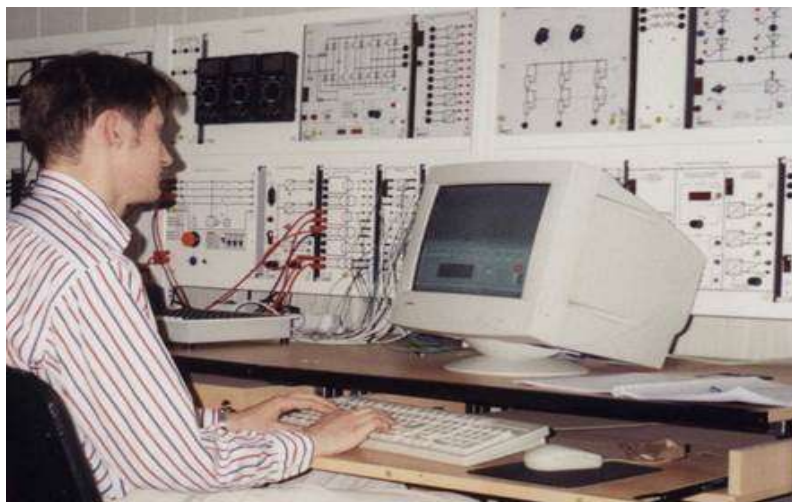


Министерство образования и науки РБ
ГБПОУ «Бурятский лесопромышленный колледж»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Специальность:

- 08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов
- 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта
- 35.02.03 Технология деревообработки
- 27.02.02 Техническое регулирование и управление качеством
- 08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.
- 08.02.11. Управление, эксплуатация и содержание многоквартирного дома
- 25.04.07 Технология лесозаготовок

Дисциплина

Электротехника и электроника

2016г.

Методические указания по выполнению лабораторных работ и практических занятий Улан-Удэ: 2016 г. 68 стр.

Специальность

08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов

23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

35.02.03 Технология деревообработки

27.02.02 Техническое регулирование и управление качеством

08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.

08.02.11. Управление, эксплуатация и содержание многоквартирного дома

25.04.07 Технология лесозаготовок

«Электротехника и электроника»

(наименование дисциплины)

Научно-методический совет
БЛПК

«__» _____ 200__ г.

Автор: Громакина Е.М.
(Ф. И. О.)

преподаватель ОПД
(занимаемая должность и место работы)

Рецензент: Цырендылыкова Н.Б
(Ф. И. О.)

Преподаватель физики
(занимаемая должность и место работы)

Оглавление

Введение.....	4
Раздел I. Общие требования.....	5
Раздел II. Указания к выполнению лабораторных работ.....	6
Лабораторные работы	
1. Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока.....	7
2. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов.....	9
3. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока ...	11
4. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C.....	14
5. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду	18
6. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.....	23
7. Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду.....	27
8. Испытания однофазного трансформатора.....	31
9. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.....	35
10. Экспериментальное снятие вольтамперной характеристики светодиода.....	39
11. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа.....	41
12. <u>Исследование однофазных выпрямителей</u>	43
13. Сравнительное исследование одиночных усилительных каскадов на биполярных транзисторах.....	46
14. Исследование двухтактного усилителя мощности на биполярных транзисторах.....	50
15. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора.....	58
Библиографический список.....	68

Введение

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам II курса для изучения дисциплины «Электротехника и электроника» - в организации эффективной работы по усвоению методики проведения лабораторных работ

- в умении пользоваться измерительными приборами;
- в умении производить проверку электронных и электрических элементов;
- производить подбор элементов электрических цепей и электронных схем;
- в организации их деятельности по проведению эксперимента;
- в формировании практических навыков работы с электротехническими устройствами, со справочным материалом, исследовательских умений (сравнивать, анализировать, делать выводы, оформлять результаты).

Проведение лабораторных работ включает в себя освоение курса «Электротехника и электроника» по разделам: «Электрические цепи постоянного тока», «Электрические цепи переменного тока» и «Трёхфазные электрические цепи», «Трансформаторы», «Электрические двигатели», «Полупроводниковые приборы», «электронные усилители», «электронные генераторы».

Комплект типового лабораторного оборудования «Основы аналоговой электроники» предназначен для проведения лабораторного практикума по одноимённым разделам курсов «Электроника», «Электроника и микроэлектроника», «Электронная техника», и др. в профессиональных образовательных учреждениях.

Описание каждого эксперимента содержит:

- общие сведения,
- экспериментальную часть.

Раздел «Общие сведения» содержит краткое введение в теорию соответствующего эксперимента. Для более глубокого изучения теоретического материала учащемуся следует обратиться к учебникам и компьютерным программам тестирования для проверки усвоения теории и оценки готовности к лабораторно-практическим занятиям.

В разделе «Экспериментальная часть» сформулированы конкретные задачи эксперимента, представлены схемы электрических цепей, таблицы и графики для регистрации и представления экспериментальных данных. В ряде случаев поставлены вопросы для более полного осмысления результатов эксперимента.

Раздел I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Требования к теоретической готовности студентов.

Для выполнения лабораторных работ необходимы теоретические знания тем: «Электрические цепи постоянного тока», «Электрические цепи переменного тока» и «Трёхфазные электрические цепи», «Трансформаторы», «Электрические двигатели», «Полупроводниковые приборы», «электронные усилители», «электронные генераторы».

- Требования по технике безопасности:

Лабораторные работы проводить под наблюдением преподавателя.

Запрещается!

- Не превышайте допустимых перегрузочных значений, указанных в заводской инструкции для каждого рода работы
- 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.

Общие указания

Цели:

1. Освоить методику сборки электрических схем на лабораторном стенде
2. Освоить методику измерений и расчета электрических величин на лабораторном стенде
3. Строить графики зависимостей электрических величин, вольт – амперные характеристики и другое.

Оснащение: Лабораторные стенды. Методические рекомендации. Литература.

Ход работы

1. Изучить по учебнику (1) теоретический материал.
2. Начертить структурную электрическую схему.
3. Записать ход работы.
4. Заполнить таблицу исходных данных
4. Выполнить работу.
5. Оформить отчет на формате А₄ и защитить работу преподавателю.

Литература

1. Горошков, Б. И. Электронная техника [текст]: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования / Б. И. Горошков, А. Б. Горошков. - Москва : Academia, 2013. - 320 с.
2. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [текст]: : учеб. пособие для студентов неэлектротехн. спец. сред. спец. учеб. заведений/ И. А. Данилов, П. М. Иванов. - Москва: Высш. шк., 2011. - 752 с: ил.
3. Петленко Б. И. Электротехника и электроника[текст]: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования/ Б. И. Петленко. - 4-е изд., стер. - Москва: Academia, 2011. - 320 с: ил.. - (Среднее профессиональное образование. Общепрофессиональные дисциплины)
4. Синдеев Ю.Г.Электротехника с основами электроник [текст]: :уч.пособие.-12-е изд.,Ростов н/Д:Феникс,2010.-407с.

Лабораторная работа № 1

Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока

Общие сведения

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

Электрический ток есть направленное (упорядоченное) движение *носителей зарядов*.

Ток, неизменный во времени, называют *постоянным*. Количественно ток равен заряду q , который пересекает сечение проводника за единицу времени t (1сек):

$$I = q / t.$$

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

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

$$U = RI \text{ или } I = U/R,$$

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

Мощность преобразования электрической энергии в другие виды энергии выражается через ток и напряжение (закон Джоуля-Ленца):

$$P = UI = RI^2 = U^2/R.$$

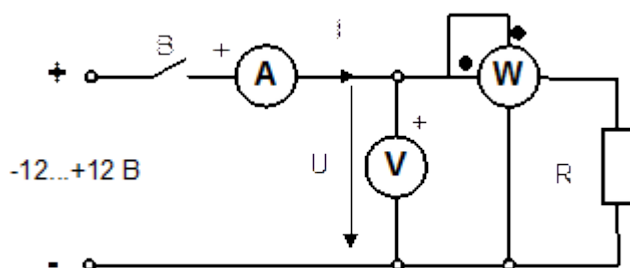
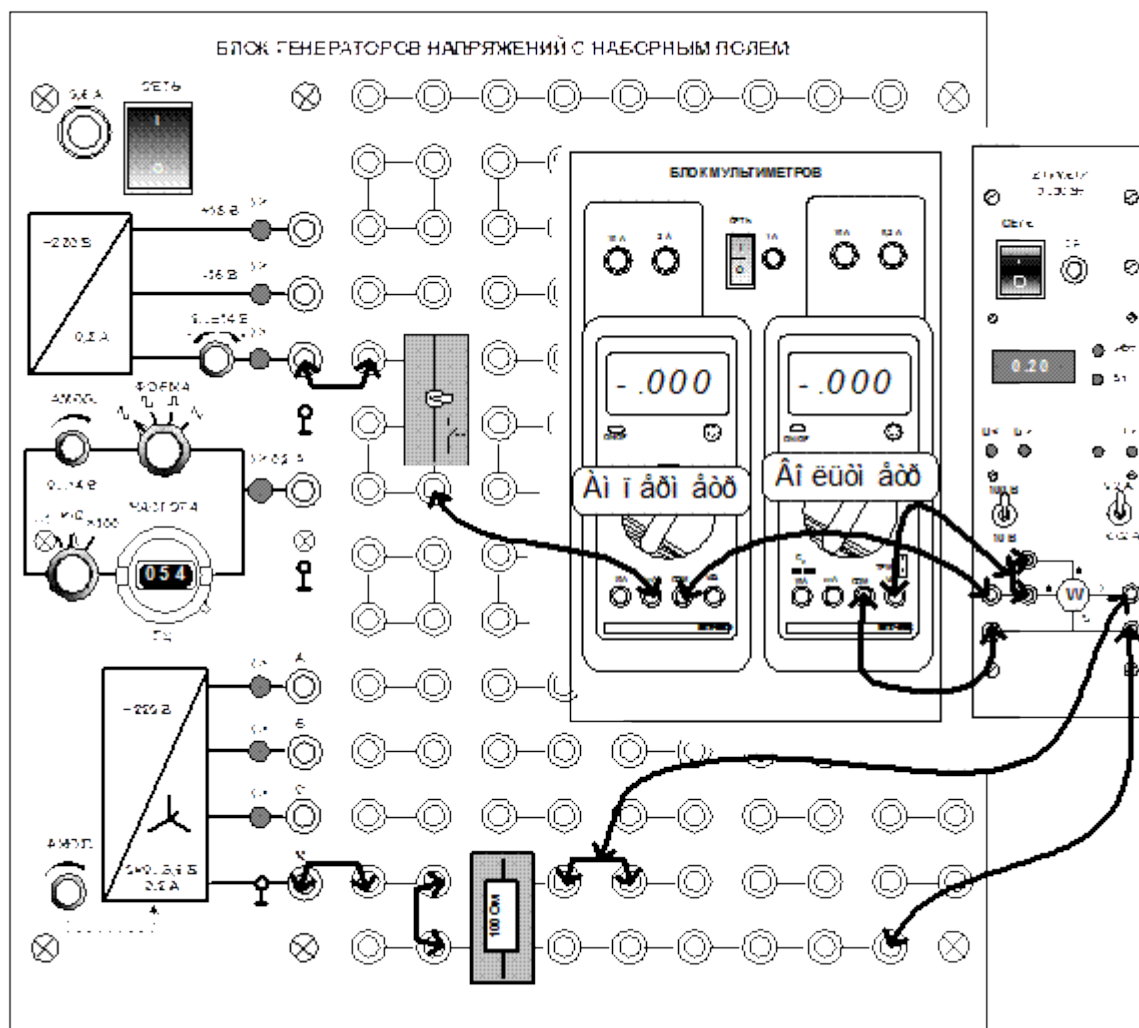


Рис.2.1

Экспериментальная часть

- 1. Цель работы:** научиться собирать электрическую цепь; пользоваться мультиметром для измерения сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока; вести расчеты по исследуемой теме.



2. Приборы:

- Мультиметр для измерения тока;
- Мультиметр для измерения напряжения и сопротивления;
- Выключатель
- Резистор 100 Ом

3. Задание

- 1) Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рис.2.1) и монтажной схемой (рис. 2.2), установив в наборную панель сопротивление $R_{\text{ном}}=100 \dots 1000$ Ом. Запишите значение сопротивления в табл.2.1.
Убедитесь, что при включении выключателя «В» в цепи появляется ток, а при выключении – исчезает.
- 2) Вычислите значения мощности $P = UI$ и сопротивления $R = U/I$ и запишите результаты в столбцы таблицы «Вычисленные значения». Сравните результаты измерений и вычислений.
- 3) Запишите показание мультиметра $R_{\text{изм}}$ и номинальное сопротивление, указанное на этикетке миниблока:

$$R_{\text{изм}} = \dots\dots\dots \text{Ом}; R_{\text{ном}} = \dots\dots\dots \text{Ом}.$$

Вычислите относительное отклонение измеряемого сопротивления от номинального значения в % (относительную погрешность):

$$\Delta R \% = \frac{R_{\text{изм}} - R_{\text{ном}}}{R_{\text{ном}}} \times 100 \% = \dots\dots\dots$$

4) Сделайте выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что можно измерить при помощи мультиметра.
2. Дайте расшифровку нанесенной маркировки на мультиметре.
3. Как переключается постоянный ток на переменный.

Лабораторная работа № 2

Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов

Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены последовательно (рис. 3.1), по ним проходит один и тот же ток. Величина тока определяется приложенным напряжением U и Эквивалентным сопротивлением $R_{\text{эКВ}}$:

$$I = U / R_{\text{эКВ}},$$

где $R_{\text{эКВ}} = SR = R_1 + R_2 + R_3$.

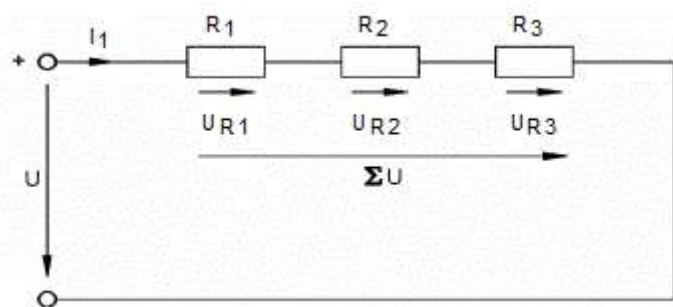


Рис. 4.7.1

В соответствии со вторым законом Кирхгофа:

$$I \times R_1 + I \times R_2 + I \times R_3 = U.$$

Экспериментальная часть

1. **Цель работы:** научиться собирать электрическую цепь; пользоваться мультиметром для измерения сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока; вести расчеты по исследуемой теме.
2. **Приборы:**
 1. Мультиметр;
 2. Амперметр

3. Резистор 47 Ом; 100 Ом; 220 Ом.

4. Задание

1. Соберите цепь согласно монтажной схеме (рис. 3.2). Последовательно с резисторами 47, 100 и 220 Ом включите специальные миниблоки для подключения амперметра.
2. 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 табл. 3.1.
3. Затем измерьте напряжения на каждом резисторе, а также полное напряжение на входе цепи. Все измеренные величины занесите в табл. 3.1.
4. Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Результаты занесите в табл. 3.1 и сравните с измеренными значениями.

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

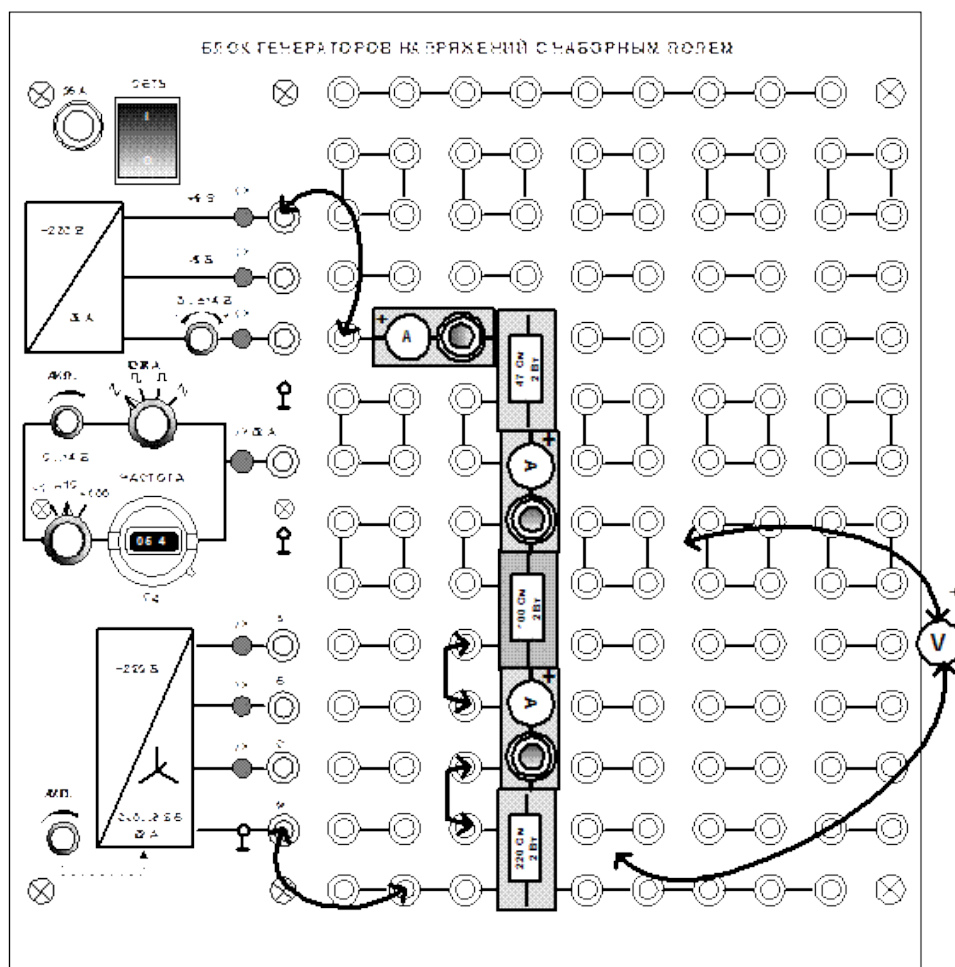


Рис. 3.2

Таблица 4.7.1

	Ток (I), мА	Падения напряжения на резисторах, В			Напряжение на входе цепи, В
		47 Ом (U_1)	100 Ом (U_2)	220 Ом (U_3)	
		$R_{\text{экв}} = \dots$ Ом (U)			
Измеренные значения					
Рассчитанные значения					

5. Проверьте выполнение второго закона Кирхгофа по экспериментальным и по расчётным значениям напряжений:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Формулировка закона Ома для участка цепи
2. Формулировка закона Ома для полной цепи
3. Какой эл. параметр не меняется по всей цепи
4. Формулировка законов Кирхгофа

Лабораторная работа № 3

Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока

Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены параллельно (рис.4.1), все они находятся под одинаковым напряжением:

$$U = U_{R1} = U_{R2} = U_{R3}$$

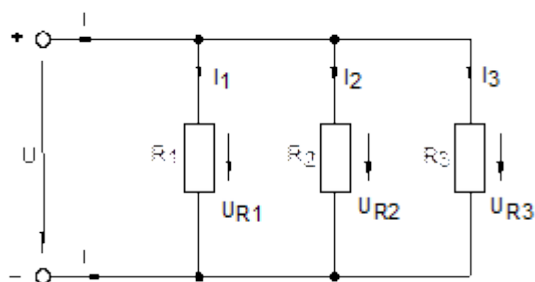


Рис. 4.1

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

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

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

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Для вычисления эквивалентного сопротивления цепи служит формула:

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Для цепи с двумя параллельно соединенными резисторами:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Экспериментальная часть

1. Цель работы: научиться собирать электрическую цепь; пользоваться мультиметром для измерения сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока; вести расчеты по исследуемой теме.

2. Приборы:

- 1) Мультиметр;
- 1) Амперметр
- 2) Резистор 330, 220 и 470 Ом

Задание

Измеряя напряжения и токи, убедиться, что напряжение, прикладываемое к каждому резистору, одинаково и что сумма токов ветвей равна полному току цепи. Проверить результаты измерения расчётом.

Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь согласно монтажной схеме (рис. 4.2), вставив последовательно с каждым из резисторов (330, 220 и 470 Ом) специальные миниблоки для подключения амперметра.
2. Измерьте напряжение на каждом резисторе, а также напряжение на источнике. Убедитесь, что все они одинаковы и запишите значение напряжения в табл. 4.1.
3. С помощью мультиметра, специального кабеля со штекером и миниблоков для подключения амперметра измерьте токи в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты запишите в табл.4.1.

4. Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты занесите в табл. 3.1 и сравните с измеренными значениями.
5. Проверьте как по экспериментальным, так и по расчётным данным, выполняется ли первый закон Кирхгофа:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

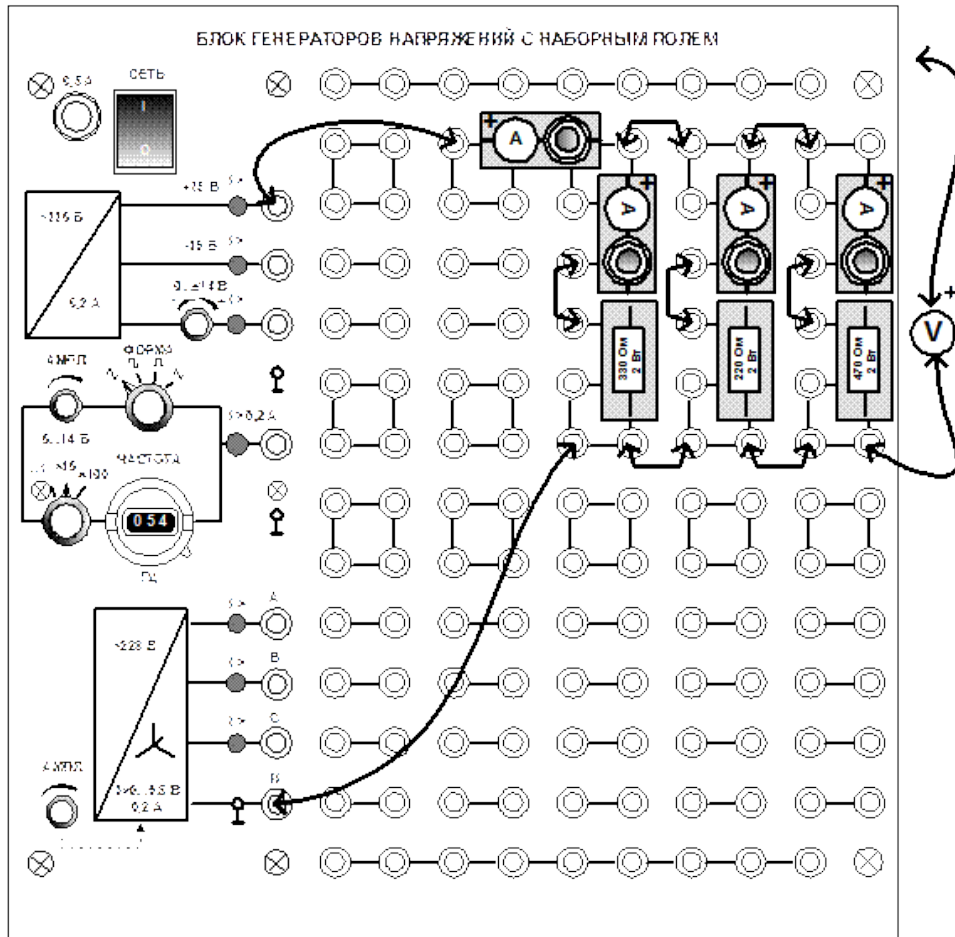


Таблица 4.1

	Напряжение (U), В	Токи в ветвях, мА			Ток на входе цепи, мА
		330 Ом (I_1)	220 Ом (I_2)	470 Ом (I_3)	
					$R_{\text{ЭКВ}} = \dots$ Ом (I)
Измеренные значения					
Рассчитанные значения					

6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

5. Формулировка закона Ома для участка цепи
6. Формулировка закона Ома для полной цепи
7. Какой эл.параметр не меняется по всей цепи
8. Формулировка законов Кирхгофа

Лабораторная работа № 4

Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C.

Общие сведения

Цепи с *активными сопротивлениями*: если синусоидальный ток $i = I_m \sin \omega t$, то напряжение на этом сопротивлении $u = U_m \sin \omega t$, где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота, а амплитуды тока и напряжения связаны законом Ома: $U_m = RI_m$ т.е. идет **совпадение по фазе** тока и напряжения.

Цепь с *индуктивным сопротивлением*: Если по идеальной индуктивности L 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 отстает от напряжения по фазе на 90° . Амплитуды тока и напряжения связаны соотношением: $U_m = X_L I_m$, где $X_L = \omega L$ – *индуктивное сопротивление*.

Цепь с *ёмкостным сопротивлением*: если по конденсатору, ёмкость которого C , протекает синусоидальный ток $i = I_m \sin \omega t$, то напряжение на нём $u = U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$ отстает от тока по фазе на 90° . Амплитуда напряжения связана с током выражением: $U_m = X_C I_m$, где $X_C = 1/\omega C$ – *ёмкостное сопротивление*.

При последовательном соединении R, L, и C (рис.7.1а) 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.

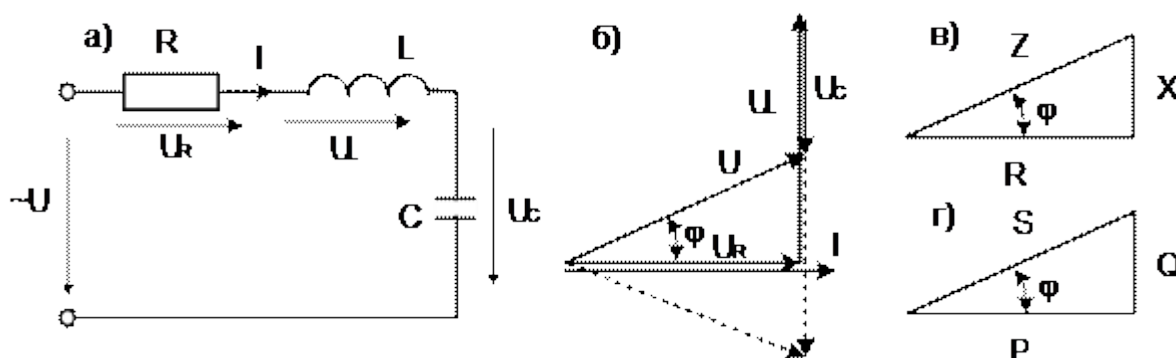


Рис. 7.1

Из векторной диаграммы следует, что напряжение на всей цепи

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

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

Экспериментальная часть

1. Цель работы: научиться собирать электрическую цепь; пользоваться мультиметром для измерения сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока; вести расчеты по исследуемой теме.

2. Приборы:

- 2) Мультиметр;
- 3) Амперметр
- 4) Резистор 47 Ом; 100 Ом; 220 Ом.

3. Задание

Определить экспериментально параметры цепи с последовательным соединением R , L и C для трёх случаев $X_L > X_C$, $X_L = X_C$ и $X_L < X_C$. Построить векторные диаграммы.

· Измерьте омметром и запишите активное сопротивление катушки индуктивности 900 витков. $R_K = \dots\dots\dots$ Ом.

1. 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.

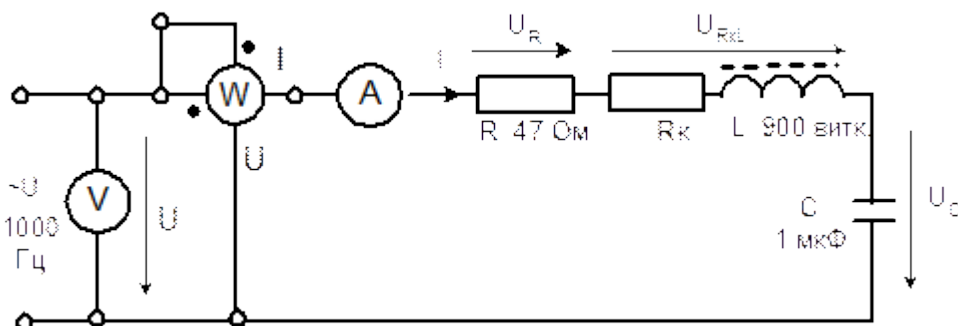


Рис.7.2

2. Установите переключатель сигналов генератора напряжений в положение «~», регулятор частоты – в положение 1000 Гц и регулятор напряжения в крайнее правое положение (максимальная амплитуда).
3. Включите генератор и, регулируя частоту, добейтесь резонанса по максимуму тока.
4. 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 .**
5. Включите параллельно конденсатору 1 мкФ конденсатор 0,47 мкФ и запишите показания приборов в строку $X_L > X_C$.
6. Оставьте в цепи один конденсатор 0,47 мкФ и запишите показания приборов в строку $X_L < X_C$.
7. По опытным данным рассчитайте напряжения на активном и индуктивном сопротивлениях катушки и занесите результаты также в табл. 7.1.
8. На рис. 7.4 постройте в масштабе векторные диаграммы для всех случаев.
9. По экспериментальным данным определите параметры цепи Z , j , R , X и сведите результаты расчёта в табл. 7.2.
10. Определите те же эквивалентные параметры цепи Z , j , R , X по номинальным данным, указанным на этикетках (кроме катушки) и сведите результаты расчёта в табл. 7.3. Сравните результаты.
11. Сделайте вывод.

Таблица 7.1

f =Гц	Измерения							Вычисления $U_L = \sqrt{U_{R\&L}^2 - U_{R\&S}^2}$, В
	P, мВт	I, мА	U, В	U_R , В	$U_{R\&L}$, В	U_C , В	$U_{R\&I} = R_k I$, В	
C = 1 мкФ ($X_L = X_C$)								
C = 1,47 мкФ ($X_L > X_C$)								
C = 0,47 мкФ ($X_L < X_C$)								

Таблица 7.2

	$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$	j , град	$\sin j$	$Z = \frac{U}{I}$, Ом	$R = Z \cos j$, Ом	$X = Z \sin j$, Ом
$X_L = X_C$						
$X_L > X_C$						
$X_L < X_C$						

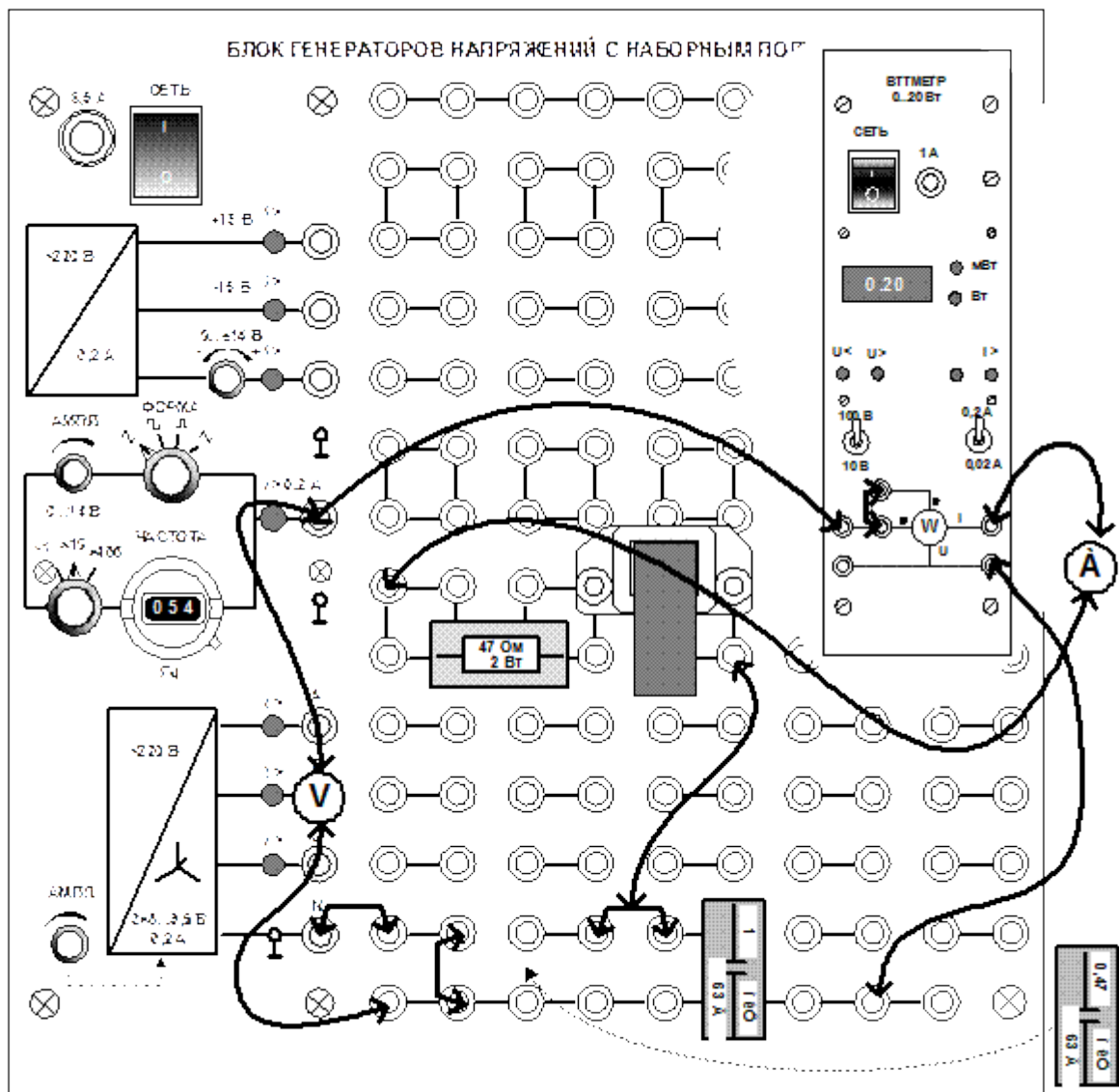


Рис. 7.3

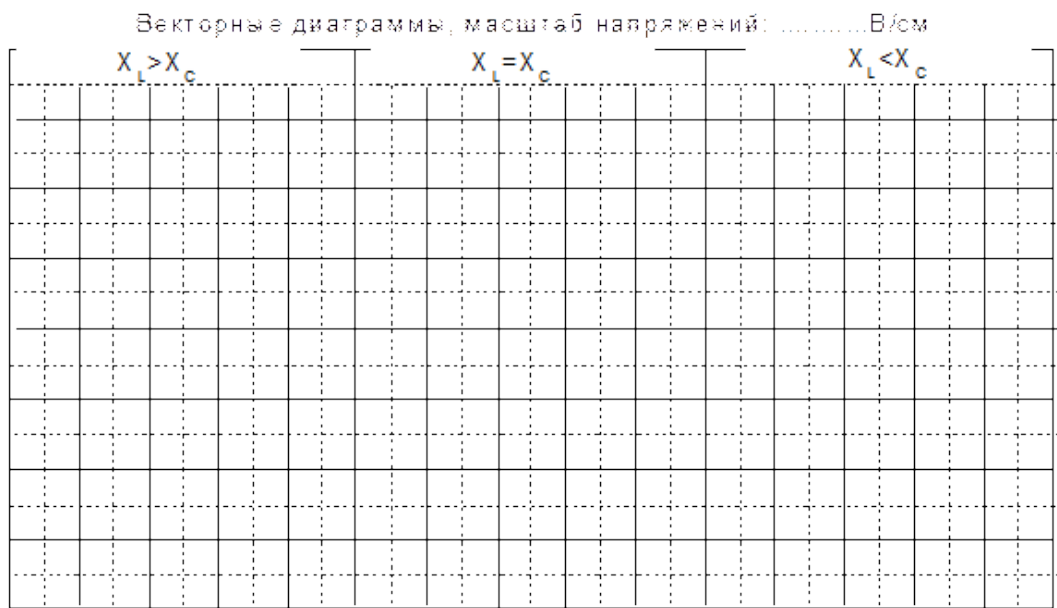


Рис. 7.4

Таблица 7.3

	$R=R_k+R$, Ом	$X_L=U_L/I$, Ом (по данным табл.7.1)	$X_C = \frac{1}{\omega C}$, Ом	$X=X_L$ $-X_C$, Ом	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, Ом	$\varphi = \arctg \frac{X}{R}$, град.
$X_L=X_c$						
$X_L>X_c$						
$X_L<X_c$						

Контрольные вопросы:

1. Как вы понимаете выражение «сдвиг по фазе между током и напряжением».
2. Каков порядок построения векторной диаграммы для цепи с последовательным соединением эл.элементов.

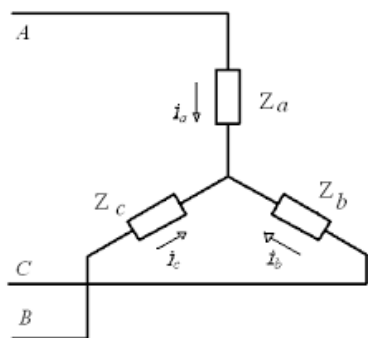
Лабораторная работа № 5

Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду

Общие сведения

Если нагрузки (приемники) соединены в трехфазную цепь по схеме «звезда» (рис. 9.1), то к сопротивлениям нагрузки приложены фазные

напряжения. Линейные напряжения (U_L) в $\sqrt{3}$ раз больше фазных (U_Φ), а линейные токи (I_L) равны фазным (I_Φ) и определяются по закону Ома:



□

$$I_A = \frac{U_A}{R_A}; \quad I_B = \frac{U_B}{R_B}; \quad I_C = \frac{U_C}{R_C},$$

Ток нейтрали (I_N) равен векторной сумме этих токов: $\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$.

При симметричных напряжениях U_A, U_B, U_C и одинаковых сопротивлениях $R_A = R_B = R_C = R$ токи I_A, I_B, I_C также симметричны и их векторная сумма (I_N) равна нулю. Тогда $I_L = I_\Phi = U_\Phi / R; I_N = 0$.

Если же сопротивления фаз нагрузки не одинаковы, то через нулевой провод протекает некоторый ток $I_N \neq 0$, а в схеме без нейтрали происходит смещение точки 0 на векторной диаграмме напряжений. Это поясняется на векторных диаграммах (рис. 9.2).

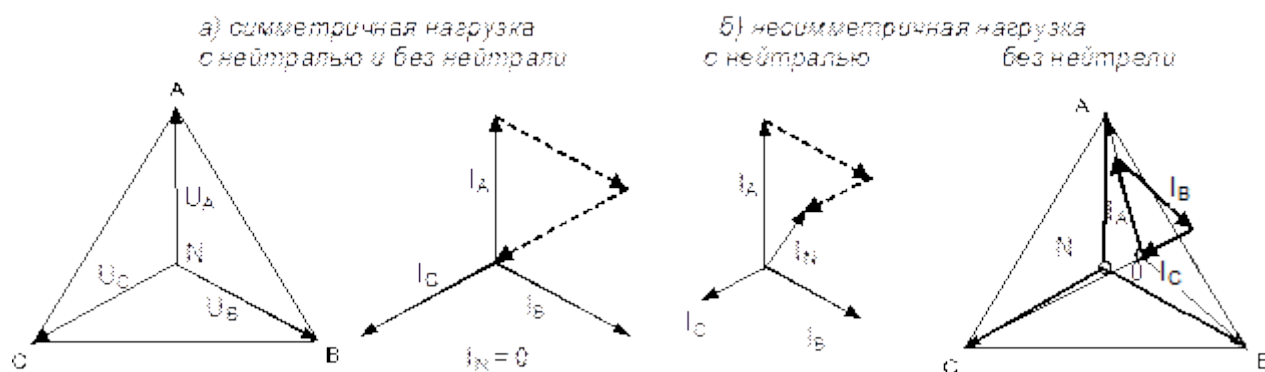


Рис. 9.2

Мощность складывается из мощностей трёх фаз: $SP = P_A + P_B + P_C$. При симметричной и чисто активной нагрузке, имеем:

$$SP = 3 P_\Phi = 3 U_\Phi I_\Phi = \sqrt{3} \times U_L \times I_L.$$

При смешанной (активно-индуктивной или активно-емкостной) нагрузке в симметричной трёхфазной цепи:

$$\text{Активная мощность } SP = 3 \times U_\Phi \times I_\Phi \times \cos j = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \cos j.$$

$$\text{Реактивная мощность } SQ = 3 \times U_\Phi \times I_\Phi \times \sin j = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \sin j.$$

Полная мощность $SS = 3 \times U_{\Phi} I_{\Phi} = \sqrt{3} \times U_{Л} \times I_{Л}$.

Активная мощность в четырёхпроводной трёхфазной цепи измеряется с помощью трёх ваттметров (рис. 9.3а), а в трёхпроводной - с помощью двух ваттметров (рис. 9.3б).

