериодную мостовую схему выпрямления однофазного переменного напряжения с ёмкостным фильтром и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений тока и напряжения (рис.14.7.).

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой напряжений.
- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.
- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь без ёмкостного фильтра (рис.14.8.) и записывает в табл. 14.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».
- Включает виртуальную цепь с ёмкостным фильтром (рис.14.9.) и записывает в табл. 14.1. значения токов и напряжений. Затем, заполняет графу «Вычисления».
- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

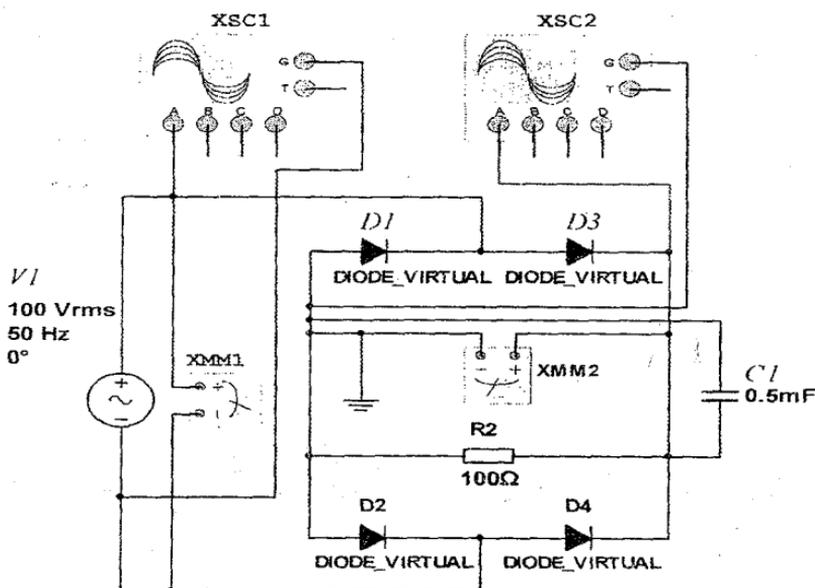


Рис.14.7. Виртуальная схема двух-полупериодной мостовой схемы выпрямления однофазного переменного напряжения

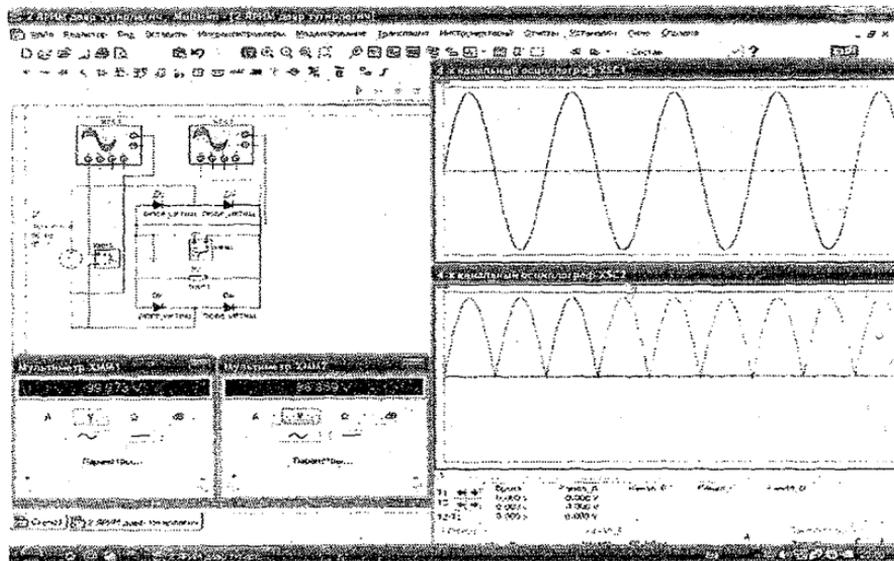


Рис.14.8. Виртуальная модель двух-полупериодной мостовой схемы выпрямления однофазного переменного напряжения без емкостного фильтра

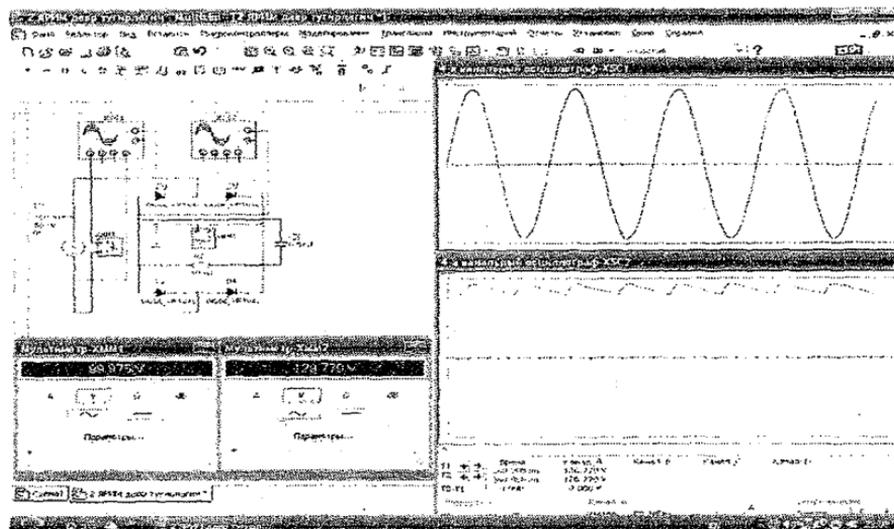


Рис.14.9. Виртуальная модель двух-полупериодной мостовой схемы выпрямления однофазного переменного напряжения с ёмкостным фильтром

Виртуальная схема	Без ёмкостного фильтра			С ёмкостным фильтром		
	$U_1$	$U_2$	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$U_1$	$U_2$	$K = \frac{U_2}{U_1}$
	В	В	-	В	В	-
Рис.14.1						
Рис.14.4						
Рис.14.7						

### Контрольные вопросы

1. Объясните процесс выпрямления однофазного переменного напряжения.
2. Чему равно среднее или выпрямленное значение синусоидального переменного напряжения?
2. Как влияет ёмкостной фильтр на форму напряжения?
3. Что такое коэффициент выпрямления и как он определяется?
4. Где применяется однофазное выпрямленное напряжение?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

#### 15.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение электрических цепей выпрямления трёхфазного переменного напряжения.
2. Определение коэффициента выпрямления на основе экспериментальных значений и сравнения с теоретическими расчетами.
3. Изучение влияния электрических фильтров на форму выпрямленного напряжения.
4. Наблюдение за осциллограммой колебания напряжений.

#### 15.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### Одно-полупериодная схема выпрямления трёхфазного переменного напряжения

Студент собирает одно-полупериодную схему выпрямления трёхфазного переменного напряжения с ёмкостным фильтром и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений тока и напряжения (рис.15.1).

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой напряжений.

- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь без ёмкостного фильтра (рис.15.2.) и записывает в табл. 15.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем, заполняет графу «Вычисления».

