



ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**«ТЮМЕНСКИЙ НЕФТЕПРОВОДНЫЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Тюмень, 2022

Предисловие

Электрические цепи. Тюмень, «ТНПК», 2022 - 41 с.

Методическое руководство по выполнению практических работ предназначено для использования при подготовке и проведения лабораторных работ на отделении среднего профессионального образования.

Данное руководство включает в себя руководства по выполнению базовых экспериментов используемых при изучении предмета «Электротехника».

ОРГАНИЗАЦИЯ – РАЗРАБОТЧИК: Частное профессиональное образовательное учреждение «Тюменский нефтепроводный профессиональный колледж»

РАЗРАБОТЧИКИ:

Пономарева Анна Викторовна – преподаватель отделения среднего профессионального образования

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделения СПО _____ А.В.Апаев

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению
на заседании учебно-методического совета «ТНПК»

Протокол № _____ от _____

Содержание

1	Лабораторная работа № 1 «Исследование закона Ома для участка цепи».....	10
2	Лабораторная работа № 2 «Исследование закона Ома для полной цепи».....	14
3	Лабораторная работа № 3 «Исследование последовательного соединения сопротивлений».....	17
4	Лабораторная работа № 4 «Исследование параллельного соединения сопротивлений».....	20
5	Лабораторная работа № 5 «Исследование смешанного соединения сопротивлений».....	23
6	Лабораторная работа № 6 «Исследование способов измерения сопротивления».....	26
7	Лабораторная работа № 7 «Последовательное соединение R, L, C элементов. Резонанс напряжений».....	29
8	Лабораторная работа №8 «Параллельное соединение L, C элементов в цепях синусоидального тока. Резонанс токов».....	33
9	Лабораторная работа № 9 «Определение работоспособности полупроводниковых диодов».....	36
10	Лабораторная работа №10 «Исследование однофазных выпрямителей».....	38
	Список литературы	41

Введение

Цель: получить навыки сборки электрических схем, включения электроизмерительных приборов, измерения токов, напряжений и сопротивлений с помощью мультиметров, мощности с помощью ваттметра

Значение данных работ: навыки, полученные в ходе выполнения данных практических работ, позволят составлять и собирать схемы соединений средней сложности, производить измерения параметров тока.

В результате выполнения данных работ обучающиеся приобретут:

Знания:

- сущность и методы измерений электрических величин;
- условные обозначения элементов цепи на схеме;
- методы расчета электрических цепей;
- техническую терминологию;
- правила техники безопасности при работе с электрическими приборами.

Умения:

- рассчитывать параметры электрических схем;
- эксплуатировать электроизмерительные приборы;
- производить контроль различных параметров;
- читать инструктивную документацию.

Комплект типового лабораторного оборудования «Электрические цепи и основы электроники» предназначен для проведения лабораторных работ по разделам курса «Электротехника».

Основными компонентами комплекта «Теория электрических цепей и основы электроники» являются:

- однофазный источник питания,
- блок генераторов напряжений с наборным полем;
- набор миниблоков;
- блок мультиметров;
- ваттметр;
- соединительные провода и перемычки, питающие кабели;
- настольная рама с выдвижным ящиком.

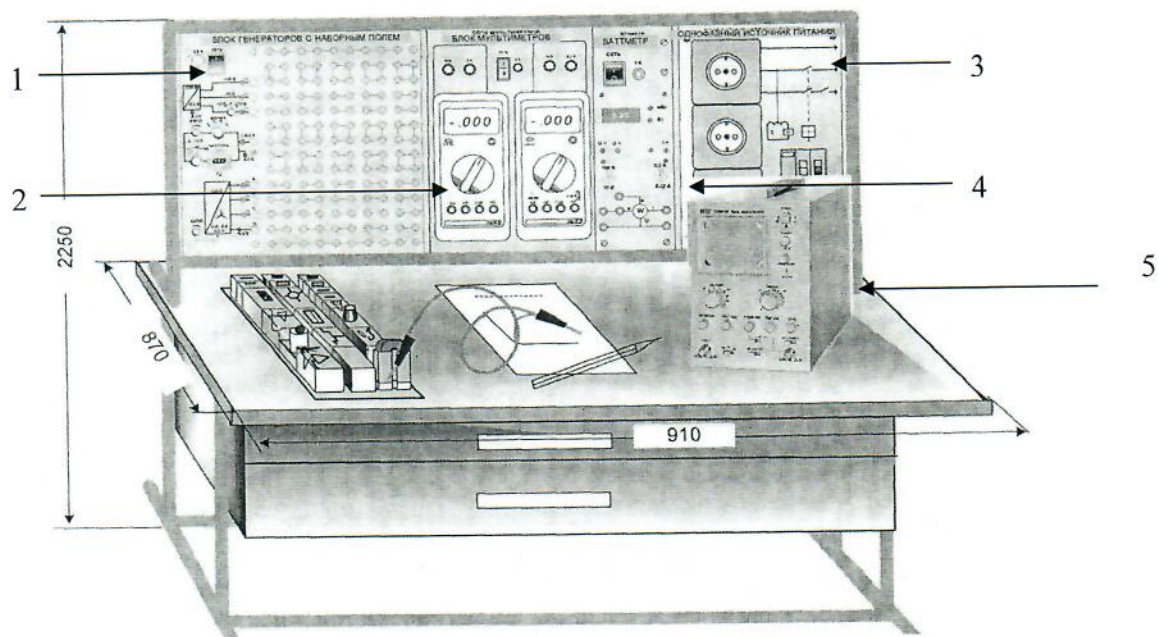
Описание каждой работы содержит:

- общие сведения;

- экспериментальную часть;
- вопросы для отчета.

Раздел «Общие сведения» содержит краткое введение в теорию соответствующего эксперимента. В разделе «Экспериментальная часть» сформулированы конкретные задачи эксперимента, представлены схемы электрических цепей, таблицы для регистрации и представления экспериментальных данных. В разделе «Вопросы для отчета» представлены вопросы, на которые необходимо знать ответы для защиты работы.

Общая компоновка типового комплекта оборудования в стендовом исполнении показана на рисунке 1.



- 1 - блок генераторов с наборным полем;
- 2 - блок мультиметров;
- 3 - блок однофазного источника питания;
- 4 - блок ваттметра;
- 5 - осциллограф

Рисунок 1 – Комплект оборудования в стендовом исполнении

Расположение блоков в раме жёстко не фиксировано. Оно может изменяться для удобства проведения того или иного конкретного эксперимента. Однофазный источник питается от трёхпроводной однофазной сети (фаза, ноль и земля). В нём смонтированы устройство защитного отключения при нарушении изоляции, автомат для защиты от сверхтоков и блок розеток и разъёмов (на тыльной стороне блока) для подключения всех остальных блоков. Общий вид блока генераторов напряжений показан на рисунке 1. В левой

части расположены органы управления источников питания, в правой - гнезда для подключения исследуемых, элементов электрической цепи (миниблоков).

Все источники напряжений включаются и выключаются общим выключателем «Сеть» и защищены от внутренних коротких замыканий плавким предохранителем с номинальным током 0,5 А.

На лицевой панели блока указаны номинальные напряжение и ток каждого источника напряжения, а также диапазоны изменения регулируемых выходных величин. Источники защищены от перегрузок и внешних коротких замыканий самовосстанавливающимися предохранителями с номинальным током 0,2 А. О срабатывании предохранителя свидетельствует индикатор «I >».

Источник синусоидальных напряжений содержит трёхфазный регулируемый по амплитуде выходного напряжения преобразователь однофазного напряжения 50 Гц в трёхфазное напряжение ($U_{\phi} = 0...8 \text{ В}$).

Частота сигнала регулируется десятиоборотным потенциометром «Частота» с цифровой индикацией положения подвижной части и переключателем диапазонов «Множитель».

Амплитуда выходного сигнала регулируется потенциометром «АМПЛ». При положениях переключателя диапазонов $\times 1$ и $\times 10$ амплитуда регулируется от 0 до 12... 12,5 В, а при положении $\times 100$ - от 0 до 6...6,5 В.

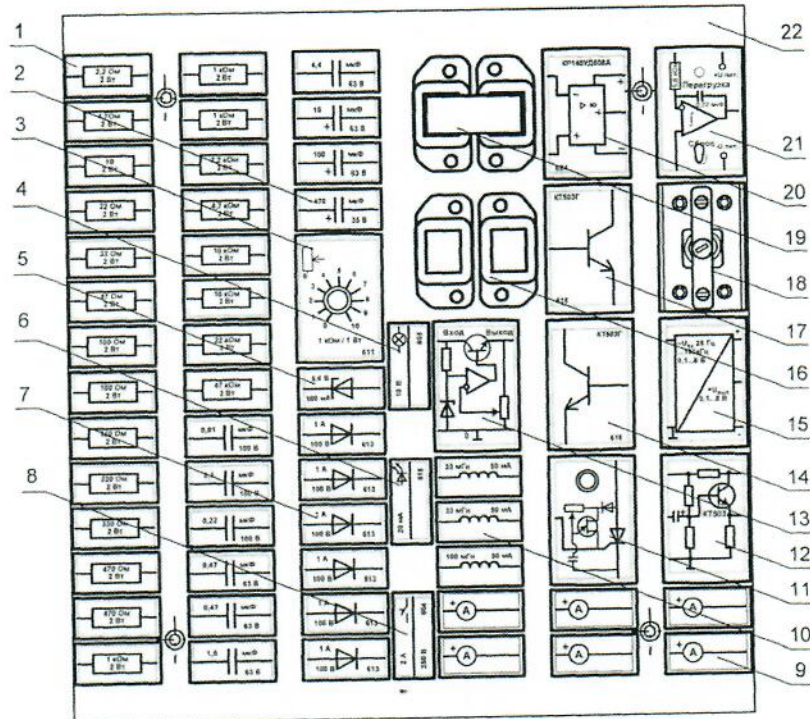
Генератор постоянных напряжений содержит два источника стабилизированного напряжения +15 В и - 15 В относительно общей точки 0 и регулируемый источник от -13 В до + 13 В. Выходные сопротивления этих источников также близки к нулю. Регулируемый источник допускает режим работы с обратным током (режим потребления энергии).

Наборная панель, расположенная справа от генератора напряжений служит для расположения на ней миниблоков в соответствии со схемой данного опыта.

Гнезда на этой панели соединены в узлы, как показано на ней линиями. Поэтому часть соединений выполняется автоматически при установке миниблоков в гнезда панели. Остальные соединения выполняются проводами и перемычками.

Миниблоки представляют собой отдельные элементы электрических цепей (резисторы, конденсаторы, индуктивности диоды, транзисторы и т.п.), помещённые в прозрачные корпуса, имеющие штыри для соединения с гнездами наборной панели. Некоторые миниблоки содержат несколько элементов, соединённых между собой или более сложные функциональные блоки. На этикетках миниблоков изображены условные обозначения элементов или упрощённые электрические схемы их соединения, показано

расположение выводов и приведены основные технические характеристики. Общий вид контейнера с миниблоками представлен на рисунке 2.



- 1- набор резисторов;
- 2- набор конденсаторов;
- 3- потенциометр;
- 4 – лампа сигнальная;
- 5 – стабилитрон;
- 6 – светодиод;
- 7 – набор диодов;
- 8 – микропереключатель (тумблер);
- 9 – набор амперметров
- 10 – набор катушек индуктивности;
- 11 – фазовое управление тиристора;
- 12 – усилительный каскад с общим эмиттером;
- 13 – стабилизатор напряжения;
- 14 – транзистор биполярный;
- 15 – измерительный преобразователь;
- 16 – трансформатор;
- 17 – транзистор биполярный;
- 18 – магнитная цепь;
- 19 – трансформатор с ферромагнитным сердечником;
- 20 – операционный усилитель;

21 – интегратор

Рисунок 2 - Набор миниблоков

Блок мультиметров предназначен для измерения напряжений, токов, сопротивлений, а также для проверки диодов и транзисторов.