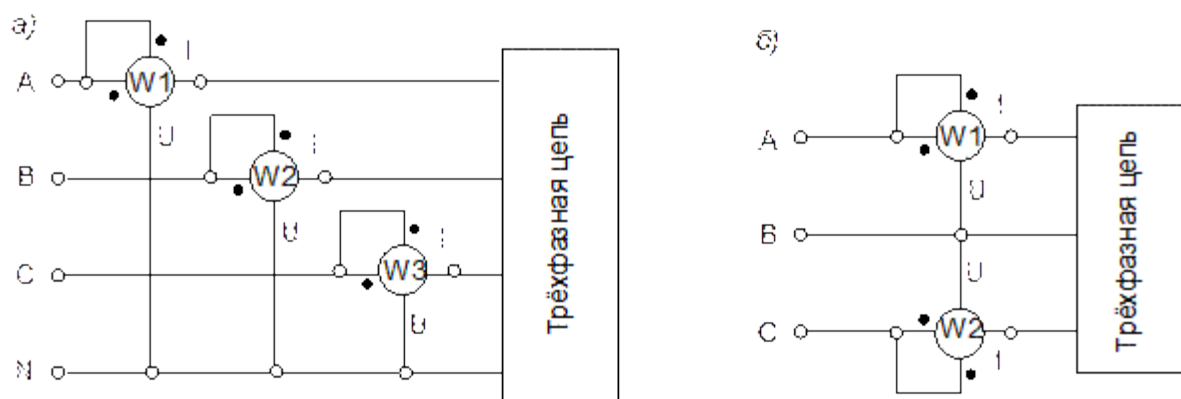


Рис. 9.3

Экспериментальная часть

1. Цель работы: научиться собирать электрическую цепь; пользоваться мультиметром для измерения сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока; вести расчеты по исследуемой теме.

2. Приборы:

- 1) Мультиметр; 2) Амперметр; 3) Ваттметр; 4) Резистор 1 кОм, 330 Ом, 470 Ом

Задание

В трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду измерить действующие значения токов и напряжений, мощность, построить векторные диаграммы и проверить баланс мощностей для следующих случаев:

- Симметричная активная нагрузка с нейтральным проводом и без него.
 - Несимметричная активная нагрузка с нейтральным проводом и без него.
 - Несимметричная смешанная нагрузка с нейтральным проводом и без него.
1. Соберите цепь с симметричной активной нагрузкой ($R_A = R_B = R_C = 1$ кОм) согласно принципиальной схеме (рис. 9.1) и монтажной схеме (рис.9.4).
 2. Измерьте напряжения и токи на нагрузке в схеме с нейтральным проводом и вычислите мощности. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. 9.1.
 3. Подключая ваттметр сначала в фазу А, затем в фазу В и, наконец, в фазу С измерьте мощности трёх фаз и вычислите суммарную мощность. Результаты запишите в также в табл. 9.1. *(Для переключения ваттметра из одной цеп в другую, также как и амперметра,*

используйте специальный коммутационный миниблок «амперметр» и пару проводников с коаксиальным разъёмом!). Проверьте баланс мощностей, т.е. сравните суммарную измеренную мощность с суммой рассчитанных фазных мощностей.

4. Уберите из схемы нейтральный провод (перемычку между точками N и 0) и снова измерьте токи и напряжения.
5. Подключая токовую цепь ваттметра сначала в фазу *A*, а цепь напряжения – на напряжение U_{AB} , затем токовую цепь в фазу *C*, а цепь напряжения – на напряжение U_{CB} , измерьте две мощности и вычислите суммарную мощность. Проверьте баланс мощностей.
6. Повторите измерения и вычисления для несимметричной нагрузки с нейтральным и без нейтрального провода ($R_A = 1 \text{ кОм}$, $R_B = 330 \text{ Ом}$, $R_C = 470 \text{ Ом}$).
7. Повторите измерения и вычисления, заменив резистор фазы *B* конденсатором $4,4 \text{ мкФ}$, а резистор фазы *C* – катушкой индуктивности 900 витков с собранным ферромагнитным сердечником. Выберите масштабы токов и напряжений и постройте векторные диаграммы для всех случаев.

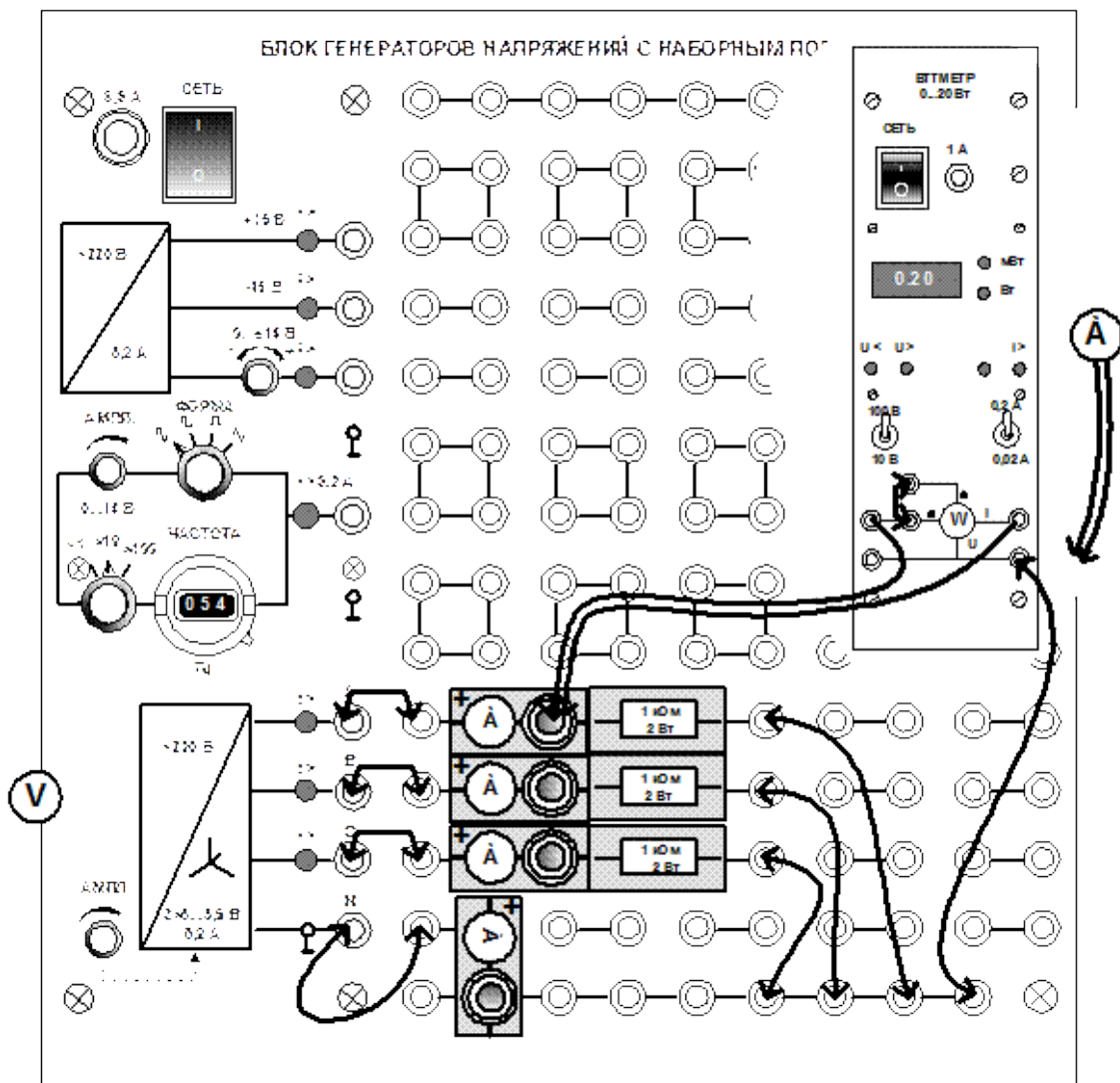


Рис. 9.4

Таблица 9.1

Схема «звезда»		Симметричная активная нагрузка		Несимметричная активная нагрузка		Несимметричная смешанная нагрузка	
		с нейтралью	без нейтрали	с нейтралью	без нейтрали	с нейтралью	без нейтрали
Фазные токи, ток нейтрали мА	I_A						
	I_B						
	I_C						
	I_N						
Линейные напряжения, В	U_{AB}						
	U_{BC}						
	U_{CA}						
Фазные напряжения, В	U_A						
	U_B						
	U_C						
Рассчитанные мощности, мВт	P_A						
	P_B						
	P_C						
	P_{Σ}						
Измеренные мощности, мВт	P_1						
	P_2						
	P_3						
	P_{Σ}						

Контрольные вопросы:

1. Что такое соединение звездой.

2. Каково соотношение между линейными и фазными токами и напряжениям в соединении звездой.
3. Каков порядок построения векторной диаграммы при соединении звездой

Лабораторная работа № 6

Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник

Общие сведения

Векторные диаграммы

1. Симметричная активная нагрузка $R_A = R_B = R_C = 1 \text{ кОм}$
2. Несимметричная активная нагрузка $R_A = 1 \text{ кОм}$, $R_B = 330 \text{ Ом}$, $R_C = 470 \text{ Ом}$
3. Смешанная несимметричная нагрузка фаз:

$R_A = 1 \text{ кОм}$, $C_B = 4,4 \text{ мкФ}$, $L_C \rightarrow$ катушка 900 витков с сердечником

В схеме «треугольник» (рис. 10.1), нагрузка R_{AB} , R_{BC} и R_{CA} каждой фазы включается на *линейное напряжение*, которое в данном случае равно *фазному* ($U_L = U_\Phi$).

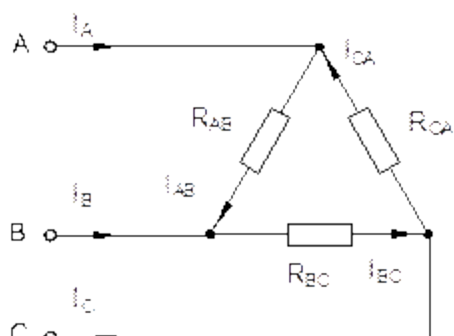


Рис. 10.1

Фазные токи I_{AB} , I_{BC} и I_{CA} определяются по закону Ома:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}; \quad I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_{BC}}; \quad I_{CA} = \frac{U_{CA}}{R_{CA}}.$$

Линейные токи определяются по первому закону Кирхгофа как векторные разности соответствующих фазных токов:

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}; \quad \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}; \quad \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}.$$

Построение этих векторов показано на векторной диаграмме (рис.10.2).

При симметричных напряжениях U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и одинаковых нагрузках фаз $R_{AB} = R_{BC} = R_{CA} = R$ токи также симметричны, причём, линейный ток по

величине в $\sqrt{3}$ раз больше фазного. Это поясняется на векторных диаграммах (рис. 10.2).

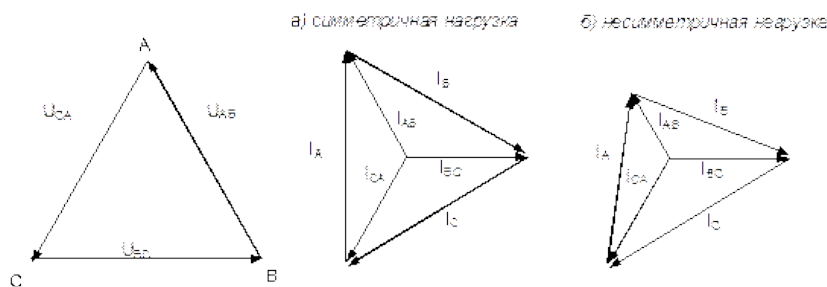


Рис. 10.2.

Суммарная мощность SP , потребляемая трехфазной нагрузкой при ее соединении в «треугольник», складывается из мощностей фаз $SP = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$.

Также как и при соединении в звезду в случае симметричной нагрузки:

Активная мощность $SP = 3 \times U_{\phi} \times I_{\phi} \times \cos j = \sqrt{3} \times U_{Л} \times I_{Л} \times \cos j$.

Реактивная мощность $SQ = 3 \times U_{\phi} \times I_{\phi} \times \sin j = \sqrt{3} \times U_{Л} \times I_{Л} \times \sin j$.

Полная мощность $SS = 3 \times U_{\phi} \times I_{\phi} = \sqrt{3} \times U_{Л} \times I_{Л}$.

Активная мощность трёхфазной цепи при соединении в треугольник измеряется двумя ваттметрами так же, как и при соединении в звезду без нейтрального провода.

Экспериментальная часть

1. Цель работы: научиться собирать электрическую цепь; пользоваться мультиметром для измерения сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока; вести расчеты по исследуемой теме.

2. Приборы:

- 3) Мультиметр;
- 5) Амперметр
- 6) Ваттметр
- 7) Резистор 1 кОм, 330 Ом, 470 Ом

3. Задание

В трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник измерить действующие значения токов и напряжений, мощность, построить векторные диаграммы и проверить баланс мощностей для следующих случаев:

- Симметричная активная нагрузка.

- Несимметричная активная нагрузка.
- Несимметричная смешанная нагрузка.

Ход работы:

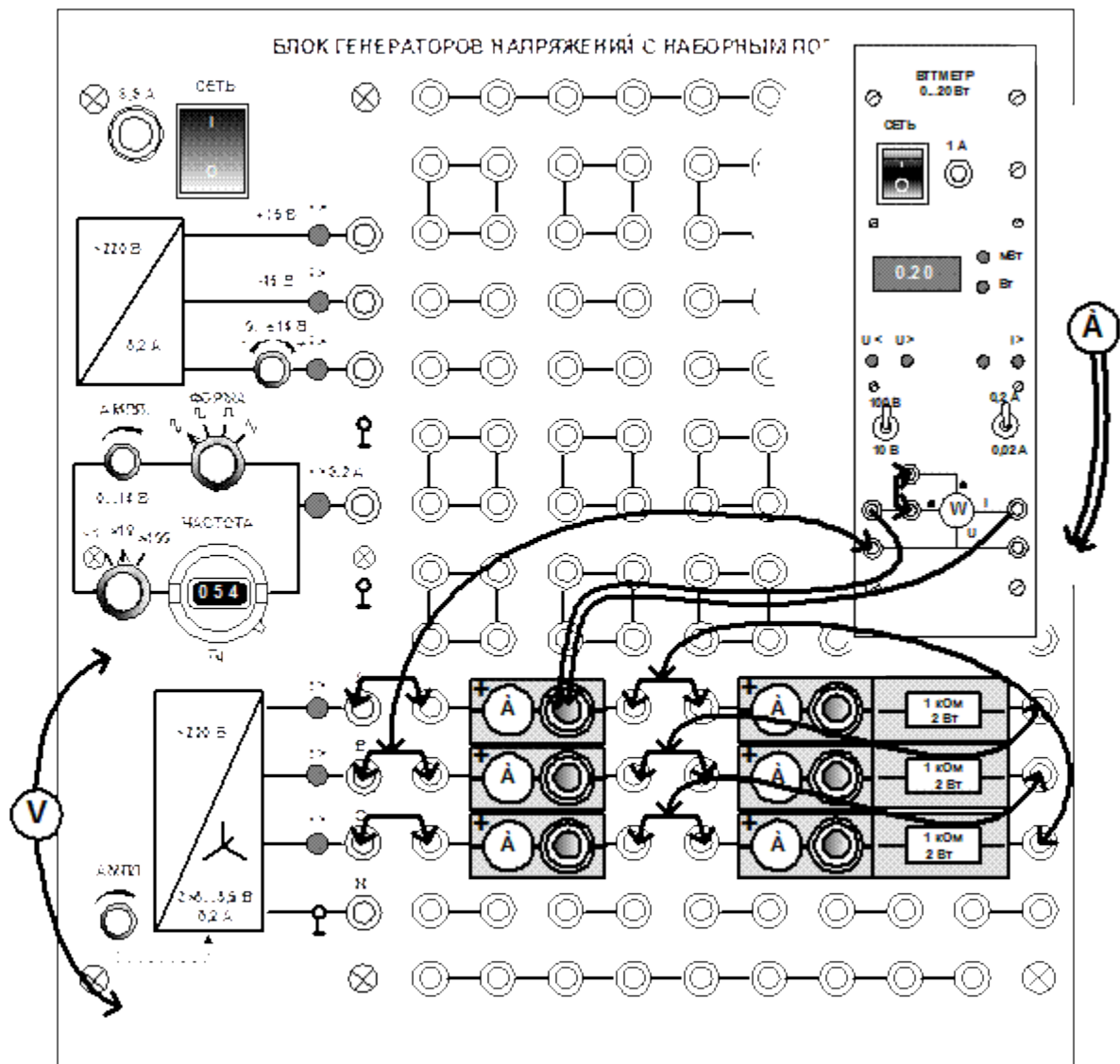


Рис. 10.3

1. Соберите цепь с симметричной нагрузкой ($R_{AB} = R_{BC} = R_{CA} = 1$ кОм) согласно принципиальной схеме (рис. 10.3) и монтажной схеме (рис. 10.4).
2. Измерьте мультиметрами напряжения и токи, указанные в табл. 10.1 и вычислите мощности.
3. Подключая токовую цепь ваттметра сначала в фазу A , а цепь напряжения – на напряжение U_{AB} , затем токовую цепь в фазу C , а цепь напряжения – на напряжение U_{CB} , измерьте две мощности и вычислите суммарную мощность. Проверьте баланс мощностей. *(Для переключения ваттметра из одной цеп в другую, также как и амперметра, используйте специальный коммутационный миниблок «амперметр» и пару проводников с коаксиальным разъёмом!).*

4. Повторите измерения и вычисления для несимметричной нагрузки с ($R_{AB} = 1 \text{ кОм}$, $R_{BC} = 330 \text{ Ом}$, $R_{CA} = 470 \text{ Ом}$).
5. Повторите измерения и вычисления, заменив резистор фазы В конденсатором 4,4 мкФ, а резистор фазы С – катушкой индуктивности 900 витков с собранным ферромагнитным сердечником.
6. Выберите масштабы токов и напряжений и постройте векторные диаграммы для всех случаев.

Таблица 10.1

Схема «треугольник»		Симметричная активная нагрузка	Несимметричная активная нагрузка	Несимметричная смешанная нагрузка
Фазные токи, мА	I_{AB}			
	I_{BC}			
	I_{CA}			
Линейные токи, мА	I_A			
	I_B			
	I_C			
Линейные напряжения, В	U_{AB}			
	U_{BC}			
	U_{CA}			
Рассчитанные мощности, мВт	P_{AB}			
	P_{BC}			
	P_{CA}			
	P_{Σ}			
Измеренные	P_1			

МОЩНОСТИ, мВт	P_2			
	P_3			
	P_Σ			

7. Выберите масштабы токов и напряжений и постройте векторные диаграммы для всех случаев.

Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

4. Что такое соединение треугольником.
5. Каково соотношение между линейными и фазными токами и напряжениям в соединении треугольником.
6. Каков порядок построения векторной диаграммы при соединении треугольником

Лабораторная работа № 7

Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду

Общие сведения

Аварийными являются режимы, возникают при коротких замыканиях в нагрузке или в линиях и обрыве проводов. Остановимся на некоторых типичных аварийных режимах.

В симметричном режиме $I_N = 0$, поэтому обрыв нейтрального провода не приводит к изменению токов и напряжений в цепи и такой режим не является аварийным. При несимметричной нагрузке $I_N \neq 0$, поэтому обрыв нейтрали приводит к изменению всех фазных токов и напряжений. На векторной диаграмме напряжений точка «0» нагрузки, совпадающая до этого с точкой «N» генератора, смещается таким образом, чтобы сумма фазных токов оказалась равной нулю (рис. 11.1). Напряжения на отдельных фазах могут существенно превысить номинальное напряжение.

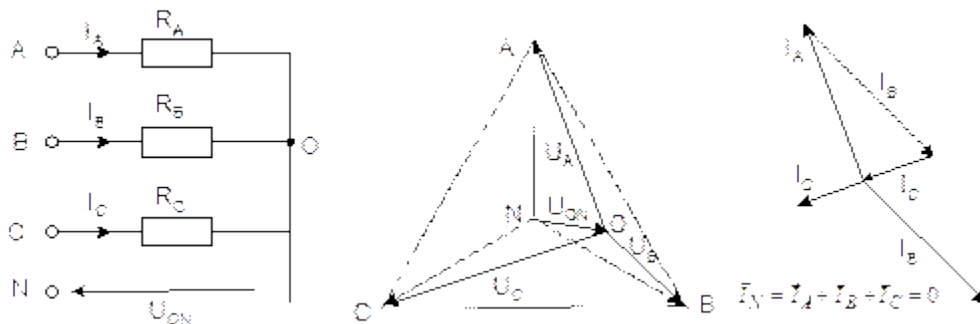


Рис. 11.1

Обрыв фазы при симметричной нагрузке в схеме без нулевого провода

Обрыв фазы при симметричной нагрузке в схеме с нулевым проводом

При обрыве провода, например, в фазе A ток этой фазы становится равным нулю, напряжения и токи в фазах B и C не изменяются, а в нулевом проводе появляется ток $I_N = I_B + I_C$. Он равен току, который до обрыва протекал в фазе A (рис. 11.2).