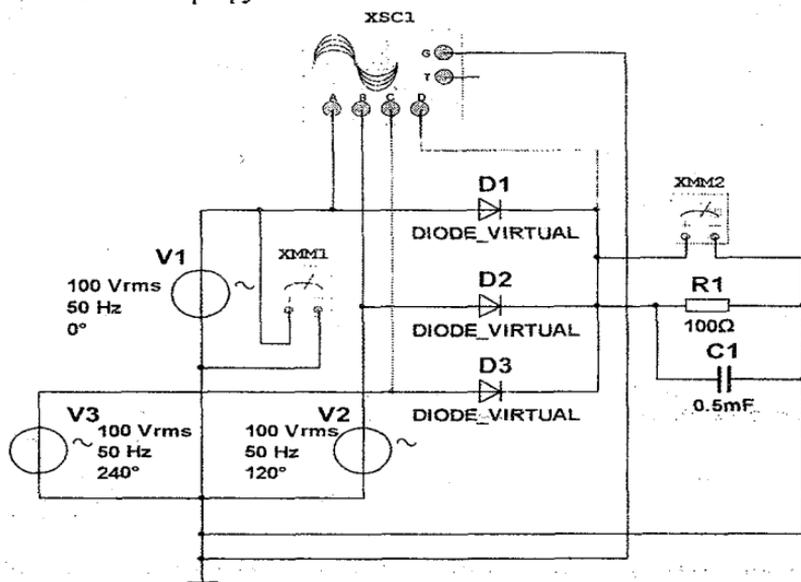


Рис.15.1. Виртуальная схема одно-полупериодного выпрямления трёхфазного переменного напряжения

- Включает виртуальную цепь с ёмкостным фильтром (рис.15.3.) и записывает в табл. 15.1. значения токов и напряжений. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

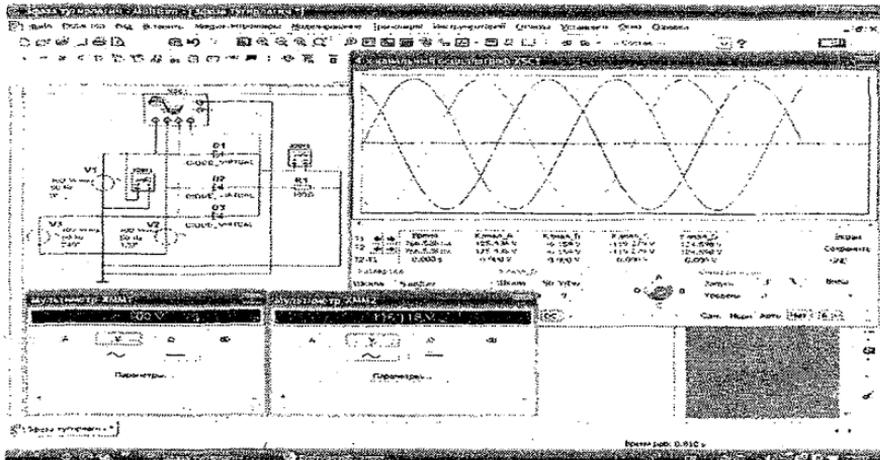


Рис.15.2. Виртуальная модель одно-полупериодного выпрямления трёхфазного переменного напряжения без емкостного фильтра

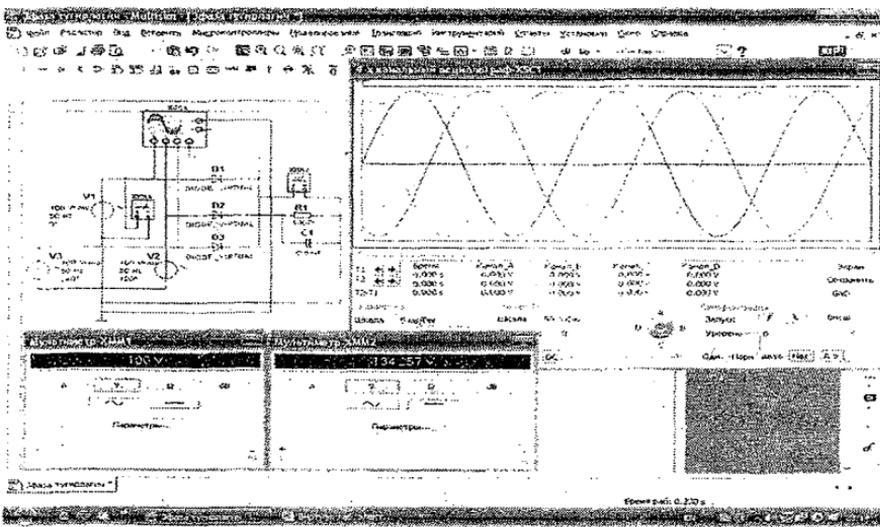


Рис.15.3. Виртуальная модель одно-полупериодного выпрямления трёхфазного переменного напряжения с емкостным фильтром

## Двух-полупериодная схема выпрямления трёхфазного переменного напряжения

Студент собирает двух-полупериодную схему выпрямления трёхфазного переменного напряжения с ёмкостным фильтром и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений тока и напряжения (рис.15.4.).

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой напряжений.

- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь без ёмкостного фильтра (рис.15.5.) и записывает в табл. 15.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем, заполняет графу «Вычисления».

- Включает виртуальную цепь с ёмкостным фильтром (рис.15.6.) и записывает в табл. 15.1. значения токов и напряжений. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания напряжений.

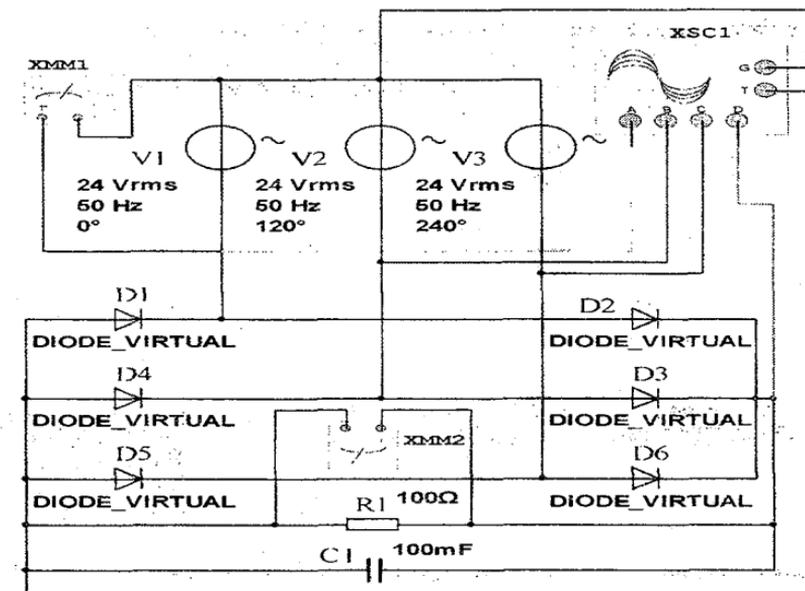


Рис.15.4. Виртуальная схема двух-полупериодной схемы выпрямления трёхфазного переменного напряжения