В нём установлены 2 мультиметра. В блоке установлен источник питания мультиметров от сети с выключателем и предохранителем на 1 А. На лицевую панель блока вынесены также четыре предохранителя защиты токовых цепей мультиметров.

Для обеспечения надёжной длительной работы мультиметров соблюдайте следующие правила:

- когда порядок измеряемой величины неизвестен, устанавливайте переключатель пределов измерения на наибольшую величину;
- перед тем, как повернуть переключатель для смены рода работы (не для изменения предела измерения!), отключайте щупы от проверяемой цепи;
- не измеряйте сопротивление в цепи, к которой подведено напряжение;
- не измеряйте ёмкость конденсаторов, не убедившись, что они разряжены;
- будьте внимательны при измерении тока мультиметрами МУ62 и МУ64.

До подключения мультиметра к цепи необходимо выполнить следующие операции:

- выбор измеряемой величины: - V, ~ V, - A, ~ A или Ω ;
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к исследуемой цепи.

Присоединение мультиметра как вольтметра, амперметра и омметра показано на рисунке 3.

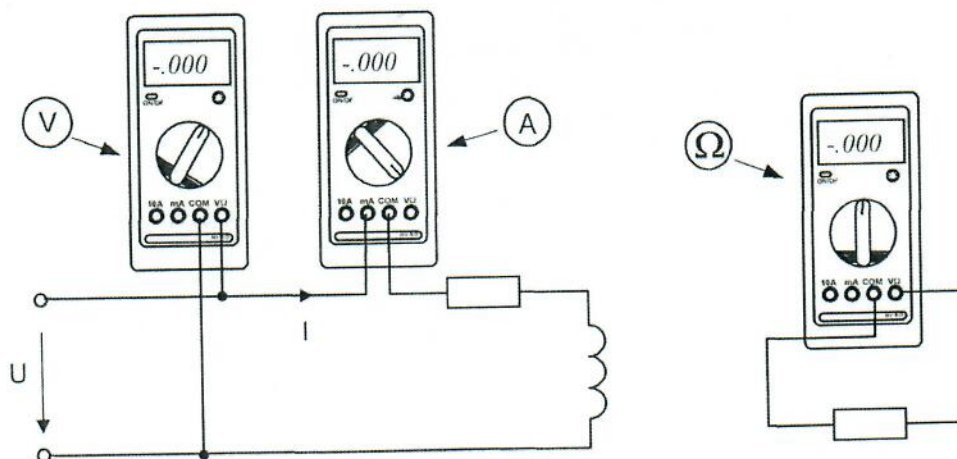


Рисунок 3 - Способы подключения мультиметров для измерения параметров тока

1. Область применения

Настоящий документ устанавливает требования к выполнению практических работ в цепях постоянного и переменного тока с использованием электроизмерительных приборов и предназначен для использования при подготовке и проведения лабораторных работ на отделении среднего профессионального образования.

Настоящий документ предназначен для применения в «ТНПК».

2. Термины и определения

В настоящем документе применены термины с соответствующими определениями:

Источник тока – устройство, преобразующее какой либо вид энергии в электрическую.

Постоянный ток – электрический ток, который не изменяется ни по величине, ни по направлению.

Электрической цепью называют совокупность соединенных друг с другом элементов, по которым может протекать электрический ток.

Электрический ток есть направленное (упорядоченное) движение носителей зарядов.

3. Лабораторная работа № 1. Исследование закона Ома для участка цепи

3.1 Общие сведения

В проводниках носителями отрицательных зарядов являются электроны, в жидкостях (электролитах) носители положительных и отрицательных зарядов - ионы. В полупроводниках носителями отрицательных зарядов являются электроны, носителями положительных зарядов - дырки. Дырка представляет собой вакантное место в атоме полупроводника, незанятое электроном.

Количественно ток равен заряду q , который пересекает сечение проводника за единицу времени t (1 секунду):

$$I = q/t, \quad (3.1)$$

Для поддержания электрического тока требуется обеспечивать разделение носителей отрицательных и положительных зарядов, что и происходит в источниках.

Способность источника совершать работу по разделению зарядов характеризуется электродвижущей силой (ЭДС), которая обозначается символом E .

Когда источник подключен к цепи, возникает направленное движение зарядов под действием сил притяжения разноименных и отталкивания одноименных зарядов, т.е. электрический ток.

Вне источника положительные носители заряда движутся от его положительного зажима (полюса) к отрицательному зажиму (полюсу). Направление движения отрицательных зарядов противоположно движению положительных зарядов. Работа, совершаемая при движении зарядов по элементам электрической цепи характеризуется напряжением, которое обозначается символом U .

Напряжение и ток на участке цепи постоянного тока связаны законом Ома:

$$U = R \cdot I \text{ или } I = U/R, \quad (3.2)$$

где R - коэффициент пропорциональности между током и напряжением, называемый сопротивлением.

Мощность преобразования электрической энергии в другие виды энергии выражается через ток и напряжение:

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = U^2/R. \quad (3.3)$$

3.2 Экспериментальная часть

3.2.1 Задание

Ознакомьтесь с измерениями токов, напряжений и сопротивлений с помощью мультиметров, с измерением мощности с помощью ваттметра, экспериментально убедитесь в выполнении закона Ома для участка цепи.

3.2.2 Порядок выполнения эксперимента

– Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рисунок 3.1) и монтажной схемой (рисунок 3.2), установив в наборную панель сопротивление $R_{\text{ном}} = 100$ Ом. Запишите значение сопротивления в таблицу 3.1.

– Убедитесь, что при включении выключателя «В» в цепи появляется ток (загорается лампочка выключателя), а при выключении – исчезает (лампочка выключателя гаснет).

– Устанавливая регулятором напряжения указанные в таблице 3.1 значения, запишите в таблицу показания приборов.

– Не забывайте следить за сигнальными светодиодами ваттметра! При включении светодиода $I >$ или $U >$ переведите соответствующий переключатель на больший предел. При включении светодиода $I <$ или $U <$ переключайте его на меньший предел. Следите также за светодиодами, указывающими размерность измеряемой мощности: Вт или мВт.

– Вычислите значения мощности по формуле (3.3) и сопротивления

$$R = U/I \quad (3.4)$$

и запишите результаты в столбцы таблицы 3.1 «Вычисленные значения».

– Сравните результаты измерений и вычислений и сделайте выводы.

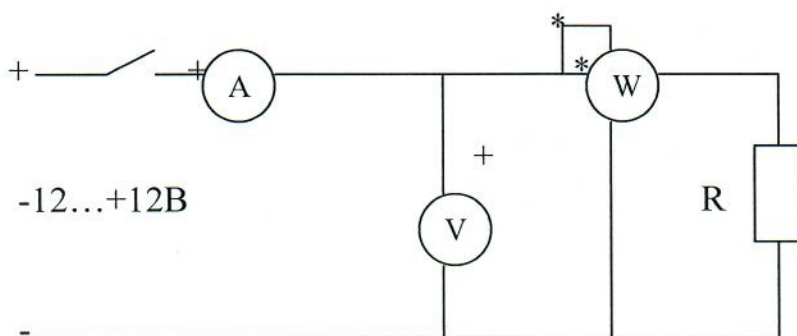


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема

Таблица 3.1

$R_{\text{ном}}, \text{Ом}$	Измеренные значения			Вычисленные значения	
	U, В	I, мА	P, Вт	P, Вт	R, Ом
	-5				
	4				
	6				
	8				
	12				

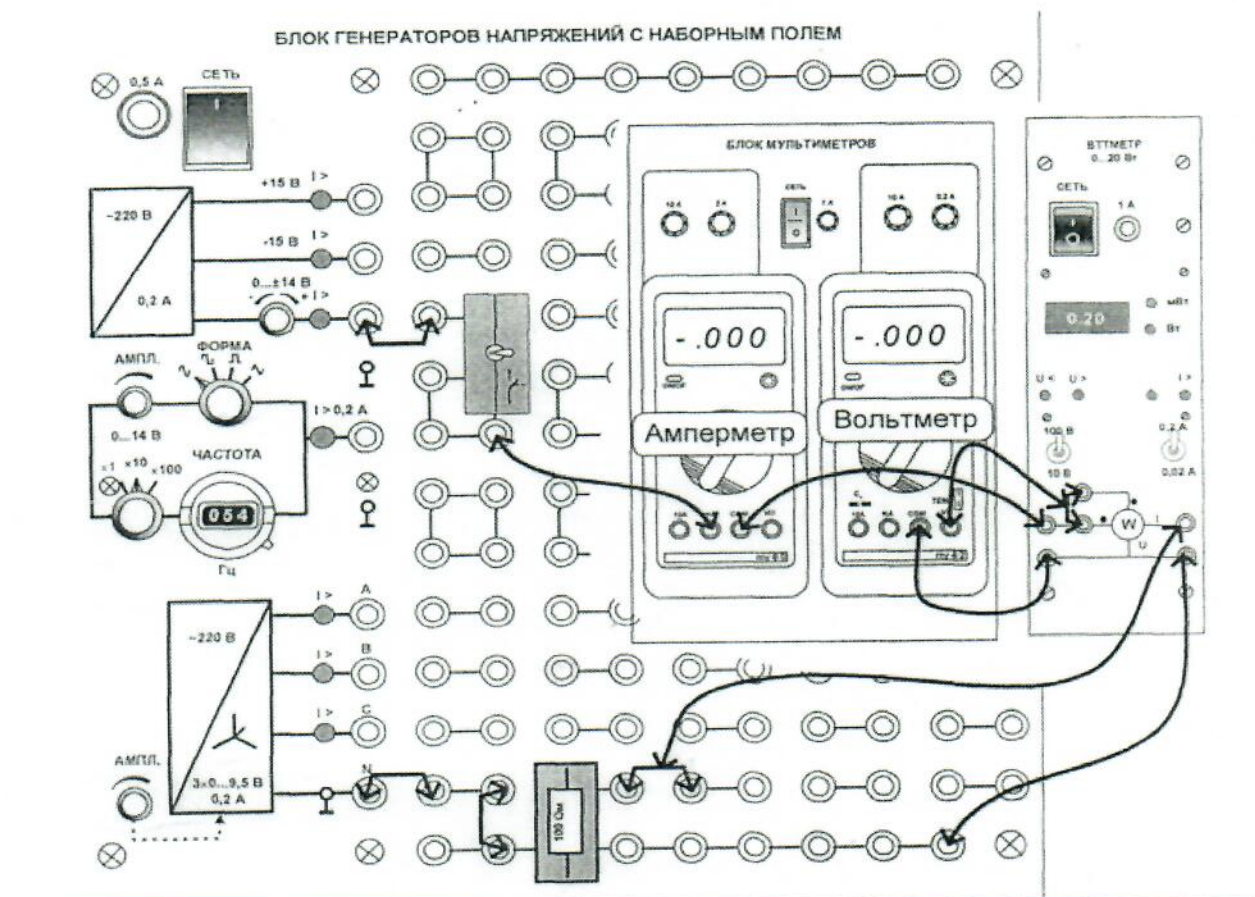


Рисунок 3.2 – Монтажная схема

3.2.3 Порядок оформления лабораторной работы

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

3.2.4 Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Что такое электрическая цепь?
2. Способ включения амперметра в цепь.
3. Способ включения вольтметра в цепь.
4. Способ включения ваттметра в цепь.
5. Закон Ома для участка цепи.

4 Лабораторная работа № 2. Исследование закона Ома для полной цепи

4.1 Общие сведения

В проводниках носителями отрицательных зарядов являются электроны, в жидкостях (электролитах) носители положительных и отрицательных зарядов - ионы. В полупроводниках носителями отрицательных зарядов являются электроны, носителями положительных зарядов - дырки.

Для поддержания электрического тока требуется обеспечивать разделение носителей отрицательных и положительных зарядов, что и происходит в источниках.