При обрыве, например, фазы A (рис. 11.3) сопротивления R_A и R_B оказываются соединёнными последовательно и к ним приложено линейное напряжение U_{BC} . Напряжение на каждом из сопротивлений составляет $\sqrt{3}/2$ от фазного напряжения в нормальном режиме. Нулевая точка нагрузки на векторной диаграмме напряжений смещается на линию BC , и при $R_B = R_C$ она находится точно в середине отрезка BC .

При коротком замыкании фазы нагрузки в схеме с нулевым проводом ток в этой фазе становится очень большим (теоретически бесконечно большим) и это приводит к аварийному отключению нагрузки защитой. В схеме без нулевого провода при замыкании, например, фазы A , нулевая точка нагрузки смещается в точку « A » генератора. Тогда к сопротивлениям фаз B и C прикладываются линейные напряжения. Токи в этих фазах возрастают в $\sqrt{3}$ раз, а ток в фазе A – в 3 раза (рис. 11.4).

Короткие замыкания между линейными проводами и в той и в другой схеме приводят к аварийному отключению нагрузки защитой.

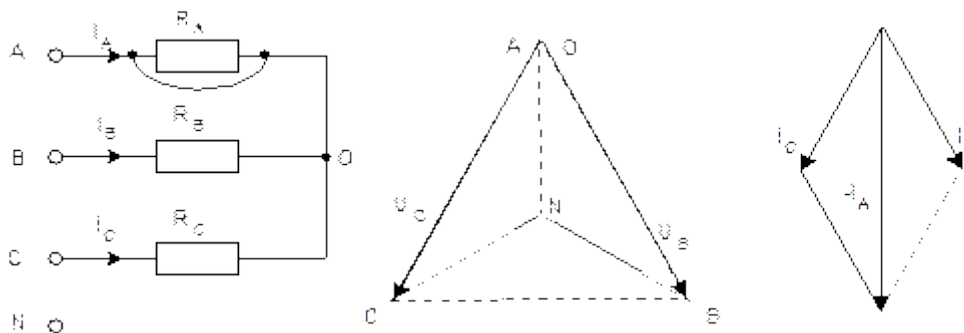


Рис. 11.4

Экспериментальная часть

Задание

Экспериментально исследовать аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду.

Ход работы:

1. Соберите цепь согласно принципиальной схеме (рис. 11.5) с сопротивлениями фаз $R_A = R_B = R_C = 1 \text{ кОм}$. Монтажная схема изображена на рис. 9.4, но ваттметр в этой работе не понадобится.

2. Убедитесь, что обрыв (отключение) нейтрали не приводит к изменению фазных токов.
3. Убедитесь, что в схеме с нулевым проводом происходит отключение источника защитой при коротких замыканиях, как в фазах нагрузки, так и между линейными проводами.
4. Убедитесь, что в схеме без нулевого провода короткое замыкание в фазе нагрузки не приводит к отключению, а при коротком замыкании между линейными проводами установка отключается.
5. Прodelайте измерения токов и напряжений всех величин, указанных в табл. 8.4.1 в различных режимах и по экспериментальным данным постройте векторные диаграммы для каждого случая в выбранном масштабе.
6. Ответьте на контрольные вопросы.

Таблица 8.4.1

№	Режим	$U_{AO},$ В	$U_{BO},$ В	$U_{CO},$ В	$U_{ON},$ В	$I_{A,М}$ А	$I_{B,М}$ А	$I_{C,М}$ А	$I_N,$ М А
1	$R_A=1$ кОм $R_B=330$ Ом $R_C=470$ Ом Обрыв нейтрали								
2	$R_A=R_B=R_C=1$ кОм Схема с нейтралью Обрыв фазы А								
3	$R_A=R_B=R_C=1$ кОм Сх. без нейтрали Обрыв фазы А								
	$R_A=R_B=R_C=1$ кОм Сх. без нейтрали К. 3. фазы А								

Векторные диаграммы

1. $R_A=1$ кОм, $R_B=330$ Ом, $R_C=470$ Ом. Обрыв нейтрали

Вопрос:

1. Как изменяется мощность трёхфазной нагрузки при обрыве фазы в схеме с нулевым проводом и без него?
2. Как изменяется мощность при коротком замыкании одной фазы?

Ответ:

Лабораторная работа № 8

Испытания однофазного трансформатора

Общие сведения

Трансформатор представляет собой статическое (т.е. без подвижных частей) устройство, предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в ток другого напряжения той же частоты. Он состоит из замкнутого магнитопровода, на котором расположены две или более катушки (обмотки)

$$K_T = \frac{w_1}{w_2} = \frac{U_{1X}}{U_{2X}} = \frac{I_{2K}}{I_{1K}},$$

Коэффициентом трансформации (K_T).

где U_{1X} и U_{2X} – первичное и вторичное напряжения холостого хода, а I_1 и I_2 – первичный и вторичный токи короткого замыкания.

Если $w_1 > w_2$, то трансформатор называется понижающим, так как он понижает напряжение ($U_2 < U_1$), если же $w_1 < w_2$, то повышающим.

Испытания трансформатора обычно включают три опыта: опыт холостого хода (ХХ), опыт короткого замыкания (КЗ) и снятие нагрузочной (внешней) характеристики $U_2(I_2)$. Схемы этих опытов показаны на рис. 22.1а, б и в. Схема первичной цепи в этих опытах не меняется, а к вторичной обмотке в опыте ХХ подключается вольтметр, в опыте КЗ – амперметр, а в нагрузочном режиме – вольтметр, амперметр и нагрузочный резистор.

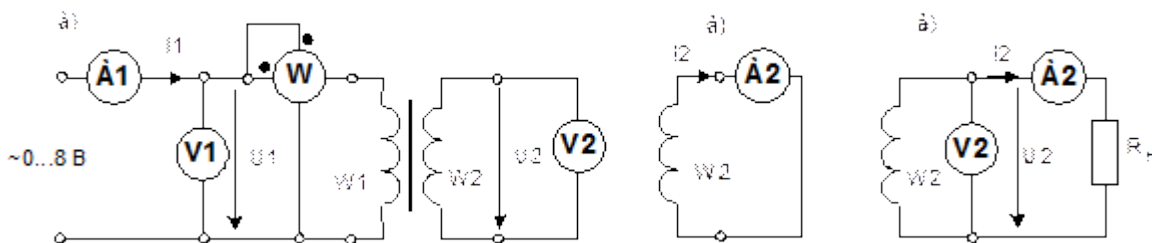


Рис.22.1.

Опыт холостого хода проводится при номинальных напряжениях.

Индуктивности катушек трансформатора с замкнутым магнитопроводом очень велики, поэтому трансформатор потребляет от источника питания лишь небольшой ток, называемый током намагничивания. Однако он сдвинут относительно напряжения не точно на 90° , как следовало бы

ожидать для индуктивности, а на несколько меньший угол. Это означает, что при холостом ходе трансформатор потребляет, хотя и небольшую активную мощность. Эта мощность расходуется на перемагничивание магнитопровода и на потери от вихревых токов, возникающих в сердечнике. В обмотках трансформатора мощность практически не потребляется так как в первичной ток очень мал, а во вторичной вообще равен нулю.

Из опыта холостого хода определяют ток холостого хода (обычно в % от номинального тока), коэффициент трансформации.

Опыт короткого замыкания проводят при пониженном напряжении питания. Оно должно быть таким, чтобы по обмоткам протекали номинальные токи. При коротком замыкании напряжения на первичной обмотке трансформатора мало, а на вторичной вообще равно нулю. Напряжение на первичной обмотке обусловлено лишь активными сопротивлениями провода обмоток и реактивными сопротивлениями рассеяния. Потерь в сердечнике при таком низком напряжении практически нет.

$k\eta d = P_2/P_1$, где P_2 – мощность, потребляемая нагрузкой, а P_1 – мощность, отдаваемая источником.

При холостом ходе $I_2 = 0$ и $P_2 = 0$, поэтому и $k\eta d = 0$.

При коротком замыкании $I_2 = I_{2\text{ном}}$, но $U_2 = 0$, поэтому также $P_2 = 0$ и $k\eta d = 0$. Значит, при увеличении тока нагрузки $k\eta d$ сначала возрастает, затем проходит через максимум и затем снова падает.

При построении нагрузочной характеристики и графика изменения $k\eta d$ по оси абсцисс откладывают ток нагрузки в % от номинального тока, а по оси ординат – вторичное напряжение в % от номинального напряжения и $k\eta d$ также в %.

В данной работе снимаются характеристики трансформатора с разъемным сердечником и сменными катушками. Номинальные параметры этого трансформатора приведены в табл. 22.1.

Таблица 22.1

W	U_H , В	I_H , мА	R, Ом	S_H , ВА
	2,33		0,9	1,4
			4,8	1,4
		66,7		1,4

Экспериментальная часть

Задание

Проделать опыты холостого хода и короткого замыкания и определить основные параметры трансформатора, снять нагрузочную характеристику и зависимость η от нагрузки.

- Соберите трансформатор с числом витков $w_1 = 300$, $w_2 = 100, 300$ или 900 по указанию преподавателя.
- Соберите цепь по монтажной схеме (рис. 22.2). нагрузочный резистор пока не включайте.
- Включите генератор, установите на его выходе напряжение 7 В , сделайте измерения при холостом ходе ($R_H = \infty$) и запишите результаты в табл. 22.2. Вычислите коэффициент трансформации U_1/U_2 , ток холостого хода I_{XX} и тоже запишите их значения в табл. 22.2
- Проделайте опыт короткого замыкания. Для этого вставьте перемычку вместо R_H . Отрегулируйте напряжение источника так, чтобы первичный ток стал равен номинальному току (200 мА) обмотки 300 витков. Запишите результаты измерений в табл. 22.2. Вычислите коэффициент трансформации I_2/I_1 , напряжение короткого замыкания $U_{KЗ}$ и тоже запишите в таблицу.

Снимите нагрузочную характеристику трансформатора. Для этого включайте поочередно сопротивления нагрузки, указанные в табл. 22.3 (с учётом примечания к табл.) и делайте измерения с первичной и с вторичной стороны трансформатора.

- Рассчитайте $P_2 = U_2 \times I_2$, $I_2 / I_{2\text{НОМ}}$, $U_2 / U_{2\text{НОМ}}$, η и постройте графики на рис. 22.3. (Номинальные параметры обмоток указаны в табл. 22.1)

Таблица 22.2

Опыт	U_1 , В	U_2 , В	I_1 , мА	I_2 , мА	P_1 , Вт	j_1 , град.	U_1/U_2	I_2/I_1	$U_{KЗ}$, %	I_{XX} , %
ХХ				-				-	-	
КЗ		-					-			-

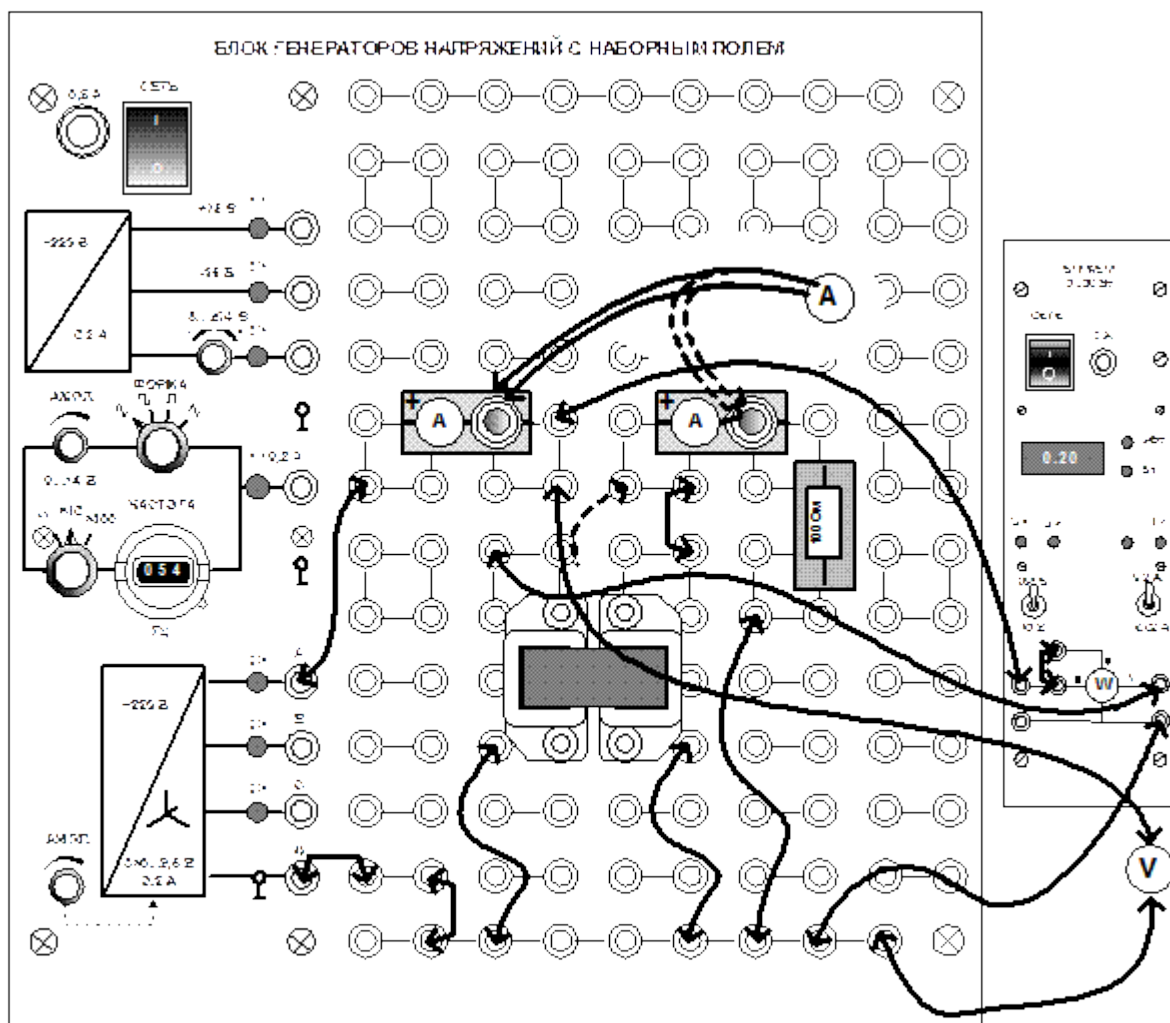


Рис.22.2

Таблица 19.3.

$R_H, \text{ Ом}$	$U_2, \text{ В}$	$I_2, \text{ мА}$	$P_1, \text{ мВт}$	$P_2, \text{ мВт}$	$U_2/U_{2\text{НОМ}}, \%$	$I_2/I_{2\text{НОМ}}, \%$	$\text{кпд}, \%$
х.х.							
330							
220							
100							
47							
22							

Примечание: В табл. 22.3 указаны значения сопротивлений R_H для случая, когда $w_1 = w_2 = 300$ витков. При $w_2 = 900$ витков их надо увеличить, а при $w_2 = 100$ – уменьшить в 10 раз.

Контрольные вопросы:

1. Что такое трансформатор и какую функцию он выполняет
2. Чем отличается понижающий трансформатор от повышающего.
3. В каких режимах может работать трансформатор, и чем они отличаются друг от друга

Лабораторная работа № 9

Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах

Соберите цепь (рис.2.1.3.а) для снятия прямой ветви вольтамперной характеристики диодов. Монтажная схема изображена на рис. 2.1.4.

Обратите внимание, что вольтметр этой схеме подключён к точке «В»(после амперметра.) и на его показания не влияет падение напряжения на амперметре, которое соизмеримо с прямым падением напряжения на диоде. В то же время ток через вольтметр несоизмеримо мал с прямым током диода и не вносит заметной погрешности в показания амперметра.

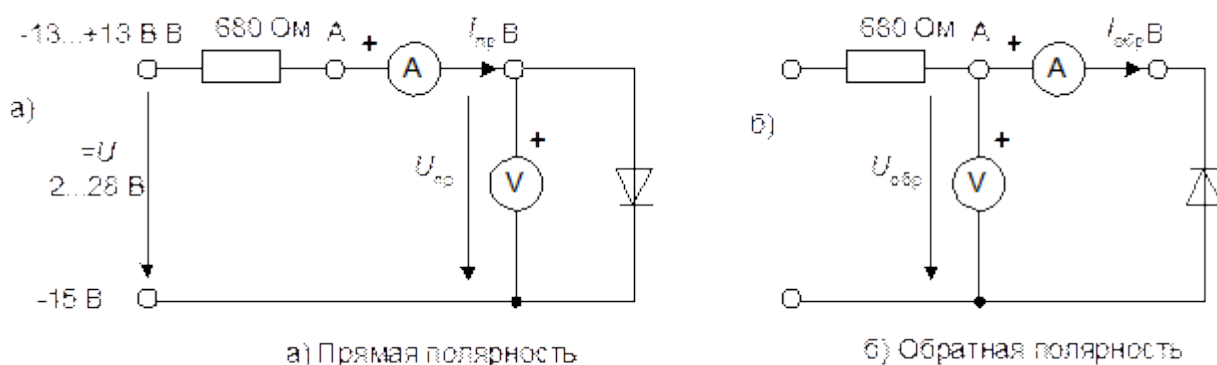


Рис. 2.1.3

· Устанавливая токи, указанные в табл.2.1.1 снимите прямую ветвь вольтамперной характеристики сначала выпрямительного диода затем – импульсного и, наконец, диода Шоттки. На рис. 2.1.5 постройте графики.

· Измените схему для снятия обратной ветви вольтамперных характеристик переключив вольтметр в точку А (до амперметра) и перевернув диод. В этой схеме через амперметр не протекает ток вольтметра, который теперь соизмерим и даже больше обратного тока через диод. В то же время падение напряжения на амперметре ничтожно мало по сравнению с обратным напряжением на диоде.

· Устанавливая напряжения, указанные в табл. 2.1.2, снимите обратную ветвь вольтамперной характеристики диода Шоттки. Убедитесь, что обратный ток выпрямительного и импульсного диодов настолько мал, что его невозможно измерить приборами, имеющимися в стенде. На рис. 2.1.5 постройте графики.