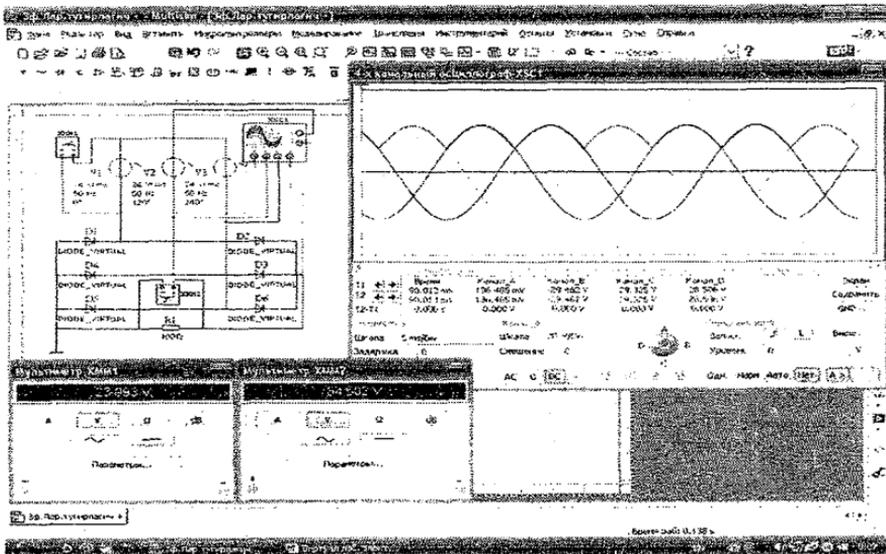


Рис. 15.5. Виртуальная модель двух-полупериодной схемы выпрямления трёхфазного переменного напряжения без емкостного фильтра

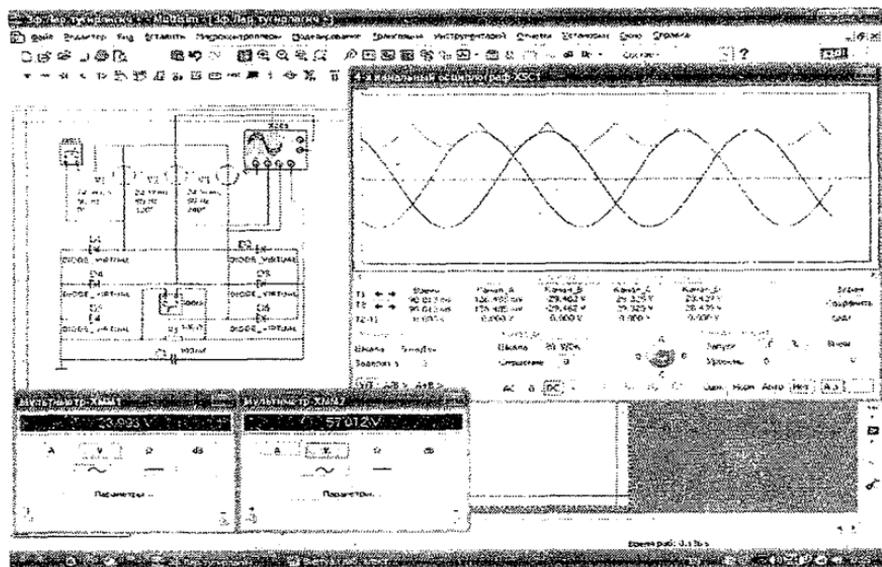


Рис. 15.6. Виртуальная модель двух-полупериодной схемы выпрямления трёхфазного переменного напряжения с емкостным фильтром

Таблица 15.1

Виртуальная схема	Без ёмкостного фильтра			С ёмкостным фильтром		
	$U_1$	$U_2$	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$U_1$	$U_2$	$K = \frac{U_2}{U_1}$
	В	В	-	В	В	-
Рис.15.1						
Рис.15.4						

### Контрольные вопросы

1. Объясните процесс выпрямления трёхфазного переменного напряжения.
2. Сравните коэффициенты выпрямления в трёхфазных схемах выпрямления.
3. Как влияет ёмкостной фильтр на форму напряжения?
4. Что такое коэффициент выпрямления и как он определяется?
5. Где применяется трёхфазное выпрямленное напряжение?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

#### 16.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с принципом построения и работы усилителей мощности.
2. Изучение принципа работы усилителя мощности на транзисторном каскаде.
2. Изучение принципа работы операционного усилителя мощности.
3. Определение коэффициента полезного действия и усиления по мощности.
4. Наблюдение за осциллограммой колебаний входного и выходного напряжения усилителя мощности.

#### 16.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент:

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### Усилитель мощности на транзисторном каскаде с общим эмиттером

Студент собирает схему усилителя мощности на транзисторном каскаде с общим эмиттером подключенного к функциональному преобразователю (XFG1) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений токов, напряжений и мощностей (рис.16.1).

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой входных и выходных напряжений усилителя мощности.

-Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.16.2.) и записывает в табл. 16.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой колебания входных и выходных напряжений усилителя мощности.

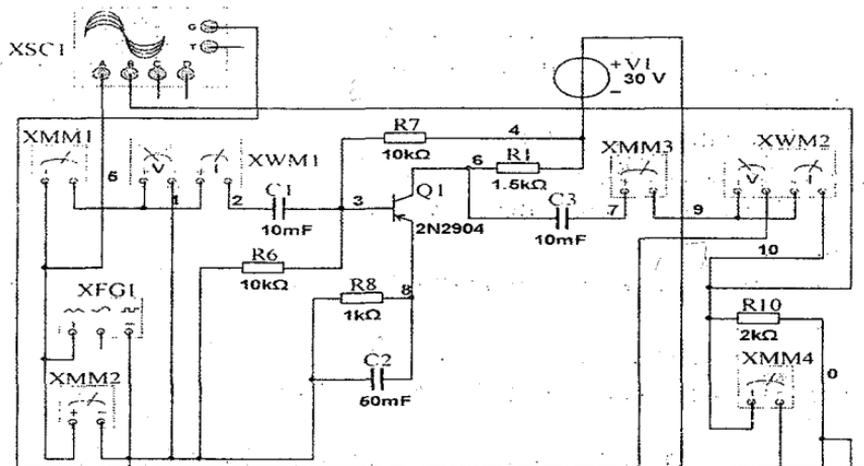


Рис.16.1. Виртуальная схема усилителя мощности на транзисторном каскаде с общим эмиттером.

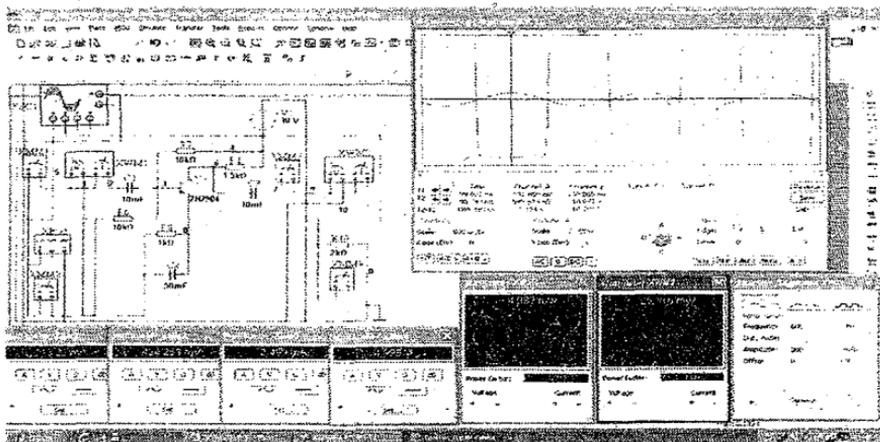


Рис.16.2. Виртуальная модель усилителя мощности на транзисторном каскаде с общим эмиттером.