Способность источника совершать работу по разделению зарядов характеризуется электродвижущей силой (ЭДС), которая обозначается символом E .

Когда источник подключен к цепи, возникает направленное движение зарядов под действием сил притяжения разноименных и отталкивания одноименных зарядов, т.е. электрический ток. Вне источника положительные носители заряда движутся от его положительного зажима (полюса) к отрицательному зажиму (полюсу). Направление движения отрицательных зарядов противоположно движению положительных зарядов.

Закон Ома для полной цепи:

$$E = I(R+r) \quad (4.1)$$

4.2 Экспериментальная часть

4.2.1 Задание

Ознакомиться с измерениями токов, напряжений и сопротивлений с помощью мультиметров, с измерением мощности с помощью ваттметра, экспериментально убедиться в выполнении закона Ома для участка цепи.

4.2.2 Порядок выполнения эксперимента

– Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рисунок 4.1) и монтажной схемой (рисунок 4.2), установив в наборную панель сопротивление $R_{\text{ном}} = 200$ Ом. Запишите значение сопротивления в таблицу 4.1.

– Убедитесь, что при включении выключателя «В» в цепи появляется ток, а при выключении – исчезает.

– Устанавливая регулятором напряжения указанные в таблице 4.1 значения, запишите в таблицу показания приборов.

– Не забывайте следить за сигнальными светодиодами ваттметра! При включении светодиода $I >$ или $U >$ переведите соответствующий переключатель на больший предел. При включении светодиода $I <$ или $U <$ переключайте его на меньший предел. Вычислите значения ЭДС по формуле (4.1) и сопротивления по формуле (3.4) запишите результаты в столбцы таблицы 4.1 «Вычисленные значения».

– Сравните результаты измерений и вычислений и сделайте выводы.

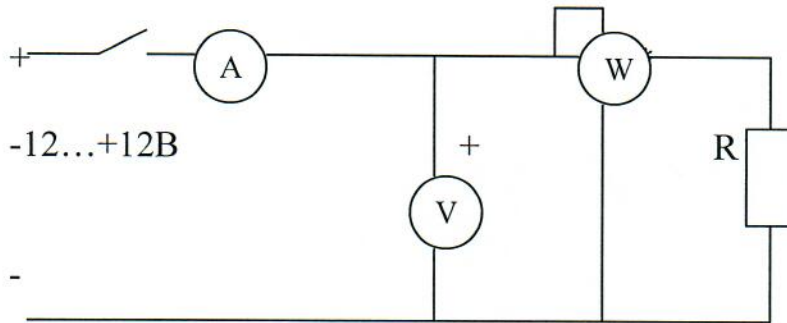


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема

Таблица 4.1

$R_{ном}, \text{Ом}$	Измеренные значения			Вычисленные значения	
	$E, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$U, \text{В}$	$E, \text{В}$	$R, \text{Ом}$
15					

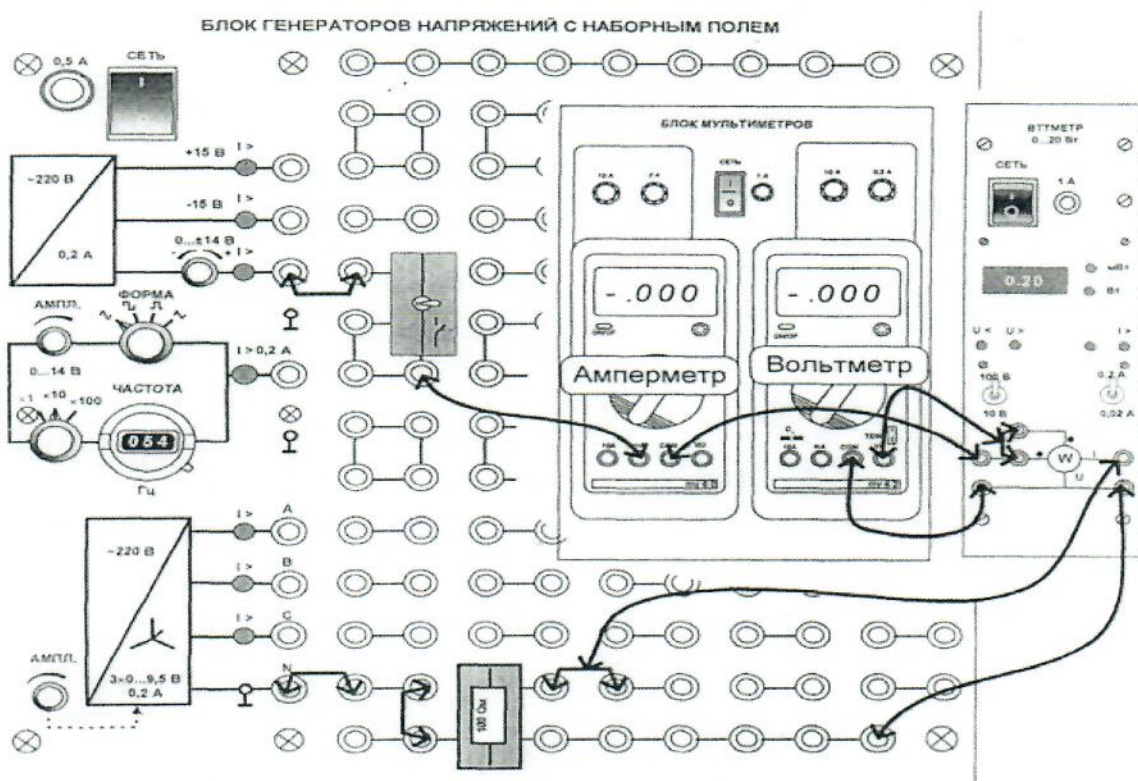


Рисунок 4.2 – Монтажная схема

4.2.3 Порядок оформления лабораторной работы

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

4.2.4 Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Что такое электрическая цепь?
2. Способ включения амперметра в цепь.
3. Способ включения вольтметра в цепь.
4. Способ включения ваттметра в цепь.
5. Закон Ома для полной цепи.

5. Лабораторная работа № 3. Исследование последовательного соединения сопротивлений

5.1 Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены последовательно (рисунок 5.1), по ним проходит один и тот же ток. Величина тока определяется приложенным напряжением U и эквивалентным сопротивлением $R_{ЭКВ}$:

$$I=U/R_{ЭКВ}, \quad (5.1)$$

На каждый отдельный резистор при этом приходится некоторое частичное напряжение. Сумма частичных напряжений в соответствии со вторым законом Кирхгофа равна полному приложенному напряжению:

$$I*R_1 + I*R_2 + I*R_3 = U. \quad (5.2)$$

5.2 Экспериментальная часть

5.2.1 Задание

Измеряя напряжения и токи, убедиться, что ток одинаков в любой точке последовательной цепи и что сумма частичных напряжений равна напряжению, приложенному ко всей цепи. Сравнить результаты измерения с расчетом.

5.2.2 Порядок выполнения эксперимента

– Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рисунок 5.1) и монтажной схемой (рисунок 5.2). Последовательно с резисторами 47, 100 и 220 Ом включите специальные миниблоки для подключения амперметра.

– С помощью двухжильного кабеля со штекером поочередно подключайте к этим миниблокам мультиметр в режиме измерения тока и измеряйте ток вдоль всей последовательной цепи. Убедитесь, что ток имеет одно и то же значение и запишите его в таблицу 5.1.

– Затем измерьте напряжения на каждом резисторе, а также полное напряжение на входе цепи. Все измеренные величины занесите в таблицу 5.1.

– Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Результаты занесите в таблицу 5.1 и сравните с измеренными значениями.

– Проверьте выполнение второго закона Кирхгофа по экспериментальным и по расчетным значениям напряжений:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(5.3)

– Сделайте вывод.

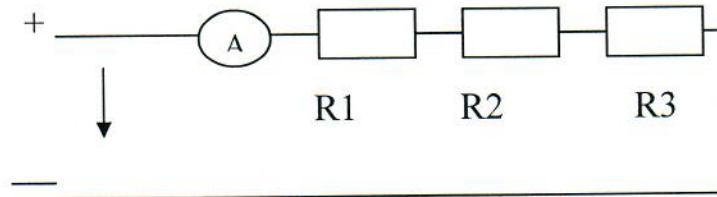


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема

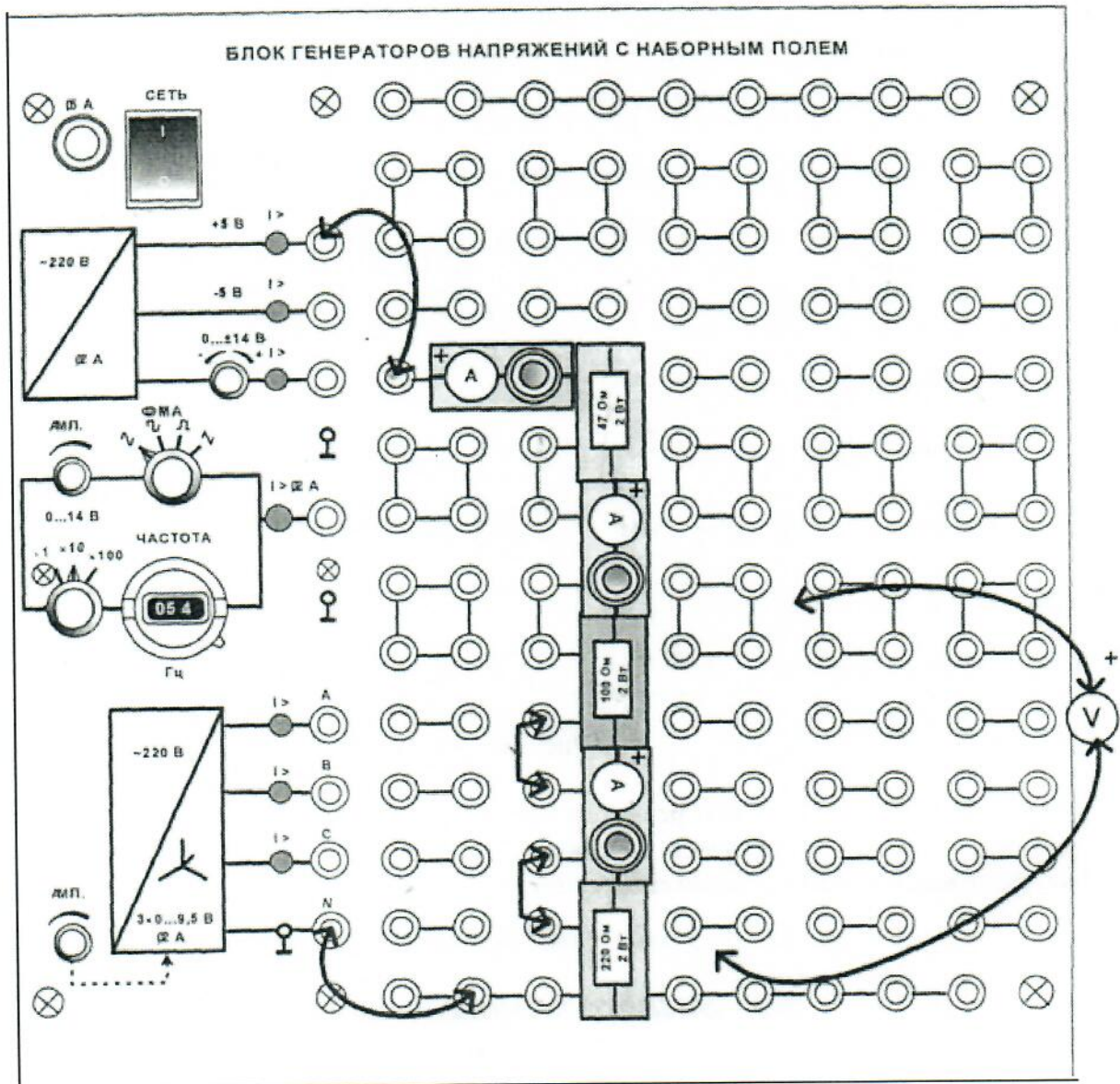


Рисунок 5.2 – Монтажная схема

«ТНПК»	Электрические цепи	
--------	--------------------	--

	Ток (I), мА	Падение напряжения на резисторах, В			Напряжение на входе цепи, В
		47 Ом (U 1)	100 Ом (U 2)	220 Ом (U 3)	Rэкв= ...Ом (U)
Измеренные значения					
Рассчитанные значения					

5.2.3 Порядок оформления лабораторной работы

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

5.2.4 Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Что такое электрическая цепь?
2. Способ включения амперметра в цепь.
3. Способ включения вольтметра в цепь.
4. Способы соединения сопротивлений.
5. Первый закон Кирхгофа.