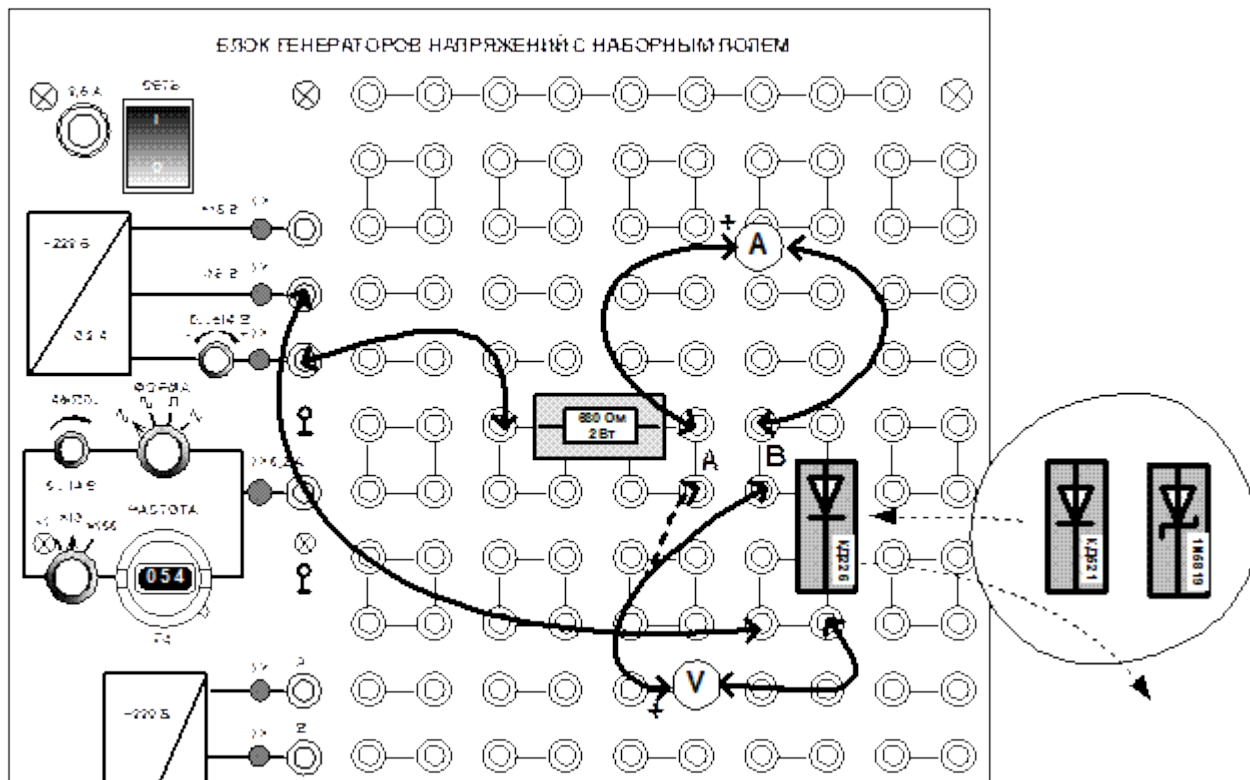


Рис.2.1.4

Таблица 2.1.1 (прямая ветвь)

I , мА									
U , В	КД226								
КД521									
1N5819									

Таблица 2.1.2 (обратная ветвь)

U , В									
I , мА	КД226								

КД521							
1N5819							

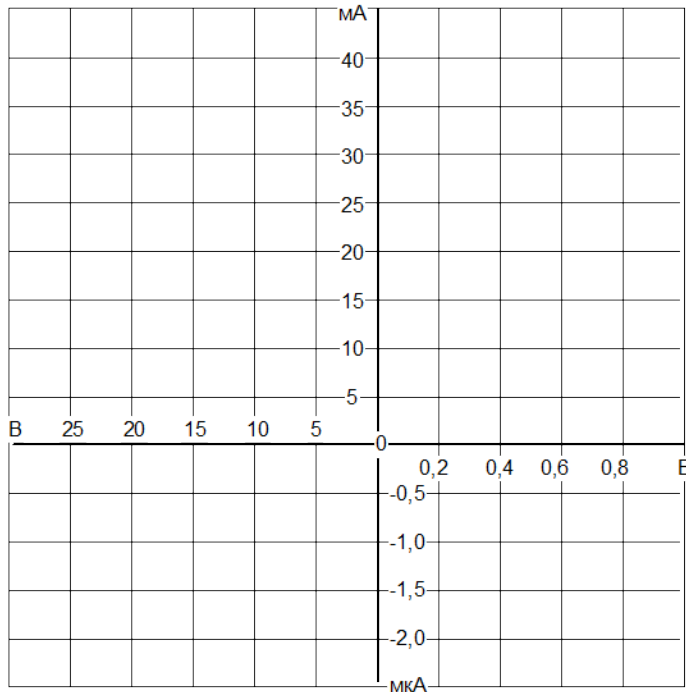


Рис. 2.1.5

· Для исследования характеристик диодов на переменном токе соберите на наборном поле цепь согласно принципиальной схеме рис. 2.1.6. Измерительные приборы в схему не включайте, так как они могут создать дополнительные паразитные ёмкости. Не забудьте включить инвертирование сигнала по каналу II, чтобы отклонение луча вверх соответствовало прямому току через диод.

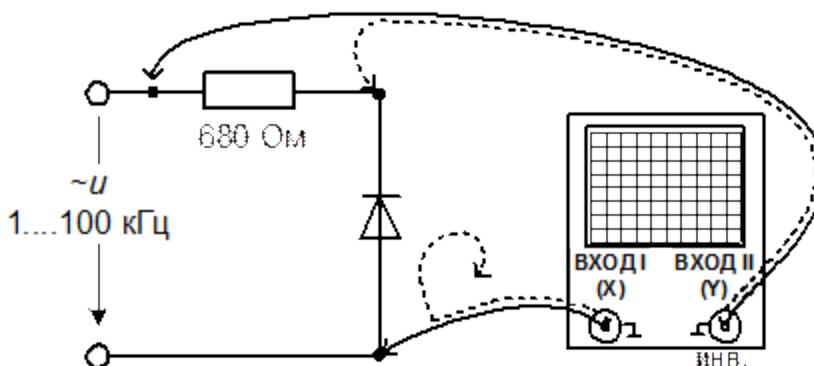


Рис. 2.1.6

· Для начала включите в цепь выпрямительный диод, подайте на вход синусоидальное напряжение частотой 1 кГц, установите ручку регулятора

амплитуды примерно в среднее положение (4...6 В) и отрегулируйте развертку, синхронизацию и усиление по двум каналам осциллографа так чтобы на экране помещались 1,5...2 периода кривых тока и напряжения.

· Переключая множитель частоты $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$, и регулируя каждый раз длительность развёртки осциллографа, наблюдайте за изменением кривой тока. Объясните результаты (имейте в виду, что в положении множителя $\times 100$ выходное напряжение генератора снижается примерно в 2 раза).

· Переключите осциллограф в режим X-Y. При этом на экране появится изображение динамической вольтамперной характеристики диода: прямой ток по оси Y вверх, прямое падение напряжения – по оси X вправо.

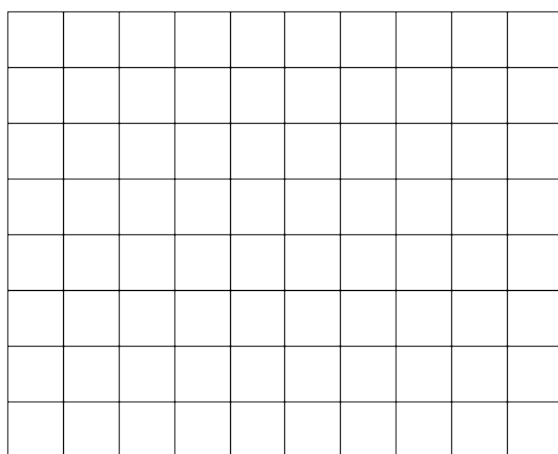
· Снова попереключайте множитель частоты, наблюдая за изменением динамической вольтамперной характеристики. Объясните, почему при низкой частоте динамическая вольтамперная характеристика совпадает со статической, а при высокой – не совпадает.

· Попробуйте повторить эти опыты с импульсным диодом и с диодом Шотки. Объясните отличия.

· Снова включите в цепь выпрямительный диод, переключите осциллограф в режим развёртки и установите на входе прямоугольное двухполярное напряжение частотой примерно 40...50 кГц и небольшой амплитуды (2...3 В), чтобы меньше искажалось выходное напряжение генератора.

· Настройте изображение, перерисуйте осциллограмму в отчёт (рис. 2.1.7), не забыв указать масштабы по осям (масштаб по оси тока вычисляется как масштаб напряжения, по каналу II, делённый на сопротивление, с которого снимается сигнал.).

· Определите по осциллограмме время включения $t_{вкл}$ и время выключения: $t_{выкл}$.



Масштабы

По каналу I:
 $m_U = \dots \dots \dots \text{В/дел.}$

По каналу II:
 $m_I = \dots \dots \dots \text{мА/дел.}$

По времени:
 $m_t = \dots \dots \dots \text{мс/дел.}$

Рис.2.1.7

Из осциллограммы:

время включения $t_{вкл} = \dots\dots\dots$ мкс;

время выключения: $t_{вкл} = \dots\dots\dots$ мкс.

Контрольные вопросы

1. Почему у диода Шоттки пороговое напряжение меньше, чем у выпрямительного диода и импульсного диода, а обратный ток больше?
2. Какой из испытанных диодов имеет наименьшее быстродействие и почему?
3. Чем отличается вольтамперная характеристика диода, снятая при высокой частоте от статической характеристики?

Лабораторная работа № 10

Экспериментальное снятие вольтамперной характеристики светодиода.

- Соберите цепь согласно схеме (рис.2.3.1). Включите осциллограф в режиме X – Y, на горизонтальный вход (X) подайте напряжение со светодиода, а на вертикальный (Y) – напряжение с сопротивления, пропорциональное току. Включите инвертирование канала Y, чтобы прямому напряжению на светодиоде соответствовало отклонение луча осциллографа вверх. Обычный диод шунтирует светодиод в обратном направлении для предотвращения его пробоя.
- Перерисуйте осциллограмму на график (рис. 2.3.2). По осциллограмме определите прямое напряжение на светодиоде.
- Соберите цепь согласно схеме (рис. 2.3.3) и изменяйте входное напряжение последовательными шагами, как указано в табл. 2.3.1. Измерьте прямое напряжение $U_{сд}$ и ток $I_{сд}$ светодиода с помощью мультиметра и оцените визуально светоизлучение (отсутствует, слабое, среднее, сильное). Занесите данные в таблицу.

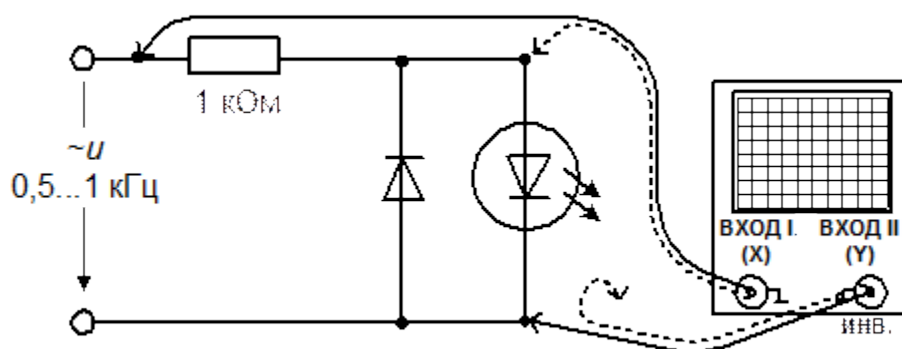


Рис. 2.3.1

· На рис.2.3.2 постройте график вольтамперной характеристики светодиода, снятую на постоянном токе (в том же масштабе, что и осциллограмма).

Из осциллограммы: $U_{CD} = \dots\dots\dots$ В.

Масштабы
 По каналу X:
 $m_U = \dots\dots\dots$ В/дел.
 По каналу Y:
 $m_I = m_U / R = \dots\dots\dots$ мА/дел.

Рис. 2.3.2

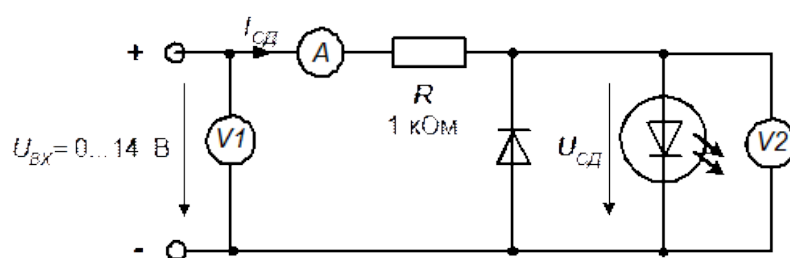


Рис. 2.3.3

Таблица 2.3.1

U_{BX} , В	U_{CD} , В	I_{CD} , мА	светоизлучение

Контрольные вопросы

1. Определите с помощью снятой вольтамперной характеристики, какое сопротивление необходимо включить последовательно со светодиодом, чтобы ток в нём составил 12 мА при напряжении питания 5 В.

Лабораторная работа № 11

. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа

1. Соберите цепь согласно схеме (рис. 2.5.2). В этой цепи между эмиттером и коллектором действуют полуволны синусоидального напряжения, а между базой и эмиттером - регулируемое постоянное напряжение. Диод VD1 включён для защиты эмиттерного перехода транзистора от пробоя при «неправильной» полярности источника постоянного напряжения, а диод VD2 – для исключения обратного напряжения между эмиттером и коллектором.

2. Включите осциллограф, настройте усиление и установите режим XY. Включите инвертирование канала Y для правильного отображения полярности сигнала.

3. Регулируя тока базы от 0 до максимального значения и наоборот, наблюдайте за изменением кривой $I_K(U_{KЭ})$ на осциллографе. При нескольких значениях тока базы (включая нулевое и максимальное) перерисуйте кривую $I_K(U_{KЭ})$ с осциллографа на рис. 2.5.3. Не забудьте указать масштабы по осям и токи базы для каждой кривой.

4. На семействе кривых $I_K(U_{KЭ})$ выберите какое-либо постоянное напряжение $U_{KЭ}$ (например, 5 В) и на рис. 2.5.4 постройте зависимость $I_K(I_B)$ для этого значения напряжения $U_{KЭ}$. Рассчитайте и на этом же рисунке постройте график $b(I_B) = DI_K / DI_B$. Нанесите шкалы по осям.

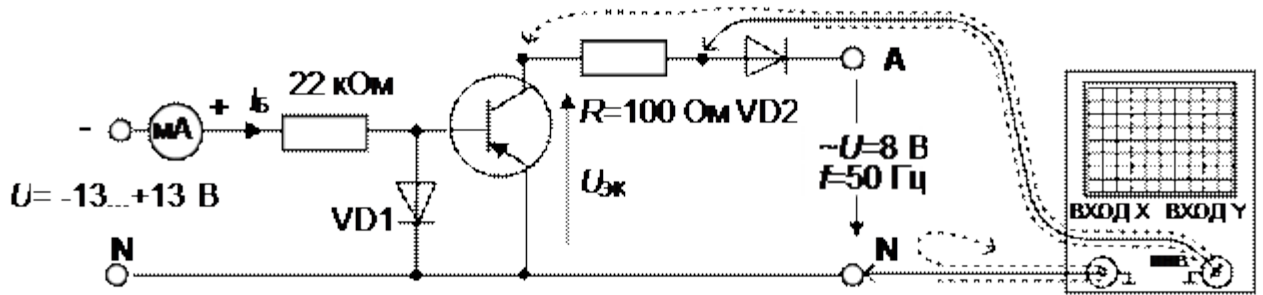
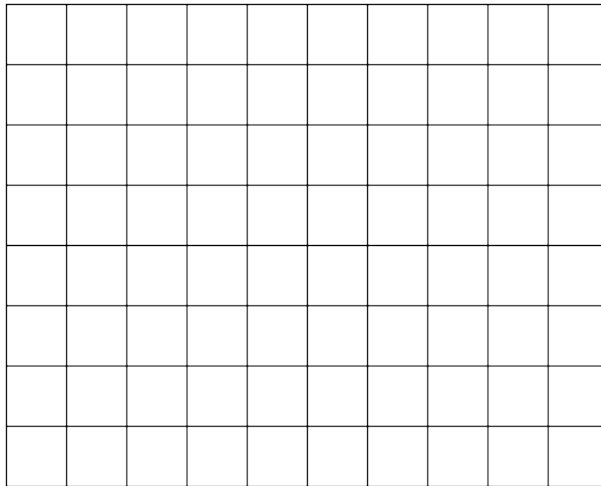


Рис. 2.5.2



Масштабы

По каналу X:
 $m_U = \dots \text{В/дел.}$

По каналу Y:
 $m_I = m_U / R = \dots \text{мА/дел.}$

Рис. 2.5.3

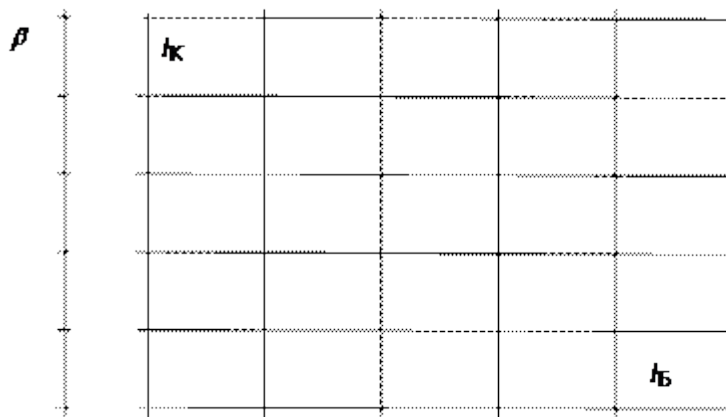


Рис. 5.2.3.

Контрольные вопросы

1. В каких направлениях проводит ток **p-n-p** транзистор и в каких **n-p-p** транзистор?
2. Почему с увеличением $U_{кэ}$ ток I_k вначале быстро растёт, а затем увеличивается медленно?
3. Как зависит коэффициент усиления b от тока базы?

Лабораторная работа № 12

Исследование однофазных выпрямителей

Задание

Исследовать экспериментально основные параметры однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.

1. Соберите цепь согласно принципиальной схеме (рис. 15.3) и монтажной (рис. 15.4) сначала без сглаживающего фильтра ($C=0$). Включите мультиметры: V1 – для измерения действующего значения синусоидального напряжения, V2 – для измерения постоянного напряжения.

2. Включите и настройте осциллограф. Установите развертку 5 мс/дел. Сделайте измерения и запишите в табл. 15.1 значения: $U_{ВХ}$ – по мультиметру V1, U_d – по мультиметру V2, $U_{d\max}$ и $U_{d\min}$ – по осциллографу, $m = f_{\text{пульс}}/f_{ВХ}$.

3. Рассчитайте и запишите в табл. 15.1 коэффициенты $U_d/U_{ВХ}$, $U_{\max\sim}$ и $k_{\text{пульс}}$.

4. Параллельно нагрузочному резистору R_H подключите сглаживающие конденсаторы C с емкостями, указанными в табл. 15.1 (**не ошибитесь с полярностью при подключении электролитических конденсаторов!**), повторите измерения и вычисления.

Таблица 15.1

$C, \text{ мкФ}$	0	1	10	100
$U_{ВХ}, \text{ В}$				
$U_d, \text{ В}$				
$U_{d\max}, \text{ В}$				
$U_{d\min}, \text{ В}$				
m				
$U_d/U_{ВХ}$				
$U_{\max\sim}$				
$k_{\text{пульс}}$				

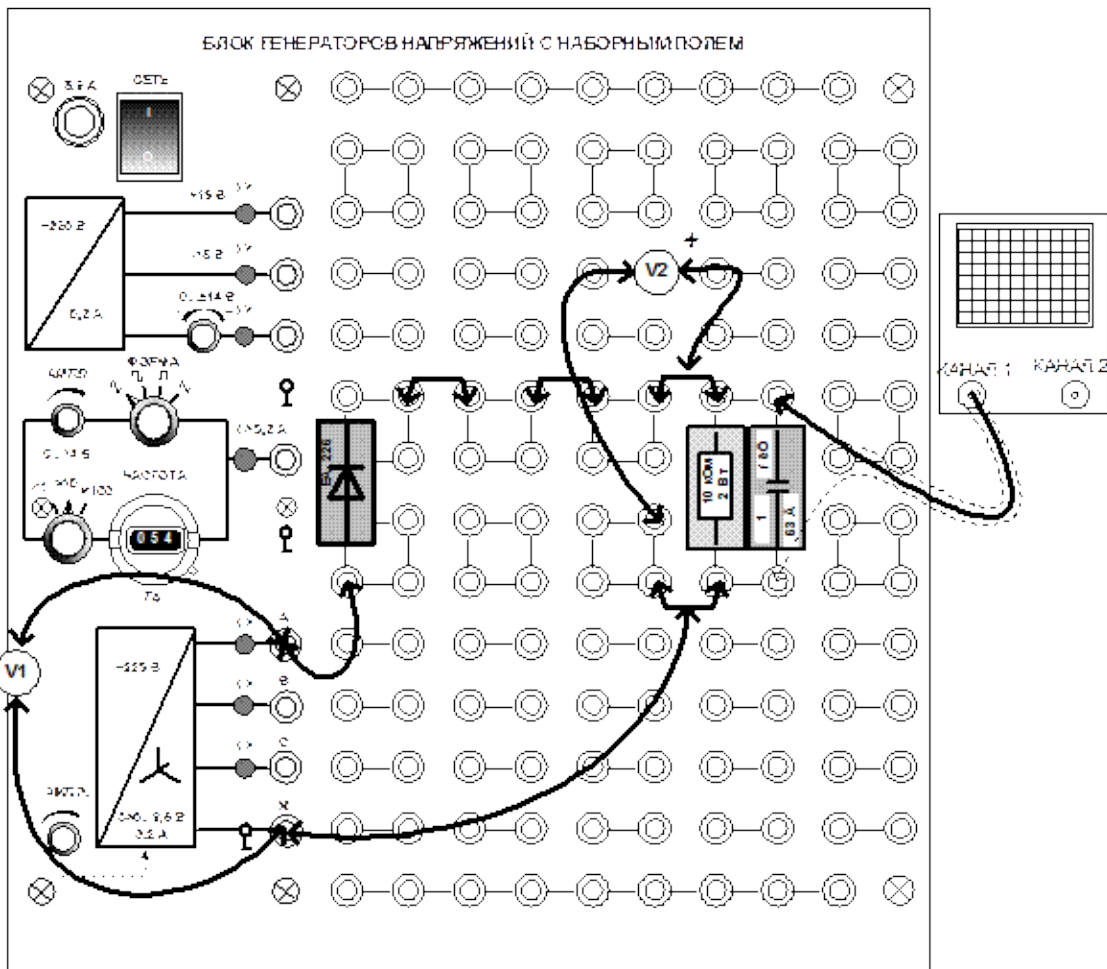


Рис. 15.4

1. Соберите цепь двухполупериодного мостового выпрямителя согласно монтажной схеме рис. 15.5, повторите все измерения и вычисления. Результаты сведите в табл. 15.2.