### Операционный усилитель мощности

Студент собирает схему операционного усилителя мощности подключенного к источнику переменного напряжения (V1) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений токов, напряжений и мощностей (рис.16.3.).

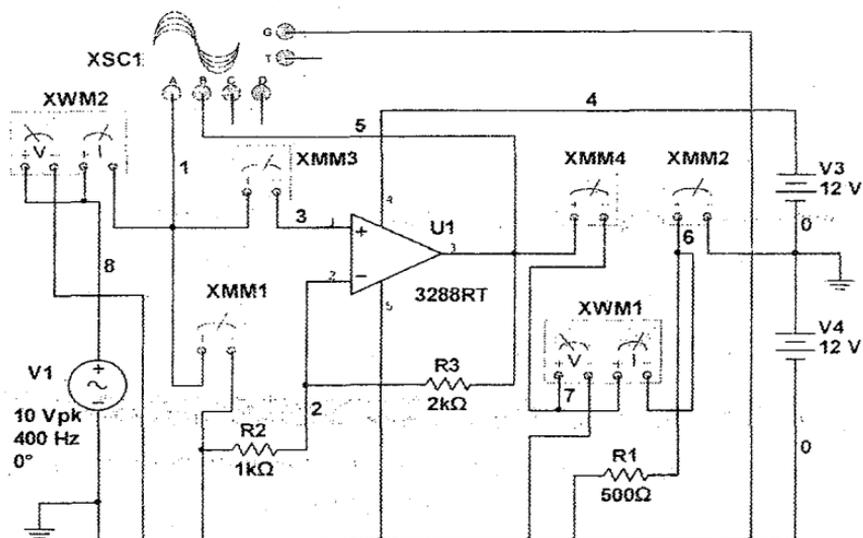


Рис.16.3. Виртуальная схема операционного усилителя мощности

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за формой входных и выходных напряжений усилителя мощности.

- Увеличивает размеры виртуальных измерительных приборов и осциллографа.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь (рис.16.2.) и записывает в табл. 16.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой колебания входных и выходных напряжений усилителя мощности.

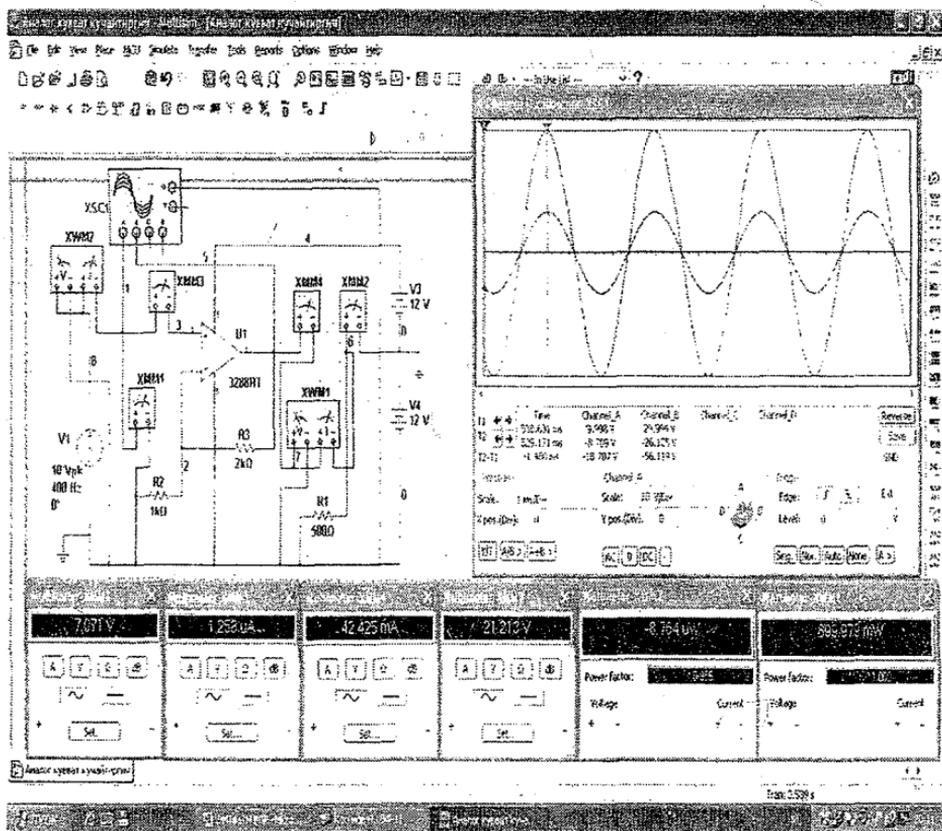


Рис.16.4. Виртуальная модель операционного усилителя мощности

Виртуальная модель усилителя мощности	Измерения						Вычисления	
	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\%$
	В	В	мА	мА	мВт	мВт	-	%
Рис.16.2								
Рис.16.4								

### Контрольные вопросы

1. Объясните процесс усиления мощности.
2. Какие основные параметры и характеристики имеют усилители?
3. Как вы понимаете обратную связь в усилителях?
4. На какие классы разделяют усилители?
5. Где применяются усилители мощности?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17 ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТОРОВ

### 17.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение принципов построения и работы инверторов.
2. Исследование дифференциального инвертора.
3. Исследование интегрального инвертора.
4. Исследование инвертора с апериодически затухающим напряжением.
5. Наблюдение за осциллограммой входного и выходного напряжения инверторов.

### 17.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На основе лабораторного задания студент :

- изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;
- на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

### Дифференциальный инвертор

Студент собирает виртуальную схему дифференциального инвертора с питанием от функционального генератора (XFG1) (рис.17.1).

-Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за осциллограммой входного и выходного напряжения дифференциального инвертора.

-Увеличивает размеры виртуального осциллографа и функционального генератора.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь и наблюдает осциллограммой входного прямоугольного и выходного треугольного переменного напряжения дифференциального инвертора (рис.17.2).

В виртуальной электрической цепи (рис.17.1): прямоугольное переменное напряжение функционального генератора (XFG1) 5 В/, частота 1000 Гц/.