6. Лабораторная работа № 4. Исследование параллельного соединения сопротивлений

6.1 Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены параллельно (рисунок 6.1), все они находятся под одинаковым напряжением.

В каждой ветви цепи протекает свой ток. Сумма токов всех ветвей в соответствии с первым законом Кирхгофа равна полному току:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (6.1)$$

Величина тока ветви зависит от приложенного напряжения и сопротивления данной ветви:

$$I_1 = U/R_1, \quad I_2 = U/R_2, \quad I_3 = U/R_3 \quad (6.2)$$

Ток в неразветвленной части цепи зависит от приложенного напряжения и эквивалентного сопротивления цепи:

$$I = U/R \quad (6.3)$$

Для вычисления эквивалентного сопротивления цепи служит формула:

$$1/R_{\text{экв}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \quad (6.4)$$

Для цепи с двумя параллельно соединенными резисторами:

$$R = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2) \quad (6.5)$$

6.2 Экспериментальная часть

6.2.1 Задание

Измеряя напряжения и токи, убедиться, что напряжение, прикладываемое каждому резистору, одинаково и что сумма токов ветвей равна полному току. Повторить результаты измерения расчетом.

6.2.2 Порядок выполнения эксперимента

– Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рисунок 6.1) и монтажной схемой (рисунок 6.2), вставив последовательно с каждым из резисторов (330, 220 и 470 Ом) специальные миниблоки для подключения амперметра

– Измерьте напряжение на каждом резисторе, а также напряжение на источнике. Убедитесь, что все они одинаковы и запишите значение напряжения в таблице 6.1.

- С помощью мультиметра, специального кабеля со штекером и миниблоков для подключения амперметра измерьте токи в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты запишите в таблицу 6.1.
- Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты занесите в таблицу 6.1 и сравните с измеренными значениями.
- Проверьте как по экспериментальным, так и по расчетным данным по формуле (6.1), выполняется ли первый закон Кирхгофа.
- Сделайте вывод.

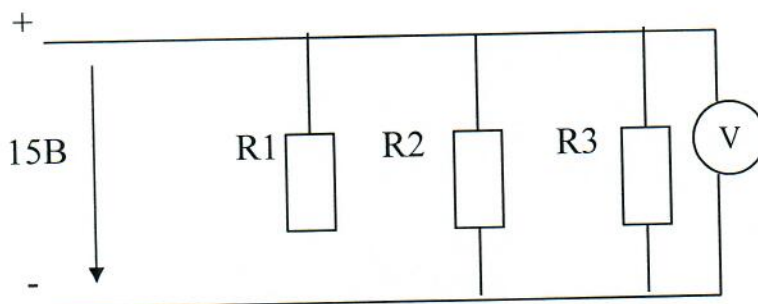


Рисунок 6.1 – Принципиальная схема

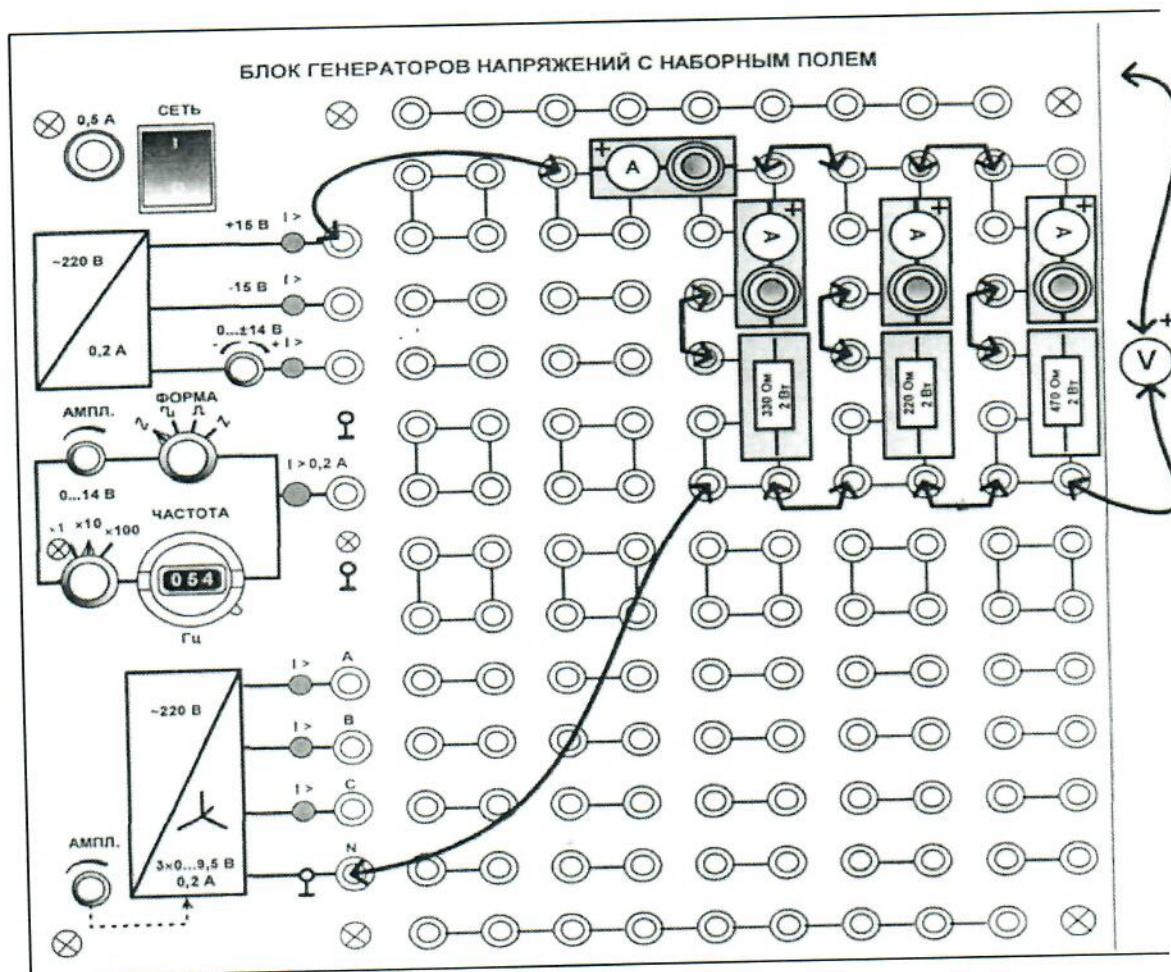


Рисунок 6.2 – Монтажная схема

«ТНПК»	Электрические цепи	
--------	--------------------	--

Таблица 6.1

	Напряжение (U), В	Токи в ветвях, мА			Ток на входе цепи, мА
		330 Ом (I1)	220 Ом (I2)	470 Ом (I3)	$R_{э\text{кв}} = \dots \text{Ом}$ (I)
Измеренные значения					
Рассчитанные значения					

6.2.3 Порядок оформления лабораторной работы

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

6.2.4 Вопросы для отчета по лабораторной работе.

- 1 Что такое электрическая цепь?
- 2 Способ включения амперметра в цепь.
- 3 Способ включения вольтметра в цепь.
- 4 Способы соединения сопротивлений.
- 5 Второй закон Кирхгофа.

7. Лабораторная работа № 5. Исследование смешанного соединения сопротивлений

7.1 Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены последовательно по ним проходит один и тот же ток. Величина тока определяется приложенным напряжением U и эквивалентным сопротивлением $R_{ЭКВ}$ согласно формулы (5.1).

На каждый отдельный резистор при этом приходится некоторое частичное напряжение. Сумма частичных напряжений в соответствии со вторым законом Кирхгофа равна полному приложенному напряжению, которое определяется по формуле (5.2).

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены параллельно все они находятся под одинаковым напряжением. В каждой ветви цепи протекает свой ток. Сумма токов всех ветвей в соответствии с первым законом Кирхгофа равна полному току и рассчитывается по формуле (6.1).

Для вычисления эквивалентного сопротивления цепи служит формула (6.4).

7.2 Экспериментальная часть

7.2.1 Задание

Измерить напряжения, токи и мощность в цепи при смешанном соединении резисторов.

6.2.2 Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь в соответствии с монтажной схемой (рисунок 7.2).
- Измерьте токи во всех ветвях, поочередно включая миллиамперметр в каждую ветвь цепи.
- Запишите показания амперметра в таблицу 7.1.
- Измерьте напряжения на всех элементах и мощность.
- Запишите показания в таблицу 7.1.
- Перепишите в расчетные значения измеренные значения $I_3, I_4, U_1, U_2, U_{34}$.
- Вычислите значения по формулам (7.1) и (7.2), результаты запишите в таблицу

7.1.

$$I_1 = I_3 + I_4 \quad (7.1)$$

$$U_1 = U_1 + U_2 + U_{34} \quad (7.2)$$

– Определите мощность, потребляемую каждым резистором и сумму мощностей потребителей по формулам (7.3) – (7.7).

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 \quad (7.3)$$

$$P_2 = I_2^2 \cdot R_2 \quad (7.4)$$

$$P_3 = I_3^2 \cdot R_3 \quad (7.5)$$

$$P_4 = I_4^2 \cdot R_4 \quad (7.6)$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (7.7)$$

- Сравните результаты измерения и сделайте выводы.