Таблица 15.2

$C, \text{ мкФ}$				
$U_{\text{вх}}, \text{ В}$				
$U_d, \text{ В}$				
$U_{d\text{max}}, \text{ В}$				
$U_{d\text{min}}, \text{ В}$				
m				

U_d/U_{BX}				
$U_{\max\sim}$				
$k_{\text{пульс}}$				

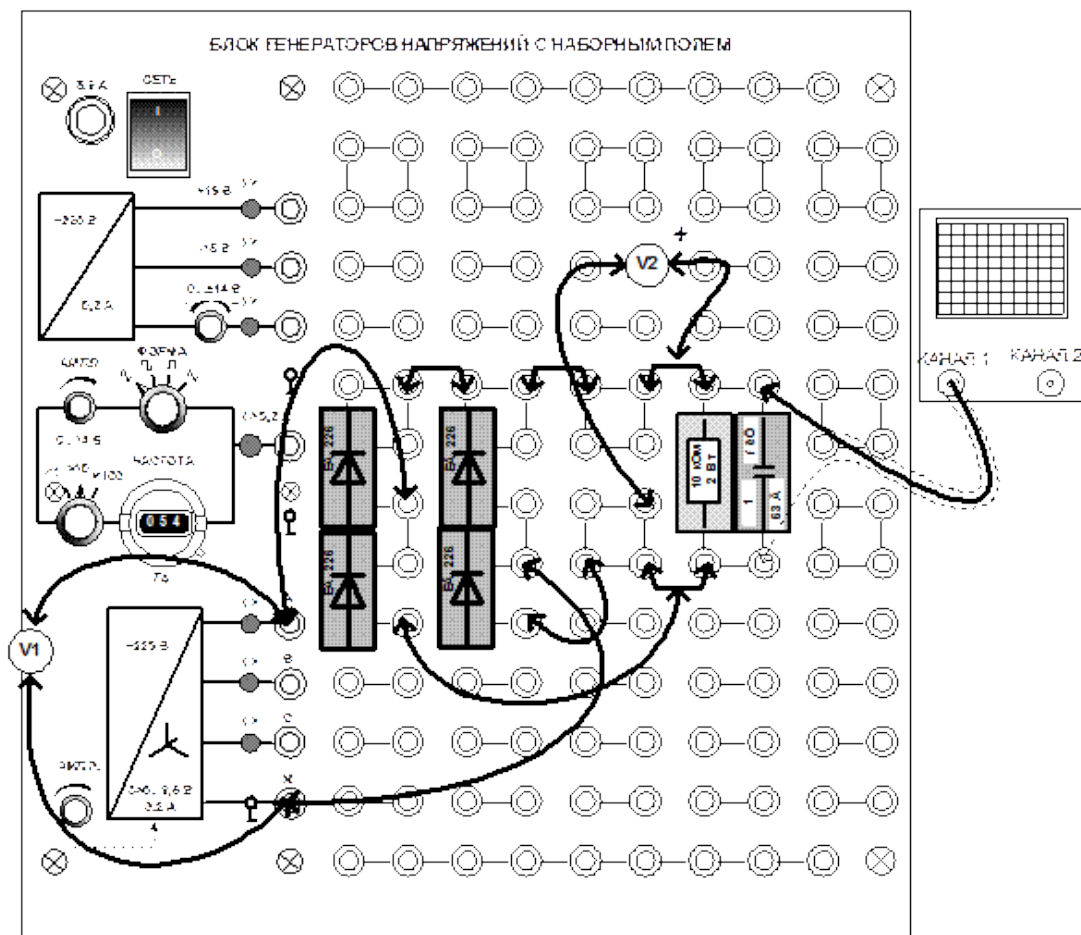


Рис.15.5

Контрольные вопросы:

1. Что такое выпрямитель
2. Какие схемы включения вы знаете и чем они отличаются друг от друга
3. Что такое коэффициент пульсации

Лабораторная работа № 13

Сравнительное исследование одиночных усилительных каскадов на биполярных транзисторах.

- Соберите на наборном поле цепь усилительного каскада с ОЭ (рис. 3.1.2). В ней напряжение смещения регулируется потенциометром 1 кОм. Последовательно с источником переменного сигнала и на выходе включены конденсаторы 1 мкФ для развязки цепей постоянного и переменного тока. На входе имеется также токоограничивающее сопротивление 1 кОм. Диод включён для защиты эмиттерного перехода от обратного напряжения, а сопротивление 10 Ом для стабилизации характеристик транзистора. Измерение входного и выходного напряжений осуществляется осциллографом и двумя мультиметрами.
- Включите осциллограф для наблюдения по двум каналам одновременно (канал I – 0,5 В/дел., канал II – 5 В/дел). Включите мультиметры для измерения переменных напряжений.

Примечание. Не используйте предел измерения 200 мV для измерения переменных напряжений, содержащих постоянную составляющую! Другие пределы использовать можно.

- Включите блок генераторов напряжений и установите частоту синусоидального напряжения 1 кГц, а амплитуду сначала равной нулю.
- Изменяя напряжение смещения на базе поворотом ручки потенциометра вправо и влево, установите напряжение покоя $U_{КЭ}$ примерно в середине диапазона его изменения. Подайте на вход усилителя синусоидальное напряжение и, регулируя его амплитуду, установите на входе максимальный сигнал, соответствующий неискажённому напряжению на выходе. При необходимости уточните положение точки покоя.
- Запишите в табл. 3.1.1 входное и выходное напряжения. Для определения тока базы и тока коллектора измерьте также напряжения на резисторе 1 кОм (U_{RBX}) во входной цепи и на резисторе 330 Ом в цепи коллектора (U_{RH}).
- Вычислите ток базы (входной ток) и ток коллектора (выходной ток), разделив напряжения на соответствующие сопротивления и также запишите их в табл. 3.1.1.
- Определите коэффициенты усиления по напряжению, току, и мощности ($k_P = k_U \cdot k_I$).
- Для определения выходного сопротивления подключите к выходу (параллельно вольтметру V2) нагрузочное сопротивление, указанное в таблице. При этом напряжение на выходе уменьшится от $U_{ВЫХ}$, которое уже записано в табл. 3.1.1, до $U_{ВЫХ1}$. Запишите это значение также в табл. и вычислите выходное сопротивление по формуле:

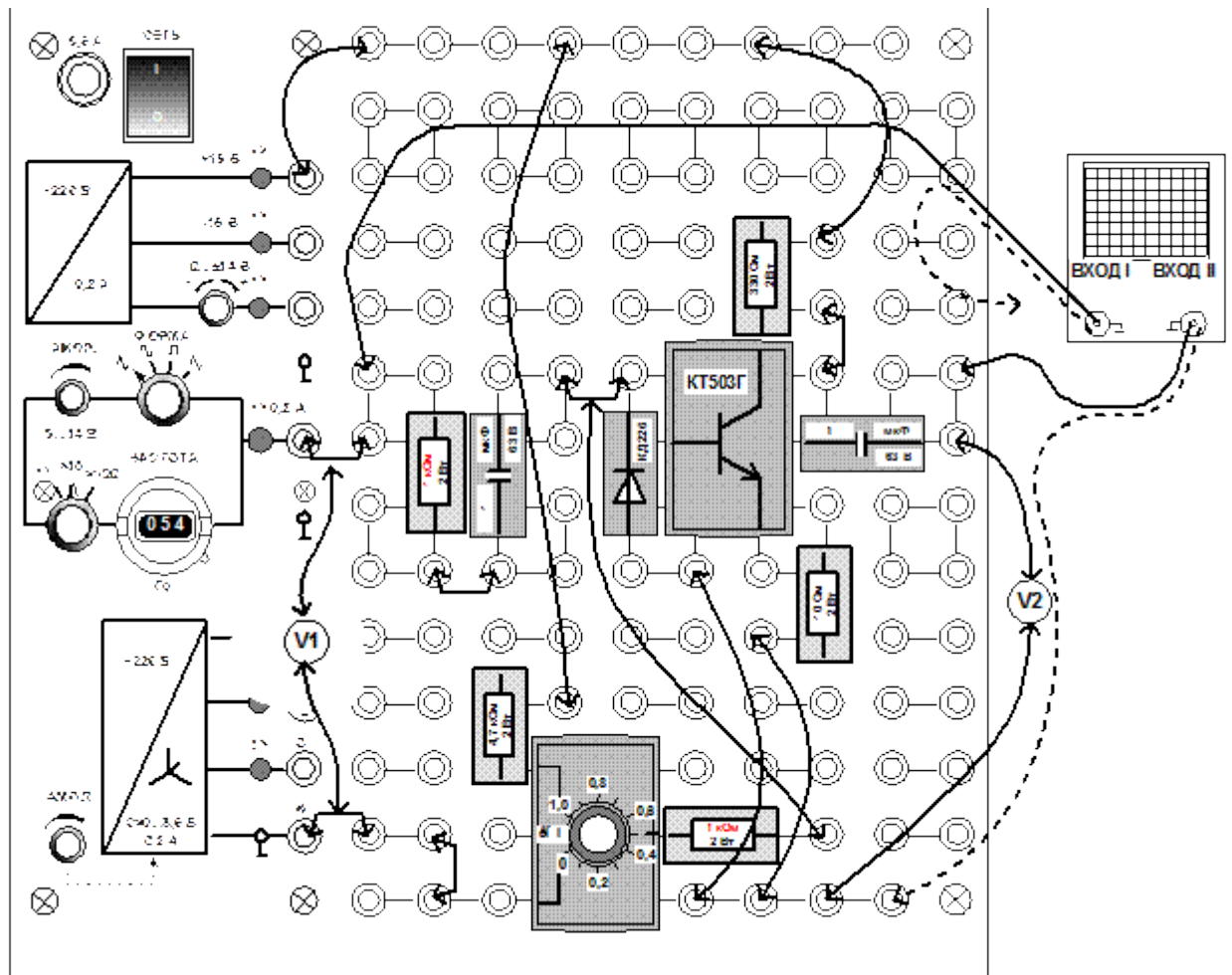


Рис. 3.1.2

$$R_{\text{вх}} = R_i \left(\frac{U_{\text{вх1}}}{U_{\text{вх2}}} - 1 \right)$$

- Уберите нагрузочное сопротивление, а для определения входного сопротивления включите добавочное сопротивление $R_{\text{доб}}$ во входную цепь (последовательно с генератором переменного напряжения). При этом напряжение на выходе уменьшится от $U_{\text{вых}}$ до $U_{\text{вых2}}$. Запишите это значение также в табл. и вычислите входное сопротивление по формуле:

$$R_{\text{вх}} = \frac{R_{\text{доб}}}{\left(\frac{U_{\text{вх1}}}{U_{\text{вх2}}} - 1 \right)}$$

- Теперь соберите цепь усилительного каскада с ОК (рис. 3.1.3).
- Снова подайте на вход синусоидальное напряжение, соответствующее максимальному неискажённому напряжению на выходе, отрегулировав предварительно точку покоя потенциометром 10 кОм.
- Прodelайте все те же опыты, что и в схеме сообщим эмиттером, и заполните второй столбец табл. 3.1.1.

· Прodelайте аналогичные опыты в схеме усилителя с общей базой (рис. 3.1.4) и сравните результаты. При сборке схемы не ошибитесь с полярностью электролитического конденсатора 470 мкФ!

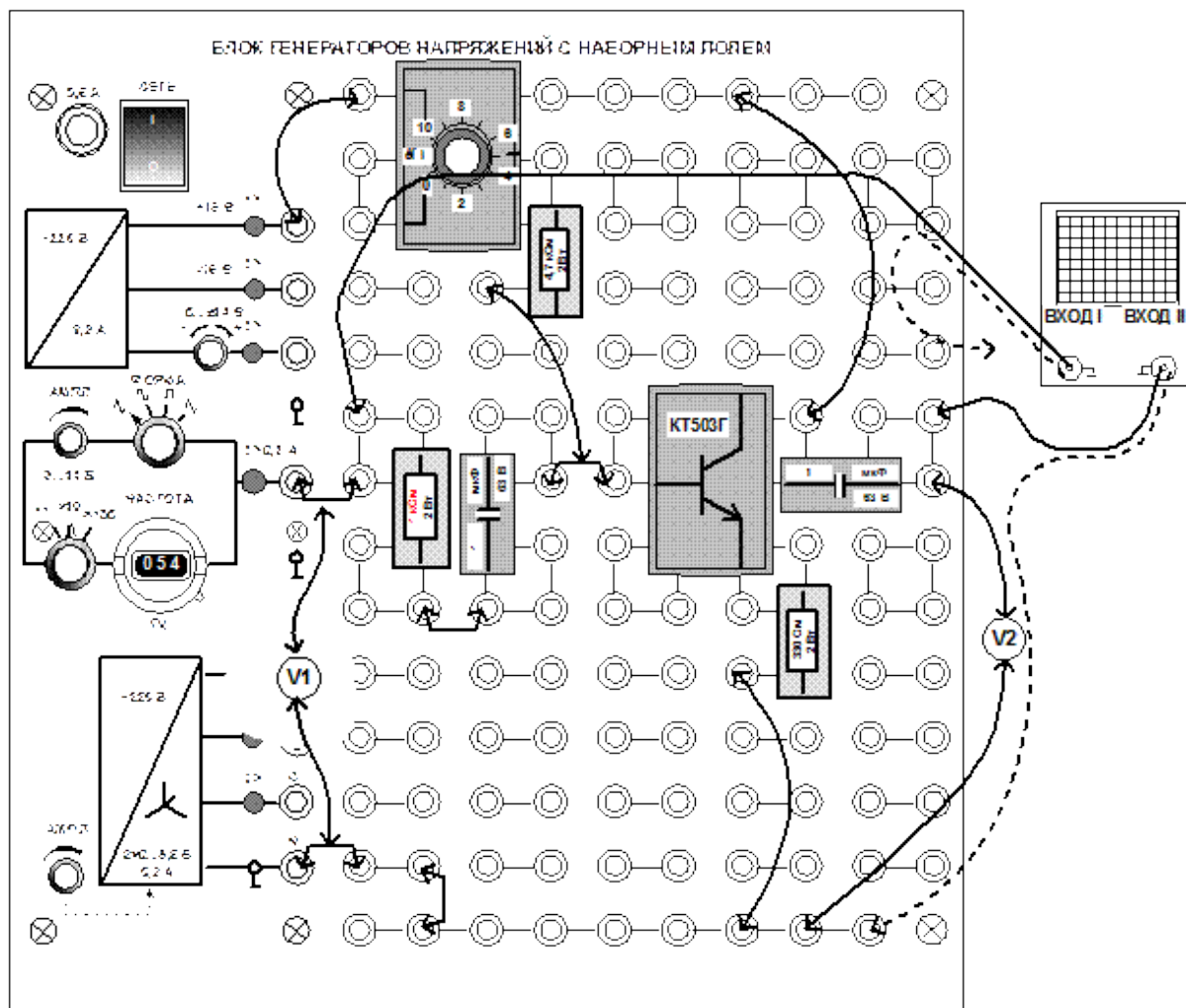


Таблица 3.1.1

	Схема с ОЭ	Схема с ОК	Схема с ОБ
$U_{ВХ}$, В			
$U_{ВЫХ}$, В			
$U_{RГ}$, В			
$U_{RН}$, В(*)			
$U_{ВЫХ1}$, В	(при $R_H=1$ кОм)	(при $R_H=0,47$ кОм)	(при $R_H=1$ кОм)
$U_{ВЫХ2}$, В	(при $R_{ДОВ}=1$ кОм)	(при $R_{ДОВ}=4,7$ кОм)	(при $R_{ДОВ}=10$ Ом)

$I_{ВХ}, \text{мА}$			
$I_{ВЫХ}, \text{мА}$			
k_U			
K_I			
K_P			
$R_{ВЫХ}, \text{кОм}$			
$R_{ВХ}, \text{кОм}$			

(*) В схеме с ОЭ измеряется на сопротивлении, включённом в цепь эмиттера.

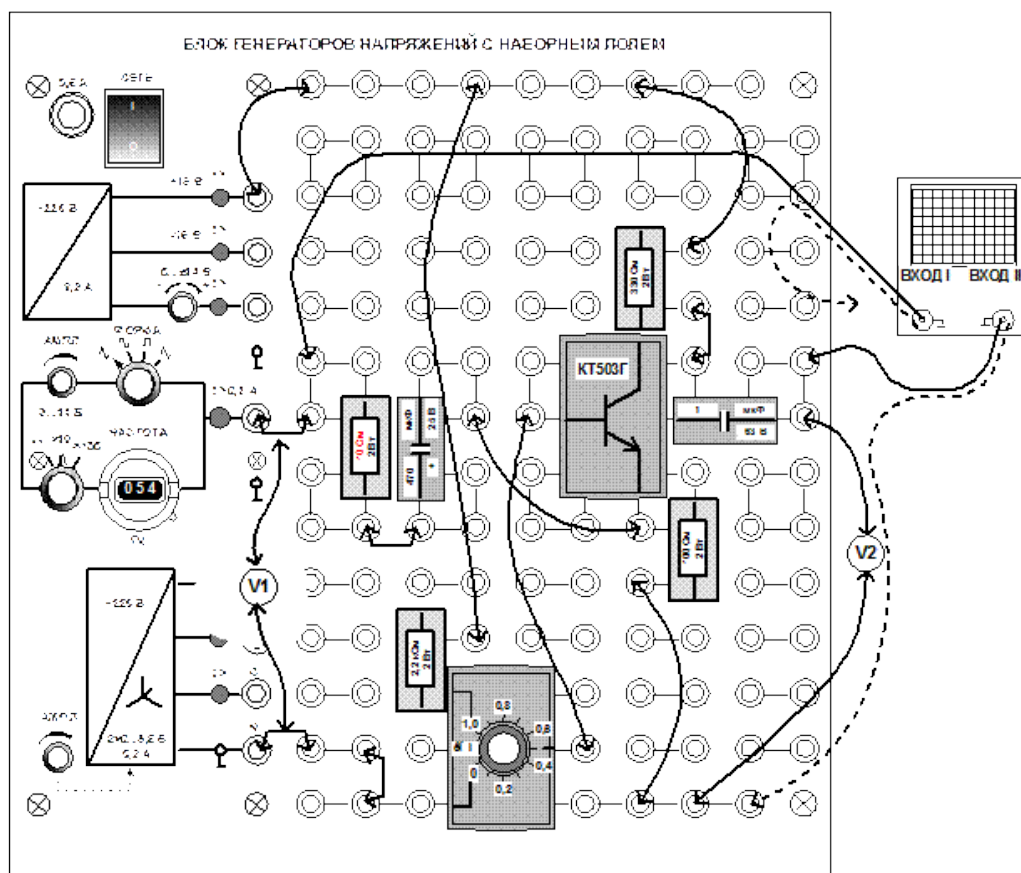


Рис. 3.1.4

Контрольные вопросы

1. В каком из усилителей происходит инвертирование сигнала и в чём оно выражается?

2. Какой из усилителей имеет наибольший коэффициент усиления по мощности?
3. В каких случаях свойства усилителей с общим коллектором имеют особое применение?
4. Каковы особые свойства усилителей с общей базой и где они могут быть использованы?

Лабораторная работа № 14

Исследование двухтактного усилителя мощности на биполярных транзисторах

Соберите цепь согласно принципиальной схеме (рис. 3.3.2) и монтажной схеме (рис. 3.3.3). **При сборке схемы не перепутайте полярность электролитических конденсаторов!** Переведите переключатель рода сигналов генератора напряжений в положение «~» (синусоида) и установите частоту любую частоту от 1 до 10 кГц (переключатель диапазонов – в положении «×10», в окошке счётчика – любое число от 100 до 999).