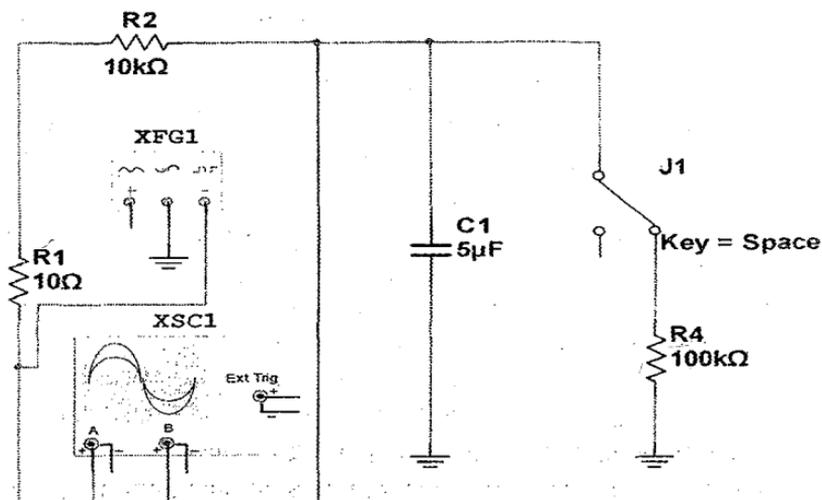


Рис.17.1. Виртуальная электрическая схема дифференциального инвертора

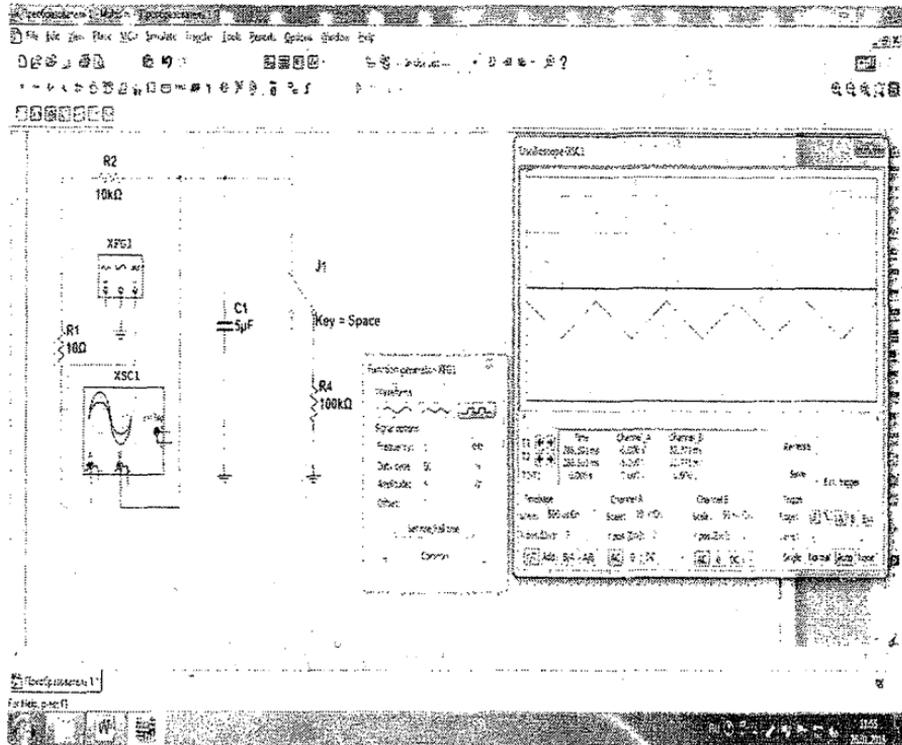


Рис.17.2. Виртуальная модель дифференциального инвертора

### Интегральный инвертор

Студент собирает виртуальную схему интегрального инвертора с питанием от функционального генератора (XFG1) (рис.17.3).

- Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за осциллограммой входного и выходного напряжения интегрального инвертора.

- Увеличивает размеры виртуального осциллографа и функционального генератора.

- Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь и наблюдает за осциллограммой входного треугольного и выходного прямоугольного переменного напряжения (рис.17.4).

В виртуальной электрической цепи (рис.17.1): прямоугольное переменное напряжение функционального генератора (XFG1)  $5\text{ В/}$ , частота  $1000\text{ Гц/}$ .

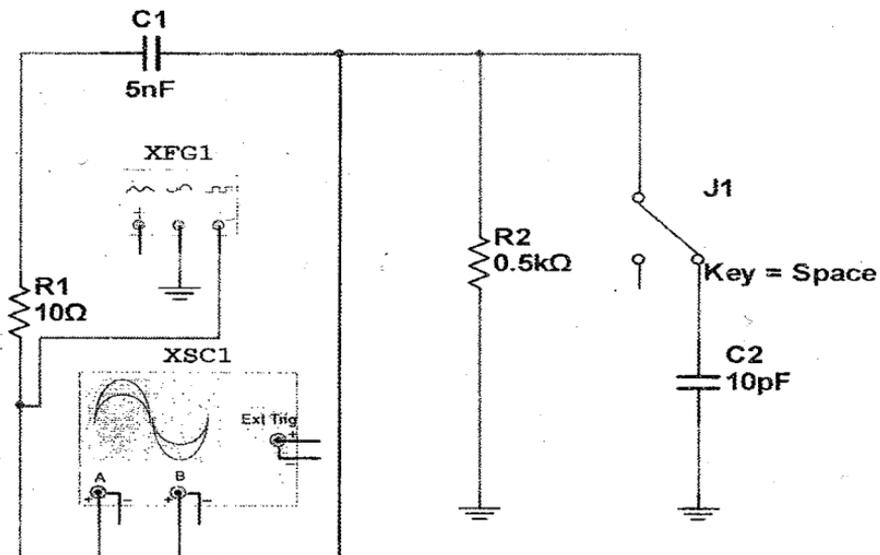


Рис. 17.3. Виртуальная электрическая схема интегрального инвертора

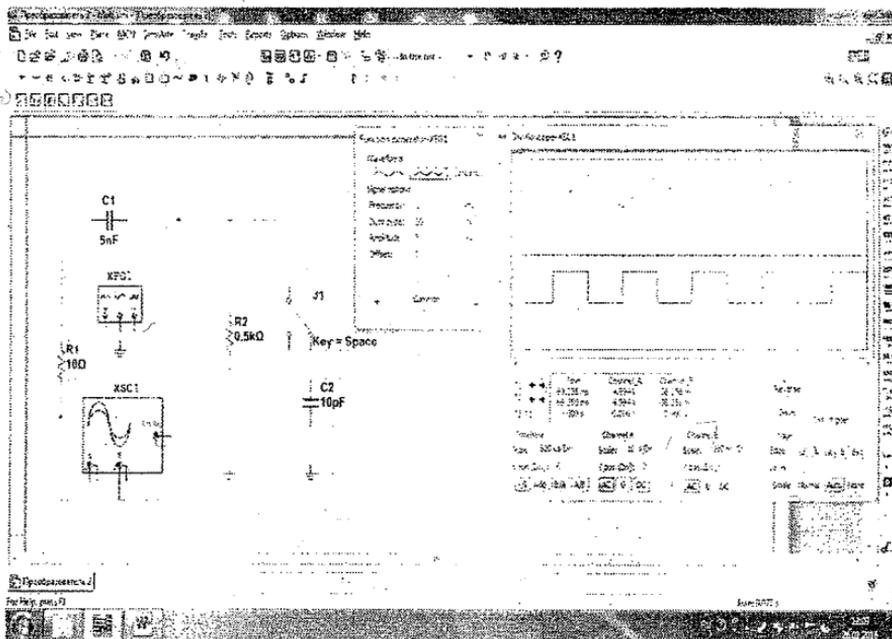


Рис. 17.4. Виртуальная модель интегрального инвертора

## Инвертор с аperiodически затухающим напряжением

Студент собирает виртуальную схему инвертора с аperiodически затухающим напряжением с питания от функционального генератора (XFG1) (рис.17.5).

-Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за осциллограммой входного и выходного напряжения инвертора с аperiodически затухающим напряжением.

-Увеличивает размеры виртуального осциллографа и функционального генератора.

-Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь и наблюдает за осциллограммой входного прямоугольного и выходного аperiodически затухающего переменного напряжения (рис.17.6).

В виртуальной электрической цепи (рис.17.1): прямоугольное переменное напряжение функционального генератора (XFG1) 5 В/, частота 1000 /Гц/.

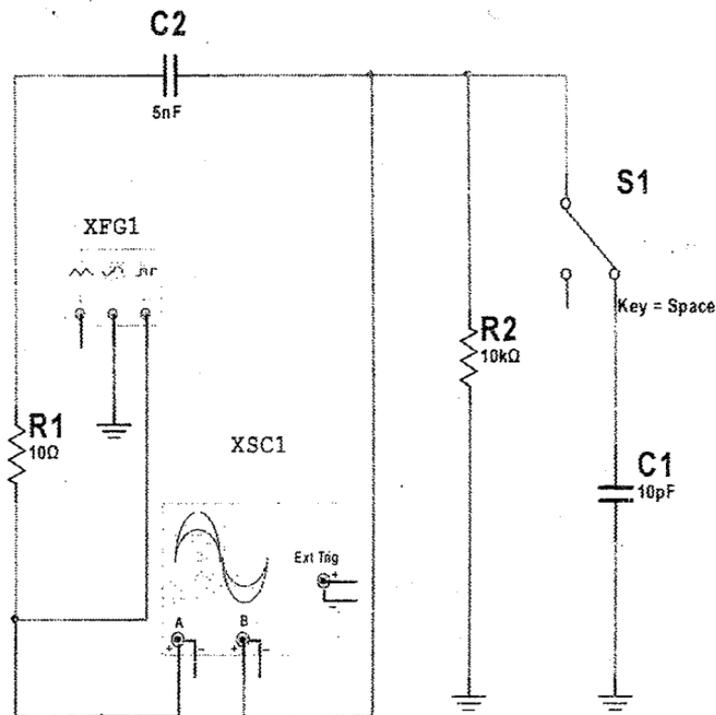


Рис.17.5. Виртуальная электрическая схема инвертора с аperiodически затухающим напряжением

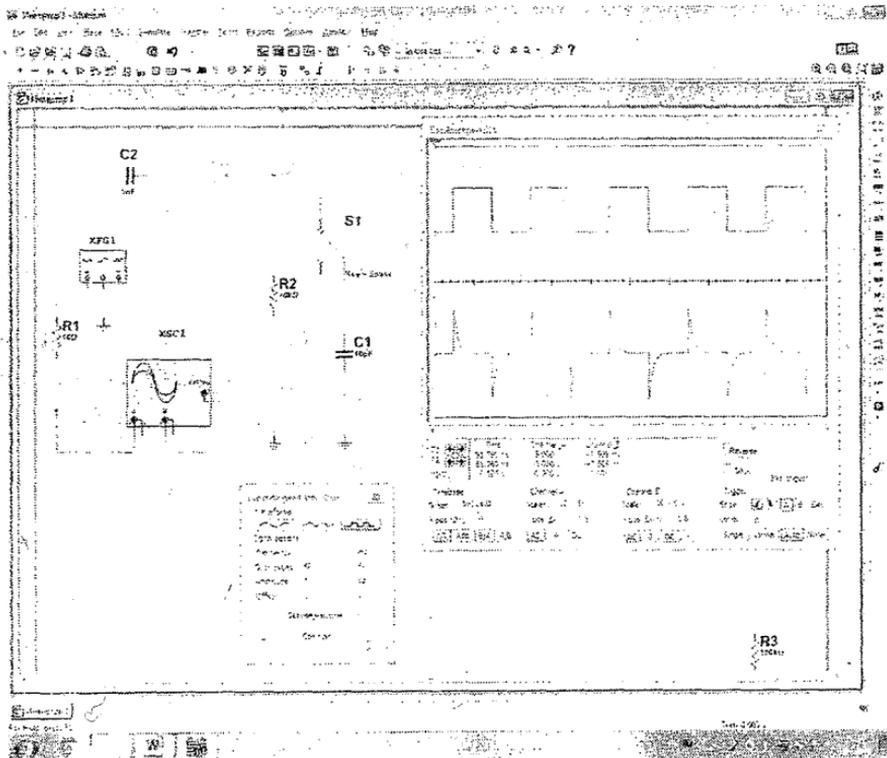


Рис.17.6. Виртуальная модель инвертора с аperiodически затухающим напряжением

### Контрольные вопросы

1. Что такое дифференциальный инвертор?
2. Почему в дифференциальном инверторе изменяется форма прямоугольного напряжения?
3. Что такое интегральный инвертор?
4. Почему в интегральном инверторе изменяется форма треугольного напряжения?
5. Объясните процесс аperiodического затухания напряжения в инверторе.
6. Где применяются инверторы.

**18.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Изучение принципов построения и работы параметрического стабилизаторов.
2. Исследование стабилизирующих свойств параметрического стабилизатора напряжения (ПСН).
3. Построение и анализ внешних характеристик ПСН.
4. Определение коэффициента стабилизации ПСН.
5. Наблюдение за осциллограммой колебания входного и выходного напряжения ПСН.

**18.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

На основе лабораторного задания студент :

-изучает теоретические сведения из списка использованной литературы;

-на мониторе компьютера открывает «Главное окно» программы «MS14.0» (рис.1);

-из базы виртуальных элементов (рис.2), приборов и устройств (рис.3) выбирает электрические элементы, приборы и устройства для сборки схемы электрической цепи.

**Параметрический стабилизатор напряжения без электрических фильтров**

Студент собирает виртуальную схему ПСН с питанием от функционального генератора (XFG2) и подключает виртуальные измерительные приборы для измерения значений входного и выходного напряжений и токов. (рис.18.1.).

-Подключает осциллограф (XSC1) для наблюдения за осциллограммой входного и выходного напряжения ПСН.

-Увеличивает размеры виртуального осциллографа и функционального генератора.

4. Нажав кнопку «Пуск» (цифра 1) запускает виртуальную цепь без фильтров С1 и С2. Наблюдает за осциллограммой входного синусоидального и выходного выпрямленного напряжения ПСН (рис.18.2).

5. Записывает в табл. 18.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем, заполняет графу «Вычисления».