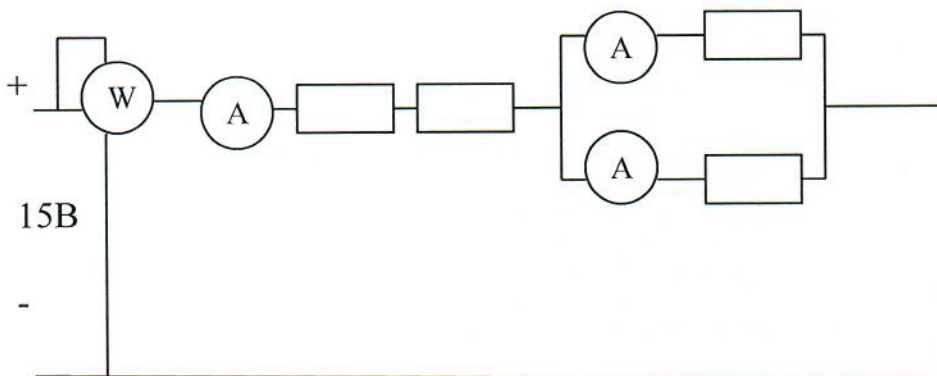


Рисунок 7.1 – Принципиальная схема

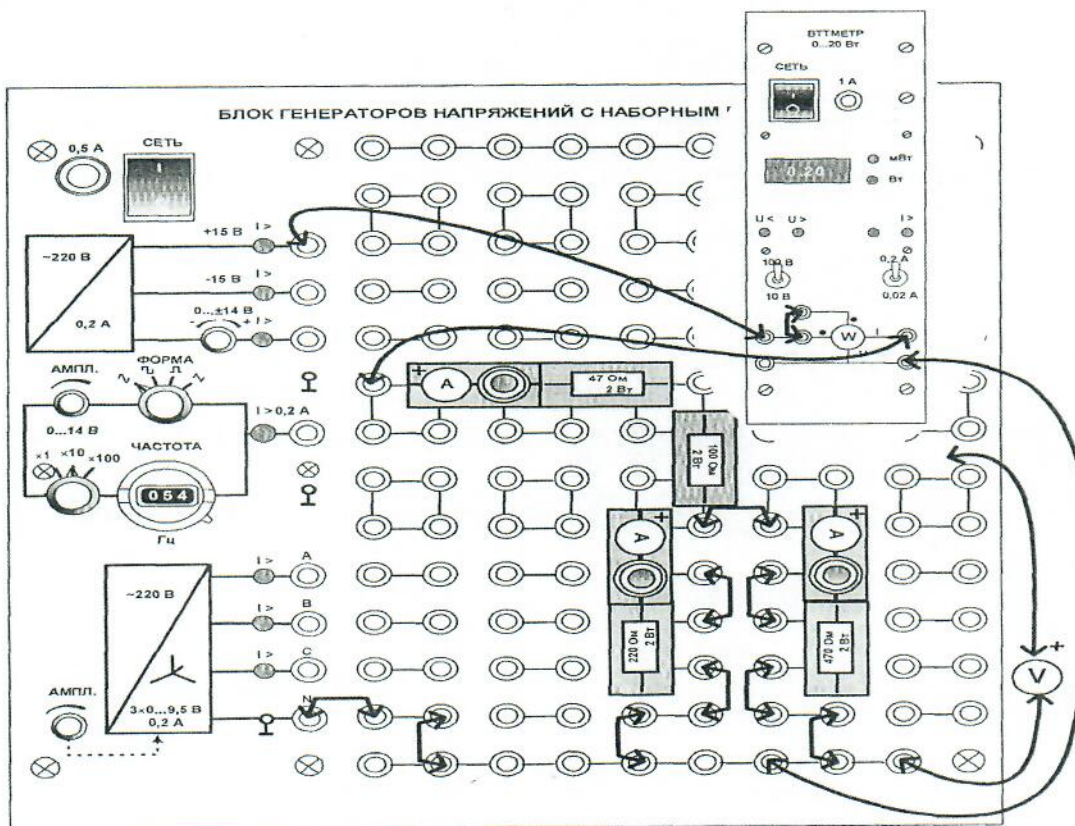


Рисунок 7.2 – Монтажная схема

Таблица 7.1

«ТНПК»	Электрические цепи	
--------	--------------------	--

	$I_1, \text{мА}$	$I_3, \text{мА}$	$I_4, \text{мА}$	$U, \text{В}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_{34}, \text{В}$	$P, \text{Вт}$
Измеренные величины								
Расчетные величины								

7.2.3 Порядок оформления лабораторной работы

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

7.2.4 Вопросы для отчета по лабораторной работе.

- 1 Что такое электрическая цепь?
- 2 Способ включения амперметра в цепь.
- 3 Способ включения вольтметра в цепь.
- 4 Способы включения в цепь ваттметра.
- 5 Законы Кирхгофа.

Лабораторная работа № 6

Тема работы: Исследования способов измерения сопротивления.

1. Общие сведения.

Для работы необходимо переключатель на мультиметре установить на нужную позицию сектора (сектор обозначенный значком «Ω»).

Для удобства работы с прибором щупы имеют разную расцветку: черный щуп вставляется в клемму обозначенную «com» (сокращенно от common - общий), а красный щуп вставляется в клемму обозначенную «VΩ».

2. Экспериментальная часть.

Задание

Ознакомиться с измерениями сопротивлений с помощью мультиметров.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рис.6.1) Запишите значение сопротивления в табл. 6.1.
- С помощью реостата установите силу тока на амперметре 50мА
- Запишите показания вольтметра в таблицу
- Замените катушку 100мГн на катушку 33мГн.
- Запишите показания вольтметра в таблицу.
- Вместо катушки установите резистор сопротивлением 150Ом, посмотрите как изменились параметры тока, запишите в таблицу силу тока и напряжение.
- Установите вместо резистора 150 Ом резистор 330 Ом.
- Запишите показания амперметра и вольтметра в таблицу.
- Установите вместо резистора конденсатор 0,01мкФ
- Запишите показания амперметра и вольтметра в таблицу.
- Соберите цепь согласно рис. 6.3 и замерьте сопротивления катушек 100мГн, 33мГн, 150 Ом, 330 Ом .
- Вычислите значения сопротивления $R = U/I$ и запишите результаты в столбцы таблицы 1.1.«Вычисленные значения»
- Сравните результаты измерений и вычислений и сделайте выводы.

Рис.6.1. Принципиальная схема.

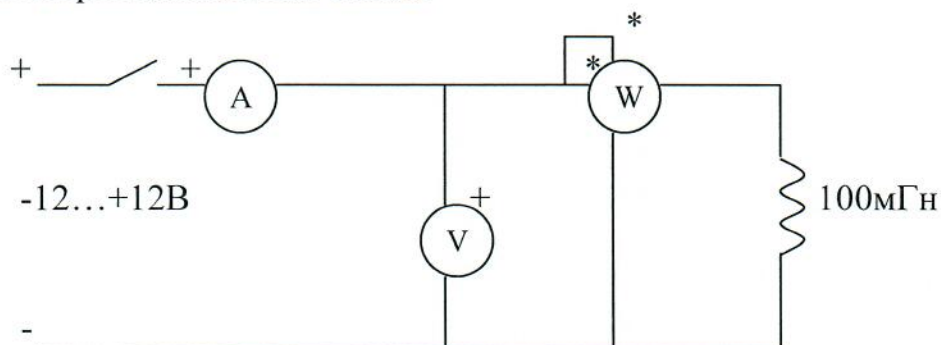


Рис.6.2. Монтажная схема.

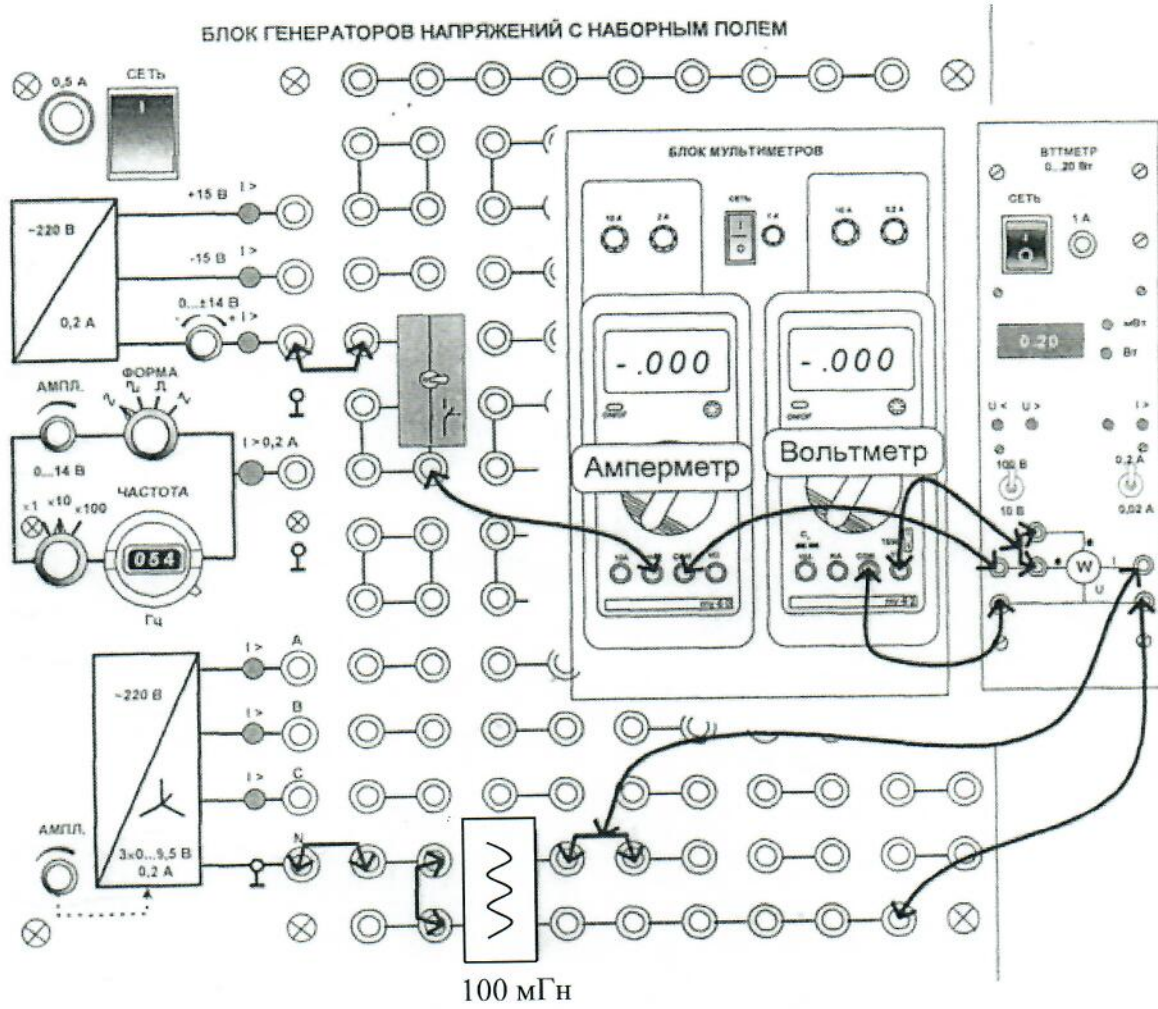


Рис.6.3. Принципиальная схема

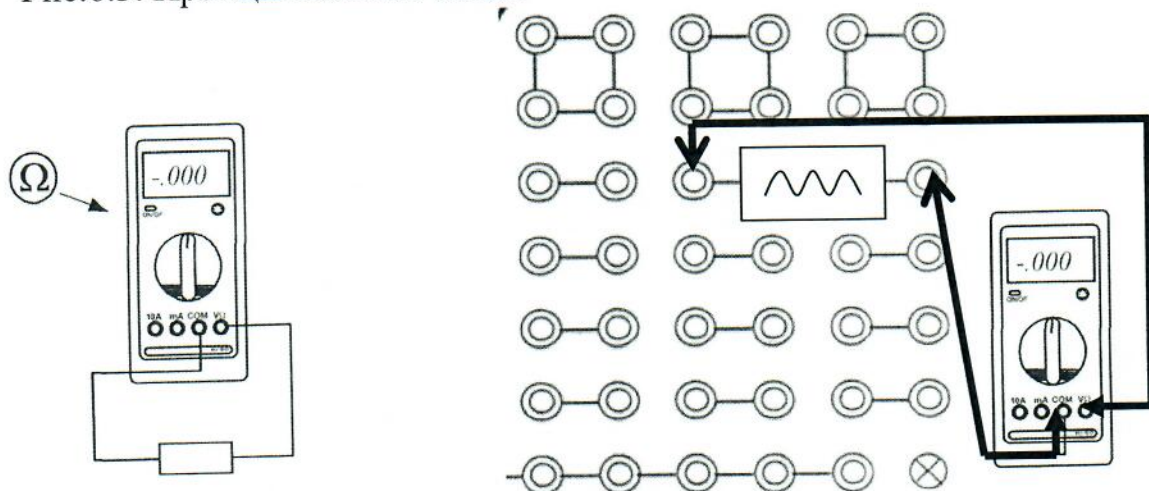


Таблица 6.1.

	Характеристики	Измеренные значения			Вычисленные значения
		I, А	U, В	R, Ом	R, Ом
катушка	100мГн	50мА			
	33 мГн	50мА			
резистор	150 Ом				
	330 Ом				
конденсатор	0,01 мкФ			-	-

3. Порядок оформления лабораторной работы.

1. Тема: (записывается тема лабораторной работы)
2. Цель: (цель работы записывается на основании задания)
3. Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)
4. Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).
5. Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

4. Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Что такое электрическая цепь?
2. Способ включения амперметра в цепь.
3. Способ включения вольтметра в цепь.
4. Способ включения в цепь омметра.
5. Способ включения ваттметра в цепь.
6. Закон Ома для участка цепи.
7. Закон Ома для полной цепи.