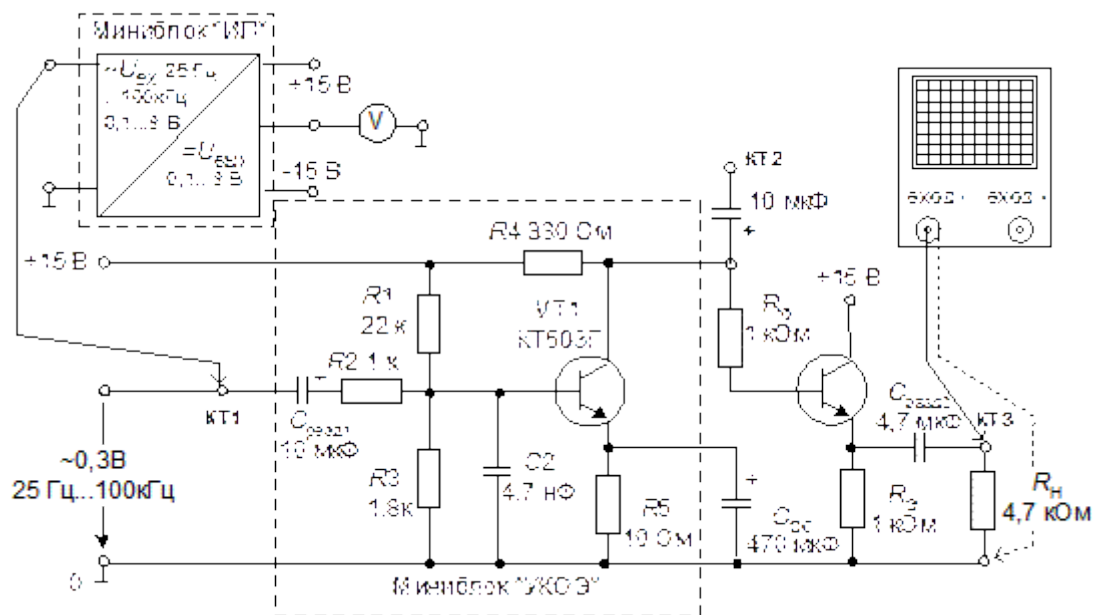
- Включите осциллограф, установите автоматическую развёртку и выведите луч на среднюю линию экрана.
- Включите генератор напряжений и, ручкой «Амплитуда» установите на входе напряжение, соответствующее максимальному неискажённому напряжению на выходе. Необходимо также отрегулировать длительность развёртки осциллографа и уровень синхронизации так, чтобы на экране было изображение одного – двух периодов сигнала.
- Измерьте с помощью ИП и мультиметра напряжения в контрольных точках КТ1, КТ2 и КТ3 и запишите их в табл. 3.3.1 в столбец «Без ОС» (без обратной связи).
- Выньте из гнезд наборного поля конденсатор C_{OC} 470 мкФ и снова измерьте и запишите в столбец «С ОС» (с обратной связью) напряжения в контрольных точках.

Таблица 3.3.1

Режим работы	Без ОС	С ОС
$U, В$	КТ1	
КТ2		

КТЗ		
k_1		
k_2		
$k_1 \times k_2$		
k		

· Вычислите коэффициенты усиления каждого из двух каскадов, их произведение и общий коэффициент усиления. Убедитесь, что $K = K_1 \times K_2$.



· Для снятия амплитудной характеристики усилителя изменяйте регулятором «Амплитуда» напряжение от 0 до значения, при котором выходное напряжение становится явно искажённым, и записывайте в табл. 3.3.2 напряжения на входе (КТ1) и на выходе (КТ3) с обратной связью и без неё.

· На рис. 3.3.4 постройте графики амплитудной характеристики с ОС и без ОС.

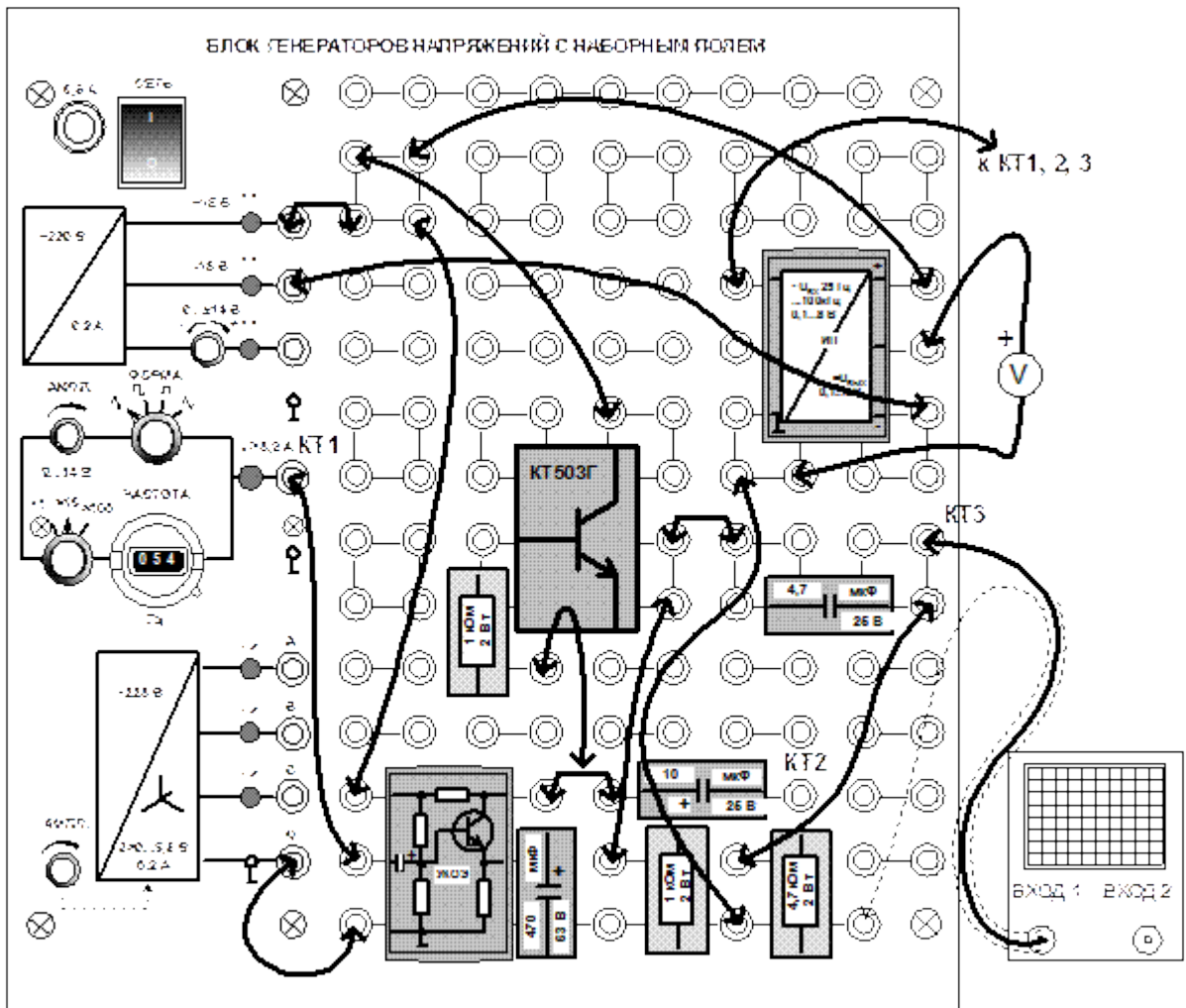
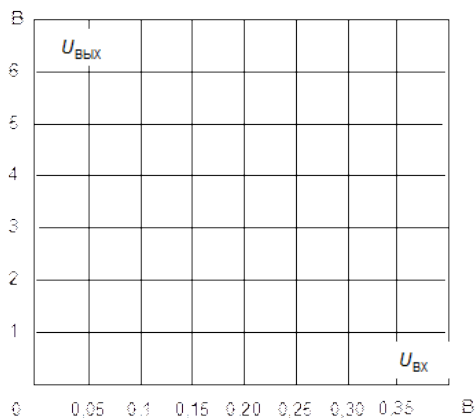


Рис. 3.3.3

Таблица 3.3.2

$U_{ВХ}$, В								
$U_{ВЫХ}$, В Без ОС								
$U_{ВЫХ}$, В С ОС								

Рис. 3.3.4



· Для снятия частотной характеристики установите входной сигнал, соответствующий максимальному уровню неискажённого выходного сигнала в цепи без обратной связи (т.е. с конденсатором C_{OC}). Запишите это значение в левый столбец табл. 3.3.3. **Оно не должно изменяться до конца опыта, тем не менее, время от времени проверяйте, а при необходимости и подправляйте его поворотом ручки «Амплитуда».** **Сделайте это обязательно после перехода на множитель частоты $\times 100$, так как при этом множителе диапазон регулирования амплитуды выходного сигнала уменьшен.**

· Теперь переведите переключатель диапазонов частот в положение $\times 1$ и вращайте ручку счётчика влево до упора. **Не прикладывайте к ней больших усилий во избежание поломки!** Запишите в табл. 3.3.3 первое значение частоты (обычно 20..30 Гц), а также входного и выходного напряжений без обратной связи и с ней.

· Вращая ручку счётчика вправо, последовательно устанавливайте значения частоты от 0,05 до 1 кГц, указанные в табл. 3.3.3 и записывайте выходные напряжения с обратной связью и без неё. После достижения частоты 1 кГц переключите множитель в положение $\times 10$ и, вращая ручку счётчика влево, установите значение в окошке 200, что соответствует частоте 2 кГц. Аналогично, после достижения частоты 10 кГц переведите множитель в положение $\times 100$, установите в окошке число 200, **подрегулируйте уровень входного сигнала** и продолжайте опыт до 100 кГц.

· Вычислите коэффициенты усиления и на рис. 3.3.5 постройте графики частотных характеристик с обратной связью и без неё.

Таблица 3.3.3

$U_{ВХ} = \dots\dots В$	$f, кГц$	$U_{ВЫХ}, В (Без ОС)$	$U_{ВЫХ}, В (С ОС)$	$k (Без ОС)$	$k (С ОС)$
	0,05				
	0,10				
	0,20				
	0,50				
	1,0				
	2,0				
	5,0				

	10				
	20				
	50				
	100				

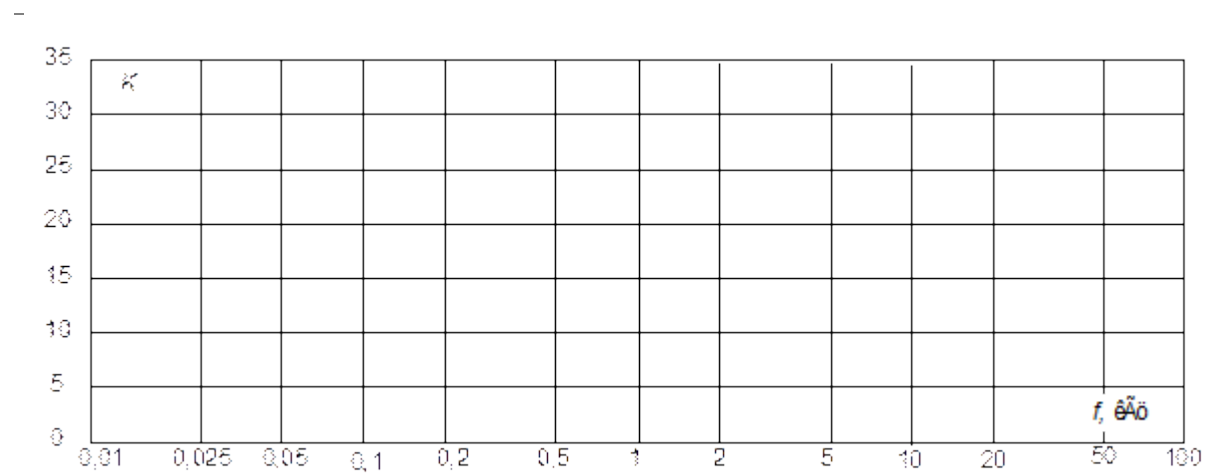


Рис. 3.3.5

Для передачи значительного тока и мощности в нагрузку выходные каскады усилителей, как правило, работают в классе В, т. е. каждая полуволна синусоиды формируется своим транзистором. Простой и часто используемый эмиттерный повторитель на комплементарных транзисторах показан на рис. 3.4.1а. Такому повторителю свойственны специфические нелинейные искажения, обусловленные нелинейностью начального участка входных характеристик транзистора (рис. 3.4.1б). В результате передаточная характеристика каскада имеет излом в области малого входного сигнала (рис.3.3.1.в). При индуктивной и ёмкостной нагрузке искажения смещаются в область максимального выходного напряжения.

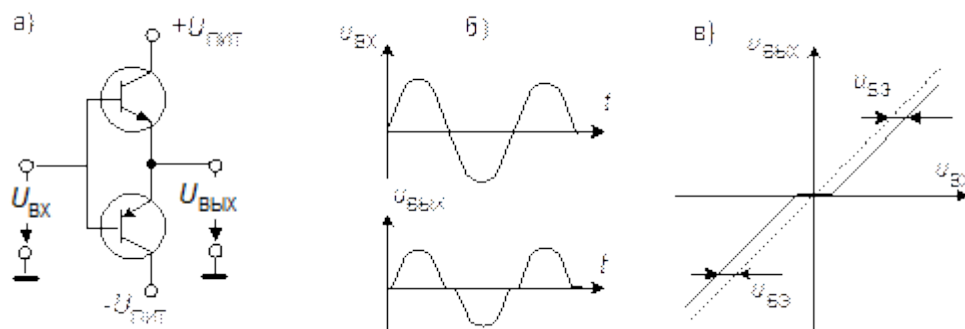


Рис. 3.4.1

Исключить или уменьшить эти искажения можно, выбрав точку покоя транзисторов в области активного усиления вблизи зоны отсечки. Тогда при нулевом входном сигнале оба транзистора будут слегка приоткрыты, потребляя некоторый незначительный ток от источника. Один из возможных способов реализации этого решения показан на рис. 3.4.2. В этой схеме между базами включены два диода, падение напряжение на которых компенсирует потенциальные барьеры эмиттер – база двух транзисторов.

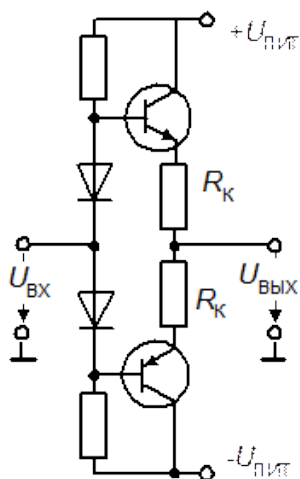


Рис. 3.4.2

Кроме того, в этой схеме в цепь коллектора каждого транзистора включено небольшое сопротивление, создающее отрицательную обратную связь для компенсации температурной нестабильности характеристик транзисторов.

- Соберите цепь двухтактного усилителя (принципиальная схема - рис. 3.4.2, монтажная - рис. 3.4.3). Конденсатор 0,47 мкФ, показанный на схеме пунктиром не обязателен. Он подключается к источнику +15 В или -15 В в случае появления возбуждений.
- Включите генератор, установите частоту 1 кГц, убедитесь, что усилитель работает, и установите максимальную амплитуду сигнала.
- Исключите из схемы диоды, соединив проводом базы транзисторов и подав входной сигнал непосредственно на базы. Убедитесь, что в выходном сигнале появились специфические искажения. Проверьте, как видоизменяются эти искажения при подключении активно-ёмкостной нагрузки и активно-индуктивной, включая последовательно с нагрузкой 220 Ом ёмкость 1 мкФ, затем индуктивность 33 мГн.
- Перерисуйте осциллограммы входного и выходного сигналов при активной нагрузке (рис. 3.4.4а), указав масштабы.
- Переключите осциллограф в режим X-Y и перерисуйте передаточную характеристику (рис. 3.4.4б).

Рис.3.4.4

Таблица 3.4.1

Измеренная или рассчитанная величина	Обознач.	Формула	Результат
Входное напряжение	$U_{ВХ}$, В	-	
Вых. напр. при $R_H=220$ Ом (норм. режим)	U_H , В	-	
Вых. напр. при ХХ ($R_H \rightarrow \infty$)	$U_{ХХ}$, В	-	
Вых. напр. при $R_H=220$ Ом и $R_{ДОБ}=1$ кОм (*)	$U_{Н1}$, В	-	
Входной ток (норм. режим)	$I_{ВХ}$, мА	-	
Ток источника питания +15В или -15 В	$I_{ИСТ}$, мА	-	
Ток нагрузки (норм. режим)	I_H , мА	-	
Коэффициент усиления напряжения	k_U	$U_H/U_{ВХ}$	
Коэффициент усиления тока	K_I	$I_H/I_{ВХ}$	
Коэффициент усиления мощности	K_P	$k_U \cdot K_I$	
Мощность нагрузки	P_H , мВт	$U_H \cdot I_H$	
Мощность источников питания ± 15 В	$P_{ИСТ}$, мВт	$30 \cdot I_{ИСТ}$	
Коэффициент полезного действия	кпд	$P_H/P_{ИСТ}$	
Выходное сопротивление	$R_{ВЫХ}$	$(U_{ХХ}/U_H - 1) \cdot R_H$	
Входное сопротивление	$R_{ВХ}$	$R_{ДОБ}/(U_H/U_{Н1} - 1)$	

(*) Добавочное сопротивление $R_{ДОБ}$ включается в цепь входного сигнала вместо перемычки от генератора.

Контрольные вопросы

1. В чём заключаются преимущества двухтактного усилительного каскада?
2. Как действует обратная связь в цепи эмиттера?
3. В каком классе усиления работают транзисторы в схеме на рис. 3.4.2? а на рис. 3.4.1?
4. Что такое комплементарные транзисторы?
5. Какие есть ещё двухтактные схемы?

Лабораторная работа № 15

Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора

Триггер представляет собой электронную схему, имеющую два устойчивых состояния. Каждому из этих состояний ставится в соответствие логическое значение $Q=1$, если на выходе высокое напряжение и $Q=0$, если на выходе низкое напряжение. Переход из одного состояния в другое и обратно совершается под действием специальных запускающих импульсов. Триггеры относятся к логическим элементам, которые могут играть роль элементарного автомата, реле, порогового устройства, запоминающего устройства. На базе триггеров могут быть построены генераторы импульсов, реле времени и другие устройства. Преимущественное распространение получили полупроводниковые триггеры типов *RS*, *JK*, *T*, и *D*.

Практически все триггеры строятся на базе *RS*-триггера, имеющего два входа: *S* (от английского термина *set* – установка) и *R* (*reset* – сброс) и два выхода: Q – прямой выход и \bar{Q} – инверсный выход. Схема простейшего *RS*-триггера показана на рис.20.1. Он состоит из двух транзисторов (усилителей), охваченных положительной обратной связью по напряжению. При включении питания один из транзисторов (допустим *VT1*) оказывается закрытым, а второй (*VT2*) – открытым. Тогда выходное напряжение $U_{\text{вых1}}$ подаётся на базу транзистора *VT2*, удерживая его в открытом состоянии. Значения логических величин при этом $Q=1$ (есть напряжение на выходе 1) и $\bar{Q}=0$ (нет напряжения на выходе 2).

Для переключения триггера в другое устойчивое состояние необходимо подать положительный запускающий импульс на базу закрытого транзистора *VT1* ($U_{\text{вх1}}$), тогда он открывается, напряжение $U_{\text{вых1}}$ становится близким к нулю, оно подаётся на базу *VT2* и он закрывается. Появляется высокое напряжение $U_{\text{вых2}}$, которое, в свою очередь, подаётся на базу транзистора *VT1*, удерживая его в открытом состоянии и после исчезновения запускающего импульса. Логически выходные величины принимают значения: $Q=0$, $\bar{Q}=1$.

В рассмотренной простейшей схеме одновременная подача запускающих импульсов на оба входа может привести как к переключению триггера, так и к сохранению прежнего состояния. Чтобы избежать такой неопределённости и получить некоторые новые свойства, как, например, установка и сброс по одному и тому же входу приходится усложнять схему запуска (*JK*, *T* и *D*-триггеры).

Если резистивные обратные связи в *RS*-триггере заменить резистивно-ёмкостными, то можно получить триггер, автоматически переключающийся из одного состояния в другое с определённой частотой.

Он называется мультивибратором. Если только одну резистивную обратную связь заменить ёмкостной, то получится триггер, который после подачи запускающего импульса переключится во второе состояние только на ограниченное время. Затем он автоматически возвращается в исходное состояние (одновибратор или реле времени).

Экспериментальная часть

Задание

Пронаблюдать за переключением RS-триггера при подаче сигналов на его входы, Определить экспериментально частоту переключений мультивибратора и исследовать влияние на неё величины ёмкостей в обратных связях, Исследовать влияние ёмкости обратной связи на длительность выходного импульса одновибратора.

· Соберите цепь RS-триггера, принципиальная схема которого показана на рис. 20.2, а монтажная – на рис. 20.3. В схему включены светодиод для индикации открытого состояния транзистора VT1 и сигнальная лампа для индикации открытого состояния VT2.