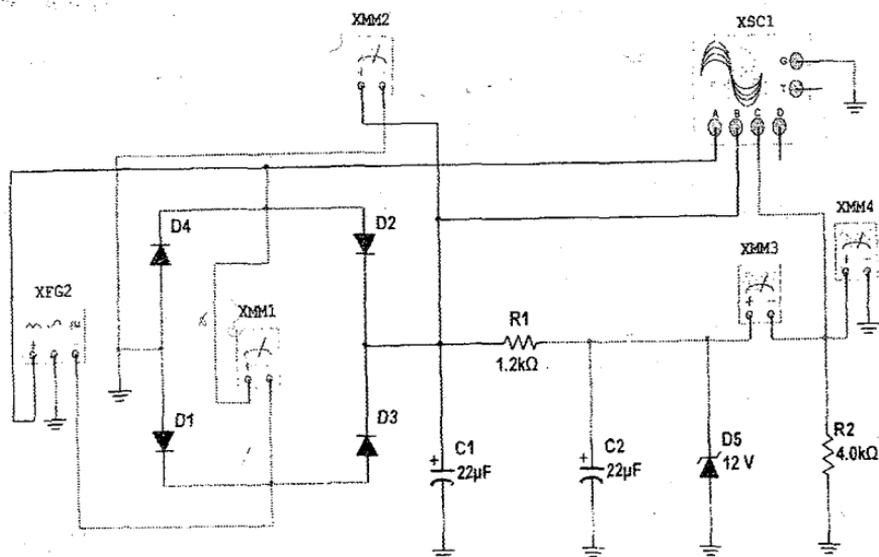


Рис.18.1. Виртуальная электрическая схема ПСН

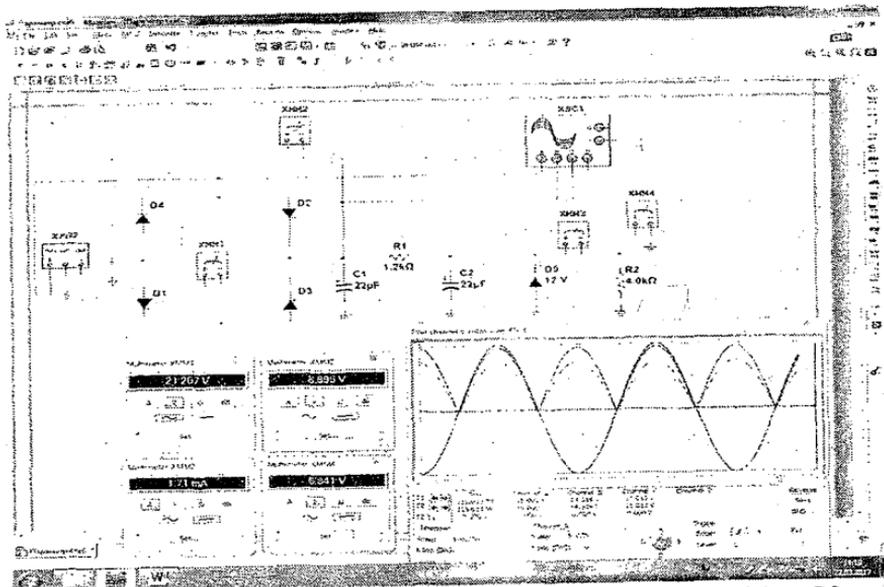


Рис.18.2. Виртуальная модель ПСН без фильтров C1 и C2

### Параметрический стабилизатор напряжения с фильтром С1

Студент в электрической схеме ПСН (рис.18.1.) включает фильтр С1 и нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь и наблюдает за осциллограммой входного синусоидального и выходного выпрямленного напряжения ПСН (рис.18.3).

-Записывает в табл. 18.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой влияния фильтра С1 на форму выходного напряжения ПСН.

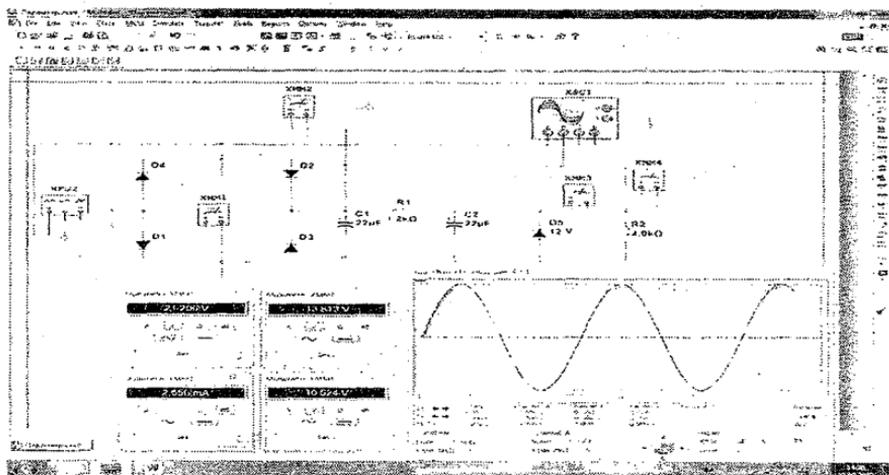


Рис.18.3. Виртуальная модель ПСН с фильтром С1

### Параметрический стабилизатор напряжения с фильтром С2

Студент в электрической схеме ПСН (рис.18.1.) включает фильтр С2 и нажав кнопку «Пуск» (цифра 1), запускает виртуальную цепь и наблюдает за осциллограммой входного синусоидального и выходного выпрямленного напряжения ПСН (рис.18.4).

- Записывает в табл. 18.1. в графе «Измерения» значения по показаниям измерительных приборов. Затем, заполняет графу «Вычисления».

- Наблюдает за осциллограммой влияния фильтра С2 на форму выходного напряжения ПСН.

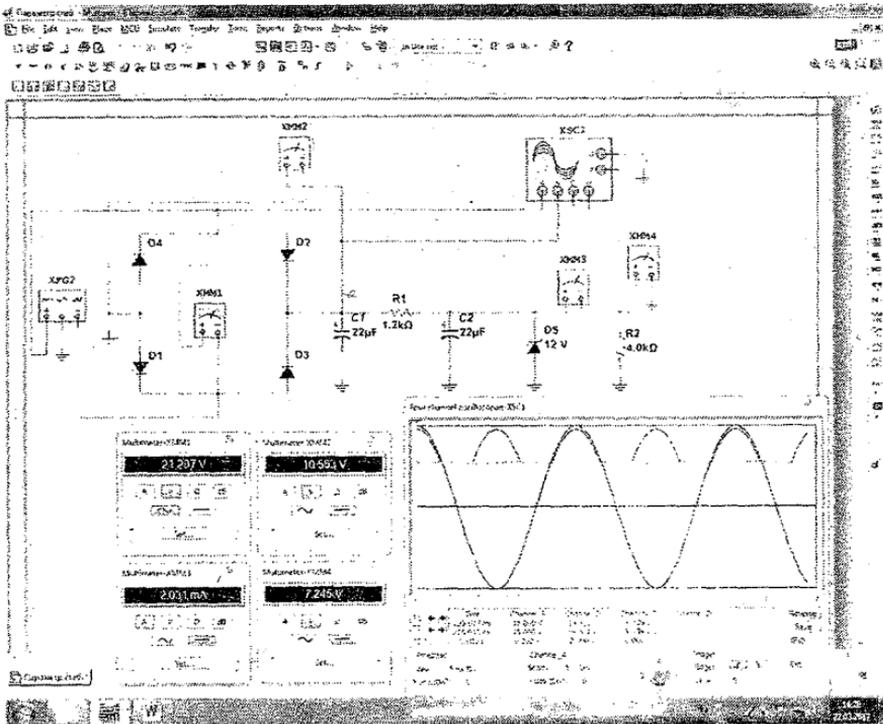


Рис.18.4. Виртуальная модель ПСН с фильтром C2

### Параметрический стабилизатор напряжения с фильтрами C1 и C2

Студент в электрической схеме ПСН (рис.18.1.) включает фильтры C1 и C2 и нажав кнопку «Пуск» (цифра 1) запускает виртуальную цепь и наблюдает за осциллограммой входного синусоидального и выходного выпрямленного напряжения ПСН (рис.18.4).