Лабораторная работа № 7

Тема работы: Последовательное соединение R, L, C элементов. Резонанс напряжений

1. Общие сведения.

В цепи переменного тока кроме сопротивлений используются также катушки индуктивности и конденсаторы.

На сопротивлениях, которые в цепи переменного тока называют ещё *активными сопротивлениями*, связь между током и напряжением определяется законом Ома. $U = RI$.

Если по идеальной индуктивности L (т.е. активное сопротивление провода катушки равно нулю) протекает ток $i = I_m \sin(\omega t)$ то напряжение на ней $u = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$, т.е. напряжение на катушке опережает ток на 90° , или ток отстаёт от напряжения по фазе на 90° . Амплитуды тока и напряжения связаны соотношением, аналогичным закону Ома:

$$U_m = X_L I_m,$$

где $X_L = \omega L$ - *индуктивное сопротивление*.

Наконец, если по конденсатору, ёмкость которого C , протекает синусоидальный ток $i = I_m \sin(\omega t)$, то напряжение на нём $u = U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$ опережает от тока по фазе на 90° . Амплитуда напряжения связана с током также выражением, аналогичным закону Ома:

$$U_m = X_C I_m,$$

где $X_C = 1/C \omega$ - *ёмкостное сопротивление*.

При последовательном соединении R, L, и C (рис.7.1.а) через все элементы протекает один и тот же ток. Тогда напряжение на всей цепи можно определить по второму закону Кирхгофа, как сумму напряжений на отдельных элементах. При сложении, чтобы учесть фазовые сдвиги между напряжениями, удобно использовать векторные диаграммы. На векторной диаграмме действующие (или амплитудные) значения токов и напряжений изображают векторами, длины которых равны численным значениям токов и напряжений, а углы между ними соответствуют фазовым сдвигам (рис. 7.1.б).

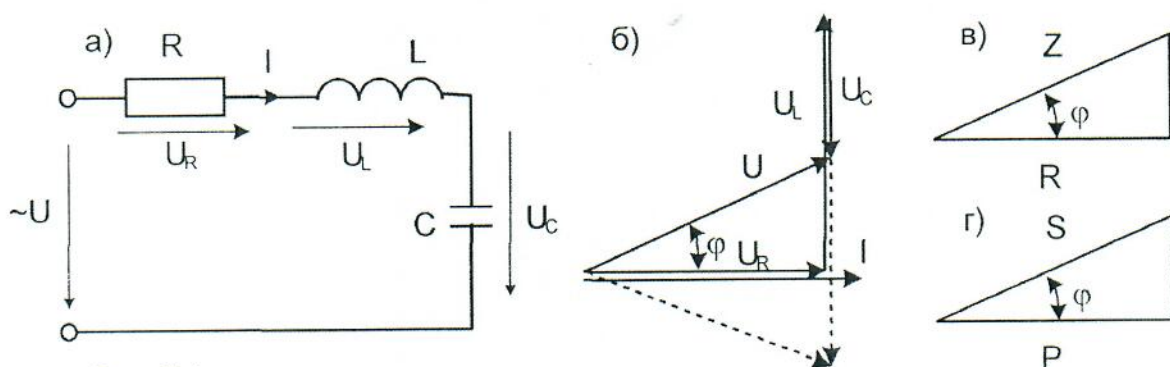


Рис.7.1.

Из векторной диаграммы следует, что напряжение на всей цепи

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{R^2 \cdot I^2 + (X_L \cdot I - X_C \cdot I)^2} = Z \cdot I$$

где $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ – полное сопротивление цепи при последовательном соединении R, L, и C

Если, $X_L = X_C$, тогда и $U_L = U_C$ и $\varphi = 0$, и ток совпадает с напряжением по фазе. Этот случай называется резонансом напряжений.

Условие резонанса $X_L = X_C$ можно также записать в виде: $\omega \cdot L = 1/(\omega \cdot C)$

Отсюда можно определить частоту, индуктивность или ёмкость, при которой в цепи будет наблюдаться резонанс.

При синусоидальном токе мощность, потребляемая цепью, периодически изменяется во времени с двойной частотой. Однако, кроме переменной составляющей, она содержит также и постоянную составляющую. Среднее значение мощности за период называется *активной мощностью* (Вт):

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = I^2 \cdot R.$$

Кроме активной мощности в цепях переменного тока используют понятия полной мощности (ВА),

$$S = U \cdot I = I \cdot Z,$$

$$\text{реактивной мощности (вар)} \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = I \cdot X.$$

При резонансе, когда $X = X_L - X_C = 0$ и $\varphi = 0$, реактивная мощность также равна нулю, а активная равна полной мощности.

Параметры цепи переменного тока R, XL и Xc можно определить по показаниям трёх приборов вольтметра, амперметра и ваттметра. Измерив этими приборами U, I, и P, определяем $Z = U/I$ и $\varphi = \arccos P/UI$. Затем из треугольника сопротивлений определяем $R = Z \cos \varphi$ и $X = Z \sin \varphi$.

2. Экспериментальная часть

Задание

Определить экспериментально параметры цепи с последовательным соединением R, Z и C для трёх случаев $X_L > X_C$, $X_L = X_C$ и $X_L < X_C$. Сделать расчёт цепи при резонансе и сравнить результаты расчёта с экспериментальными данными.

Порядок выполнения эксперимента

- Измерьте омметром и запишите активное сопротивление катушки индуктивности 900 витков $R_k = \dots\dots\dots$ Ом
- Снимите с трансформатора катушку 900 витков, вставьте в неё только одну половинку разъёмного сердечника и соберите цепь, принципиальная схема которой показана на рис. 7.2, а монтажная - на рис. 7.3.

- Установите переключатель сигналов генератора напряжений в положение «~», регулятор частоты - в положение 1000 Гц и регулятор напряжения в крайнее правое положение (максимальная амплитуда).
- Включите генератор и, регулируя частоту, добейтесь резонанса по максимуму тока.
- Измерьте мощность, ток и напряжения на входе цепи, на резисторе, на катушке с активным внутренним сопротивлением и на конденсаторе.
- Запишите эти показания приборов в строку $X_L = X_C$ табл. 7.1.
- При измерении мощности следите за сигнализацией ошибок в выборе пределов измерения $I >, I <, U >, U <$.
- Включите параллельно конденсатору 1 мкФ конденсатор 0,47 мкФ и запишите показания приборов в строку $X_L > X_C$.
- Оставьте в цепи один конденсатор 0,47 мкФ и запишите показания приборов в строку $X_L < X_C$.
- По опытным данным рассчитайте напряжения на активном и индуктивном сопротивлениях катушки и занесите результаты также в табл. 7.1.
- Сделайте вывод

Таблица 7.1.

f =Гц	Измерения						Вычисления	
	P, мВт	I, мА	U, В	U _R , В	U _{RkL} , В	U _C , В	U _{RkL} = R _k * I, В	U _L = $\sqrt{U_{RkL}^2 - U_R^2}$, В
C = 1 мкФ (X _L = X _C)								
C = 1,47 мкФ (X _L > X _C)								
C = 0,47 мкФ (X _L < X _C)								

Рис.7.2. Принципиальная схема.

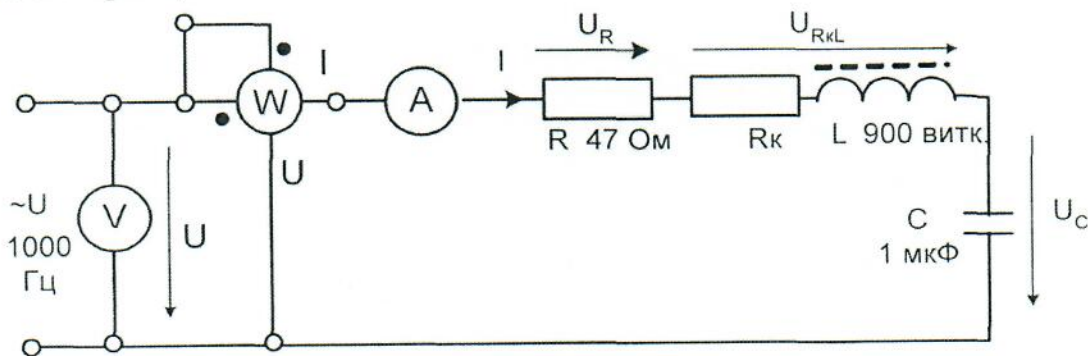
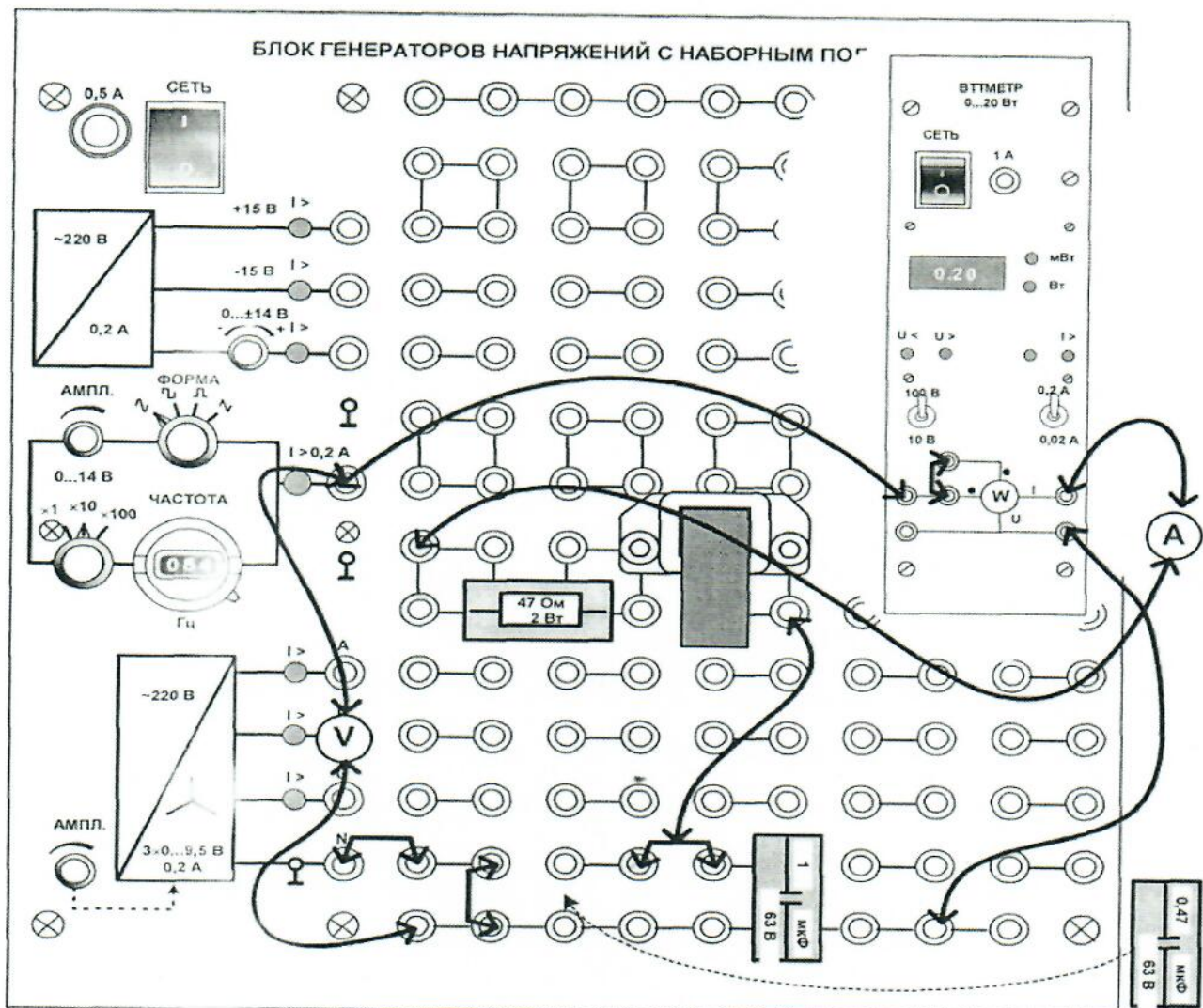


Рис.7.3. Монтажная схема



3. Порядок оформления лабораторной работы.