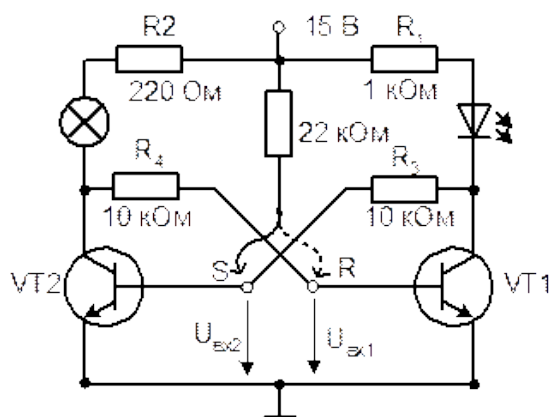


Рис. 20.2

- Включите генератор напряжений и по свечению лампы или светодиода убедитесь, что один транзистор открылся, а другой остался закрытым.
- Подайте напряжение через сопротивление 22 кОм на базу закрытого транзистора и убедитесь, что он открылся, а другой транзистор закрылся. Убедитесь, что состояние триггера не изменяется и после снятия управляющего напряжения с базы открытого транзистора и при повторной подаче импульса напряжения на открытый транзистор.
- Убедитесь, что состояние триггера изменяется только после подачи импульса напряжения на другой вход, т.е. на базу закрытого транзистора.
- Соберите схему мультивибратора (рис. 20.4 и 20.5).

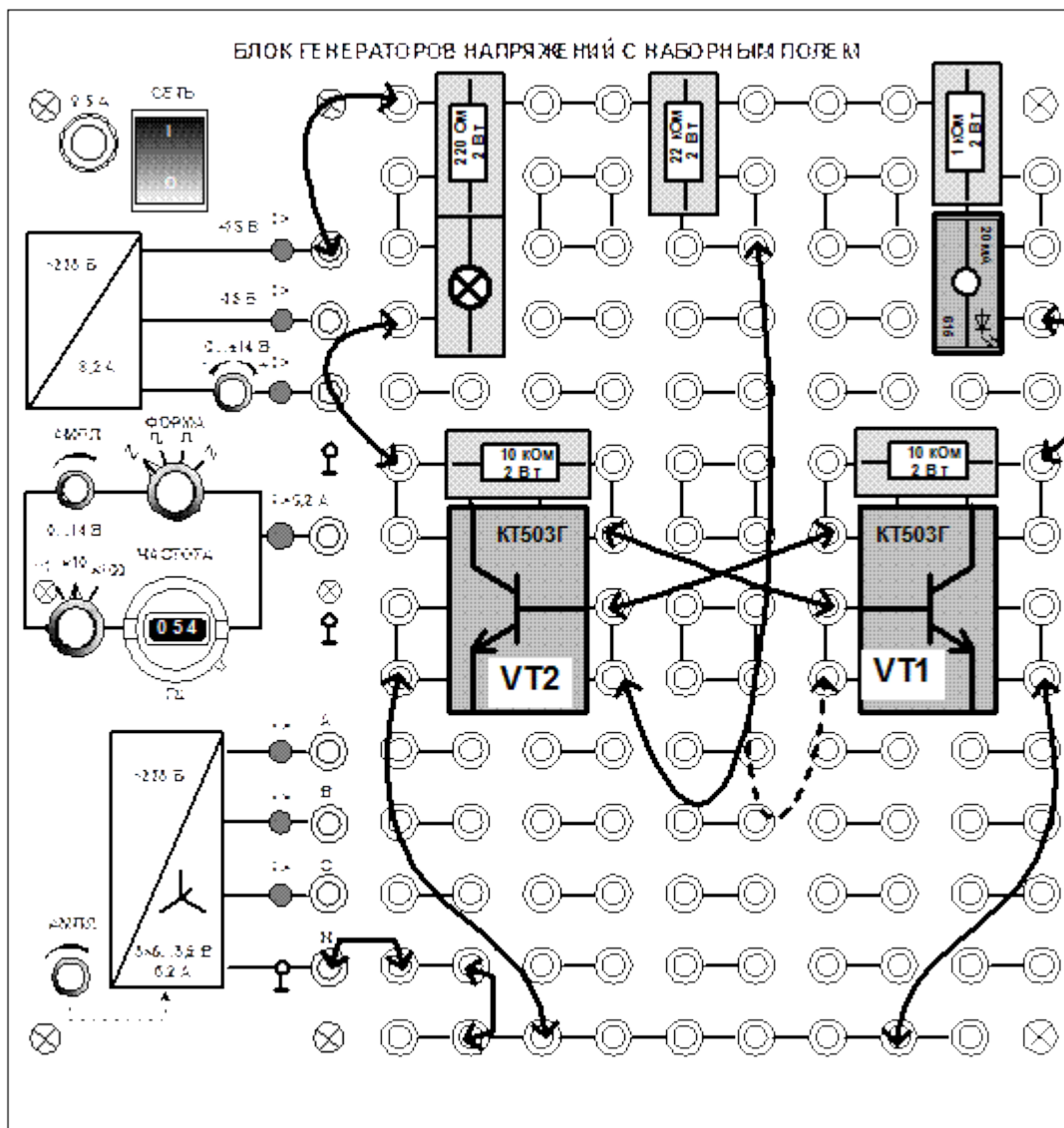


Рис.20.3

· Включите питание, настройте осциллограф, определите по нему и запишите в табл. 20.1:

- период колебаний $T = \dots\dots\dots$ мс;
- время наличия сигнала на первом выходе ($U_{\text{вых1}}$) $T_{11} = \dots\dots\dots$ мс;
- время отсутствия сигнала на первом выходе $T_{01} = \dots\dots\dots$ мс;
- время наличия сигнала на втором выходе ($U_{\text{вых2}}$) $T_{12} = \dots\dots\dots$ мс;
- время отсутствия сигнала на втором выходе $T_{02} = \dots\dots\dots$ мс;

· Замените конденсатор $C2 = 047$ мкФ на $C2 = 1$ мкФ и запишите в таблицу 20.1 новые значения тех же отрезков времени. Сделайте выводы.

Таблица 20.1

	T, мс	T ₁₁ , мс	T ₀₁ , мс	T ₁₂ , мс	T ₀₂ , мс

$C1 = C2 = 0,47 \text{ мкФ}$					
$C1 = 0,47 \text{ мкФ}, C2 = 1 \text{ мкФ}$					

- Замените конденсатор $C1$ на электролитический конденсатор 100 мкф (+ - к коллектору транзистора!) а $C2$ на 470 мкФ (+ - также к коллектору транзистора!) и понаблюдайте за переключением мультивибратора по миганию светодиода и сигнальной лампочки.

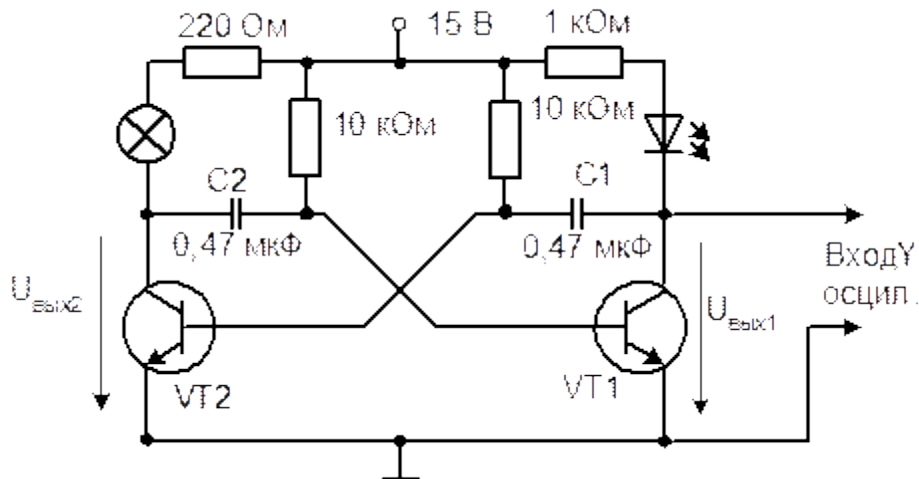


Рис. 20.4

- Соберите теперь схему ждущего одновибратора (Рис. 20.6 и 20.7). Включите питание и убедитесь, что светодиод включился, а лампочка не включилась.
- Кратковременно коснитесь наконечником провода А гнезда Б, соединённого с базой транзистора $VT2$ и убедитесь, что светодиод погас, а сигнальная лампочка включилась. Через некоторое время схема вернётся в первоначальное состояние.

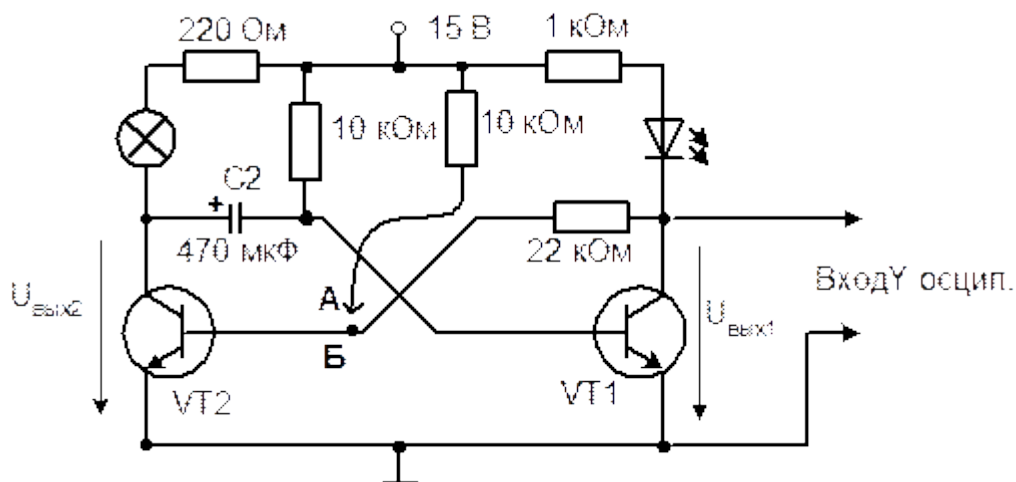


Рис.20.6

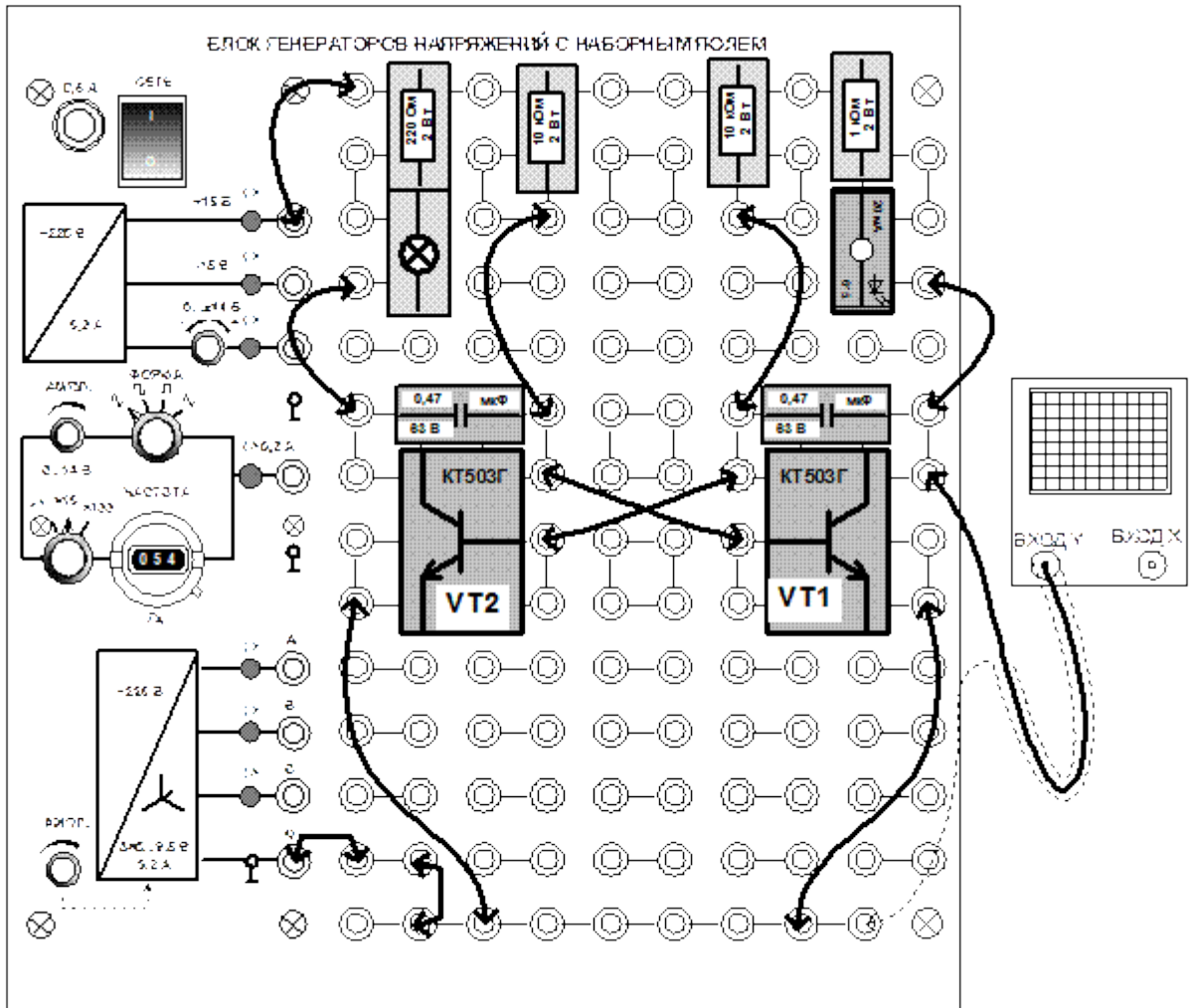


Рис. 20.5

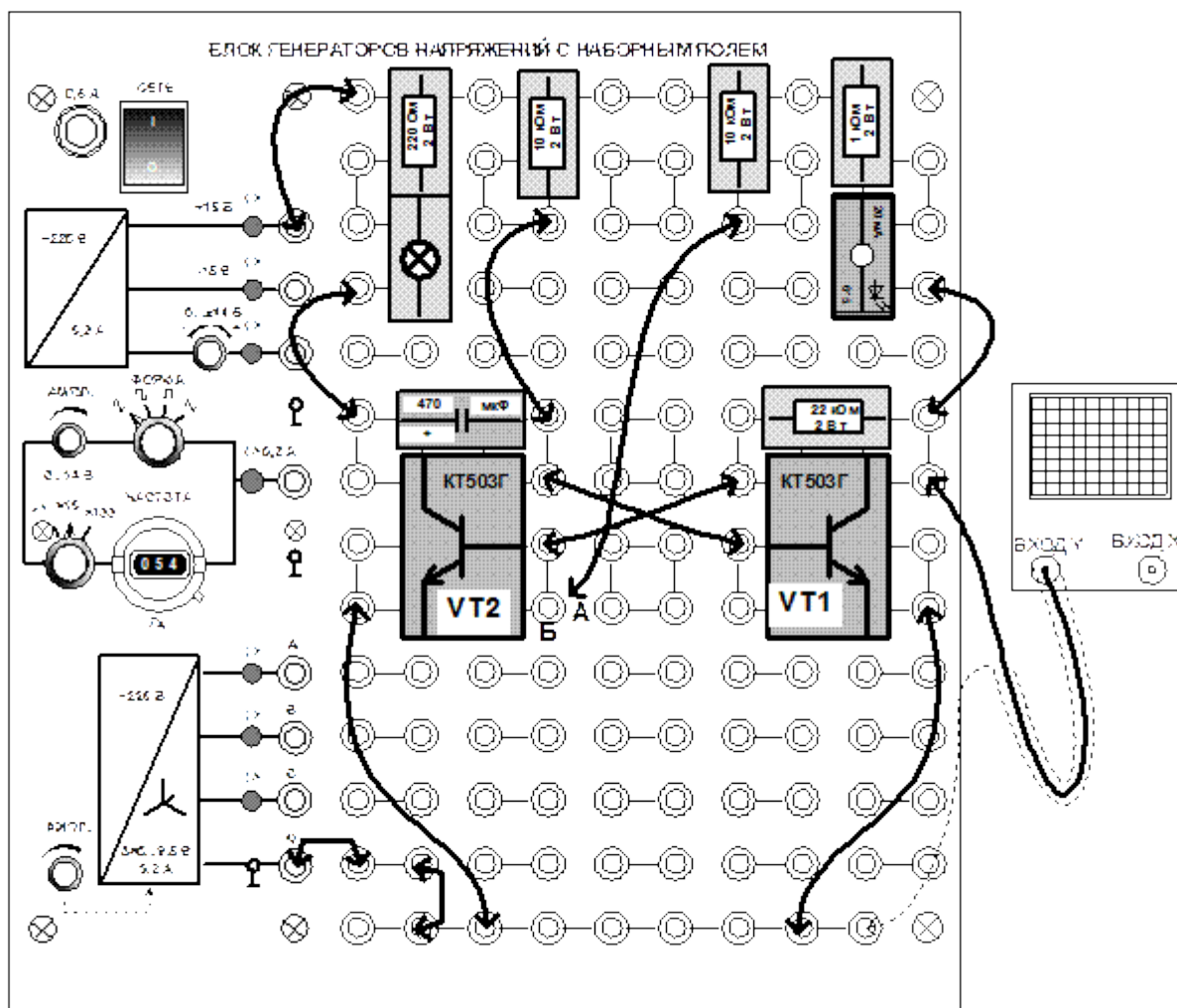


Рис.20.7

Контрольные вопросы:

В каких случаях выбирают схему RS-триггера, мультивибратора и одновибратора; в чем их принципиальное отличие

Библиографический список

1. Горошков, Б. И. Электронная техника [текст]: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования / Б. И. Горошков, А. Б. Горошков. - Москва : Academia, 2013. - 320 с.
2. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [текст]: учеб. пособие для студентов неэлектротехн. спец. сред. спец. учеб. заведений/. - Москва: Высш. шк.,2011. - 752 с: ил.
3. Петленко Б. И. Электротехника и электроника[текст]: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования/ Б. И. Петленко. - 4-е изд., стер. - Москва: Academia, 2011. - 320 с: ил.. - (Среднее профессиональное образование. Общепрофессиональные дисциплины)
4. Синдеев Ю.Г.Электротехника с основами электроники [текст]: уч.пособие.-12-е изд.,Ростов н/Д:Феникс,2010.-407с.

Перечень лабораторных работ

для специальности **08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов (базовая подготовка)**

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.
6. Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
7. Испытания однофазного трансформатора
8. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.
9. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа
10. Исследование однофазных выпрямителей
11. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора

Перечень лабораторных работ

для специальности **08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.**

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.
6. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.
7. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа
8. Исследование однофазных выпрямителей

Перечень лабораторных работ

для специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта (повышенная подготовка)

1. Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока
2. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
3. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
4. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
5. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
6. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник
7. Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
8. Испытания однофазного трансформатора
9. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах
10. Экспериментальное снятие вольт-амперной характеристики светодиода
11. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа.
12. Исследование однофазных выпрямителей.
13. Сравнительное исследование одиночных усилительных каскадов на биполярных транзисторах.
14. Исследование двухтактного усилителя мощности на биполярных транзисторах.
15. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора.

Перечень лабораторных работ

для специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта (базовая подготовка)

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник
6. Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
7. Испытания однофазного трансформатора
8. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах
9. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа.
10. Исследование однофазных выпрямителей.
11. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора.

Перечень лабораторных работ

для специальности 35.02.03 Технология деревообработки

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.
6. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.
7. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа
8. Исследование однофазных выпрямителей

Перечень лабораторных работ

для специальности 25.04.07 Технология лесозаготовок

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник
6. Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
7. Испытания однофазного трансформатора
8. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах
9. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа.
10. Исследование однофазных выпрямителей.
11. Сравнительное исследование одиночных усилительных каскадов на биполярных транзисторах.
12. Исследование двухтактного усилителя мощности на биполярных транзисторах.
13. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора.

Перечень лабораторных работ

для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий сооружений

1. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
2. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
3. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.
4. Испытания однофазного трансформатора
5. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.
6. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа.

Перечень лабораторных работ

для специальности 27.02.02 Техническое регулирование и управление качеством

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.
6. Аварийные режимы трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
7. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.
8. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа
9. Исследование однофазных выпрямителей
10. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора.

Перечень лабораторных работ

для специальности 08.02.11. Управление, эксплуатация и содержание многоквартирного дома

1. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов
2. Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока
3. Цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C
4. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду
5. Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник.
6. Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.
7. Испытание рп-переходов биполярного транзистора и снятие его выходных характеристик с помощью осциллографа
8. Исследование однофазных выпрямителей
9. Ознакомление с работой RS-триггера, мультивибратора и одновибратора.