-Изменяя значение сопротивления резистора R2 (рис.18.5.), в табл. 18.1. записывает показания измерительных приборов в графе «Измерения». Затем заполняет графу «Вычисления».

-Наблюдает за осциллограммой влияния фильтров C1 и C2 на форму выходного напряжения ПСН.

-По значениям в табл. 18.1. строить внешние характеристики (( $U_2=f(U_1)$ ,  $U_3=f(U_1)$ ) ПСН.

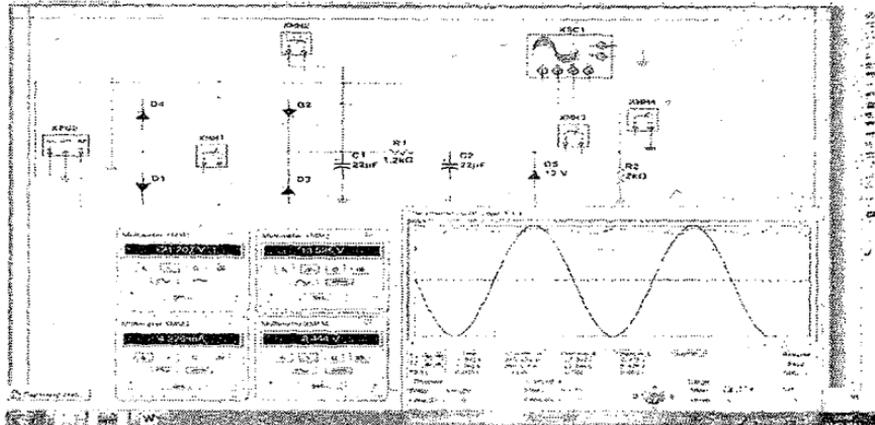


Рис. 18.5. Виртуальная модель ПСН с фильтрами C1 и C2 и с сопротивлением резистора R2=2/кОм/.

Таблица 18.1

Виртуальная схема	Измерения				Вычисления
	$U_{вх.}$	$U_{вых.1}$	$U_{вых.2}$	$I_{вых.}$	$K = U_{вых.2} / U_{вых.1}$
	В	В	В	А	-
Рис.18.2 С фильтром C1					
Рис.18.3 С фильтром C2					
Рис.18.4 С фильтром C1 и C2					
Рис.18.5	$R_2$	Внешние характеристики ПСН			
	кОм				
	2				
	4				
	6				
	10				

### Контрольные вопросы

1. Функциональное предназначение ПСН?
2. Какое воздействие оказывают фильтры на выходное напряжение ПСН?
3. Что такое коэффициент стабилизации?
4. Какое воздействие оказывают резистор  $R_2$  на выходное напряжение ПСН?
5. Объясните внешние характеристики ПСН.
6. Где применяются параметрические стабилизаторы?

# ЛИТЕРАТУРА

## Основная литература

1. Немцов М.В. Электротехника Учебник в двух кн. - Москва. Издательский центр "Академия", 2014.
2. Хернтер Марк.Е. Multisim 7\*: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств Перевод с англ. Осипов А.И. М.: Издательский дом ДМК пресс, 2006.
3. John Bird. "Electrical and Electronic Principles and Technology" LONDON AND NEW YORK, 2014.-455 p.
4. Музин Ю.М. Основы электротехники и электроники. Виртуальная электротехника - С-Пб: Питер 2010.
5. Abdullaev B.A, Begmatov Sh.E., Halmanov D. «Elektrotexnika va elektronika asoslari» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy ko'rsatmalar. Toshkent, ToshDTU, 2016.
6. Begmatov Sh.E. «Elektrotexnika va elektronika» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy ko'llanma. TDTU, 2018.-1776.

## Дополнительная литература

1. Алиев И. И. Виртуальная электротехника. Компьютерные технологии в электротехнике и электронике. – Т 2003.
2. Aripov X.K., Abdullaev A.M., Alimova N.B. Elektronika va sxemotexnika. O'quv qo'llanma. – Toshkent.: TATU, 2008.
3. Begmatov Sh.E. «Nazariy elektrotexnika» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy ko'llanma. TDTU, 2019.-1446.

## Электронные ресурсы

1. [www.ni.com/multisim/](http://www.ni.com/multisim/)
2. Профессиональная и образовательная среда схемотехнического проектирования - <http://russia.ni.com/multisim>.

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
<b>ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ</b>	<b>4</b>

**Виртуальные лабораторные работы по разделу  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b> .....	<b>7</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	
<b>ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗИСТОРА, ИНДУКТИВНОЙ КАТУШКИ И КОНДЕНСАТОРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ СИНУСОИДАЛЬНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА</b> .....	<b>13</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ РЕЗИСТОРА, КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И КОНДЕНСАТОРА</b> .....	<b>20</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ РЕЗИСТОРА, КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И КОНДЕНСАТОРА</b> .....	<b>25</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СО СМЕШАННЫМ СОЕДИНЕНИЕМ РЕЗИСТОРА, КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И КОНДЕНСАТОРА</b> .....	<b>30</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ</b> .....	<b>37</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА ТОКОВ</b> .....	<b>43</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8	
<b>ТРЕХФАЗНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, СОЕДИНЁННАЯ ПО СХЕМЕ «ЗВЕЗДА»</b> .....	<b>50</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9	
<b>ТРЕХФАЗНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, СОЕДИНЁННАЯ ПО СХЕМЕ «ТРЕУГОЛЬНИК»</b> .....	<b>59</b>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10	
<b>ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ.....</b>	<b>67</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....</b>	<b>79</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ.....</b>	<b>85</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКА СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА.....</b>	<b>90</b>
<b>Виртуальные лабораторные работы по разделу ЭЛЕКТРОНИКА</b>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14	
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ ОДНОФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ .....</b>	<b>95</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15	
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ ТРЁХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....</b>	<b>102</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ.....</b>	<b>107</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТОРОВ.....</b>	<b>111</b>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАТОРА.....</b>	<b>117</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>123</b>

**Редактор: Н.С. Покачалова**

---

**Bosishga ruhsat etildi 22.06.2020 y. Bichimi 60x84 1/16.  
Shartli bosma tabog'i 8. Nusxasi 50 dona. Buyurtma № 51.**

---

**TDU bosmaxonasida chop etildi. Toshkent sh, Talabalar ko'chasi 54.**