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

4. Вопрос для отчета по лабораторной работе.

1. Активные и реактивные элементы. Резонанс напряжений.

Лабораторная работа № 8

Тема работы: Параллельное соединение L, C элементов в цепях синусоидального тока. Резонанс токов

1. Общие сведения.

В цепи переменного тока кроме сопротивлений используются также катушки индуктивности и конденсаторы.

Если по идеальной индуктивности L (т.е. активное сопротивление провода катушки равно нулю) протекает ток $i = I_m \sin(\omega t)$ то напряжение на ней $u = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$, т.е. напряжение на катушке опережает ток на 90° , или ток отстаёт от напряжения по фазе на 90° . Амплитуды тока и напряжения связаны соотношением, аналогичным закону Ома:

$$U_m = X_L \cdot I_m,$$

где $X_L = \omega \cdot L$ - индуктивное сопротивление.

Наконец, если по конденсатору, ёмкость которого C , протекает синусоидальный ток $i = I_m \sin(\omega t)$, то напряжение на нём $u = U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$ опережает от тока по фазе на 90° . Амплитуда напряжения связана с током также выражением, аналогичным закону Ома:

$$U_m = X_c \cdot I_m,$$

где $X_c = 1 / C \cdot \omega$ - ёмкостное сопротивление.

При параллельном соединении L , и C в случае, когда ток протекающий через катушку равен току протекаемому через конденсатор равны возникает резонанс токов.

$$\text{Условие резонанса } I_L = I_c$$

При синусоидальном токе мощность, потребляемая цепью, периодически изменяется во времени с двойной частотой. Однако, кроме переменной составляющей, она содержит также и постоянную составляющую. Среднее значение мощности за период называется *активной мощностью* (Вт):

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = I^2 \cdot R.$$

Кроме активной мощности в цепях переменного тока используют понятия *полной мощности* (ВА),

$$S = U \cdot I = I \cdot Z,$$

$$\text{реактивной мощности (вар)} \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = I \cdot X.$$

Параметры цепи переменного тока R , X_L и X_c можно определить по показаниям трёх приборов вольтметра, амперметра и ваттметра. Измерив этими приборами U , I , и P , определяем $Z = U/I$ и $\varphi = \arccos P/UI$. Затем из треугольника сопротивлений определяем $R = Z \cos \varphi$ и $X = Z \sin \varphi$.

2. Экспериментальная часть

Задание

Определить экспериментально параметры катушки индуктивности, рассчитать резонансную ёмкость параллельно включенного конденсатора, снять зависимость токов в цепи от ёмкости, построить векторные диаграммы для трёх случаев $C < C_{рез}$, $C = C_{рез}$ и $C > C_{рез}$.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь (принципиальная схема рис. 8.1, монтажная - 8.2), включив в каждую ветвь по миниблоку для подключения амперметра. Конденсаторы в первом опыте не включайте.
- Установите частоту питающего напряжения 1000 Гц, максимальную амплитуду и измерьте напряжение, на входе цепи, ток и мощность, потребляемые цепью. Результаты измерений запишите в табл. 8.1.
- Вычислите параметры катушки и ожидаемую резонансную ёмкость. Все формулы приведены в разделе «Общие сведения»
- Устанавливайте параллельно индуктивности поочерёдно различные конденсаторы как показано на рис.8.2, измеряйте и записывайте в табл. 8.1 значения токов в трёх ветвях цепи.
- Сделайте вывод.

Таблица 8.1.

С, мкФ	0,22	0,47	0,69 (0,22+0,47)	1	1,22 (1+0,22)	1,47 (1+0,47)
I_k , мА						
I_c , мА						
I , мА						

Рис.8.1. Принципиальная схема.

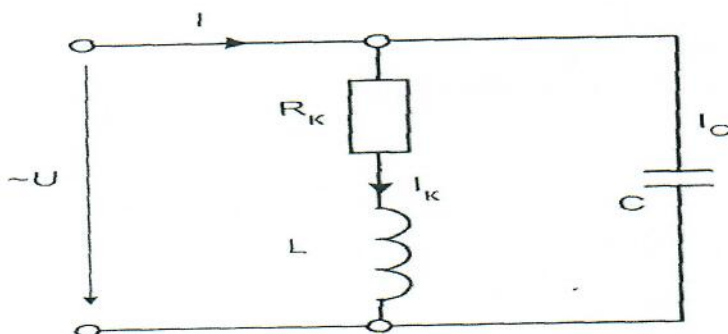
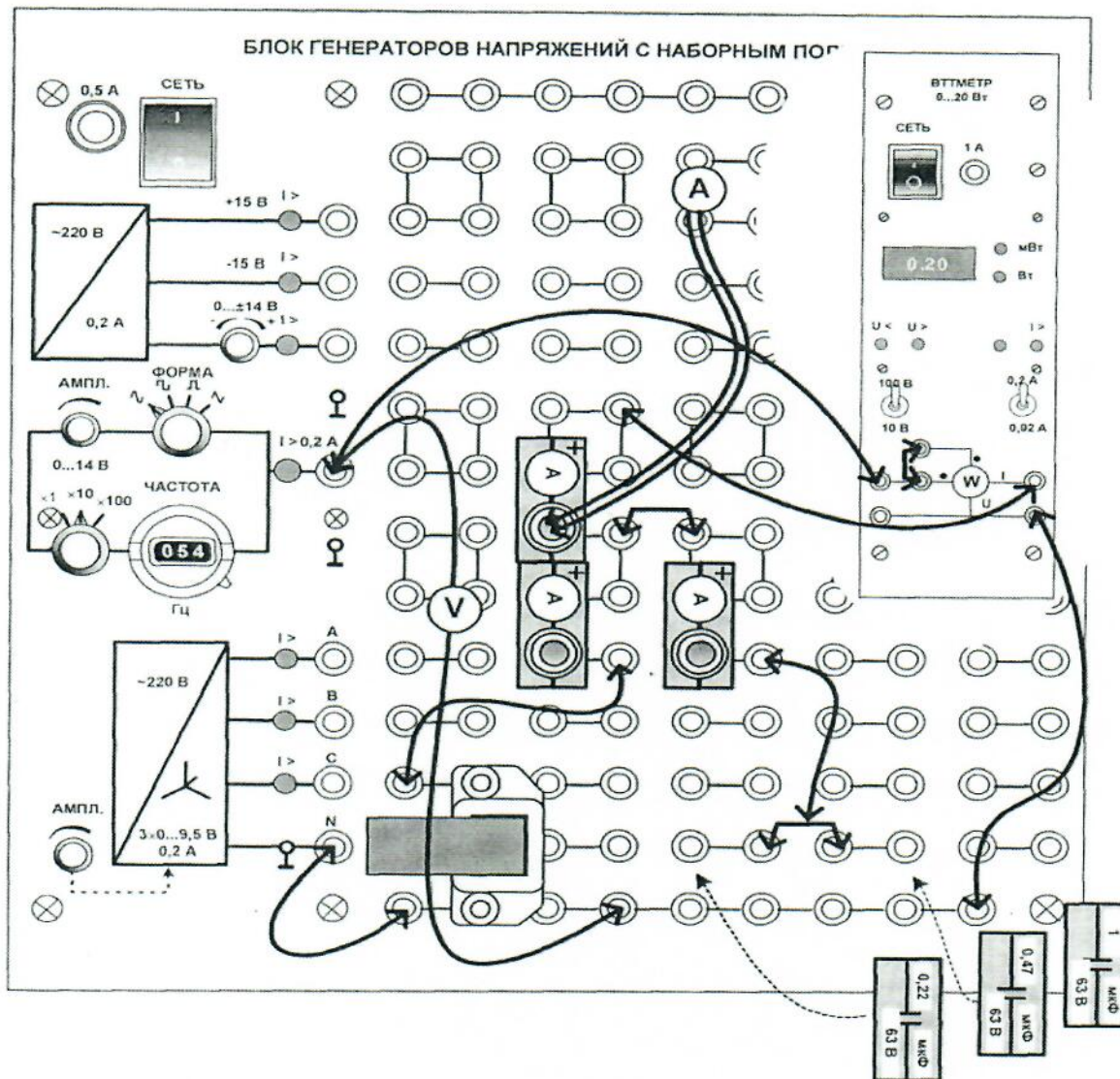


Рис.8.2. Монтажная схема



3. Порядок оформления лабораторной работы.

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

4. Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Активные элементы.
2. Реактивные элементы.
3. Резонанс токов.

Лабораторная работа № 9

Тема работы: Определение работоспособности полупроводниковых диодов.

1. Экспериментальная часть

Задание

Измерить сопротивление диодов и определить их проводимость

Порядок выполнения эксперимента

- Подключите мультиметр к полупроводниковому диоду, переключив регулятор на мультиметре в требуемый режим, не забывайте, что красный щуп (+), черный щуп (-). Рис 9.1.
- Определите по показаниям прибора проводимость диода: Если диод включен в прямом режиме (пропускном), то на мультиметре появится значение менее 1, если в закрытом, то на мультиметре будет значение = 1.
- Оформите результат измерения в тетрадь (зарисуйте диод)

Пример: 1) А  Б

или 1) А  Б

- По аналогии проверьте остальные диоды 2,3,4, результаты оформите в тетради
- По аналогии проверьте проводимость светодиода 5, результаты оформите в тетради
- Переключив мультиметр в режим измерения сопротивления определите сопротивления всех диодов, результаты занесите в таблицу 9.1
- Соберите по схеме мостовую схему с использованием диодов 1-4 рис 9.3.
- Зарисуйте схему в тетрадь и укажите направление тока по показаниям мультиметра
- По результатам сделайте вывод в работе

Таблица 9.1.

	$R_{1, \text{ Ом}}$	$R_{2, \text{ Ом}}$	$R_{3, \text{ Ом}}$	$R_{4, \text{ Ом}}$	$R_{5, \text{ Ом}}$
Измеренные величины					

Рис.9.2. Монтажная схема

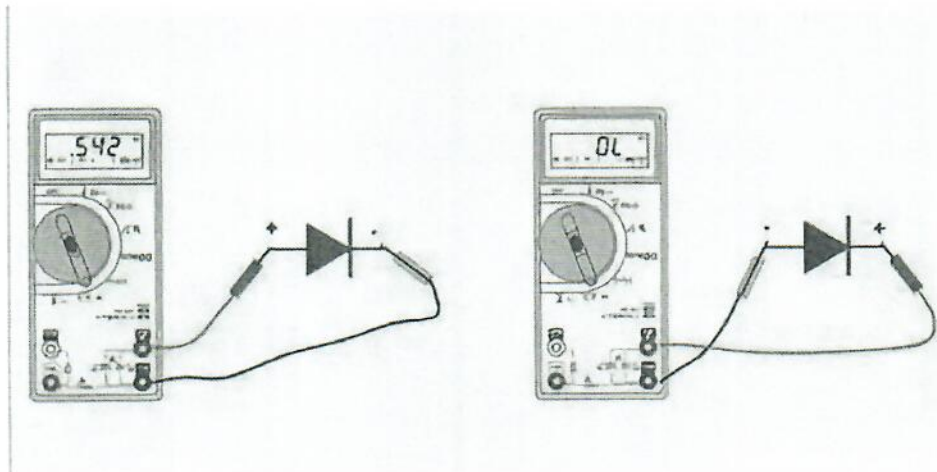
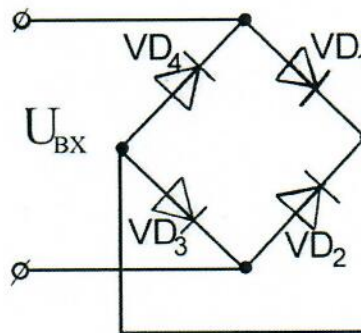


Рис.9.3. Мостовая схема



2. Порядок оформления лабораторной работы.

1. Тема: (записывается тема лабораторной работы)
2. Цель: (цель работы записывается на основании задания)
3. Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)
4. Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).
5. Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

3. Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Что такое электрическая цепь?
2. Способ включения амперметра в цепь.
3. Способ включения вольтметра в цепь.
4. Способ включения в цепь омметра.

Лабораторная работа № 10

Тема работы: Исследование однофазных выпрямителей.

1. Общие сведения.

В цепи с полупроводниковым диодом (рис. 10.1) установившийся ток может протекать только при определенной полярности приложенного к диоду напряжения. При изменении полярности напряжения диод запирается и ток прекращается. В результате при синусоидальном приложенном напряжении $U_{вх}$ в нагрузку протекает пульсирующий ток одного направления. Такую же форму имеет и выпрямленное напряжение на нагрузке U_d .

Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения применяются сглаживающие фильтры. Простейшим фильтром является конденсатор, подключенный параллельно нагрузке. Тогда при открытом состоянии диода конденсатор заряжается, а при закрытом - разряжается на нагрузку.

Ток и напряжение на нагрузке становятся непрерывными, пульсации уменьшаются, и увеличивается среднее значение напряжения на нагрузке.

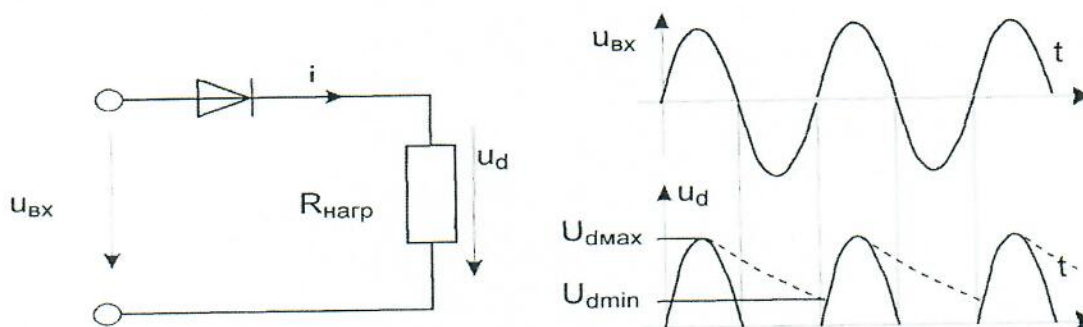


Рис. 10.1 Однофазный выпрямитель

Двухполупериодный мостовой выпрямитель состоит из четырех диодов (рис.10.2.). при положительном полупериоде входного напряжения диоды Д2 и Д4 открыты и через них течет ток в нагрузку. Диоды Д1 и Д3 в этот момент закрыты. При отрицательном полупериоде Д2 и Д4 закрываются, но открываются диоды Д1 и Д3 пропуская ток в нагрузку в том же направлении. По сравнению с однополупериодным выпрямителем в двухполупериодном в два раза увеличивается частота пульсации, что облегчает задачу сглаживания пульсаций фильтрами.

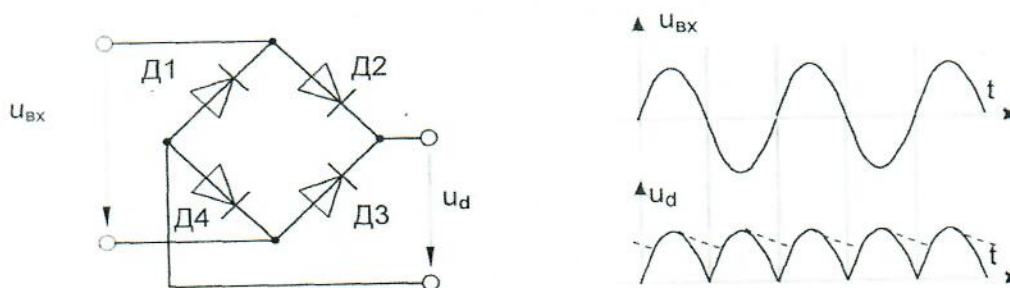


Рис. 10.2 Двухполупериодный мостовой выпрямитель

2. Экспериментальная часть

Задание

Исследовать экспериментально основные параметры двухполупериодного выпрямителя.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рис.10.3) и монтажной схемой (рис.10.4) сначала без сглаживающего фильтра ($C=0$). Включите мультиметры: V1 - для измерения действующего значения синусоидального напряжения, V2 - для измерения постоянного напряжения.
- Включите и настройте осциллограф. Установите развертку 5 мс/дел.
- Сделайте измерения и запишите в табл. 10.1. значения: $U_{вх}$ - по мультиметру V1, U_d - по мультиметру V2 , U_{dmax} и U_{dmin} - по осциллографу, $m=f_{пульс}/f_{вх}$.
- Рассчитайте и запишите в табл.10.1 коэффициенты $U_d/U_{вх}$, U_{max} и $k_{пульс}$
- Параллельно нагрузочному резистору подключите сглаживающие конденсаторы с емкостью, указанной в таблице (Не ошибитесь с полярностью при подключении электролитических конденсаторов)
- Повторите расчеты.
- Сделайте вывод

Рис.10.3. Принципиальная схема.

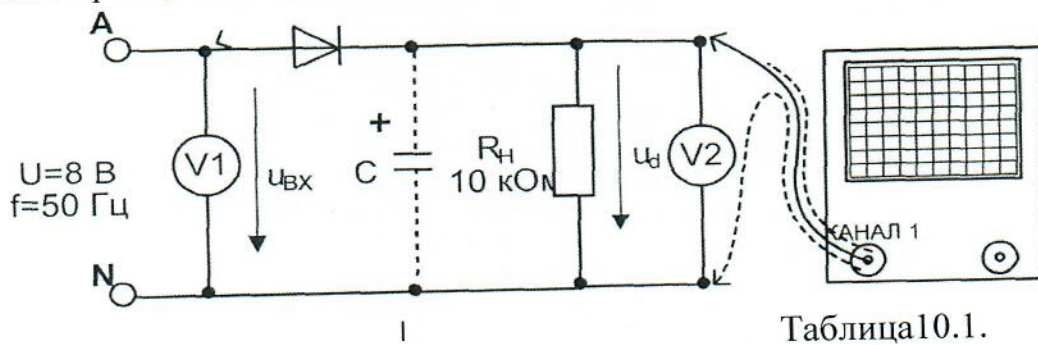
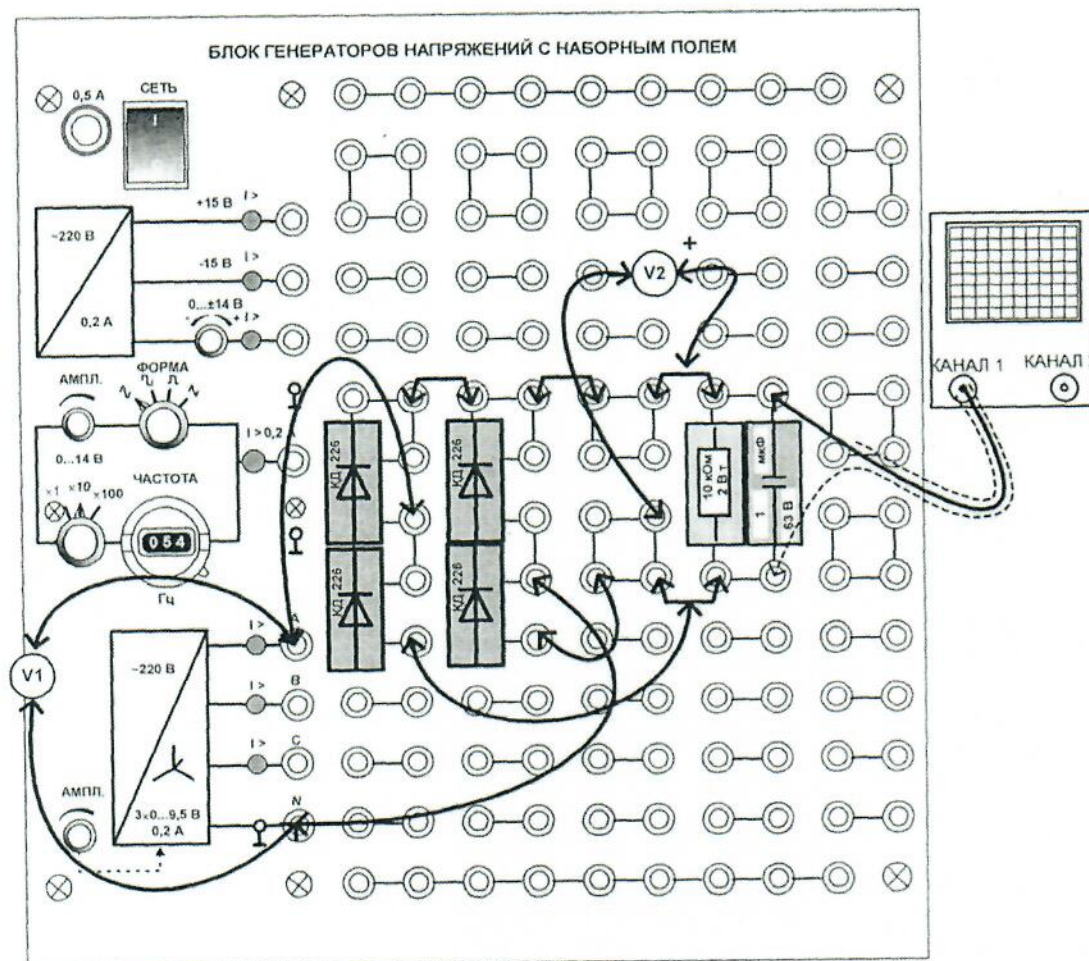


Таблица 10.1.

$C, \text{ мкФ}$	0	1	10	100
$U_{вх}, \text{ В}$				
$U_d, \text{ В}$				
$U_{dmax}, \text{ В}$				
$U_{dmin}, \text{ В}$				
m				
$U_d / U_{вх}$				
U_{max}				
$k_{пульс}$				

Рис.10.4. Монтажная схема



3. Порядок оформления лабораторной работы.

Тема: (записывается тема лабораторной работы)

Цель: (цель работы записывается на основании задания)

Приборы и материалы: (записываются приборы и материалы согласно монтажной и принципиальной схемам)

Ход работы: (в ход работы записывается порядок выполнения эксперимента, таблица, принципиальная схема, в таблицу в процессе эксперимента заносятся данные, выполняются необходимые расчеты).

Вывод: (на основе цели работы и полученных результатов делается вывод в работе).

4. Вопросы для отчета по лабораторной работе.

1. Что такое выпрямитель?
2. Из каких элементов состоит выпрямитель?
3. Классификация сглаживающих фильтров.
4. Схемы выпрямления переменного тока.

«ТНПК»	Электрические цепи	
--------	--------------------	--

Список литературы

1. Бутырин П.А. Основы электротехники: Учебник для нач. проф. образования/ П.А. Бутырин, О.В. Толкачев, Ф.Н. Шакирзянов; Под ред. П.А. Бутырина. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 272 с.
2. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике: Учебное пособие для образовательных учреждений начального профессионального образования. –М.: Изд.Центр «Академия», 2014.
3. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: Учебное пособие для учащихся профессиональных училищ, лицеев и колледжей.-5-е изд-е. Ростов н/Д: Феникс, 2014.-384с.
4. Электротехника и электроника: Учебник для среднего профессионального образования/ Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Б.И. Петленко. – М.: Изд. Центр «Академия», 2014.